
Diseño de una estación de procesamiento de piezas implementando una máquina de transferencia rotativa, sincronizado con dos mecanismos lineales de transferencia, como parte de una línea de producción automatizada

Diego Andrés Félix Barrios



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



Diseño de una estación de procesamiento de piezas implementando una máquina de transferencia rotativa, sincronizado con dos mecanismos lineales de transferencia, como parte de una línea de producción automatizada

Trabajo de graduación presentado por Diego Andrés Félix Barrios para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Electrónica

Guatemala
2019

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



Diseño de una estación de procesamiento de piezas implementando una máquina de transferencia rotativa, sincronizado con dos mecanismos lineales de transferencia, como parte de una línea de producción automatizada

Trabajo de graduación presentado por Diego Andrés Félix Barrios para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Electrónica

Guatemala

2019

Vo.Bo.:

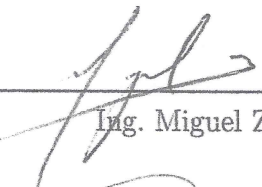
(f) 

Ing. Gerardo Martinez

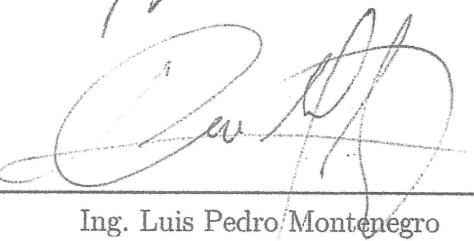
Tribunal Examinador:

(f) 

Ing. Gerardo Martinez

(f) 

Ing. Miguel Zea

(f) 

Ing. Luis Pedro Montenegro

Fecha de aprobación: Guatemala, 5 de Diciembre de 2019.

Agradecimientos

A mi familia. Mis padres por la vida, apoyo y consejo que siempre me han brindado para dirigirme en la dirección correcta en la vida, por el esfuerzo de tratar de darme siempre lo mejor, mi éxito es para ustedes.

A mis amigos más cercanos por la ayuda que me brindaron durante la carrera, encontrando amistades que sé que serán duraderas. Por cada muestra de afecto en los buenos y malos momentos.

Agradecimientos	V
Lista de figuras	XII
Lista de cuadros	XIII
Resumen	XVI
Abstract	XVIII
1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
3. Justificación	5
4. Objetivos	7
4.1. Objetivo general	7
4.2. Objetivos específicos	7
5. Alcance	9
6. Marco teórico	11
6.1. Sistemas de producción	11
6.1.1. Sistemas automatizados	11
6.2. Automatización en sistemas de producción	12
6.2.1. Sistemas de fabricación automatizados	13
6.2.2. Líneas de producción automatizadas	14
6.3. Mecanismos de transferencia de piezas	15
6.3.1. Transportadores	15
6.3.2. Conversión de movimiento rotatorio a lineal	16
6.4. Perfiles estructurales en forma de T	16
6.4.1. Tipos	17
6.4.2. Conectores	18

6.5. Cojinetes de carga axial-radial	18
6.5.1. Cálculos para selección	19
6.6. Sensores	20
6.6.1. Sensores detectores de objetos	20
6.6.2. Sensores optoelectrónicos	20
6.7. Motores eléctricos	21
6.7.1. Motores DC	21
6.7.2. Motores AC	23
6.8. Elementos neumáticos	23
6.8.1. Tipos de cilindros	23
6.8.2. Válvulas	24
6.8.3. Cálculo para presión de trabajo	25
7. Metodología	27
7.1. Diagrama de funcionamiento	27
7.1.1. Subsistema de alimentación	28
7.1.2. Subsistema de mesa rotatoria	29
7.1.3. Subsistema de salida	30
7.2. Composición modular de la máquina	31
7.3. Tamaño de cajas	31
7.4. Señales de entrada/salida	32
7.5. Interacción con el usuario	33
7.5.1. Unidad de conexión analógica	34
7.5.2. Unidad de conexión digital	34
8. Desarrollo de la estructura	35
8.1. Montaje mecánico	36
8.2. Tuerca cabeza de martillo	36
8.3. Canaletas	37
9. Subsistema de alimentación	39
9.1. Etapa de ideación	39
9.1.1. Primer diseño	39
9.1.2. Segundo diseño	40
9.1.3. Tercer diseño	41
9.1.4. Cuarto diseño	42
9.2. Análisis ingenieril de motor DC	43
9.3. Versión final	45
9.3.1. Implementación de controlador de velocidad	45
9.3.2. Diseño y consideraciones de la estructura	47
10.Subsistema de mesa rotatoria	51
10.1. Etapa de ideación	51
10.1.1. Primer diseño	52
10.1.2. Segundo diseño	53
10.1.3. Tercer diseño	54
10.2. Análisis ingenieril de carga sobre el cojinete	56
10.3. Versión final	58

10.3.1. Diseño de mecanismo piñón-cremallera	58
10.3.2. Diseño y consideraciones de la estructura	59
10.3.3. Consideraciones de brazo de procesamiento	60
10.3.4. Consideraciones de Servo Motor AC	61
11. Subsistema de salida	63
11.1. Etapa de ideación	63
11.1.1. Primer diseño	63
11.1.2. Segundo diseño	64
11.1.3. Tercer diseño	65
11.2. Análisis ingenieril de cilindro neumático	66
11.3. Versión final	68
11.3.1. Consideraciones de cilindro neumático	69
12. Verificación de resultados	71
12.1. Estructura	71
12.2. Simulación	74
13. Análisis de costos	77
13.1. Sistema electrónico	77
13.2. Sistema neumático	78
13.3. Componentes varios	78
13.4. Costo total del proyecto	78
14. Conclusiones	81
15. Recomendaciones	83
16. Bibliografía	85
Anexos	87
A. Enlaces	87
B. Sensor optoelectrónico	89
C. Condiciones para utilización de actuadores	93
D. Cilindro neumático	97
E. Cojinete de carga axial-radial de rodillos cilíndricos	99
F. Módulo de conexiones universales analógicas	103
G. Módulo de conexiones universales digitales	107
H. Manual de ingeniería bandas transportadoras	109
I. Controlador de velocidad con SINAMICS V90 y S7-300	113
J. Ficha técnica de perfiles de aluminio	117

Lista de figuras

1. Grupos de sujetadores [9]	18
2. Curva de aproximación [Anexos]	21
3. Dos grandes grupos de cilindros [13]	24
4. Válvula de 5 Vías y 2 Posiciones [13]	25
5. Diagrama P&ID	28
6. Diagrama de flujo - alimentación	28
7. Diagrama de flujo - mesa rotatoria	29
8. Diagrama de flujo - salida	30
9. Diseño estación de procesamiento	31
10. Piezas de 10cm y 7cm de altura	32
11. Interacción con usuario	33
12. Unidad de conexión analógica	34
13. Unidad de conexión digital	34
14. Estructura de estación de procesamiento	35
15. Perfil modular de aluminio	36
16. Conector de perfiles perpendicular	36
17. Canaletas de PVC	37
18. Ensamble de canaletas [9]	37
19. Concepto de barreras guía	40
20. Concepto de faja con separadores y carrileras	41
21. Concepto de rodillos	41
22. Concepto de estructura	42
23. Concepto de barras guía	42
24. Concepto de banda transportadora	43
25. Controlador de velocidad [QQ]	46
26. Esquemático controlador de velocidad [QQ]	47
27. Parte frontal - Banda transportadora	48
28. Parte lateral - Banda transportadora	48
29. Rodillo de control o tambor	49
30. Diseño de separadores en faja	49

31. Concepto de brazo de medición	52
32. Concepto de carrileras centrales	53
33. Concepto de mesa rotatoria con carriles guía	54
34. Concepto de separadores en mesa	55
35. Concepto de mecanismo piñón-cremallera	55
36. Carga de momento admisible: carga estática limitante [SKF]	57
37. Mecanismo piñón-cremallera	58
38. Mecanismo central de rotación	59
39. Concepto de camisa sujetadora	59
40. Mesa giratoria con mecanismo de camisa	60
41. Curva de aproximación	61
42. Conexiones de servo motor AC [ANEXOS]	62
43. Banda transportadora de salida	64
44. Concepto de subsistema de salida	64
45. Concepto de actuador motorizado	65
46. Concepto de actuador neumático	65
47. Diagrama de cuerpo libre - placa de empuje	67
48. Diseño de subsistema de salida	69
49. Cilindro neumático de salida	69
50. Resultados de simulación	71
51. Displacement	72
52. Normal Stress	72
53. Bending Stress	73
54. Shear Stress	73
55. Simulación de estación de procesamiento	74
56. Configuración de animaciones en Solidworks	76

Lista de cuadros

1. Fortalezas y atributos relativos de humanos y máquinas	12
2. Aluminio vs acero	17
3. Coeficientes de rozamiento estático y cinético	26
4. Entradas digitales	32
5. Salidas digitales	32
6. Salidas y entradas analógicas	33
7. Datos del motor DC a plena carga	44
8. Especificaciones de controlador	46
9. Propiedades de los cojinetes axiales-radiales de rodillos cilíndricos	56
10. Datos técnicos de sensor	61
11. Especificaciones de cilindro neumático	66
12. Tabla de costos electrónicos	77
13. Tabla de costos neumáticos	78
14. Tabla de costos de elementos estructurales	78
15. Tabla de costos general	79

La estación de procesamiento se origina de la necesidad de recrear una línea de producción industrial automatizada, donde cada una de las estaciones que la componen, llevan a cabo algún proceso en específico. Dicha estación, es un trabajo de diseño y de evaluación técnica para una futura implementación, que tuvo como objetivo principal el desarrollo de una estación automatizada que representa un proceso de detección, medición, transporte y expulsión de piezas cuya finalidad es el aprendizaje y capacitación de futuros alumnos en Ingenierías como lo son Electrónica, Mecatrónica y Mecánica.

En primer lugar se llevó cabo una etapa de investigación en la que se pudo encontrar procesos y sistemas de producción modulares que existen actualmente en la industria, sin embargo nada comparado con lo que se propuso diseñar. Al mismo tiempo, la investigación también ayudó a obtener información detallada del funcionamiento de sensores, cilindros, motores y demás instrumentación que se fuera a implementar durante el diseño.

En segundo lugar, se inició una etapa de ideación para cada uno de los tres subsistemas en los que se divide la estación, los cuales son: Alimentación, Mesa Rotatoria y Salida, donde las ideas propuestas fueron cambiando conforme se iban encontrando debilidades y fortalezas, tanto en temas como estructura, funcionalidad y viabilidad, de cada una de ellas. Esto con el fin de concluir en una idea más concreta y que la misma se pudiera diseñar utilizando el software de Inventor. Una vez establecido un diseño acorde al espacio y función que tendría, se lograron establecer las medidas justas para su futura implementación, medidas que se pueden observar en los anexos de este trabajo de graduación.

En tercer lugar, según lo anterior, se llegó a una etapa de análisis donde se hicieron los cálculos necesarios con la finalidad de poder seleccionar los instrumentos más adecuados acorde a las necesidades y requerimientos del procesamiento de piezas. Para la selección del motor DC que controla las bandas transportadoras, que componen tanto el subsistema de alimentación como el de salida, se determinó el torque necesario para hacer girar, al menos, 4 de las piezas mas grandes, calcular la potencia necesaria y comparar esta con las diferentes opciones que ofrece el mercado, para al menos conseguir una autonomía de poder trabajar hasta 30 cajas por minuto. Para la selección del sensor que detecta las piezas, este se logró determinar según los rangos de medición que maneja, teniendo en cuenta que las piezas que se iban a estar trabajando cuentan con alturas de 7 y 10 cm y la altura a la que

iba a estar posicionado el mismo. Por otro lado, en cuanto al cojinete que haría funcionar el mecanismo de la mesa rotatoria, se seleccionó tomando en cuenta el peso de la mesa rotatoria, asumiendo una plancha de aluminio de 63cm de diámetro y 1.5cm de espesor en conjunto, con al máximo 6 piezas de MDF, por encima de este. Por último, para la selección del cilindro se tomó en consideración, la distancia de émbolo que recorre y si esta era la necesaria para hacer empujar las piezas, y el rango de presiones con el que trabaja, contemplando un máximo de 10bar.

Una vez definida la instrumentación a implementar, se procedió a llevar a cabo una simulación de la estructura que se diseñó, utilizando perfiles de aluminio modulares, con la que se pudo determinar si aplicando fuerzas puntuales, esta era lo suficientemente rígida como para no obtener deformaciones críticas. Por último, se llevó a cabo un análisis de costos, con el fin de poder registrar los costos reales del proyecto.

Por último, como parte de la finalidad que tiene este trabajo, también se espera que esta estación sirva como una herramienta didáctica en la que los estudiantes puedan poner sus conocimientos en práctica en cursos como lo son Instrumentación Electrónica, ya que muchas de las prácticas y proyectos que se planifican para este curso, muchas veces están limitadas a únicamente ser simulados por la falta de equipo e instrumentación. Tal es el caso del uso de shift register para simular un proceso de procesamiento donde se rechazan y se aceptan piezas según a un criterio específico.

The processing station originates from the need to recreate an automated industrial production line, where each of the stations that compose it, carry out a specific process. This station is a design and technical evaluation work for a future implementation, whose main objective was the development of an automated station that represents a process of detection, measurement, transport and ejection of parts whose implementation is for the learning and training of futures Engineering students such as Electronics, Mechatronics and Mechanics.

First, a research stage was carried out in which it was possible to find modular production processes and systems that currently exist in the industry, however, nothing compared to what it was proposed to design. At the same time, the research also helped to obtain detailed information on the operation of sensors, cylinders, motors and other instrumentation that was to be implemented during the design.

Secondly, an ideation stage was initiated for each of the three subsystems in which the station is divided, which are: Alimentation, Rotary Table and Exit, where the proposed ideas were changing as weaknesses and strengths were found, both in terms of structure, functionality and viability, of each of them. This in order to be able to conclude on a more concrete idea and that it could be designed using Inventor software. Once a design was established according to the space and function it would have, it was possible to establish the fair measures for its future implementation, measures that can be observed in the annexes of this graduation work.

Thirdly, based on the above, an analysis stage was reached where the necessary calculations were made in order to be able to select the most appropriate instruments according to the needs and requirements of part processing. For the selection of the DC motor that controls the conveyor belts, which make up both the power and the output subsystem, the necessary torque was determined to rotate at least 4 of the largest parts, calculate the necessary power and compare this with the different options offered by the market, to at least achieve an autonomy of being able to work up to 30 boxes per minute. For the selection of the sensor that detects the pieces, this was determined based on the measuring ranges that it handles, taking into account that the pieces that were going to be working have heights of 7 and 10 cm and the height at which it was going to be positioned himself. On

the other hand, as for the bearing that would operate the mechanism of the rotary table, it was selected taking into account the weight of the rotary table, assuming an aluminum plate of 63cm in diameter and 1.5cm thick together, with the maximum 6 pieces of MDF, above this. Finally, for the selection of the cylinder was taken into consideration, the distance of stroke that travels and if this was the necessary one to make push the pieces, and the range of pressures with which it works, contemplating a maximum of 10bar.

Once the instrumentation to be implemented was defined, a simulation of the structure that was designed was carried out, using modular aluminum profiles, with which it was possible to determine if applying strut forces, this was rigid enough not to obtain deformations critics. Finally, a cost analysis was carried out, in order to be able to record the actual costs of the project.

Finally, as part of the purpose of this work, it is also expected that this tool will serve as a didactic tool in which students can put their knowledge into practice in courses such as Electronic Instrumentation, since many of the practices and projects that are planned for this course, are often limited to only being simulated by the lack of equipment and instrumentation. Such is the case of the use of shift register to simulate a processing process where parts are rejected and accepted based on a specific criterion.

En la actualidad, muchos de los sistemas automatizados que existen son modulares, los cuales trabajan en sincronización a base de sensores y actuadores de tal manera que pueda trabajar con equipo con flujo continuo y procesar pieza por pieza desde la primera operación hasta su empaque final. Cada módulo tiene una tarea independiente donde no se relaciona con algún otro proceso más que el de transporte que ayuda a que todos los módulos trabajen en conjunto.

Con esto en mente, se ha planteado recrear un proceso industrial que sea modular, el cual esté dividido por estaciones de trabajo que funcionen de forma independiente y que en conjunto puedan formar un sistema automatizado. Esto con el afán de que el mismo sistema sirva como una herramienta didáctica de aprendizaje que cuente con los componentes necesarios para poner en práctica los conocimientos aprendidos, relacionados al tema de la automatización industrial.

Por lo tanto, se ha propuesto diseñar una estación de procesamiento, que cuente con una máquina de transferencia rotativa, donde las piezas se verifican y se procesan según la altura que estas poseen. Dicha máquina se compone de una mesa giratoria dentada la cual girará en la base de un piñón que tendrá atado un servo motor AC, con su respectivo driver, para su correcto giro. En dicha mesa, las piezas son verificadas mediante el censo de altura específico, utilizando un sensor óptico con el cual pueden medirse distancias y saber si la pieza cumple o no para ser trasladada al mecanismo de salida. De no ser las correctas, estas son desechadas por medio de un cilindro neumático y de ser las adecuadas, estas son redirigidas por otro cilindro a la banda de salida. Cabe resaltar que los cilindros serán controlados por electroválvulas y estas esperan a ser accionadas por salidas digitales de un PLC.

Al mismo tiempo, la estación también contará con dos mecanismos lineales de transporte, como lo son las bandas transportadoras, con los cuales se pretende transportar las piezas ya sea para alimentar a la máquina de transferencia rotativa o bien, para que las piezas correctas sigan su trayectoria de salida hacia una siguiente estación. Estos mecanismos serán accionados por motores DC operados por un controlador de velocidad de corriente continua.

La estación de procesamiento ayudará a que estudiantes o futuros profesionales puedan incursionar en la especialización del área de automatización industrial aplicada a la regulación de distintos procesos. Al mismo tiempo, proveerá infraestructura y facilidad para conocer la instrumentación y con ello poder llevar a cabo aplicaciones reales.

La técnica de la automatización es una de las tecnologías de desarrollo más importantes a nivel mundial. En la actualidad los sistemas de automatización están presentes en prácticamente todos los sectores de la vida cotidiana. Por lo que, durante los últimos años, la Universidad del Valle de Guatemala ha apostado por el diseño e innovación de máquinas que logren atraer a los estudiantes para el estudio de la automatización con la idea de que estas maquinas puedan servir como herramientas didácticas en donde cada uno de los estudiantes puede poner en practica sus conocimientos.

En el año 2015 se pudieron observar los primeros avances por parte del departamento de ingeniería mecatrónica y electrónica quienes asumieron el reto de analizar, diseñar y mejorar una línea de producción de una industria dedicada a la fabricación de productos agroquímicos, específicamente el empaclado y embalado de productos terminados en presentación de botella PET. Dicho trabajo se utilizó como referencia puesto que la idea se limitaba a diseñar la máquina por etapas, en las cuales cada uno de los integrantes del grupo que componían el proyecto en sí, trabajó. [1]

Por otro lado, se pudo ubicar la empresa FESTO, la cual también busca invertir tanto en sistemas automatizados como en la didáctica que estos pueden presentar. Festo es líder en innovaciones en automatización industrial y de procesos y el principal proveedor de soluciones profesionales de aprendizaje y cualificación junto con su filial, Didactic. Festo Didactic ofrece varias soluciones de aprendizaje, las cuales abarcan un amplio abanico de temas, desde la Mecatrónica de nivel principiante hasta sistemas ciberfísicos, lo cual permite a los estudiantes desarrollar las habilidades adecuadas y adquirir los conocimientos relevantes para la Industria. Dentro de las soluciones destacan los sistemas de producción modulares, los cuales son muy buenas herramientas para quienes conceden especial importancia a la formación realista en Mecatrónica y en técnica de automatización, al valor permanente y a la robustez del equipamiento. [2]

Por último, según la investigación realizada, se pudo ubicar trabajos de graduación que contemplan los mismos temas que se pretenden abarcar para este trabajo. Al mismo tiempo, proponen una idea donde el concepto es similar a lo propuesto, aunque bastante lejano a

lo que se quiere lograr y con otro tipo de instrumentación. Puede encontrarse un trabajo similar en [3] o bien en [4] que abarcan una solución a la problemática que se pretende solucionar en este trabajo, utilizando como base herramientas didácticas ya existentes de un alto costo y de difícil adquisición.

Hoy en día existen empresas que se dedican a promover soluciones didácticas de automatización industrial incorporando tecnologías neumáticas, electrónicas y de redes para todo tipo de procesos y actividades industriales. Tal es el caso de FESTO, que con el uso de modelos a pequeña escala, logran brindar un panorama más amplio de cómo manejar, a discreción de cada usuario, cada una de las partes que componen a un sistema automatizado. El problema reside en que muchas de estas soluciones tienden a ser de alto costo para un estudiante o futuro profesional promedio.

Comprender conceptos teóricos como lo pueden ser la neumática, electrónica y automatización resulta en ocasiones complicado para los alumnos. Todos estos conocimientos aprendidos, en conjunto con la práctica, logran reforzar y retener toda la teoría para luego ser aplicada en el ámbito laboral, sin embargo, no resulta tan fácil luego de que no existen las herramientas adecuadas o simplemente son muy costosas como para invertir en ellas. Es por ello que se ve la necesidad de implementar un sistema automatizado modular, en la que cada módulo o estación trabaje de forma independiente, y se puedan aplicar varios conocimientos en los diferentes procesos que cada uno de estos desarrolla para que luego en conjunto puedan recrear una línea de producción automatizada que puedan conectarse de forma sencilla con fines didácticos a un menor costo de implementación.

La estación de procesamiento que se pretende implementar representa los subprocesos más comunes de todo tipo de sistemas automatizados, en este caso lo son el transporte, el procesamiento de piezas por medio del censo de altura y accionamientos por parte de cilindros neumáticos. Por otro lado, logra el mayor realismo industrial en técnica de automatización y sistemas de manipulación gracias al equipo de instrumentos como lo son sensores, motores, relés, válvulas y actuadores. Según esto, se busca que el proyecto pueda servir como una herramienta didáctica donde los estudiantes logren poner en práctica sus conocimientos con los recursos tecnológicos y las competencias intelectuales.

La automatización de procesos es un campo amplio y complejo, que abarca diversos grados de habilidades y experiencia. Hay una cantidad aparentemente infinita para aprender sobre métodos, técnicas y tecnologías utilizadas en la medición y control de procesos. En este

caso la estación de procesamiento propuesta es una forma inteligente y efectiva de mitigar la complejidad para los alumnos.

4.1. Objetivo general

Diseñar una estación procesamiento que se componga de dos mecanismos de transferencia, uno de entrada y uno de salida, que trabajen en sincronización con una máquina de transferencia rotativa, que se encargue de desechar u aceptar piezas mediante el censo de sus alturas y que sirva como herramienta didáctica para el estudio de la automatización industrial.

4.2. Objetivos específicos

- Definir un listado de componentes eléctricos que puedan implementarse en la estación de procesamiento, incluyendo actuadores sensores, motores y cualquier otro tipo de hardware a utilizar.
- Elaborar el diseño de una máquina de transferencia rotativa que se encargue de censar la altura de piezas a procesar, con el objetivo de rechazar u aceptar estas, por medio de cilindros neumáticos.
- Elaborar el diseño de dos mecanismos lineales de transferencia, uno de alimentación que se encargue de proveer las piezas a censar, y uno de salida que se encargue de transportar las piezas a otra estación.
- Elaborar el diseño de una estructura metálica con perfiles de aluminio, para que la misma soporte la estación de procesamiento y que esta pueda moverse libremente.
- Elaborar un manual de operación que documente cómo funciona la estación de procesamiento, las configuraciones externas y los circuitos a implementar para hacer trabajar los mecanismos y que todo funcione como una línea de producción automatizada.

- Elaborar un manual de la construcción de la estación de procesamiento que documente como se ensamblan los mecanismos de transferencia lineales y la máquina de transferencia rotativa.
- Elaborar un manual eléctrico que documente las señales eléctricas, circuitos y diagramas de conexión con los que trabaja la estación de procesamiento.

Este trabajo se limita al diseño de la estación de procesamiento con sus respectivos subsistemas, a la selección de los componentes estandarizados que compongan al diseño en general y la elaboración de manuales que sirvan como guía para entender el funcionamiento, como se ensambla y las conexiones eléctricas que conlleva. El proyecto es una primera fase que cuenta con la libertad de poder ser modificable para futuros alumnos que quieran darse a la tarea de querer cambiar algún aspecto de la estación, o bien implementarlo de manera física.

La programación de los diversos procesos que se pueden llevar a cabo utilizando la estación de procesamiento, es totalmente libre a los requerimientos o estudios que cada usuario pretende lograr utilizando dicha herramienta por lo que no se incluye en todo el documento. Sin embargo, si se habla del funcionamiento, es decir, como funcionan los subsistemas y los instrumentos que componen a cada uno de ellos, se discuten en el manual de operación de usuario que sirve como una guía para uso de estos. Al mismo tiempo, se contempla la elaboración de un manual de ensamble donde se indique la forma en la que se construye toda la estación, incluidas uniones permanentes o bien piezas que sirvan como unión para el caso de la mesa que sostiene a la estación. Por último, también se contempla la elaboración de un manual de señales eléctricas en las que el usuario pueda tener una idea de como se llevan a cabo las conexiones de sensores, motores y cilindros.

Lo que caracteriza a la estación de procesamiento que se pretende diseñar, a los métodos actuales que se utilizan en los centros educativos donde se imparten cursos relacionados con la automatización de procesos, es una gran relevancia práctica lograda gracias al uso de componentes industriales reales combinado con la enseñanza intuitiva del contenido educativo. Por ende se espera que la implementación de este módulo sirva para que los estudiantes realicen sus prácticas de interés dando como resultado un mejor aprendizaje, poniendo a prueba sus conocimientos y destrezas adquiridos en los cursos como lo son Instrumentación Electrónica.

6.1. Sistemas de producción

Un sistema de producción es un conjunto de personas, equipos y procedimientos organizados para realizar las operaciones de fabricación de una empresa. Para el autor, este sistema se divide en dos grandes partes : instalaciones y la fabricación de sistemas de apoyo.

- Instalaciones. Las instalaciones físicas del sistema de producción incluyen el equipo, la forma en que se presenta el equipo y el lugar en el que se encuentra el equipo.
- Fabricación de sistemas de apoyo. Estos son los procedimientos utilizados por la empresa para administrar la producción y resolver los problemas técnicos y logísticos encontrados, por ejemplo: al ordenar materiales, mover el trabajo a través de la planta y asegurar que los productos cumplan con los estándares de calidad.

En las operaciones de fabricación modernas, partes del sistema de producción están automatizadas y / o computarizadas. Sin embargo, siempre es necesario el constante monitoreo de estas por la parte humana. [5](#)

6.1.1. Sistemas automatizados

Un sistema automatizado es aquel en el que un proceso se lleva a cabo por una máquina sin la participación directa de un trabajador humano. La automatización se implementa mediante un programa de instrucciones combinado con un sistema de control que ejecuta las instrucciones. Cabe destacar que para que esto se lleve a cabo, se requiere energía para impulsar el proceso y para operar el programa y el sistema de control.

No siempre hay una distinción clara entre los sistemas operados por el humano y los sistemas automatizados, porque muchos sistemas de por si operan con cierto grado de au-

tomatización. Se pueden identificar dos niveles de automatización: semiautomatizados y totalmente automatizados. Una máquina semiautomática realiza una parte del ciclo de trabajo bajo alguna forma de control de programa, y un trabajador humano monitorea a la máquina por el resto del ciclo, cargándola y descargándola, o realizando alguna otra tarea en cada ciclo. Por otra parte, una máquina totalmente automatizada se distingue de su contraparte semiautomática por su capacidad para operar durante un período prolongado de tiempo sin atención humana, entendiéndose como un período de tiempo que dura más de un ciclo de trabajo, por lo que no se requiere que un trabajador esté presente durante cada ciclo. A continuación el autor da a conocer un cuadro comparativa en la que se puede apreciar la diferencia que existe entre los atributos humanos comparados con los de una maquina en general.

Humanos	Maquinas
Siente estímulos inesperados	Realizar tareas repetitivas consistentemente
Desarrolla nuevas soluciones a los problemas	Almacena grandes cantidades de datos
Hace frente a los problemas abstractos.	Recupera datos de la memoria de manera confiable
Se adapta al cambio	Realiza múltiples tareas simultáneamente
Aprende de la experiencia	Realiza cálculos simples rápidamente
Toma decisiones basadas en datos incompletos	Toma decisiones rutinarias rápidamente

Cuadro 1: Fortalezas y atributos relativos de humanos y máquinas

5

6.2. Automatización en sistemas de producción

Es probable que algunos componentes del sistema de producción de la empresa sean automatizados, mientras que otros se operarán de forma manual. Los elementos automatizados del sistema de producción se pueden separar en dos categorías: Automatización de los sistemas de fabricación en planta, e informatización de los sistemas de soporte de fabricación.

En los sistemas de producción modernos, las dos categorías están estrechamente relacionadas, ya que los sistemas de fabricación automatizados en la planta de producción generalmente son implementados por sistemas informáticos integrados con los sistemas de soporte de fabricación y el sistema de información de gestión que operan a nivel de planta y empresa.

6.2.1. Sistemas de fabricación automatizados

Estos operan en la planta sobre el producto físico. Realizan operaciones como procesamiento, ensamblaje, inspección y manejo de materiales, en muchos casos logrando más de una de estas operaciones en el mismo sistema. Se les llama automatizados porque realizan sus operaciones con un nivel reducido de participación humana en comparación con el proceso manual correspondiente. El autor da a conocer algunos ejemplos de sistemas de fabricación automatizada como por ejemplo:

- Máquinas automatizadas que procesan piezas.
- Líneas de transferencia que realizan una serie de operaciones de mecanizado.
- Sistemas de fabricación que utilizan robots industriales para realizar operaciones de procesamiento o montaje.
- Sistemas automáticos de manejo de materiales y almacenamiento para integrar las operaciones de fabricación.
- Sistemas de inspección automática para control de calidad.

Según el autor, los sistemas de fabricación automatizados se pueden clasificar en tres tipos básicos: (1) automatización fija, (2) automatización programable y (3) automatización flexible. Generalmente funcionan como sistemas totalmente automatizados, aunque los sistemas semiautomáticos son comunes en la automatización programable. [5]

Automatización fija

La automatización fija es un sistema en el que la configuración de los equipos fija la secuencia de las operaciones de procesamiento. Cada operación en la secuencia es usualmente simple, involucrando quizás un movimiento lineal o rotacional simple o una combinación sin complicaciones de los dos. De igual forma, es la integración y coordinación de muchas de estas operaciones en un solo equipo lo que hace que el sistema sea complejo. Las características típicas de la automatización fija son (1) una alta inversión inicial para equipos diseñados a medida, (2) altas tasas de producción y (3) inflexibilidad del equipo para adaptarse a la variedad de productos. La justificación económica para la automatización fija se encuentra en productos que se fabrican en cantidades muy grandes y con altas tasas de producción. El alto costo inicial del equipo se puede repartir entre un gran número de unidades, minimizando así el costo unitario en relación con los métodos alternativos de producción. Ejemplos de automatización fija incluyen líneas de transferencia de maquinado y máquinas de ensamblaje automatizadas. [5]

Automatización programable

En la automatización programable, el equipo de producción está diseñado con la capacidad de cambiar la secuencia de operaciones para acomodar diferentes configuraciones de

productos. La secuencia de operación es controlada por un programa, que es un conjunto de instrucciones codificadas para que el sistema pueda leerlas e interpretarlas. Se pueden preparar nuevos programas e ingresar al equipo para producir nuevos productos. Algunas de las características que caracterizan la automatización programable incluyen (1) una alta inversión en equipos de uso general, (2) menores tasas de producción que la automatización fija, y (3) flexibilidad para lidiar con las variaciones y cambios en la configuración del producto.

Los sistemas automatizados programables se utilizan en la producción de bajo y mediano volumen. Las partes o productos se hacen típicamente en lotes. Para producir cada nuevo lote de un artículo diferente, el sistema debe ser reprogramado con el conjunto de instrucciones de la máquina que corresponden al nuevo artículo. La configuración física de la máquina también debe cambiarse: las herramientas deben estar cargadas, los accesorios deben estar conectados a la mesa de la máquina y se debe ingresar cualquier configuración requerida de la máquina. Los ejemplos de automatización programable incluyen, robots industriales y controladores lógicos programables. [6](#)

Automatización flexible

La automatización flexible es una extensión de la automatización programable. Un sistema automatizado flexible es capaz de producir una variedad de piezas o productos sin perder prácticamente ningún tiempo para realizar cambios de un diseño a otro. No se pierde tiempo de producción al reprogramar el sistema y alterar la configuración física (herramientas, accesorios, configuraciones de la máquina). En consecuencia, el sistema puede producir varias mezclas y programas de piezas o productos en lugar de requerir que se realicen en lotes. Lo que hace posible la automatización flexible es que las diferencias entre las partes procesadas por el sistema no son significativas, por lo que la cantidad de cambio entre diseños es mínima. Las características de la automatización flexible incluyen (1) una alta inversión para un sistema de ingeniería personalizada, (2) producción continua de mezclas variables de piezas o productos, (3) tasas de producción medias y (4) flexibilidad para lidiar con las variaciones de diseño del producto. Ejemplos de automatización flexible son los sistemas de fabricación flexibles que realizan procesos de mecanizado. [7](#)

6.2.2. Líneas de producción automatizadas

Una línea de producción automatizada consiste en múltiples estaciones de trabajo que están automatizadas y conectadas entre sí por un sistema de manejo de trabajo que transfiere partes de una estación a la siguiente. Una pieza de trabajo sin procesar entra en un extremo de la línea, y los pasos de procesamiento se realizan de forma secuencial a medida que la misma avanza, como parte de los pasos de procesamiento, se hacen chequeos intermedios donde se verifica la calidad de la pieza. La idea es que cada estación, que conforma la línea, realiza una operación diferente, por lo que todas las operaciones deben realizarse para completar cada unidad de trabajo. Normalmente, una línea de producción automatizada opera en ciclos, similar a una línea de montaje manual, donde cada ciclo consiste en el tiempo de procesamiento más el tiempo para transferir partes a la siguiente estación.

Cabe destacar entonces que el mecanizado es una de las aplicaciones de procesamiento más comunes y es el foco de la mayor parte de la discusión en esta sección. Existen numerosas aplicaciones con respecto al mecanizado de máquinas de transferencia, tanto en línea como en configuraciones rotativas. El autor presenta algunas de las operaciones de mecanizado que se realizan comúnmente en las líneas de transferencia, las cuales incluye fresado, taladrado, roscado, y censado de piezas. A continuación, se describen dos de los diversos sistemas de mecanizado de estaciones múltiples. [5](#)

Líneas de transferencia

En una línea de transferencia, las estaciones de trabajo que contienen cabezales de trabajo de maquinado están puestas en una configuración de línea en línea o segmentada y las partes se mueven entre las estaciones por medio de mecanismos de transferencia como lo pueden ser los transportadores de cadena.

Máquinas de transferencia rotativa y sistemas relacionados.

Una máquina de transferencia rotativa consiste en una mesa de trabajo circular horizontal, sobre la cual se fijan las partes a procesar, y alrededor de cuya periferia se encuentran las cabezas de trabajo estacionarias. La mesa de trabajo está indexada para presentar cada parte a cada cabezal de trabajo y poder realizar alguna operación de mecanizado como las presentadas anteriormente.

6.3. Mecanismos de transferencia de piezas

Para la transferencia de piezas, existe el termino de, transporte de piezas de trabajo, el cual es un sistema que se encarga de mover piezas entre las estaciones de la línea. Los mecanismos de transporte de piezas de trabajo se pueden dividir en dos categorías: (1) sistemas de transporte lineal, los cuales incluyen transportadores de rodillos motorizados, transportadores de faja, transportadores de cadena y transportadores de carro en pista. y (2) mecanismos de indexación rotativos como por ejemplo el mecanismo de Ginebra, que utiliza un controlador de rotación continua para indexar una mesa a través de una rotación parcial o fija. En este caso, nos interesa más que sea rotación continua y que encuentre en sincronización con un sistema de transporte lineal como lo puede ser un transportador de faja.

6.3.1. Transportadores

Un transportador es un aparato mecánico que sirve para mover artículos, piezas o materiales, por lo regular estas se encuentran dentro de alguna instalación donde se lleve cabo algún proceso de producción. Los transportadores se usan generalmente cuando existen artículos o piezas que se deben mover en cantidades relativamente grandes entre ubicaciones específicas sobre un camino fijo.

Los transportadores pueden clasificarse en eléctricos y no eléctricos. En los eléctricos destacan los motorizados, los cuales utilizan un mecanismo de potencia que está contenido en una ruta fija, utilizando ya sea cadenas, correas, rodillos giratorios u otros dispositivos para impulsar las cargas a lo largo de la ruta. Los transportadores motorizados se utilizan comúnmente en sistemas de transporte de material automatizados como lo pueden ser las plantas de fabricación, almacenes y centros de distribución. Por otro lado, con respecto a los no eléctricos, se encuentran los no motorizados, en donde los materiales son movidos manualmente por trabajadores humanos que empujan las cargas a lo largo del camino fijo o por gravedad desde una elevación a una elevación más baja.

Las bandas transportadoras se basan en un ciclo continuo, lo cual quiere decir que utilizan la mitad de su longitud total para entregar materiales y la otra mitad para la carrera de retorno. Básicamente en un extremo del transportador hay un rodillo de mando o tambor que se encarga de transmitir la fuerza tangencial a la faja, la cual está soportada por un marco que tiene rodillos deslizadores de soporte a largo de todo el ciclo. La banda o faja está hecha de caucho, por lo que posee una gran flexibilidad pero poca extensibilidad, usualmente estas se encuentran en dos formas comunes: (1) fajas planas o con perfil transversal único (separadores) para artículos, cajas de cartón y piezas individuales; e (2) inclinadas para materiales en grano.

6.3.2. Conversión de movimiento rotatorio a lineal

Los tipos de motor descritos anteriormente producen un movimiento giratorio y aplican un torque específico. Muchas aplicaciones de actuadores requieren de un movimiento lineal y la aplicación de fuerza, por lo que en estas se puede usar un motor giratorio convirtiendo su movimiento giratorio en movimiento lineal o de traslación. Existen mecanismos de conversión comunes utilizados para este propósito, pero específicamente se hablará del que se pretende implementar en el diseño. [\[8\]](#)

Piñón y Cremallera

El eje del motor está conectado a un piñón que está acoplado con una cremallera, que es un engranaje recto con espacios de dientes que coinciden con los del engranaje. Por lo tanto, a medida que se gira el engranaje, el bastidor se mueve de forma lineal. Por cuestiones de diseño, lo que se pretende hacer es que la rueda giratoria contemple una cremallera por toda su circunferencia, a modo que se obtenga el movimiento generado por el piñón conectado al motor. En la sección de procedimiento, se toca el tema con más profundidad. [\[8\]](#)

6.4. Perfiles estructurales en forma de T

Los perfiles de aluminio en forma de T ofrecen varios beneficios. La forma del perfil crea modularidad, lo que significa que se ensambla y se vuelve a montar fácilmente para adaptarse a las necesidades cambiantes.

La forma en T también brinda la capacidad de agregar conexiones y unir perfiles a extremos cautivados. Esto le permite cambiar su diseño sin tener que comenzar desde cero y también permite una fácil expansión y retracción de su construcción para modificaciones en el futuro. [9]

Por otro lado, pasando del concepto de los perfiles en forma de T, es importante considerar los beneficios del aluminio ante el acero soldado. A continuación, se presentan algunas ventajas de los perfiles de aluminio en general:

Aluminio	Acero soldado
Diseño modular	Diseño fijo
Pesa menos que el acero	Más tiempo invertido
No requiere soldadura	Se requiere soldadura
Es mas barato que el acero	Aumento de gastos
Resistencia similar al acero	Requiere mano de obra calificada
No requiere de maquinaria	Requiere de maquinaria
Resistente a la corrosión	Necesita pintura y protección

Cuadro 2: Aluminio vs acero

6.4.1. Tipos

La forma del perfil afecta ciertas propiedades, como las ranuras en T abiertas y la estética. Las formas disponibles son cuadrado, rectángulo, ángulo y radio. [9]

Cuadrado

En las familias de medidas fraccionarias y métricas, existen seis formas de perfiles cuadrado-diferentes. Esta variedad brinda opciones para acomodar la apariencia, los accesorios y las piezas. Cabe resaltar, que algunos perfiles cuadrados también incluyen la característica de poseer una cavidad central presurizada.

Rectángulo

Entre las familias de medidas fraccionarias y métricas hay nueve perfiles rectangulares en forma, y todos funcionan bien para unir otros perfiles, piezas y accesorios. La gran mayoría de los perfiles rectangulares tienen la característica de poseer una una cavidad central presurizada.

Ángulo y radio

El radio y los perfiles angulados vienen con dos ranuras en T abiertas y un área utilizada con frecuencia para el montaje en paneles y exhibiciones debido a su versatilidad y apariencia elegante. La forma redondeada de los perfiles de radio funciona bien como pasamanos.

Se pueden hacer conexiones en cualquier lugar a lo largo del eje del perfil, creando un número infinito de puntos de montaje y eliminando el posicionamiento incremental.

6.4.2. Conectores

Hay varias opciones al elegir su método de fijación. La intención de esta sección es dar una visión general de los puntos a considerar, así como un breve resumen de las opciones de fijación. Es más fácil clasificar los sujetadores en dos grupos principales: sujetadores internos y sujetadores externos.^[9]

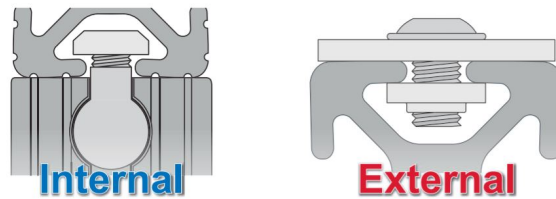


Figura 1: Grupos de sujetadores ^[9]

Internos

Las conexiones internas crean fuertes lazos entre los perfiles porque, en la mayoría de los casos, el sujetador se fabrica en el perfil como tal, por ende Son fáciles de montar, requieren pocas piezas y son fáciles de trabajar en su diseño.

Externos

Las conexiones externas son montadas en el exterior de la ranura en T, por lo que fortalecen los puntos de conexión y son fáciles de implementar en la gran mayoría de aplicaciones. La mayoría de las conexiones externas son reconfigurables y se pueden montar en cualquier lugar a lo largo de la ranura en T.

6.5. Cojinetes de carga axial-radial

El cojinete axial-radial de rodillos cilíndricos, originalmente, está precargado y su principal beneficio es que permite soportar cargas axiales y radiales que actúan desplazadas o excéntricamente respecto al eje del rodamiento. Esencialmente la evaluación de las cargas equivalentes del cojinete por métodos manuales sólo puede ser aproximada, por lo tanto, Las cargas equivalentes en dirección radial y axial se deben calcular por separado. ^[SKF]

Según estos datos, se pueden llevar a cabo cálculos con respecto a la carga de momentos admisibles estáticos. Las cargas muy elevadas pueden deformar permanentemente los

caminos de rodadura o los elementos rodantes. En el caso de las disposiciones de este tipo de cojinetes de súper precisión, no se deben producir deformaciones permanentes. A fin de garantizar que las cargas estáticas no provoquen una deformación permanente, es posible comparar la capacidad de carga estática y la carga estática equivalente del rodamiento para determinar si existe el riesgo de que un rodamiento sufra deformación permanente. [SKF]

6.5.1. Cálculos para selección

En estas condiciones, la carga de momento máxima permitida está limitada por el límite de carga estática y se puede determinar utilizando la siguiente ecuación:

$$M_{perm} = 0.23 * d1 * (C_{0a}/s_0 - F_a) \quad (1)$$

Donde:

- C_{0a} = capacidad de carga estática del conjunto axial de rodillos [kN]
- $d1$ = Diámetro del agujero [mm]
- F_a = Carga axial de acción centrada [kN]
- s_0 = factor de seguridad = 4

Se escoge un factor de seguridad de 4, ya que este es para rodamientos de rodillos cilíndricos axiales y radiales de súper precisión.

Cabe destacar que, la carga axial de acción centrada resulta ser la suma de la carga axial horizontal y la vertical, cálculos se hacen mediante los siguientes pasos:

- Primero Se toma la altura de la base a la que está atado la parte inferior del cojinete y luego se toma el diámetro de la mesa giratoria, para hacer la división entre la altura y el diámetro.
- Del valor obtenido, se calcula la Tangente inversa, a modo que el resultado sea un ángulo de carga.
- Se calculan las componentes "X", "Y" de la carga axial, para lo cual se obtienen los Cosenos y Senos del ángulo obtenido en el paso anterior, respectivamente.
- Por último se multiplica la fuerza ejercida por la mesa giratoria sobre el cojinete, por cada una de las componentes. Para obtener finalmente la carga axial de acción centrada.

Una vez hallado los valores restantes, se sustituyen en la ecuación principal con el fin de determinar el momento permisible del cojinete.

6.6. Sensores

Un sensor es todo aquel dispositivo que genera una señal eléctrica en base a una determinada magnitud física ya sea presión, nivel, temperatura, etc. El encargado de llevar a cabo esta conversión es el sensor en sí, aunque normalmente se le denomina transductor. En la industria, se utilizan sistemas de sensores adecuadamente contruidos para trabajar en las condiciones existentes en un entorno industrial. [10]

6.6.1. Sensores detectores de objetos

En los procesos de fabricación se utilizan sensores para medir diferentes tipos de magnitudes y, entre ellos, son muy utilizados los sensores detectores de objetos y los sensores de medida de distancia o de posición de objetos. Ya que la variable a convertir es la de distancia, es importante conocer acerca de las diferentes opciones que se tienen para la medición de dicha variable.

Los sensores detectores de objetos son sensores digitales cuya señal de salida depende de la presencia o no de un objeto. La detección de la presencia de un objeto depende de varios factores, dentro de los cuales se pueden destacar la distancia a la que el objeto pretende ser detectado, su velocidad y el tipo de material de este. La variación de estos factores hace que exista una clasificación de estos sensores en función de la distancia entre el sensor y el objeto y el tipo de material del objeto. [11]

Según la distancia de detección se puede dividir en sensores de proximidad en contacto y sensores de proximidad sin contacto. Los sensores sin contacto detectan, como su nombre lo indica, la presencia de un objeto, o miden la distancia a la que se encuentra el mismo, sin que exista contacto alguno. Las distancias pueden ser grandes o pequeñas. Cabe destacar que para las distancias pequeñas suelen usarse sensores de proximidad y para las distancias grandes, sensores de presencia. Como el objetivo son las distancias pequeñas, según el principio físico se encuentran varias opciones, dentro de las cuales están los sensores optoelectrónicos, capacitivos, magnéticos, inductivos y ultrasónicos. [11]

6.6.2. Sensores optoelectrónicos

Estos básicamente, detectan la presencia de un objeto mediante fenómenos relacionados con la luz. Por lo general se componen de un emisor y un receptor. El emisor genera un rayo de luz dentro del espectro visible, infrarrojo, por lo que el receptor recibe o no el rayo emitido por el emisor, dependiendo de si un objeto se cruza durante el proceso. En ocasiones el receptor puede ser un espejo reflector, que retorne el rayo de luz emitido al receptor que usualmente se encuentra en la misma carcasa. Posee la ventaja entonces de que además de detectar presencia, también puede medir distancias. [11]

Estos sensores también presentan un rango de medición a tomar en cuenta, ya que si el objeto que se desea detectar no está en el rango de medición óptimo, las lecturas pueden fallar, puesto que, al ser una luz infrarroja, la misma puede verse afectada por condiciones externas. En la siguiente figura se puede observar dicho rango.

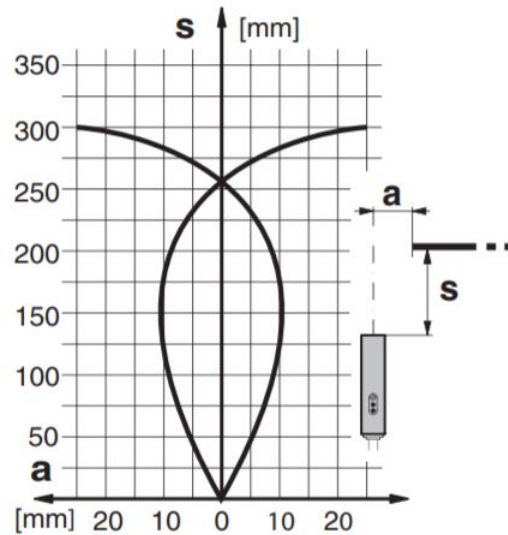


Figura 2: Curva de aproximación [Anexos]

6.7. Motores eléctricos

Un motor eléctrico se encarga de convertir la energía eléctrica en potencia mecánica. La mayoría de los motores eléctricos son rotacionales, al mismo tiempo, estos están disponibles en muchos estilos y tamaños diferentes. El motor consta de dos componentes básicos, un estator y un rotor. El estator es un componente estacionario en forma de anillo, y el rotor es una parte cilíndrica que gira dentro del estator. El rotor se ensambla alrededor de un eje que está soportado por cojinetes, y el eje se puede acoplar a los componentes de la maquinaria, como engranajes, poleas o bien piñones.

La corriente eléctrica suministrada al motor genera un campo magnético de conmutación continua que hace que el rotor desarrolle torque y gire en su intento de alinear sus polos con los polos opuestos del estator. Aspectos como lo pueden ser, el tipo de corriente que se le suministra (alterna o directa), el cómo se crea el campo magnético de conmutación continua y la construcción del motor dan lugar a que exista una gran variedad de motores eléctricos. La clasificación más simple y común es entre motores de corriente continua (DC) y motores de corriente alterna (AC). Cabe destacar entonces, que dentro de cada categoría, hay varias subcategorías, las cuales se dividen en cuatro tipos que normalmente se utilizan en la automatización y el control industrial: (1) motores de DC, (2) motores de AC, (3) motores paso a paso y (4) motores lineales. Para ser más específico, se hablará únicamente de los que se pretenden utilizar en el módulo planteado. [12]

6.7.1. Motores DC

Los motores de corriente continua están alimentados por una corriente y voltaje constantes. El campo magnético de conmutación continua se logra por medio de un dispositivo

de conmutación giratorio, llamado conmutador, este gira con el rotor y recoge la corriente de un conjunto de escobillas de carbón que son componentes del conjunto del estator. Su función es cambiar continuamente la polaridad relativa entre el rotor y el estator, de modo que el campo magnético produce un torque para girar continuamente el rotor.

Según el autor, los motores de corriente continua se utilizan ampliamente por dos razones, la primera, es la conveniencia de utilizar corriente continua como fuente de energía y la segunda razón es que sus relaciones torque / velocidad son atractivas en muchas aplicaciones en comparación con los motores de AC. [12]

Cálculos de torque

El interés principal aquí es en transportadores motorizados, lo cual representa una gran ventaja puesto que existe una gran variedad de equipos de transporte que se encuentran disponible comercialmente. Los tipos principales de transportadores motorizados, en su mayoría, están organizados según el tipo de potencia mecánica proporcionada en la ruta fija.

Por ende, el objetivo de esta sección es poder calcular el torque necesario, para mover un sistema lineal como el descrito anteriormente, calcular la potencia necesaria y poder ver más adelante el motor que más se ajusta utilizando las ecuaciones siguientes:

Se halla el torque del sistema:

$$T = \frac{1}{2}D(F + \mu Wg)(N \cdot m) \quad (2)$$

Donde:

- D = Diámetro del rodillo o tambor (m)
- F = Fuerza externa (N)
- μ = Coeficiente de Fricción (Asumiendo 1 en el peor de los casos)
- W = Masa de la carga (Kg asumiendo 4 cargas en la banda)
- g = Gravedad (9.81 m/s^2)

La fuerza externa está dada por la tensión efectiva, la cual es la tensión que es aplicada por el motor para tanto girar la banda vacía y los componentes que giran por ella, como para mover la carga sobre la banda horizontalmente. Esta se calcula con la siguiente ecuación:

Finalmente se calcula la potencia del sistema

$$W = \frac{2 * \pi * T * N}{60} \quad (3)$$

Donde:

- $T = \text{Torque}$
- $N = \text{Velocidad del motor (RPM)}$

6.7.2. Motores AC

Aunque los motores de CC tienen varias características atractivas, tienen dos desventajas importantes: (1) el conmutador y los cepillos utilizados para conducir la corriente desde el ensamble del estator al rotor dan como resultado problemas de mantenimiento con estos motores, y (2) la fuente de energía eléctrica más común en la industria es la corriente alterna, no corriente continua. Para utilizar la alimentación de CA para impulsar un motor de DC, se debe agregar un rectificador para convertir la corriente alterna en corriente continua. Por estas razones, los motores de AC se utilizan ampliamente en muchas aplicaciones industriales, y es que presentan las ventajas de que no utilizan cepillos, y son compatibles con el tipo predominante de energía eléctrica. Los motores de AC se pueden clasificar en dos categorías: motores síncronos y motores de inducción. [12]

Motores síncronos

Los motores síncronos, funcionan energizando el rotor con corriente alterna, lo que genera un campo magnético en el espacio que separa el rotor y el estator. Este campo magnético crea un torque que hace gira el rotor a la misma velocidad de rotación que las fuerzas magnéticas en el estator.

Motores de inducción

Por otro lado, los motores de inducción son probablemente los motores más utilizados en el mundo, debido a su construcción relativamente simple y bajo costo de fabricación. En la operación de este tipo de motor, se induce un campo magnético en el rotor desde el estator, característica, que beneficia ya que el rotor en este caso no necesita corriente eléctrica de una fuente de alimentación externa. [8]

6.8. Elementos neumáticos

Son todos aquellos componentes que se encargan de llevar a cabo diversas funciones neumáticas. Dentro de los cuales destacan los cilindros y las válvulas.

6.8.1. Tipos de cilindros

Los cilindros neumáticos se pueden dividir en 2 categorías, (1) de simple efecto y (2) de doble efecto. [13]

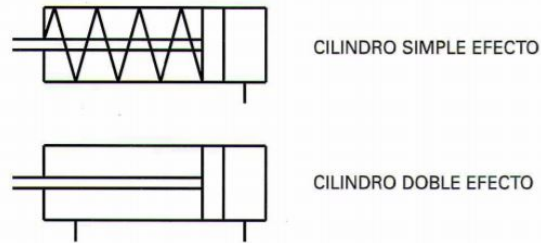


Figura 3: Dos grandes grupos de cilindros [13]

Cilindros de simple efecto

Estos realizan su esfuerzo activo en un solo sentido y el retorno depende de un resorte que devuelve el embolo a su posición inicial. Básicamente o que hace avanzar el pistón es el aire comprimido que se alimenta en una cámara posterior, comprimiendo el resorte de retorno. El retroceso se lleva a cabo en el momento en que se evacua el aire a presión de la parte posterior, lo cual permite que el resorte vuelva a su posición original.

Cilindros de doble efecto

Estos actúan de modo activo en dos sentidos. Básicamente en este tipo, desaparece la idea del resorte, ya que al dar aire a la cámara posterior y evacuar el aire de la cámara anterior, el vástago del cilindro avanza y cuando se hace la función inversa, el vástago retrocede.

6.8.2. Válvulas

Existen elementos de control como puesta en marcha, paro, retroceso, avance rápido, etc. . . , que requieren de un órgano de trabajo preciso que logre realizar estas funciones de mando. En este caso, los elementos de control son las válvulas.

Existen válvulas que se encargan de distribuir el aire comprimido de forma adecuada, con la finalidad de lograr un avance o retroceso en los cilindros. Estas son las válvulas distribuidoras. Una válvula distribuidora posee vías, que son orificios de entrada y salida de aire, donde la entrada se representa en forma de triángulo equilátero, y posiciones que adopta el órgano distribuidor, en este caso pueden ser abierta, cerrada, en reposo, que se representan por el numero de cuadros dibujados uno a continuación de otro. [13]

El órgano de accionamiento puede ser de 4 diferentes formas: (1) Manual, utilizando un pulsador o palanca. (2) Mecánico, por algún enclavamiento mecánico. (3) Neumático, por presión y (4) Eléctrico por electroimán.

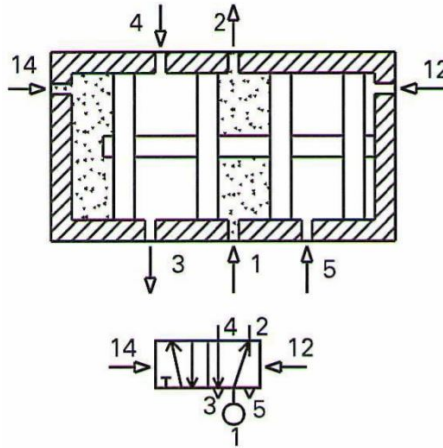


Figura 4: Válvula de 5 Vías y 2 Posiciones 13

La válvula que más interesa es una válvula 5/2, esta es de tipo corredera, que se caracterizan por necesitar poca fuerza de accionamiento, para obtener un gran recorrido de actuación y es de mando neumático. Cuando se manda una señal de pilotaje por (14), la alimentación de presión (1) está conectada con la vía (4) y la (2) con la atmósfera, a través del escape (3). Mientras que cuando la corredera recibe el impulso por (12), se alimenta la vía (2) y se pone la (4) a escape (5)

6.8.3. Cálculo para presión de trabajo

Para poder determinar la presión de trabajo mínima necesaria para empujar las piezas que se desean desechar, se llevan a cabo los siguientes cálculos:

En primer lugar lo que interesa es hallar la fuerza teórica que el cilindro entrega en su carrera de avance, bajo la documentación que presente FESTO en su página WEB, se sabe que dicha fuerza se obtiene mediante la presión óptima de trabajo, en este caso de 6 bar, y el diámetro del émbolo.

$$f_{teorica} = \left(\frac{P_{aire} * \pi * D^2}{40} \right) \quad (4)$$

Donde:

- D = diámetro del cilindro [mm]
- P_{aire} = Presión del aire [bar]
- $f_{teorica}$ = Fuerza de teórica de entrega [N]

Luego se debe hallar la fuerza de fricción del pistón debido al movimiento. Esta se sabe que la misma esta representada por el 10% de la fuerza de resorte, por lo que se obtiene lo siguiente

$$f_{friccin} = 10\% * (f_{teorica}) \quad (5)$$

Mas adelante se debe halla la fuerza de rozamiento ejercida por el peso de las piezas. Por lo que es necesario conocer los coeficientes de rozamiento estáticos dependiendo del material con el que se piense trabajar. [14]

$$f_{rozamiento} = Masa * Gravedad * CoeficientedeRozamientoEsttico \quad (6)$$

Superficies de contacto	us	uk
Hule sobre concreto	1.0	0.8
Acero sobre acero	0.74	0.57
Aluminio sobre acero	0.61	0.47
Cobre sobre acero	0.53	0.36
Madera sobre madera	0.25-0.5	0.2
Metal sobre metal	0.15	0.06
Teflón sobre teflón	0.04	0.04
Articulación sinovial en humanos	0.01	0.003

Cuadro 3: Coeficientes de rozamiento estático y cinético

Por otro lado, para calcular la fuerza estática del cilindro, se debe graficar el diagrama de cuerpo libre de la placa que estará en contacto con las piezas. Donde se hace una sumatoria de fuerzas en el eje Y, tomando en cuenta la fuerza del pistón menos la fuerza de resorte sumado con la fuerza de fricción, menos la fuerza de rozamiento generada por la pieza.

Todo se resume a que, teniendo en cuenta la carga total ejercida sobre el pistón, se puede determinar la presión de trabajo a la que el cilindro debe trabajar

$$P_{trabajo} = \left(\frac{40 * f_{piston}}{\pi * D^2} \right) \quad (7)$$

Donde:

- D = diámetro del cilindro [mm]
- F_{piston} = Fuerza de pistón [N]
- $P_{trabajo}$ = Presión de aire [bar]

El funcionamiento de la máquina es totalmente configurable por el operador, entre las funciones que puede llevar a cabo la estación de procesamiento se encuentran, la transferencia de piezas de forma lineal mediante una banda transportadora, el procesamiento de piezas mediante el censo de diferentes alturas, el desecho y traslado de piezas de manera neumática utilizando cilindros de doble efecto y permite la interconexión de más módulos con el propósito de recrear un sistema completamente automatizado.

El módulo es un sistema basado en principios mecánicos, neumáticos, eléctricos, electrónicos e informáticos que demuestran el funcionamiento y sincronización de un sistema automatizado que puede acoplarse en serie con otros módulos.

7.1. Diagrama de funcionamiento

A continuación, se presenta un diagrama P&ID con el propósito de mostrar el funcionamiento general de la estación de procesamiento, haciendo referencia a los tres subsistemas en los que se divide, a los diferentes instrumentos que se pretenden implementar para cada uno, y el tipo de conexión que cada proceso requiere.

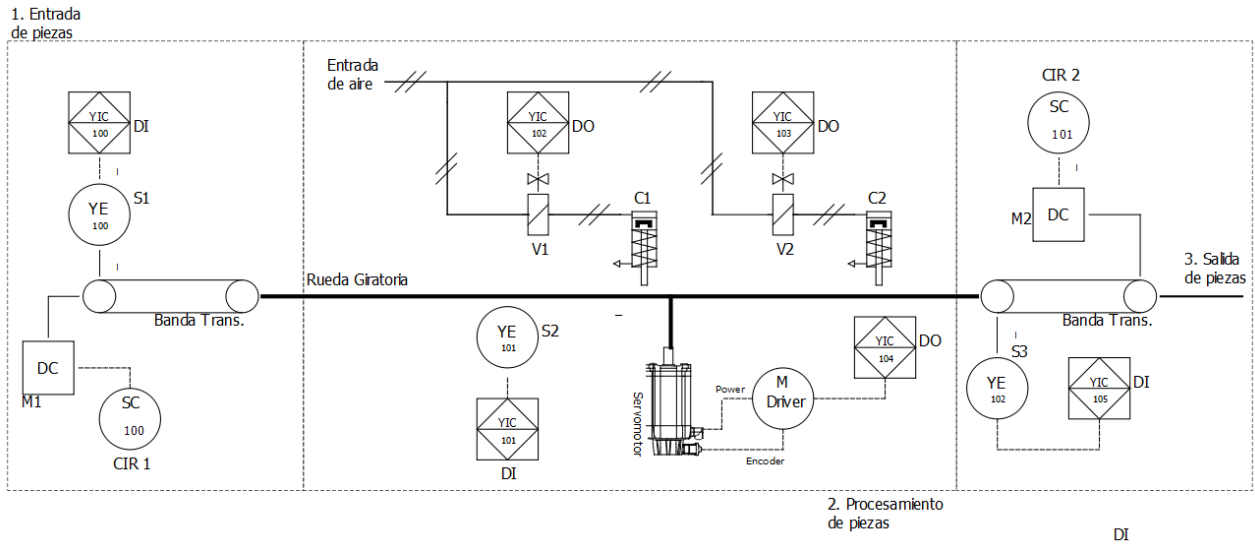


Figura 5: Diagrama P&ID

7.1.1. Subsistema de alimentación

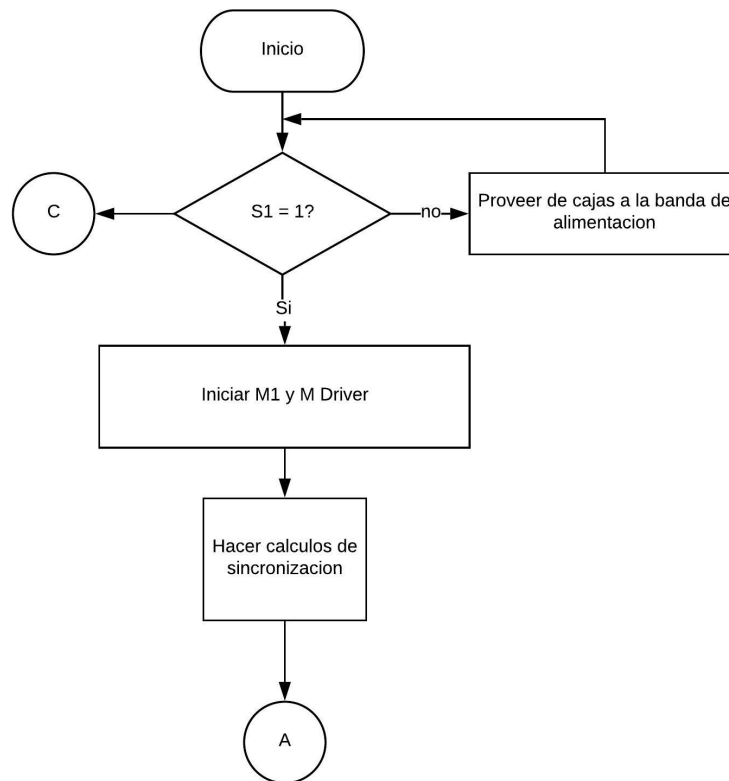


Figura 6: Diagrama de flujo - alimentación

7.1.2. Subsistema de mesa rotatoria

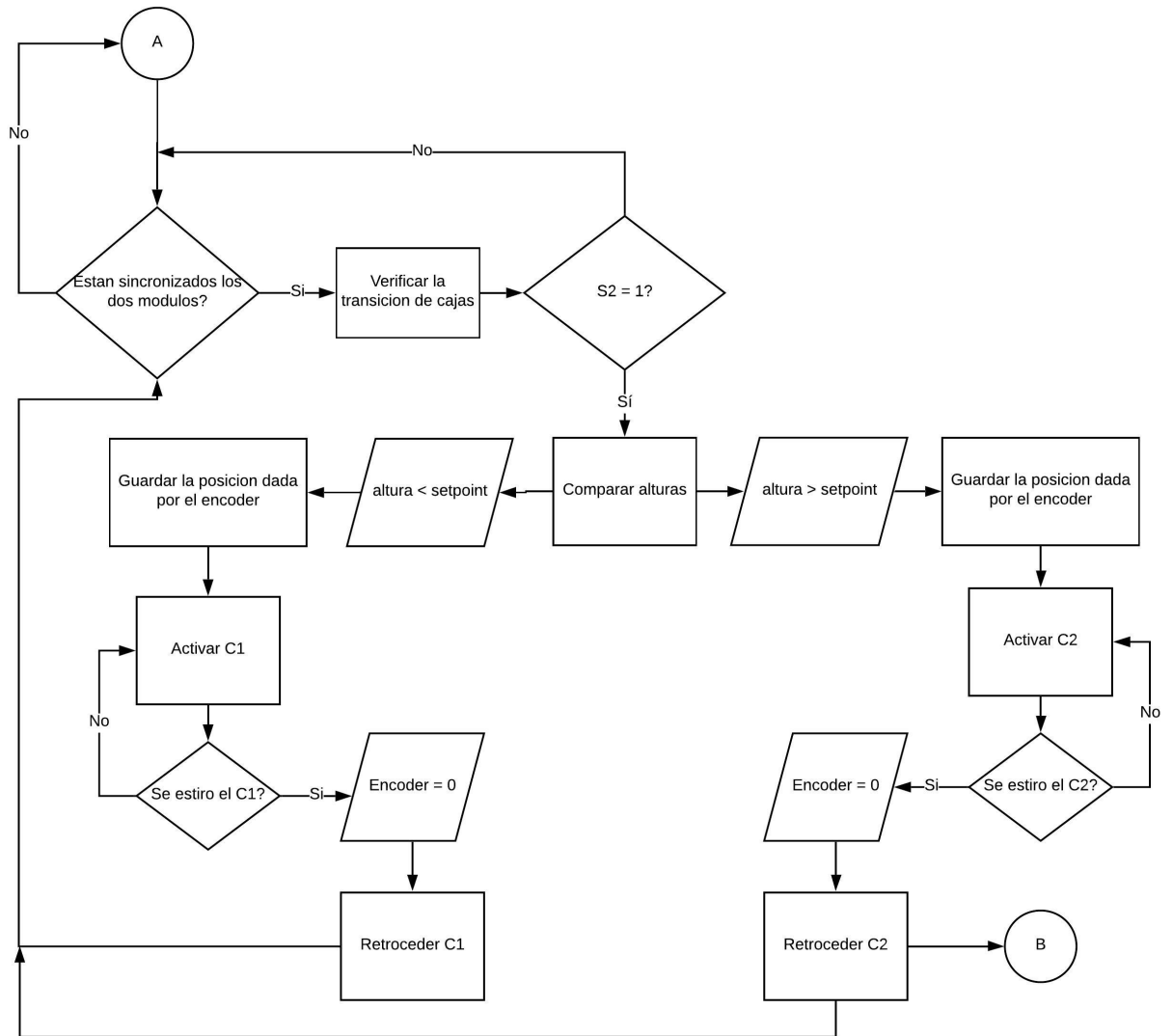


Figura 7: Diagrama de flujo - mesa rotatoria

7.1.3. Subsistema de salida

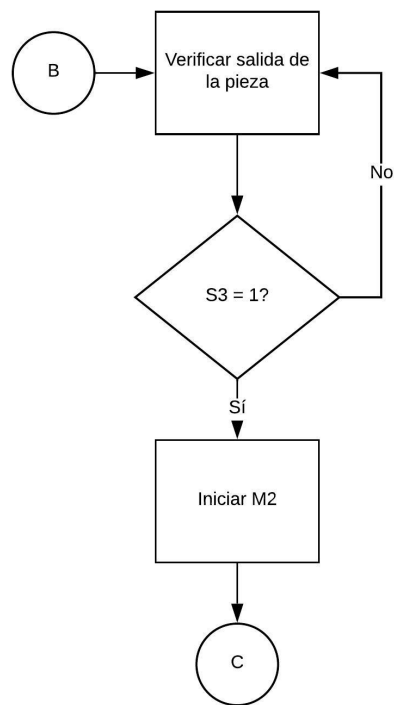


Figura 8: Diagrama de flujo - salida

7.2. Composición modular de la máquina

En general, la estación de procesamiento se deriva en tres subsistemas. El primero es el subsistema de entrada que básicamente se encarga de alimentar de piezas a la mesa giratoria. Segundo, es el subsistema de mesa giratoria que se encarga del procesamiento de piezas, donde se censa la altura de estas, y se actúa ya sea para rechazar la pieza o para trasladar la pieza al siguiente módulo. Por último, el subsistema de salida, que este se encarga de transportar la pieza al siguiente módulo por una banda transportadora.

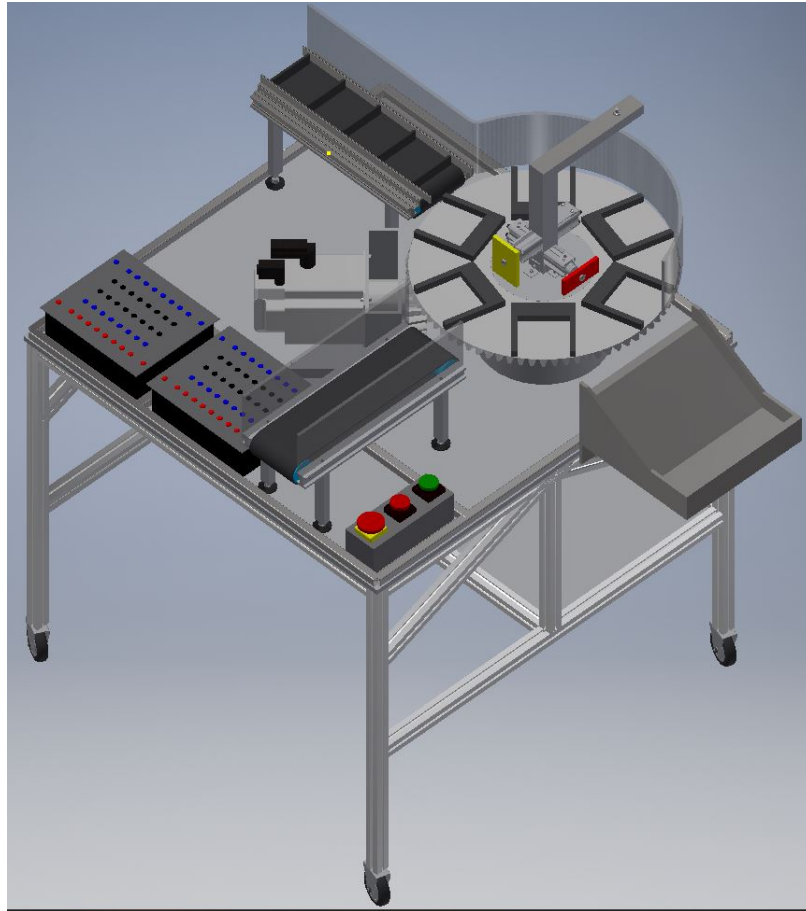


Figura 9: Diseño estación de procesamiento

7.3. Tamaño de cajas

Se tiene contemplado trabajar con piezas de 10X10X7cm y de 10x10x10cm, utilizando piezas de madera (MDF) con dimensiones donde únicamente varía la altura. Se escogió este material, primero por el inventario que maneja el departamento de Electrónica y Mecatrónica, segundo porque es de fácil manejo en cuanto a su uso y ensamblaje se refiere, y tercero porque es un material liviano.

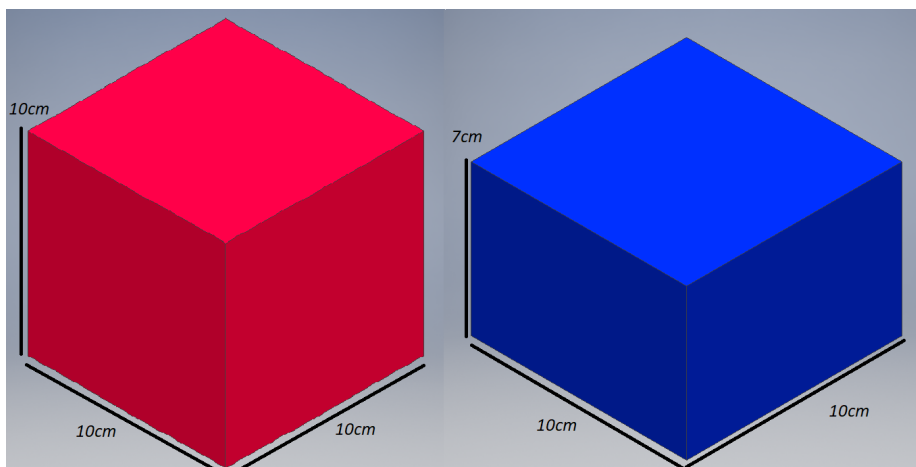


Figura 10: Piezas de 10cm y 7cm de altura

7.4. Señales de entrada/salida

En los cuadros 4,5 y 6 se detallan todos los componentes a utilizar en el sistema propuesto, junto con información acerca de las señales de entrada y salida de cada uno de los actuadores y sensores utilizados en la máquina para conocer qué acción realizará cada componente y en qué dirección del PLC se encontrará cada variable.

Dirección	Tipo de señal	Nombre	Descripción
E8.0	DI	Bstart	Botón de start
E8.1	DI	Bstop	Botón de stop
E8.2	DI	Bpe	Botón de paro de emergencia
E8.3	DI	Sdetec	Sensor óptico de detección en banda de alimentación
E8.4	DI	Sdetec1	Sensor óptico de detección en mesa
E8.5	DI	Sdetec2	Sensor óptico de detección en banda de salida

Cuadro 4: Entradas digitales

Dirección	Tipo de señal	Nombre	Descripción
A12.0	DO	Prechazo	Electroválvula, cilindro de rechazo de pieza
A12.1	DO	Pnext	Electroválvula, cilindro de traslado de pieza
A12.2	DO	Menter	Motor DC de la banda de alimentación
A12.3	DO	Mexit	Motor DC de la banda de salida

Cuadro 5: Salidas digitales

Dirección	Tipo de señal	Nombre	Descripción
A272.0	AO	Servo1	Servo motor AC de mesa rotatorio
E256.0	AI	rpmvalue	Velocidad de giro, banda de alimentación
E256.1	AI	rpmvalue1	Velocidad de giro, banda

Cuadro 6: Salidas y entradas analógicas

7.5. Interacción con el usuario

Como parte del objetivo didáctico se presentan dos módulos de conexiones universales interactivos que básicamente cuentan con entradas y salidas de tipo plug de 4mm con los cuales el operador puede conectarse fácilmente desde el exterior al PLC sin necesidad de modificar conexiones internas dentro del mismo. Por otro lado también se cuentan con una interfaz de botones con los cuales puede controlarse el funcionamiento de la estación. En la siguiente imagen se pueden observar tres elementos con los cuales el usuario tendrá más interacción durante el proceso de operación de la máquina. Estos se ven con más detalle en el apartado de anexos, específicamente en el manual de operación de usuario.

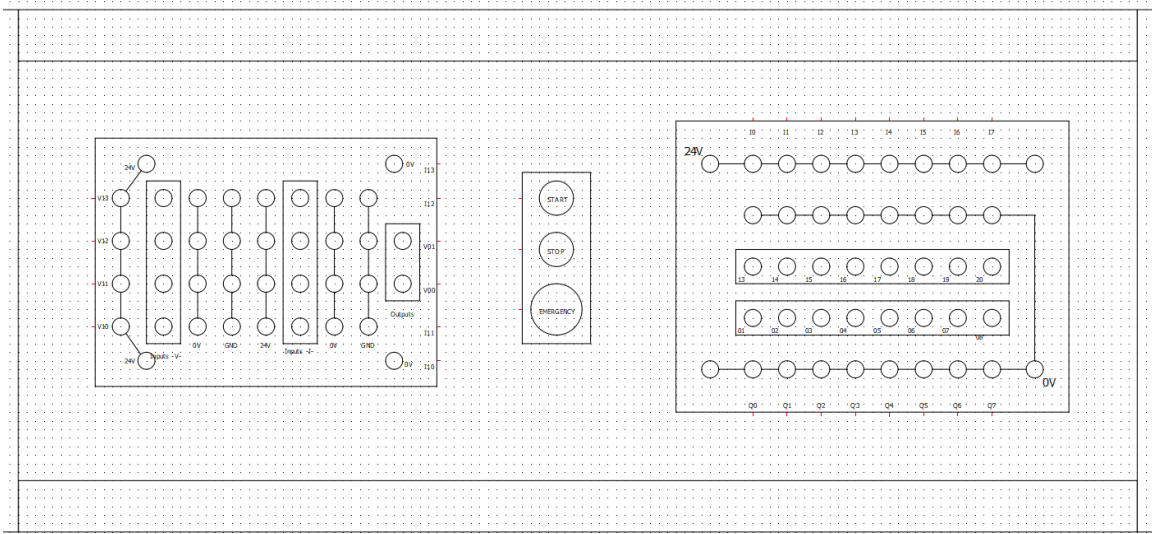


Figura 11: Interacción con usuario

7.5.1. Unidad de conexión analógica

En primer lugar, se encuentra una unidad de conexión analógica. Esta permitirá que el usuario pueda conectar cualquier componente de entrada o salida utilizando ya sea voltaje o corriente. Las conexiones se hacen por debajo a las borneras del panel, esto se hace para que la interacción con el usuario sea más sencilla en términos de conexión, fomentando el uso de cables plug-in de 4mm.

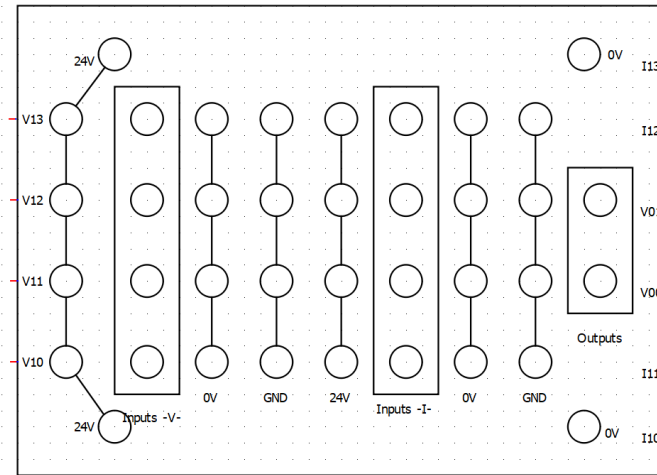


Figura 12: Unidad de conexión analógica

7.5.2. Unidad de conexión digital

En segundo lugar, se encuentra la unidad de conexiones digitales. Esta unidad permite que el usuario también se conecte mediante los conectores de seguridad al módulo, pero esta vez usando las entradas y salidas digitales. Este se compone de 8 entradas y 8 salidas.

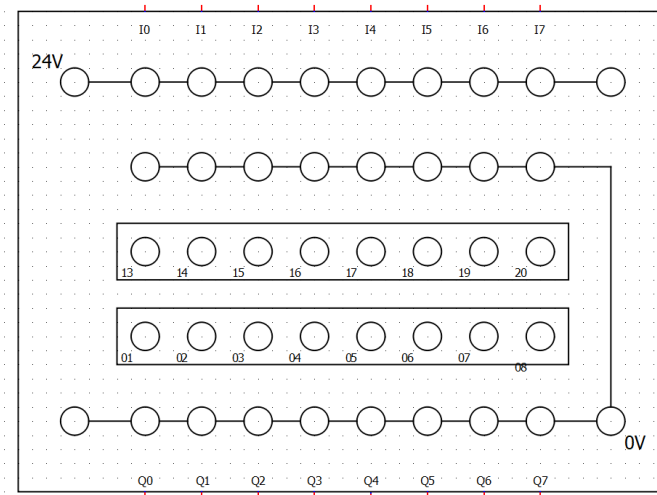


Figura 13: Unidad de conexión digital

Desarrollo de la estructura

La estructura de toda máquina se encarga de organizar y dar soporte a cada uno de los componentes de esta. Por lo que es uno de los temas más importantes y debe tomarse las consideraciones pertinentes al momento de dimensionarla. Las consideraciones van ligadas al tipo de material que se desea utilizar, la forma en la que puede ensamblarse y el valor agregado que pueda tener la misma para el funcionamiento en general de la máquina.

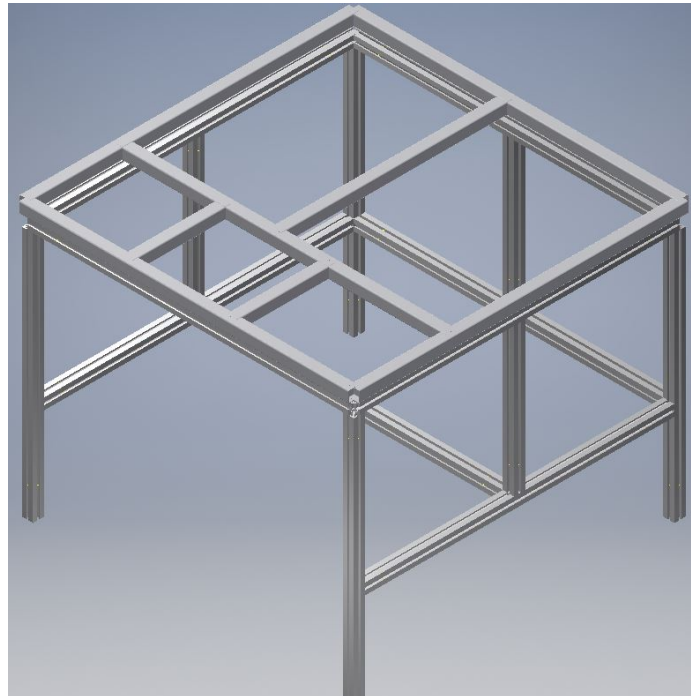


Figura 14: Estructura de estación de procesamiento

8.1. Montaje mecánico

La estructura de la estación de procesamiento está fabricada en perfiles modular de aluminio de 40x40mm de cuatro canales. Estos perfiles resultan ser muy buenos para soluciones técnicas de diseño puesto que poseen una elevada absorción de fuerzas, una alta protección ante torsiones, y de fácil montaje utilizando herramientas muy básicas.

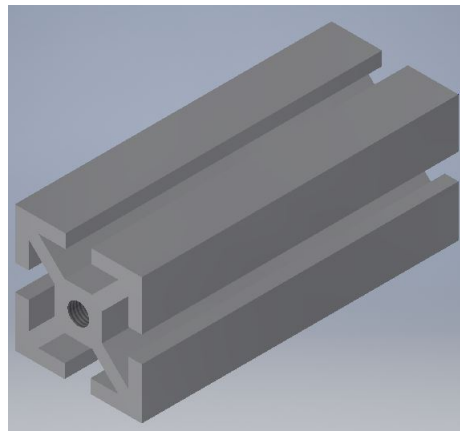


Figura 15: Perfil modular de aluminio

8.2. Tuerca cabeza de martillo

Este tipo de tuerca se utiliza para fijar cualquier accesorio a los perfiles modulares. En cuanto al ensamble de los perfiles como tal, se utiliza un placa delgada con un tornillo Allen (M6) de cabeza cilíndrica para poder fijar las tuercas de cabeza de martillo, luego estas se introducen frontalmente al perfil que se desea adherir, se deslizan por el canal del mismo hasta llegar a la distancia que se requiera, y por último se fijan con dos tornillos Allen (M6) para terminar con el ensamble de dos perfiles.

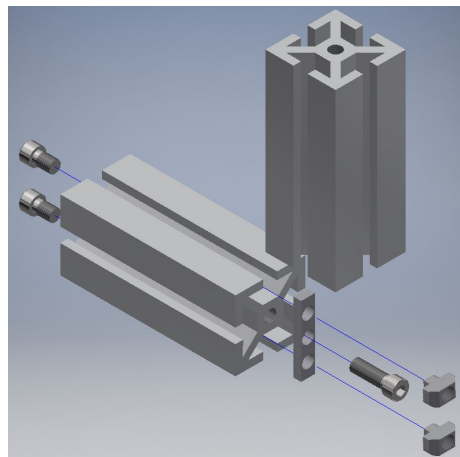


Figura 16: Conector de perfiles perpendicular

8.3. Canaletas

Y para terminar con el desarrollo de la estructura se utilizaron las canaletas de 40x40mm y rieles DIN, que posteriormente serán utilizadas para el cableado eléctrico y distribución de los elementos de control y mando. En la siguiente imagen, se puede observar el uso de perfiles de tipo cuadrado que van por encima de la estructura en general.

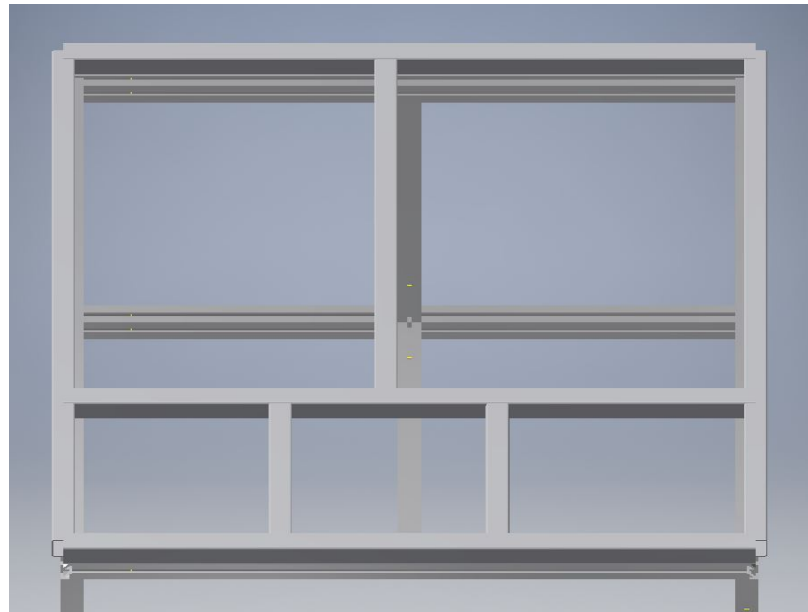


Figura 17: Canaletas de PVC

Estos perfiles resultan ser una alternativa al marco tubular de acero y la construcción de madera, ya que estos son simples de usar, livianos y pueden ayudar a reducir el costo de la elaboración de la estación. Estos están hechos de PVC, por lo que tampoco suponen un incremento excesivo a la estructura y requieren pocas piezas para el ensamblaje ya que solo se conectan con una sola herramienta, estos pueden ser sujetados con inserciones de tubo de nylon.

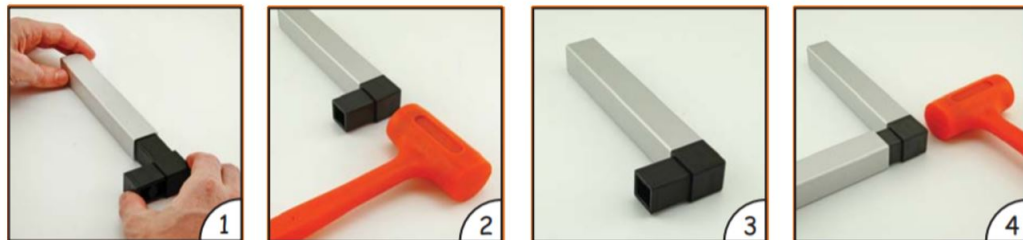


Figura 18: Ensamble de canaletas [9]

Subsistema de alimentación

En primer lugar, la estación en general empieza por un subsistema de alimentación denominado "alimentador", el cual se encarga de transportar las piezas que se estén procesando durante el funcionamiento de la máquina.

En la industria existen varios métodos para la transferencia de materiales o piezas a lo largo de un proceso, usualmente estos sistemas son lineales y cuyo movimiento es generado por un motor. Estos sistemas son mas conocidos como mecanismos lineales de transferencia, o mas conocidos como bandas transportadoras.

9.1. Etapa de ideación

Una banda transportadora se compone de un faja por la cual estarán siendo transportadas las piezas o materiales que se desean trasladar de un punto a otro. Posee dos tambores que se encargan de dar la forma a la banda y al mismo tiempo giran en base a un tambor maestro quien es el que genera el movimiento de la banda a través de un eje que posee el motor que ofrece la velocidad y la fuerza necesaria para hacer funcionar la banda transportadora.

9.1.1. Primer diseño

Para el primer prototipo de este subsistema se pensó en crear una banda convencional, con las partes ya mencionadas, pero con una modificación únicamente en la estructura. Usualmente en la industria, la transición entre un módulo de transporte lineal con uno rotatorio se hace en base a guías o barreras que son las encargadas de hacer que las piezas entren de la forma más suave posible. Según lo anterior, se pensó en el concepto de barreras guía,

primero para que estas empezaran desde la alimentación, con el propósito que funcionaran como barreras y que en determinado momento no se pudiera caer o desviar las piezas a trasladar, y segundo que al momento de hacer la transición con la maquina de transferencia rotativa, las piezas entraran de la manera mas fluida posible. En la siguiente figura se puede apreciar la estructura guía ideada.

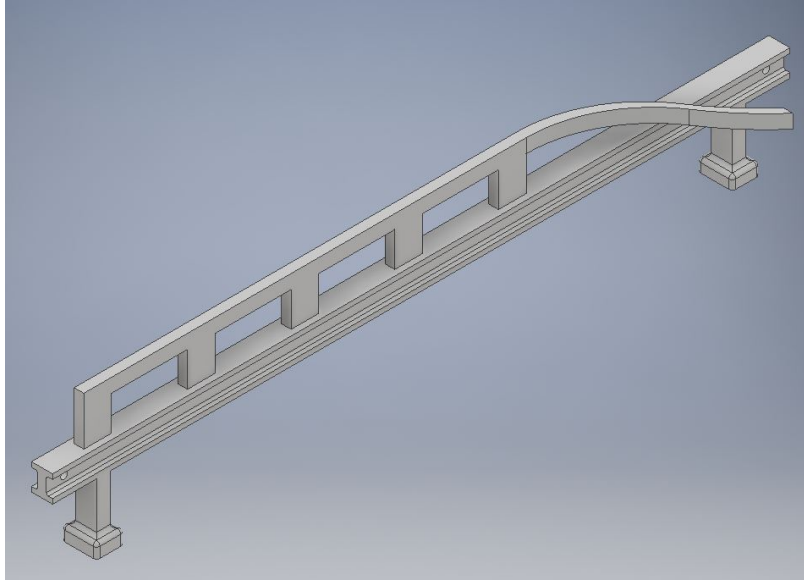


Figura 19: Concepto de barreras guía

El diseño fue bueno, pero a pesar de ello, no se prosiguió con la mismo, debido a que es algo que ya existe en la actualidad por lo que no cumple con los requisitos que se plantean evaluar. Por otro lado, existía la posibilidad de que, al ocurrir una posible colisión entre piezas, el subsistema podía crear un sobre esfuerzo al querer mover piezas que estuvieran atoradas ya que las mismas iban unas más juntas que otras y en diferentes posiciones por lo que no se tenía un control sobre cómo iban a manejarse dentro de su trayectoria.

9.1.2. Segundo diseño

Con esto en mente, para el segundo prototipo de este subsistema, se planteó la idea que el alimentador necesitaría contar con la implementación de una banda transportadora con separadores en la faja a modo que las piezas no fueran juntas y que el proceso de traslación de estas al siguiente subsistema no aplicara variables que en determinado momento hubieran perjudicado dicho proceso. De igual forma, también se había contemplado el uso de carrileras, en forma de malla, para que estas sirvieran de soporte a lo largo del trayecto que tuvieran las piezas hacia el siguiente subsistema y que en determinado momento ayudarían a que las mismas no se descarrilarán en caso de que fueran mal posicionadas desde un principio. Prueba de ello es la siguiente figura:

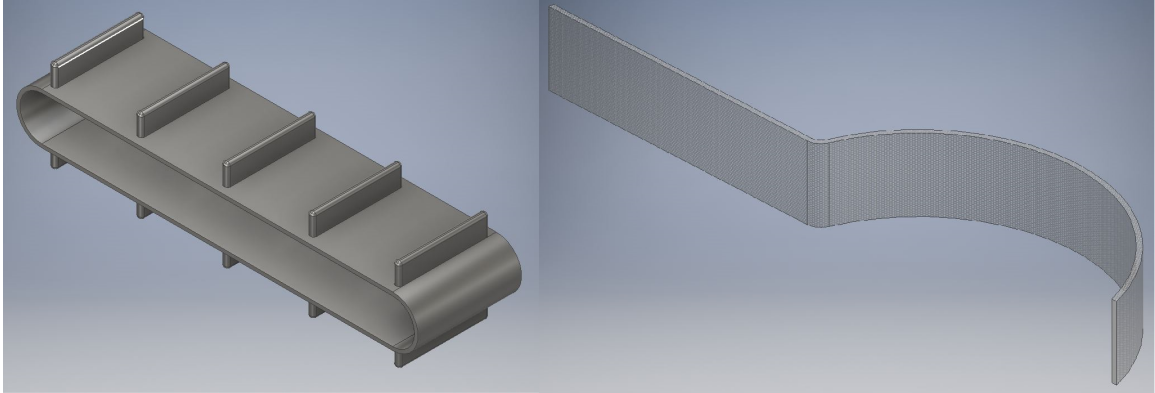


Figura 20: Concepto de faja con separadores y carrileras

El diseño era prometedor, ya que se había solucionado el problema del control de las piezas durante la trayectoria de estas y, sobre todo, limitar la cantidad con la que se estaría trabajando para evitar colisiones o posibles atascos. Sin embargo, aún existía un problema, y es que, para lograr la transición con el subsistema de mesa rotatoria, también se tenían que evitar colisiones y que las piezas ingresaran a este de la manera más suave y limpia posible. Por ende, se optó por un nuevo diseño.

9.1.3. Tercer diseño

Para un tercer prototipo, el alimentador era en esencia un transportador motorizado, con una faja segmentada y carrileras que pudieran apoyar en tener un mejor control sobre las piezas. Pero esta vez con una variante, la cual implementaría el uso de rodillos. Estos rodillos básicamente irían a lo largo del trayecto de la banda, esto para dar estabilidad y continuidad a la pieza durante su recorrido y que al final de este pudieran actuar como un puente de transición donde las piezas se deslizarían de manera suave e ingresarían con total voluntad e inercia de los rodillos a la mesa rotatoria.

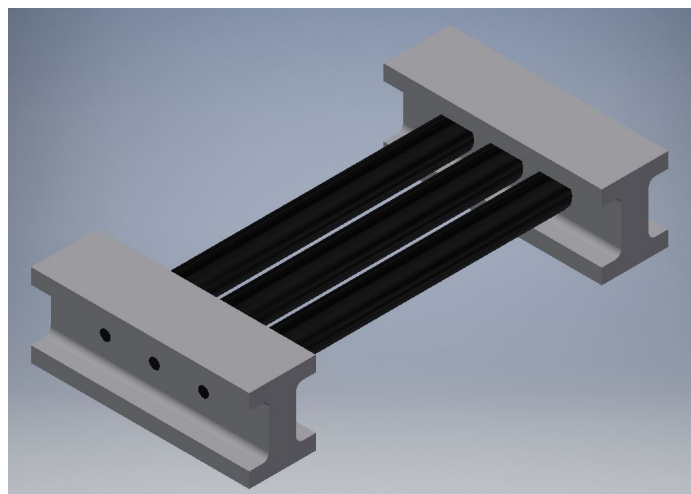


Figura 21: Concepto de rodillos

9.1.4. Cuarto diseño

Aún faltaban aspectos que mejorar en cuanto al diseño, y parte del reto fue llevar a cabo una cuarta modificación para que entonces se tuviera un idea más concreta, en cuanto a estructura, hardware y mecanismos a utilizar se refiere.

En primer lugar, tal y como se muestra en la Figura 22 y la Figura 23, se corrigió la parte de los cilindros de transición, dado que estos no tendrían mayor beneficio y que únicamente afectarían al proceso de sincronización que se busca obtener. En segundo lugar, se procedió a llevar a cabo una estructura que le diera la apariencia de banda, para ello se llevaron a cabo diseños como los que se presentan a continuación.

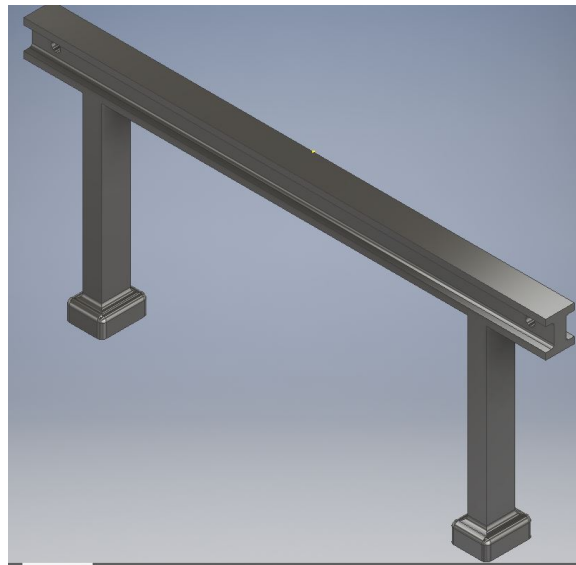


Figura 22: Concepto de estructura

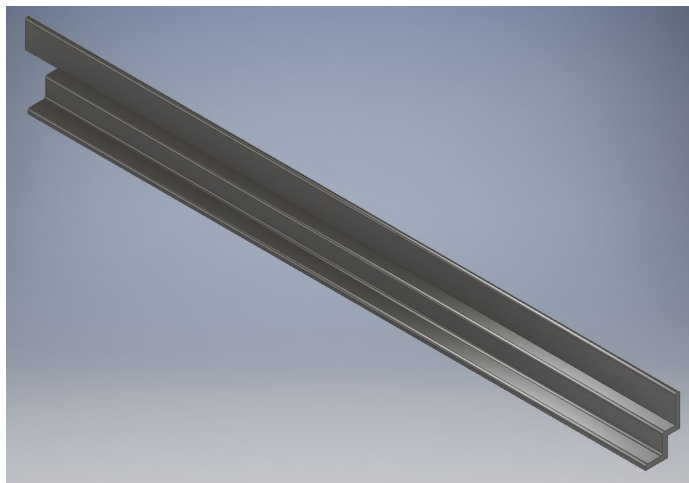


Figura 23: Concepto de barras guía

Para este nuevo prototipo se optó por remover los cilindros, y en su lugar, proveer a la banda la opción de poder aumentar la altura a la que se encuentra con respecto a la mesa, para que al momento de darse la transición, esta estuviese por encima de la mesa o bien a cierto ángulo de inclinación y que con la ayuda de los separadores, dieran el impulso justo para que las piezas cayeran justo en la mesa rotatoria. Por otro lado, se definió la incorporación de dos piezas laterales que irían por encima del nivel de la faja, para que estas fueran las guías y en cierta parte funcionarían como soportes para que las piezas a trasladar fueran lo más justo posible, sin posibilidad de ser alteradas durante el curso.

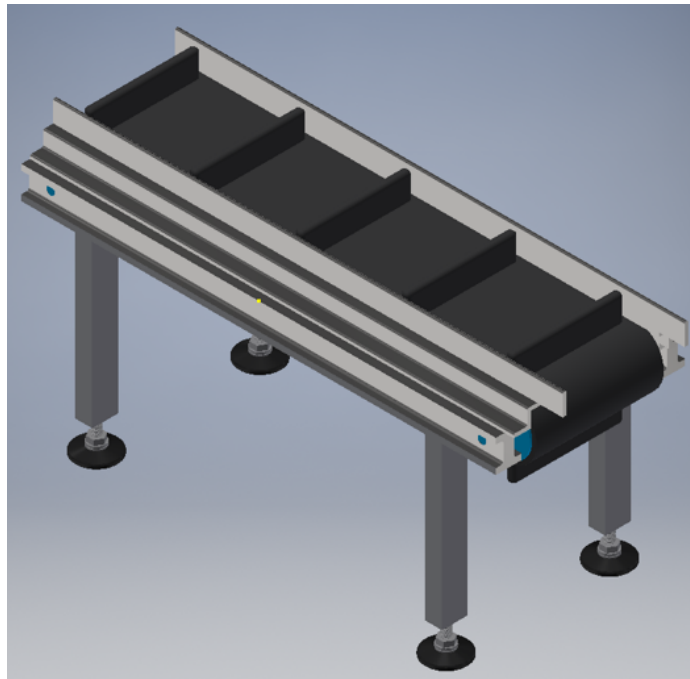


Figura 24: Concepto de banda transportadora

9.2. Análisis ingenieril de motor DC

Con respecto a la parte electrónica, para el diseño final de la banda, se pudo determinar que la misma debe contar con un sensor óptico que permita medir distancias. En este caso con el que pueda determinarse si existe o no una pieza, y de tener una lectura negativa del sensor, la banda permanecerá inmóvil. Al mismo tiempo contará con un motor DC de 24V y un controlador con el cual se pueda variar la velocidad de la misma, pero primero se hará un análisis de una opción de motor que se tiene contemplado implementar y poder verificar si cumple con las necesidades que se requieren.

Se dispone de un motor DC de 24V con engranajes, a modo que este le entregue suficiente velocidad y torque al sistema. A continuación se destaca su configuración básica:

Tipo	JX42RNa motor DC con engranajes
Voltaje Nominal	24V
Velocidad Nominal	62 RPM
Torque Nominal	5.2 Nm
Potencia de salida Nominal	33.75 W

Cuadro 7: Datos del motor DC a plena carga

Como siguiente punto, se detalla el cálculo de ingeniería para verificar que el motor es el adecuado:

Se halla el torque del sistema:

$$T = \frac{1}{2}D(F + \mu Wg)(N \cdot m) \quad (8)$$

Donde:

- D = Diámetro del rodillo o tambor (m)
- F = Fuerza externa (N)
- μ = Coeficiente de fricción (Asumiendo 1 en el peor de los casos)
- W = Masa de la carga (Kg asumiendo 4 cargas en la banda)
- g = Gravedad (9.81 m.s^2)

La fuerza externa está dada por la tensión efectiva, la cual es la tensión que es aplicada por el motor para tanto girar la banda vacía y los componentes que giran por ella, como para mover la carga sobre la banda horizontalmente. Esta se calcula con la siguiente ecuación:

$$T_e = \frac{0.90 * HP * 33,000}{V} \quad (9)$$

Donde:

- Hp = 0.045 (33.75 W)
- V = 40.57 pies/min

Por lo tanto, $T_e = 33.13\text{lb}$ (147.38N), fuerza que se aplica a la fórmula de torque como se presenta a continuación:

$$T = \frac{1}{2} * (0.0635)(147.38 + 2.75 * 9.81) \quad (10)$$

Dando como resultado un $T = 2.95N \cdot m$

Finalmente se calcula la potencia del sistema

$$W = \frac{2\pi * T * N}{60} \quad (11)$$

Donde:

- $T =$ Torque
- $N =$ Velocidad del motor (RPM)

El cual da como resultado final, $W = 28.57 \text{ W}$ por lo que el motor planteado en el Cuadro 7, que presenta una potencia nominal de 33.75 W , se puede concluir que la selección del motor es correcta. Cabe resaltar que, gracias a un circuito regulador, se podrá variar la velocidad a la gira la banda, dando la libertad a que los estudiantes hagan pruebas con diferentes velocidades y pueda ser ajustable a las necesidades que se tengan contempladas.

9.3. Versión final

A lo largo de este tiempo, se han llevado cabo varios prototipos, con los cuales se empezó a concretar el diseño general del subsistema. Conforme fue avanzando, se fueron haciendo cambios como por ejemplo las dimensiones de la mayor parte de componentes, el hardware correcto con el que se pretende trabajar, las diferentes señales que se van a estar manipulando, los mecanismos de rotación o transporte, etc. Hasta poder concluir en una versión final.

9.3.1. Implementación de controlador de velocidad

El controlador de velocidad para un motor de corriente continua permite controlar la velocidad y la dirección de un motor de DC utilizando un voltaje de corriente continua con ancho de pulso modulado, es decir una señal PWM, con un ciclo de trabajo totalmente ajustable de 0% a 100%. El controlador de velocidad del motor incorpora un MOSFET de alta potencia con un disipador de calor y puede proporcionar fácilmente una corriente continua de hasta 6A al motor u otra carga de DC. En el cuadro 8 se detalla las especificaciones mas importantes del controlador.

A continuación se destaca sus características básicas:

Voltaje de funcionamiento	6V - 30V
Corriente máxima de salida	6A
Rango de PWM	5% -95 %
Frecuencia máxima de PWM	15KHz

Cuadro 8: Especificaciones de controlador

Dicho controlador ofrece al usuario la oportunidad de experimentar con un proceso de transferencia bastante aplicado a la industria de hoy en día y es que la instrumentación seleccionada también cumple con ese mismo objetivo. Por otro lado, el operador podrá manejar diferentes velocidades a modo que pueda hacer una relación de velocidades tangenciales con el subsistema siguiente y pueda obtener una sincronización entre ambos y las piezas puedan trasladarse a la maquina de transferencia rotativa.

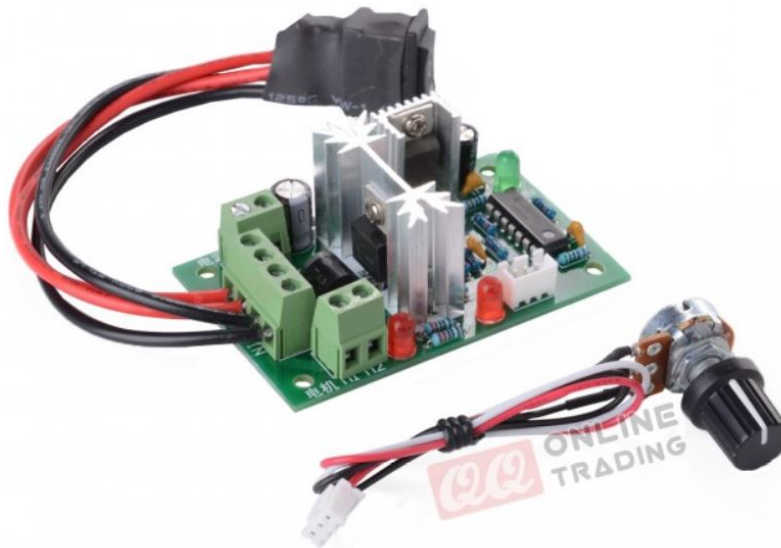


Figura 25: Controlador de velocidad [QQ]

El controlador de velocidad se puede conectar con facilidad a un controlador lógico programable (PLC) quien sera el encargado de regular la velocidad de giro del motor utilizando una salida analógica con la cual el operador puede tener el control de la misma. Al mismo tiempo ofrece la ventaja de poder regular dicha velocidad por medio de un potenciómetro, que al igual que la señal proveniente del PLC, ajusta el ciclo de trabajo de la señal PWM.

Por otro lado, para la lectura de los RPM a los que gira el motor, se tiene un foto transistor que funciona como decoder, el cual genera una salida en frecuencia que mediante el chip integrado LM290 se puede hacer una conversión de frecuencia a voltaje y ese mismo ser enviado a una entrada analógica del PLC para que pueda ser procesada y obtener el feedback de velocidad que se busca. En la siguiente figura se muestra como se conforma el controlador, de igual manera las conexiones que posee.

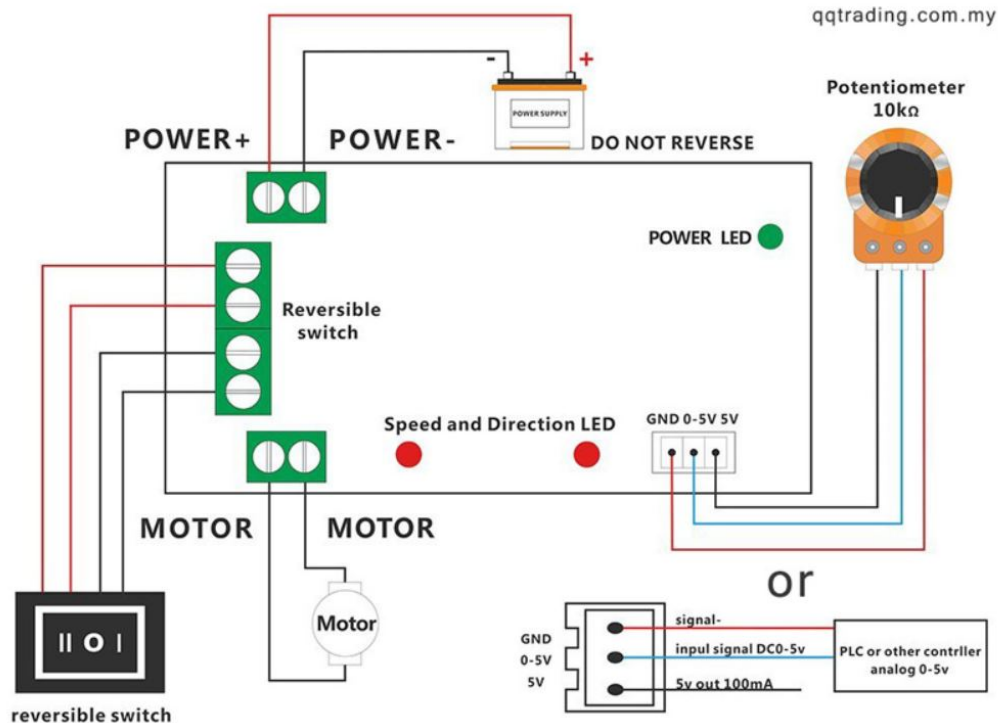


Figura 26: Esquemático controlador de velocidad [QQ]

Tanto en la Figura 25 como en la Figura 26, se puede observar a simple vista los componentes y las conexiones que conforman el controlador de velocidad. Gracias a su voltaje de funcionamiento y su alta corriente de salida, lo convierte en una opción de alta gama y de bajo costo.

9.3.2. Diseño y consideraciones de la estructura

En primer lugar, se llevó a cabo lo que fueron las dos barras laterales que componen la base de la banda transportadora. En general, la estructura se sugiere fabricarla de aluminio, esto porque dicho material es económico y más ligero en comparación con el acero. Las dos barras van atadas a los ejes de los tambores, a modo que sirvan como soporte de estos. Como parte del diseño de la barra se tomó en cuenta que la faja puede desviarse y esta debe ser corregida, por lo que cuenta con la forma adecuada para que la corrección de la faja sea lo más fácil y rápido posible.

Además de las barras laterales, también se contempló la idea de diseñar una especie de rieles de soporte, los cuales otorgarían cierta seguridad para que determinado momento las piezas no se fueran a caer o a desviar al momento en que estas son puestas por el usuario que pretenda manejar el sistema. Dichos soportes, al igual que las barras, se pretenden sean fabricadas del mismo material, puesto que existen aleaciones de aluminio que hacen más fácil su unión con partes del mismo material. Estas se alargan un poco más que las barras debido a que en el tramo final de la banda, la pieza no puede desviarse ya que está sujeto a que la misma debe caer dentro de la mesa, tal y como se observa en las Figura 26.

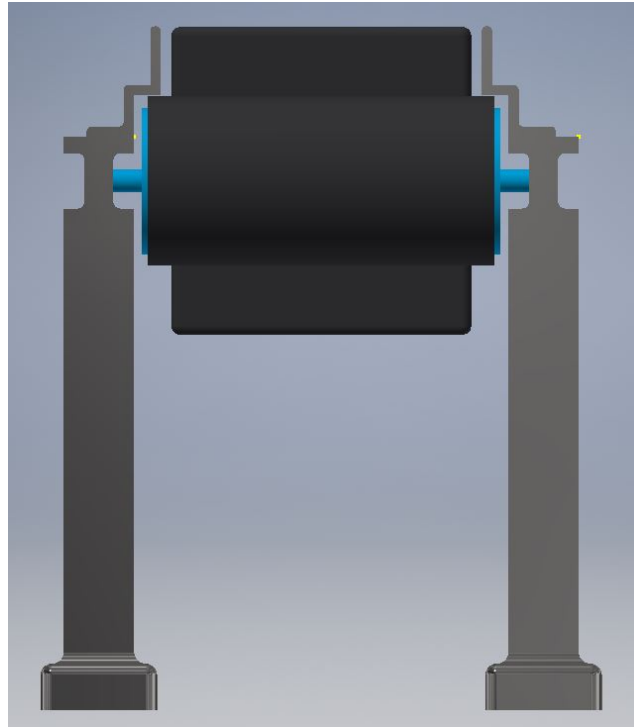


Figura 27: Parte frontal - Banda transportadora

La distancia entre ambos tambores es de 50.8cm, medida que se tomó en consideración para el análisis ingenieril que se verá más adelante. Por otro lado, la altura aproximada de las barras es de 20.65 cm. Cabe resaltar entonces, que la banda está diseñada a modo que pueda modificarse su altura y que esta se encuentre ligeramente mayor a la que se encuentra la mesa. Esto permite que la gravedad actúe sobre la pieza y esta caiga dentro del área , en la que se pretende, se establezca para su posterior medición.

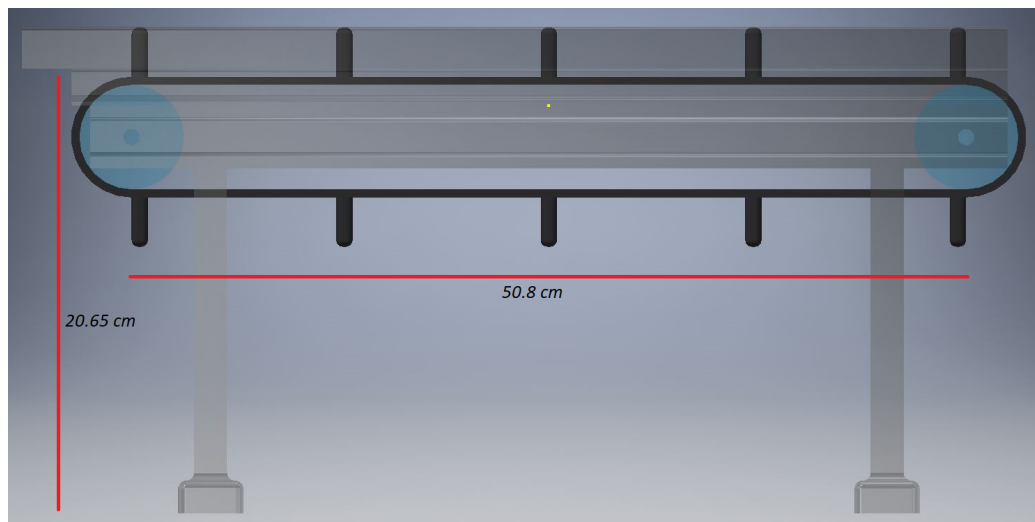


Figura 28: Parte lateral - Banda transportadora

Como siguiente punto, se definió lo que fue el diámetro del rodillo o tambor, dependiendo de su disponibilidad. Para ello se tomó base un rodillo de 1.25 pulgadas de diámetro, el cual también sirvió como dato para determinar la velocidad a la que giraría la faja. por lo general estos rodillos son de control, puesto que van atados al eje del motor y son los encargados de otorgar la fuerza suficiente para generar el movimiento de la faja. Estos también son más conocidos como tambores. Al mismo tiempo, el material con el que están hechos es duradero, puesto que el acero representa un metal bastante rígido.

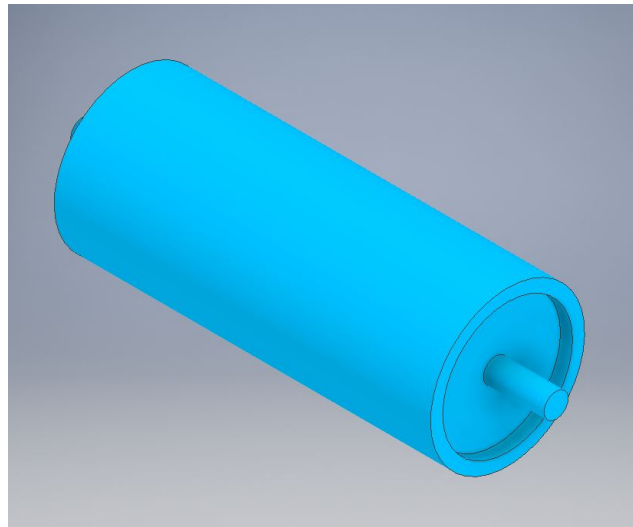


Figura 29: Rodillo de control o tambor

Por último, como parte del diseño de la faja, se pretende usar separadores de una altura aproximada de 3cm para que estos al girar en la parte final de la banda, puedan otorgar un empuje lineal a la pieza y que esta logre entrar al módulo rotatorio sin necesidad que esta entre forzado.

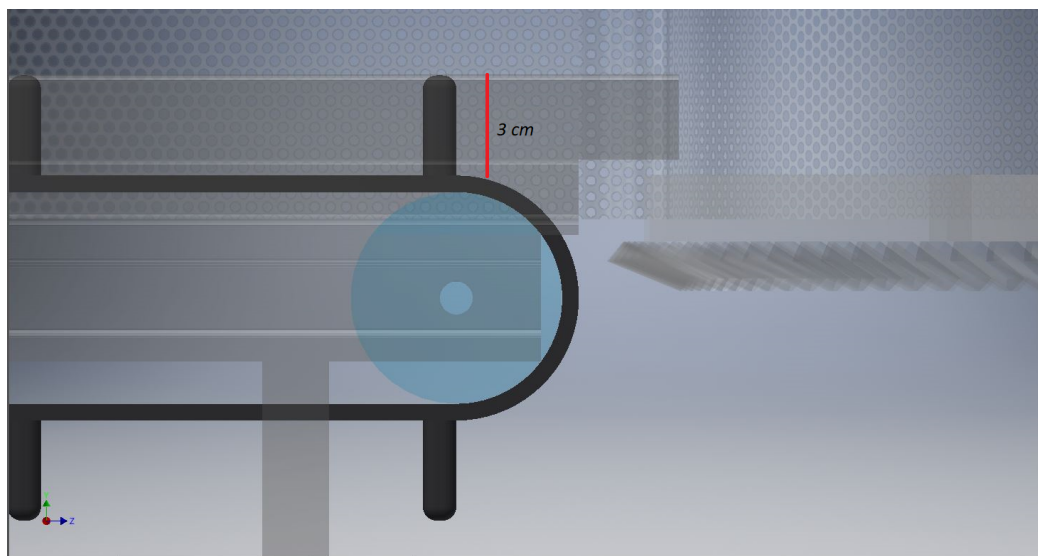


Figura 30: Diseño de separadores en faja

Subsistema de mesa rotatoria

Este subsistema es el encargado de recibir las piezas suministradas por el alimentadorz trasladarlas en forma giratoria al subsistema de salida, mientras pasan por una etapa de procesamiento.

Muchas de las líneas de transferencia que existen actualmente, realizan una serie de operaciones de mecanizado, siendo esta una de las aplicaciones de procesamiento más comunes y es el foco de la mayor parte de la discusión en esta sección. Para el procesamiento de piezas se acostumbra a implementar una máquina de transferencia rotativa a modo que se tenga una mayor cantidad de producto en control y pueda reducir el trabajo en progreso.

10.1. Etapa de ideación

Usualmente los sistemas o máquinas de transferencia rotativa tienen como objetivo el poder transportar piezas o materiales a lo largo de la circunferencia de una mesa que gira. Dichas mesas pueden ser acopladas por varios mecanismos que las haga girar, parte de esta sección es poder definir dicho mecanismo y que logre cumplir con los objetivos y requerimientos planteados.

Como parte de los requerimientos que debía cumplir este subsistema se planteó que el mismo debía consistir básicamente en una mesa rotatoria que pudiera girar mediante algún instrumento motorizado, que permitiera estar en sincronización con un sistema lineal de transporte, en este caso, una banda transportadora, que al mismo tiempo el mecanismo que se fuera a diseñar para hacer girar la mesa no interviniera con el proceso de censado de piezas, que teóricamente debía de estar en el centro de forma fija, y que tuviera un etapa donde se pudiera censar las piezas según algún criterio en específico y de tener que ser desechadas las piezas, existiera algún actuador para hacerlo.

10.1.1. Primer diseño

Para este primer diseño, se contempló una estructura en forma de brazo ajustada a la parte central de la mesa rotatoria de forma fija, a modo que este sirviera para poder censar la altura de piezas que fueran ingresando por medio del subsistema de alimentación. Para dicho proceso, se contempló la idea poder utilizar un sensor que fuese el encargado de llevar cabo la medición específica y que fuese el encargado de notificar si la pieza cumplía o no con algún criterio de altura adecuada. Esto porque si la pieza no cumplía este requisito, entonces la misma sería desechada por algún actuador. Al mismo tiempo se tomó en consideración que la altura del brazo no tenía que sobrepasar los límites de medición que posee el sensor, ya que de ser esta muy alta, se hubiera tenido que buscar un sensor con mayor rango de detección, incrementando el precio del proceso.

En un principio se tenía contemplado el uso de cilindros neumáticos como actuador, esto con el propósito de introducir un nuevo tema de estudio al proyecto, tema que por lo regular se ve únicamente de manera teórica en los cursos antes planteados.

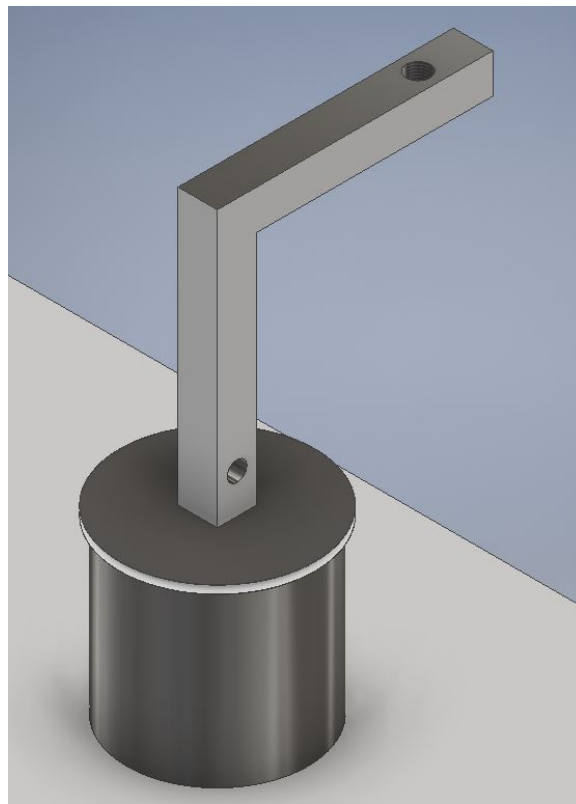


Figura 31: Concepto de brazo de medición

Por otro lado, se contemplaron carrileras centrales, a modo que estas sirvieran para acomodar las piezas que fueran entrando de la banda transportadora. Se esperaba que las piezas entraran separadas y que, por fricción, estas ya no se movieran durante el recorrido hasta llegar a la siguiente etapa.

Sin embargo, para la etapa final, existía la incógnita de si el separador que se tenía contemplado iba a ser lo suficientemente estable como para retener las piezas que iban a ser trasladadas y segundo que estas se fueran acomodando a manera que el ingreso a la banda de salida fuese fácil.

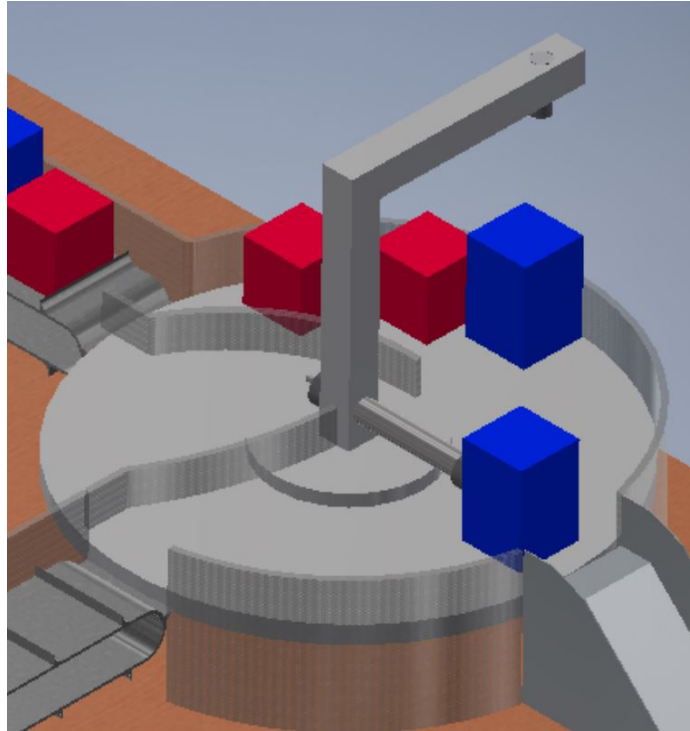


Figura 32: Concepto de carrileras centrales

Cubierta la etapa de procesamiento en sí, cabe resaltar que, para este punto, aun no se había diseñado el mecanismo rotatorio. Lo cual afectada un poco al diseño ya planteado ya que no había forma de hacer girar la mesa, sin necesidad de interrumpir con el proceso de censado de piezas. Por lo que en un principio únicamente se había contemplado hacer un sistema utilizando poleas, algo convencional, de fácil operación, pero poco novedoso.

10.1.2. Segundo diseño

Una de las grandes incógnitas que surgieron para el primer diseño, fue la transición entre los tres subsistemas sugeridos, puesto que las carrileras centrales no aseguraban que las piezas se colocarían en una posición correcta, ya sea para medir su altura, ser desechadas o pasar al siguiente módulo.

Por ende, para el segundo diseño, que se puede observar en la Figura 32, se pensó en el concepto de barreras guía, que formarían parte del primer subsistema, con el propósito de que estas ayudarán a mejorar la transición de piezas entre las dos primeras etapas justamente para evitar que en determinado momento las piezas pudieran atorarse en la entrada y que esto pudiera crear una situación de paro del todo el sistema.

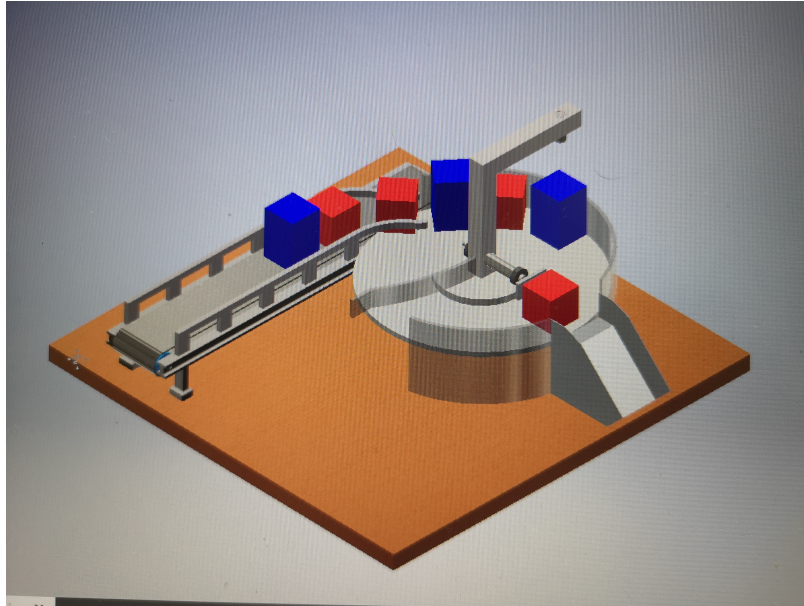


Figura 33: Concepto de mesa rotatoria con carriles guía

El diseño fue bueno, pero a pesar de ello no se prosiguió con la mismo, debido a que es algo que ya existe en la actualidad y se ve muy a menudo en la industria por lo que no cumple con los requisitos que se plantean evaluar, por ende se opto por el diseño anterior de transición, como lo visto en el tercer diseño de la etapa de ideación del subsistema anterior. Por lo que se opto por eliminar las barras guía que entran a la rueda directamente, con la predisposición de poder enfrentar un reto mas grande y siempre poder conseguir los resultados de rendimiento y eficacia del sistema.

En dicho diseño se puede evaluar perfectamente la transición de piezas mediante la sincronización de velocidades tanto de la rueda como del tambor de las bandas transportadoras.

10.1.3. Tercer diseño

Para un tercer diseño, se llevaron a cabo las modificadores e implementaciones más grandes. En primer lugar, se eliminaron las carrileras centrales ya que no había forma de asegurar que las piezas si fueran a ser completamente guiadas, por el uso de estas, a donde corresponde. Según lo anterior, se optó por enfocarse en la posición de la caja una vez dentro de la mesa, por ende, se propuso el uso de una especie de separadores con los cuales se aseguraría de mejor manera, que las piezas no se fueran a desviar o a mover en una posición donde el procesamiento no sería del todo bueno.

Estos se pensaron de tal manera que las piezas quedaran justas, pero que tampoco introdujeran un nivel más de complejidad al sistema al momento de llevarse a cabo la transición de la banda transportadora de alimentación con la mesa rotatoria.

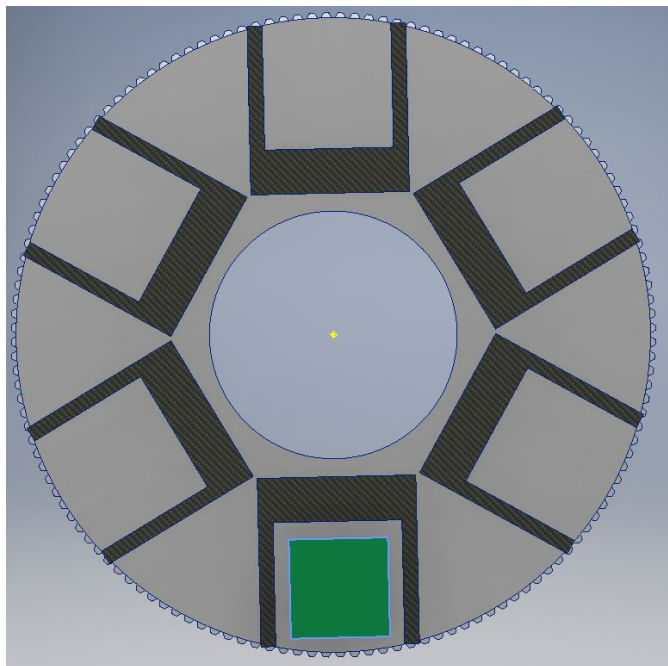


Figura 34: Concepto de separadores en mesa

Por otro lado, una de las grandes incógnitas que aún no se habían podido aclarar, era el mecanismo de la parte central de la rueda, como se haría el movimiento de esta, y que tipo de base se tendría que hacer para poder soportar el peso de la mesa ya con piezas incluidas. Fue entonces, cuando el sistema de piñón-cremallera surgió efecto y beneficio con el movimiento de la mesa en general, cuyo mecanismo se explicará con más detalle en la siguiente sección.

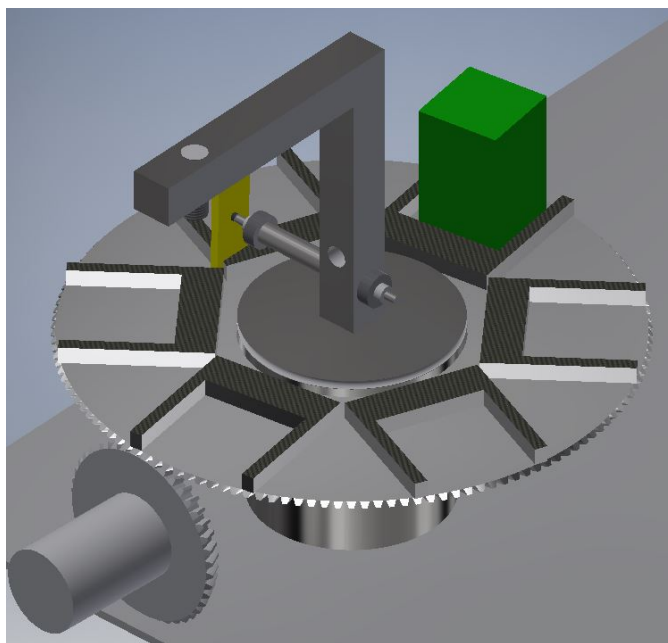


Figura 35: Concepto de mecanismo piñón-cremallera

10.2. Análisis ingenieril de carga sobre el cojinete

Se dispuso utilizar un cojinete marca SKF, con código NRT 260 B. En primer lugar, se comienza por determinar la capacidad de carga, para ello se tomaron en cuenta los datos que se encuentran en el Cuadro 9.

Diámetro del agujero	26 cm	
Diámetro externo	38.5 cm	
Capacidad de carga radial (dinámico y estático)	108 kN	325 kN
Capacidad de carga axial (dinámico y estático)	95 kN	780 kN
Velocidades alcanzables	130 RPM	
Diámetro de la mesa giratoria	63 cm	

Cuadro 9: Propiedades de los cojinetes axiales-radiales de rodillos cilíndricos

Por lo general, los cojinetes axiales-radiales de rodillos cilíndricos, giran despacio, realizan movimientos de orientación lentos o están sometidos a cargas cuando se encuentran estacionarios. Con estas condiciones, la carga de momento máxima admisible, está limitada por el límite de carga estática y se puede determinar de la siguiente forma:

$$M_{perm} = 0.23 * d1 * (C_{0a}/s_0 - F_a) \quad (12)$$

Donde:

- C_{0a} = capacidad de carga estática del conjunto axial de rodillos [kN]
- $d1$ = Diámetro del agujero [mm]
- F_a = Carga axial de acción centrada [kN]
- s_0 = factor de seguridad = 4

Se escogió un factor de seguridad de 4, ya que este es para rodamientos de rodillos cilíndricos axiales y radiales de súper precisión. Al mismo tiempo, la carga axial de acción centrada resulta siendo la suma de la carga axial horizontal y la vertical, estos cálculos se muestran a continuación.

- Primero Se toma la altura de la base a la que está atado la parte inferior del cojinete y luego se toma el diámetro de la mesa giratoria, para hacer la división entre la altura y el diámetro.

$$350/630 = 0.55 \quad (13)$$

- Del valor obtenido, se calcula la Tangente inversa, a modo que el resultado sea un ángulo de carga.

$$\tan^{-1}(0.55) = 29.05 \quad (14)$$

- Se calculan las componentes "X", "Y" de la carga axial, para lo cual se obtienen los Cosenos y Senos del ángulo obtenido en el paso anterior, respectivamente.

$$\cos(29.05) = 0.8741 \quad \sin(29.05) = 0.4855 \quad (15)$$

- Por último se multiplica la fuerza ejercida por la mesa giratoria sobre el cojinete, por cada una de las componentes. Para obtener finalmente $F_a = 0.2446$ [kN]

Sustituyendo los valores encontrados:

$$M_{perm} = 0.23 * 260 * \left(\frac{780}{4} - 0.2446\right) \quad (16)$$

Por lo tanto, $M_{perm} = 11,646.37$ [kNmm] Dato que, si se compara con la Figura 35, se puede comprobar que el cojinete seleccionado es el correcto para la implementación que se desea llevar a cabo. Dicha figura es la representación de la carga de momento admisible vs la carga axial. El cojinete seleccionad, posee una $M_{perm} = 20,000$ dato que se encuentra por encima del obtenido en los cálculos anteriores.

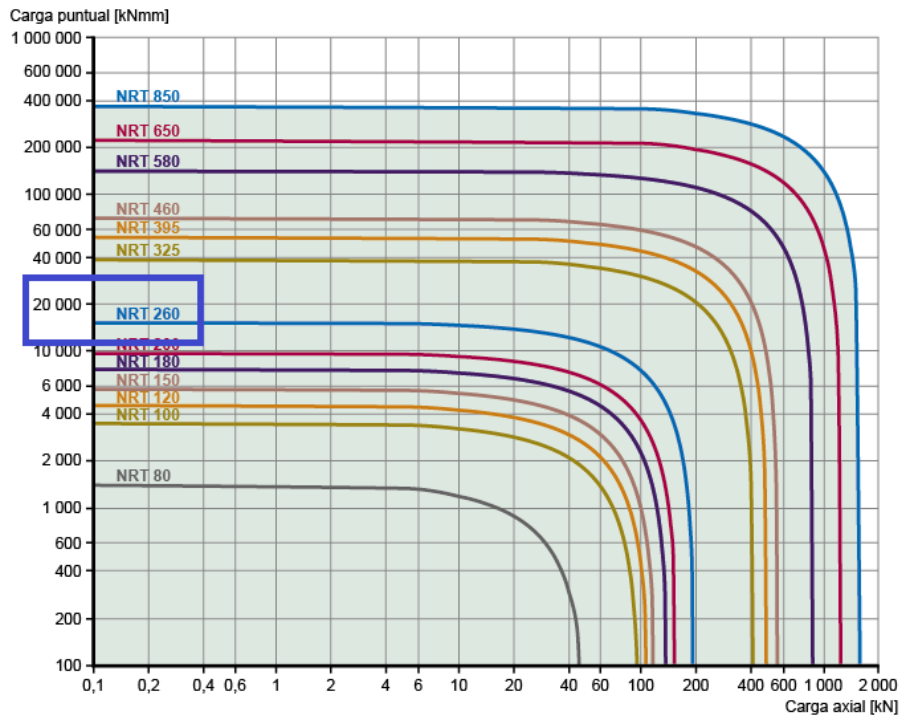


Figura 36: Carga de momento admisible: carga estática limitante [SKF]

10.3. Versión final

Básicamente la etapa del proceso se divide en dos, la primera se basa en censar la altura de las piezas utilizando un sensor óptico, con el cual pueden medirse distancias y con ello poder determinar si la pieza debe o no desecharse. Una vez censada la pieza, la segunda etapa se encarga de desechar las que no cumplan con el requisito de altura, esto se hace mediante un cilindro neumático atado al centro de la estructura central fija.

Referente al diseño, la estructura se basa en una base que está totalmente fija, que es donde se coloca el sensor, y una mesa giratoria cuyo mecanismo se verá más adelante. Cabe destacar que este subsistema es accionado por un Servo motor AC con su respectivo Driver.

10.3.1. Diseño de mecanismo piñón-cremallera

Con respecto al mecanismo rotatorio, se diseñó lo que fue un mecanismo de piñón-cremallera. En este sentido, la cremallera está siendo representada por un dentado que se le hizo por toda la circunferencia a la mesa giratoria, esto con el propósito de que el piñón se ancle al mismo y se pueda dar el movimiento como tal. El piñón en este caso se encuentra atado al eje de un Servo Motor AC que, en conjunto con un driver, hacen que el movimiento tenga una velocidad y torque constante.

La idea detrás este mecanismo, surgió por motivo de que se necesitaba tener un espacio en el centro, el cual es la parte fija de procesamiento, y la rueda que siempre estuviera girando. Esto aportó en seguridad y en el manejo del peso, ya que de lo contrario todo el peso de la mesa pudiera caer en el eje del motor, forzándolo y que el torque que pudiera entregar no fuera el necesario. Por ende, el mecanismo piñón-cremallera, resultó siendo una buena implementación dadas las circunstancias, obteniendo un movimiento prácticamente libre donde el motor no necesita de tanta fuerza para hacer mover el sistema.

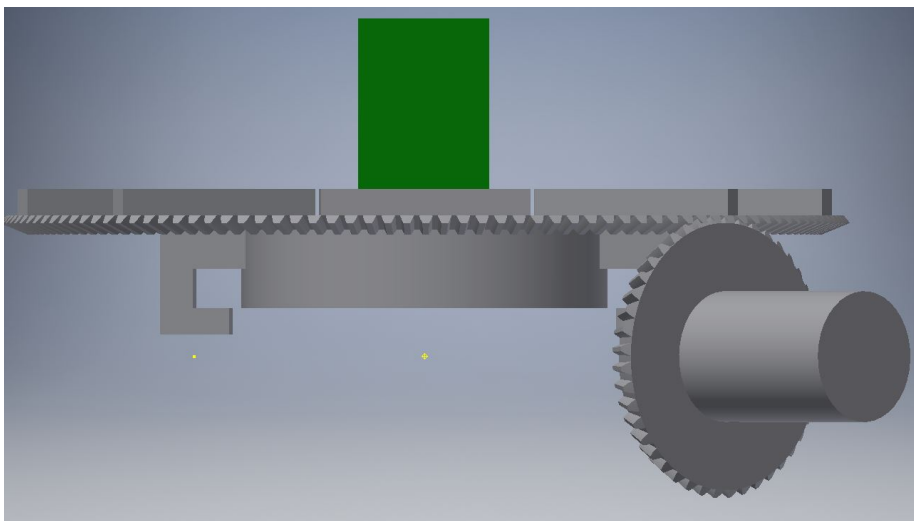


Figura 37: Mecanismo piñón-cremallera

10.3.2. Diseño y consideraciones de la estructura

En primer lugar, destaca lo que es la mesa giratoria en sí. Esta, por cuestiones de peso, debe de estar hecha por un material similar al de las bandas, por ejemplo, aluminio. A modo que el módulo no fuese lo suficientemente pesado, se optó por no hacerla tan gruesa, esto con el propósito de evitar mucha más carga sobre un cojinete de carga axial cilíndrico que lo sostiene, y también por cuestiones de costo.

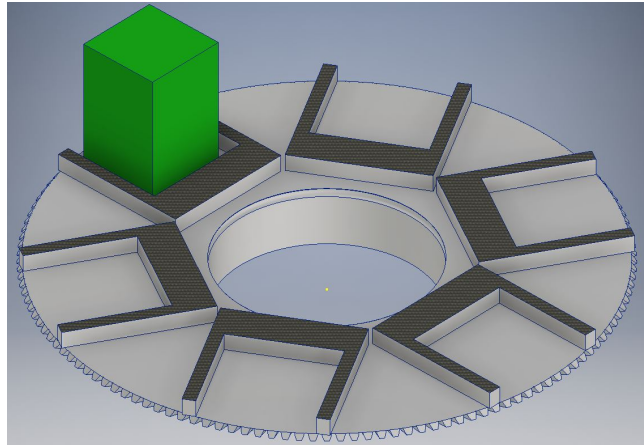


Figura 38: Mecanismo central de rotación

Al mismo tiempo, en la parte superior de la mesa, se implementaron separadores adecuados a las dimensiones de piezas con las que se estará trabajando. Estos se hicieron con el propósito de que al momento en que la pieza caiga dentro de la mesa, también tiene la obligación de entrar en uno de estos separadores a modo que, al momento de llevar a cabo las dos etapas de procesamiento, no exista ningún problema tanto al medir como al desechar.

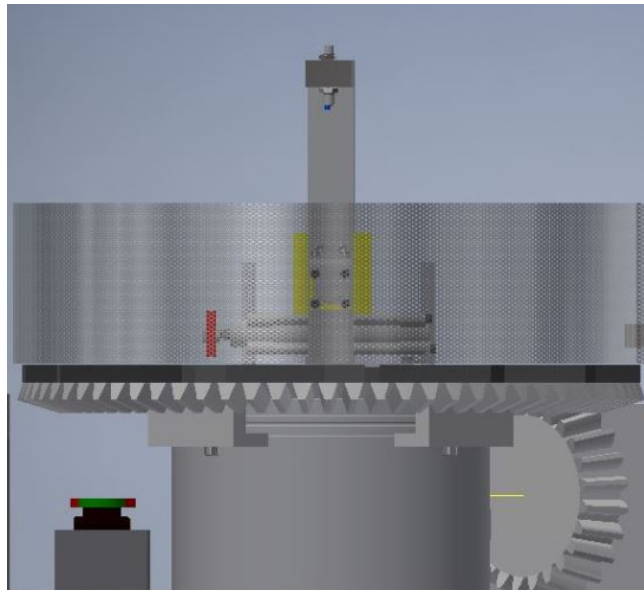


Figura 39: Concepto de camisa sujetadora

Los cojinetes de carga axial cilíndricos pueden acomodar tanto, cargas radiales, cargas axiales en ambas direcciones y cargas de momento, ya sea actuando individual o simultáneamente, en cualquier combinación. Estos se utilizan comúnmente para soportar mesas giratorias, cabezales de indexación en centros de mecanizado.

Continuando, la mesa giratoria tiene un diámetro interno de aproximadamente 25 centímetros, por donde se pretende que la base, que estará fija, pase a través del cojinete y en parte ayude a recibir el peso que esta ejerce sobre el cojinete. Como parte del diseño, se optó por hacer una especie de camisa, la cual sirve como anclaje de la mesa al cojinete. Esto a modo que únicamente gire la parte superior de este, y la parte inferior se quede fija anclada a la base. Cabe destacar que el diseño se hizo en base a las dimensiones que existen de cojinetes industriales, esto para que al colocar los mismos entren a presión sin necesidad de que estos estén soldados.

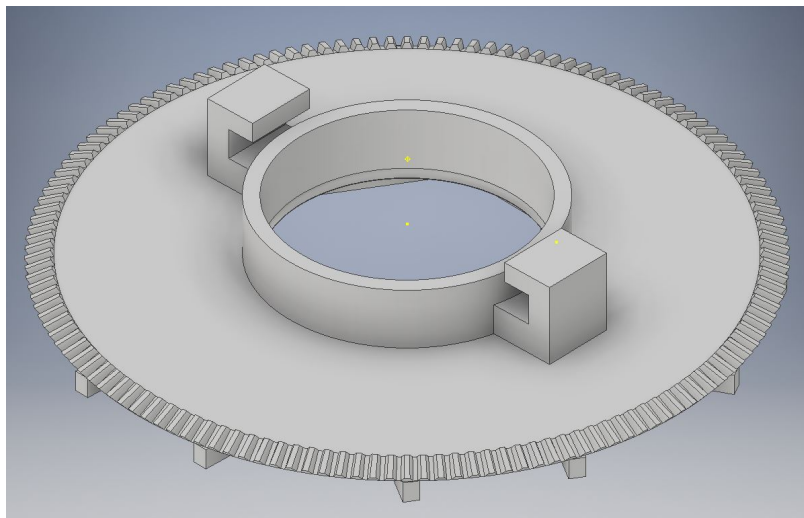


Figura 40: Mesa giratoria con mecanismo de camisa

10.3.3. Consideraciones de brazo de procesamiento

El subsistema de mesa rotatoria contempla el uso de un sensor que pueda censar la altura de piezas. Una de las opciones que se manejan en el mercado, son los sensores optoelectrónicos de reflexión directa. Este consta prácticamente de un emisor y receptor incorporados de tal forma que el tiempo que se tarda en recibir el haz de luz el receptor, es una variable con la cual pueden detectarse distancias y por ende alturas.

Específicamente la estructura que se encuentra fija tiene instalado un sensor óptico, a una distancia de aproximadamente 27 cm. Esto con el objetivo de que, al medir la pieza más alta, es decir de 10cm, posea un rango de medición de 17.4cm. Al mismo tiempo, si es con la pieza de 7cm, el rango aumenta a 20.4cm lo cual aún resulta estar dentro del rango recomendada por la gráfica que se observa en la Figura 40. Contemplando que las piezas a procesar poseen alturas 7 y 10 cm, el sensor cumple con las condiciones y requisitos que se plantean.

El modelo del sensor es SOEG-RT-M12-PS-K-L y cuenta con las siguientes especificaciones mostradas en el Cuadro 10.

Distancia máx, de detección	0...200 mm
Distancia mín, de detección	10...30 mm
Voltaje de funcionamiento	10...30 V DC
Corriente de conmut. adm	máx. 200 mA
Tiempo de respuesta	2 ms

Cuadro 10: Datos técnicos de sensor

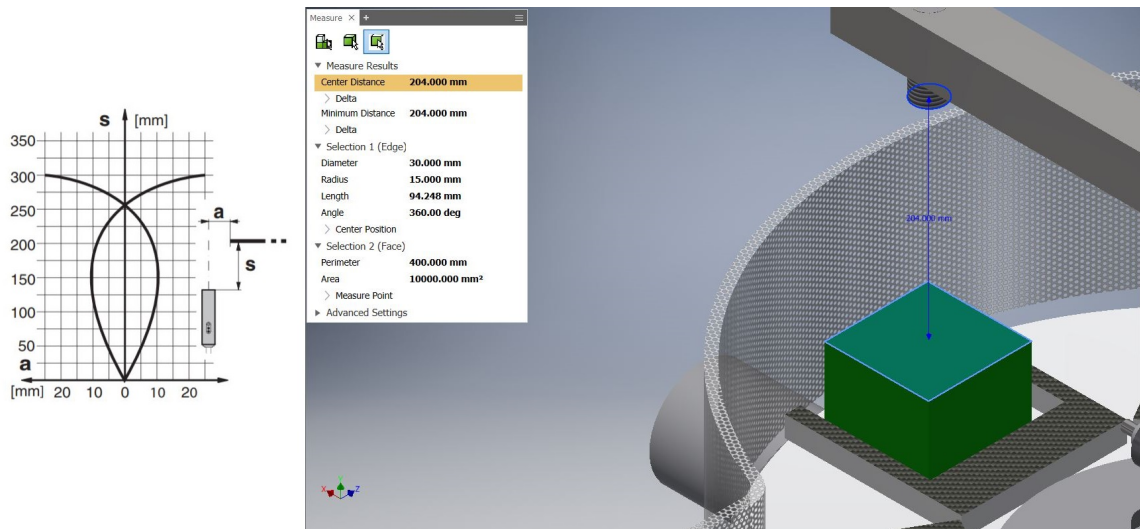


Figura 41: Curva de aproximación

10.3.4. Consideraciones de Servo Motor AC

Parte de las razones por las cuales se decidió implementar un Servo Motor AC, es por que este posee un codificador rotatorio incremental, lo cual lo hace ser muy preciso y beneficioso para la tarea de llevar un conteo o bien posición durante el recorrido que está teniendo la mesa giratoria. La idea es que el mecanismo de piñón-cremallera, este atado al eje de este, y que, sin necesidad de generar mucho torque, le otorgue al sistema la velocidad necesaria para moverse. Cabe destacar entonces que, gracias al mecanismo planteado, es posible enfocarse únicamente en velocidad y no torque, ya que este se encuentra en un estado donde no es necesario en grandes magnitudes, puesto que el peso está siendo aligerado por la parte central del subsistema.

Servo driver y Servo motor

El motor en sí se conecta directamente a un Driver el cual le otorga la velocidad necesaria, para que este gire de acuerdo con las necesidades de cada usuario. A este se le conectan dos

cables provenientes del motor, el primero es el cable del codificador, que se encarga de mandarle específicamente ya sea un conteo o una posición en específico, y segundo el cable de poder, que se encarga de otorgarle su fuente de alimentación al mismo motor.

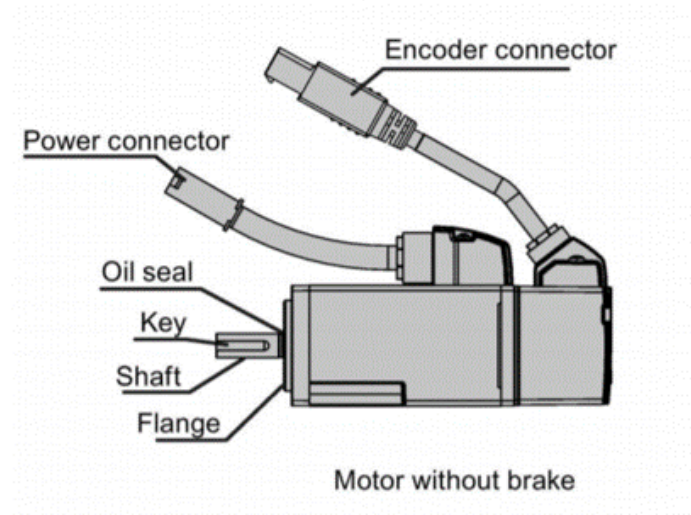


Figura 42: Conexiones de servo motor AC [ANEXOS]

Sin embargo, la velocidad, no es la única función con la que cuenta este Servo Driver. En primer lugar, su comunicación con el PLC se hace por medio de un bus de comunicación universal conocido como PROFINET, donde la velocidad y la distancia a recorrer son entradas al motor por medio de pulsos.

En segundo lugar, con respecto a los modos de control este posee un control de posicionamiento, el cual se aplica cuando se quiere establecer una posición en específico o parar en una posición previamente establecida.

Por último, este cuenta con dos funciones de afinamiento, la primera es una función que trata de eliminar las vibraciones estableciendo automáticamente un filtro para la frecuencia de vibración. La segunda, es que el motor se mueve de acuerdo con un patrón de comando generado automáticamente por el Servo Driver, luego esta estima la inercia de la carga a partir del torque requerido en ese momento para establecer automáticamente el óptimo.

Subsistema de salida

Este subsistema es el encargado de trasladar las piezas correctas, es decir, las piezas que no fueron desechadas en la etapa de procesamiento, hacia una banda transportadora de salida que básicamente se encarga de transportar dichas piezas hacia la siguiente estación de la línea de proceso automatizada.

Usualmente existen varios métodos para la expulsión o traslado de piezas. Por lo general estos métodos son más de empuje, en la que se emplea algún tipo de acople para que un actuador haga la tarea de hacer lo antes descrito.

11.1. Etapa de ideación

Como parte de los requerimientos que debía cumplir el subsistema se planteó que el mismo debía consistir básicamente en una banda transportadora motorizada, que se encargara de trasladar las piezas de una estación a otra y que tuviera un método o mecanismo de empuje a modo que las piezas fueran expulsadas hacia dicha banda.

11.1.1. Primer diseño

El subsistema de salida, únicamente se conformaba de una banda transportadora, cuya faja también contemplaba el uso de separadores, esto porque se pretendía trabajar con un solo tipo y que, por una carrilera de salida, las piezas se acomodaran en los espacios requeridos.

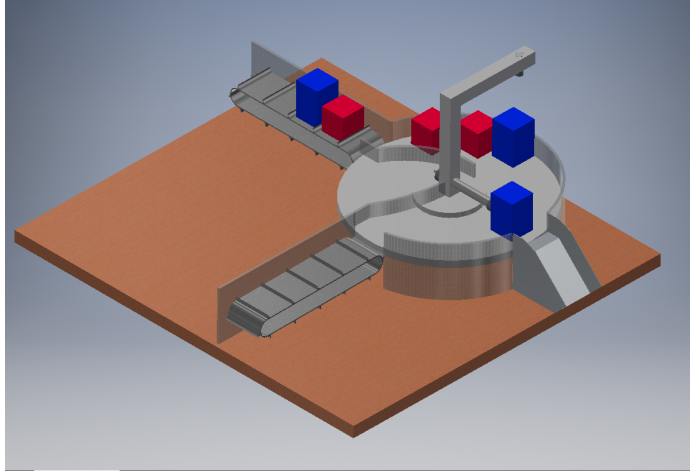


Figura 43: Banda transportadora de salida

Sin embargo, aun existía la posibilidad de que en determinado momento las piezas se fueran a quedar estancadas en la carrilera de salida por la forma que tiene y por la cantidad con la que se iban a ir agrupando una por una. Por ende, había que seguir ideando.

11.1.2. Segundo diseño

Luego de haber considerado un mejor método para la transferencia de piezas desde la maquina de transferencia rotativa hacia la banda transportadora de salida, se pudo determinar que utilizando un actuador motorizado por un motor DC, que estuviera en sincronización con la vueltas a las que gira la mesa, podría ser una buena solución.

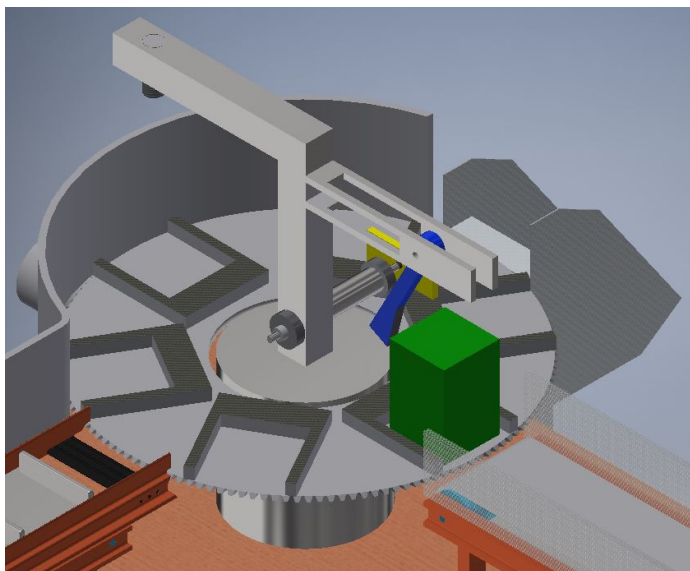


Figura 44: Concepto de subsistema de salida

Para ello, como parte del diseño, se aprovecho el brazo de procesamiento fijo que se tiene en la parte del centro de la mesa, ya que se podría modificar para la implementación de dicho actuador, tal y como se puede observar en la Figura 45.

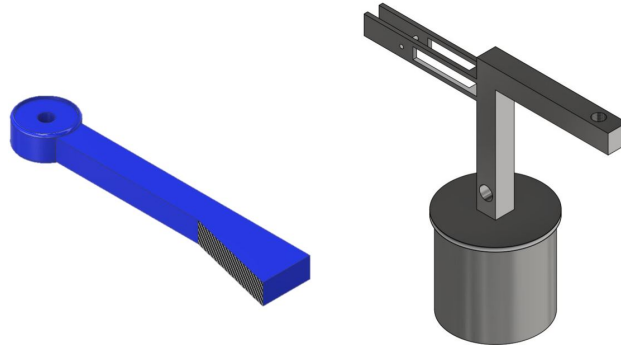


Figura 45: Concepto de actuador motorizado

Una vez sincronizados tanto el actuador como la mesa, y de existir una pieza correcta a trasladar, básicamente el actuador serviría para empujar la pieza hacia la salida. Por otro lado, tal y como se muestra en la figura, se puede observar que se eliminaron los separadores en la última banda, ya que estos ya no tenían un propósito como tal, puesto que las piezas que siguieran con el recorrido serían ordenadas en las estaciones siguientes.

11.1.3. Tercer diseño

Al final el actuador resultó siendo una buena idea, pero no del todo convincente, por lo que se optó por cambiar el actuador motorizado por un neumático, por motivo de que el actuador que se pretendía usar no pudiera ser lo suficientemente fuerte como para trasladar la pieza a la banda de salida.

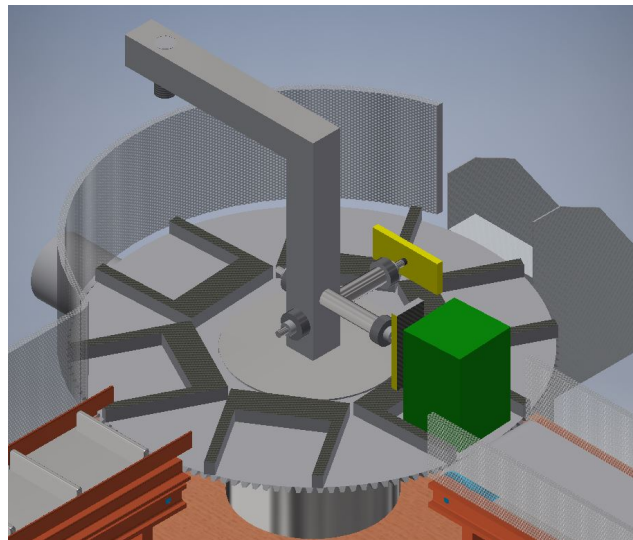


Figura 46: Concepto de actuador neumático

Al mismo tiempo, en vista de que ya que se estaba trabajando con actuadores neumáticos, entonces se optó por implementar otro, solo que esta vez de salida, consiguiendo una mejor certeza en cuanto a la correcta transición entre estas dos etapas.

11.2. Análisis ingenieril de cilindro neumático

En base a lo anterior, se dispone de un actuador neumático de marca FESTO cuyo código es DSBC-32-100-PA-N3. Dicho cilindro presenta las siguientes especificaciones:

Función	DSBC Cilindro estandar de doble efecto, biestable, basado en ISO 15552
Diámetro del embolo	32 mm
Carrera	100 mm

Cuadro 11: Especificaciones de cilindro neumático

En primer lugar lo que interesa es hallar la fuerza teórica que el cilindro entrega en su carrera de avance, bajo la documentación que presente FESTO en su pagina WEB, se sabe que dicha fuerza se obtiene mediante la presión óptima de trabajo, en este caso de 6 bar, y el diámetro del embolo.

$$f_{embolo} = \left(\frac{P_{aire} * \pi * D^2}{40} \right) \quad (17)$$

Donde:

- D = diámetro del cilindro [mm]
- P_{aire} = Presión del aire [bar]
- f_{embolo} = Fuerza teórica de entrega [N]

$$f_{embolo} = \left(\frac{6 * \pi * 32^2}{40} \right) \quad (18)$$

$$f_{embolo} = 483N \quad (19)$$

Luego para hallar la fuerza de fricción del embolo debido al movimiento, se sabe que la misma esta representada por el 10 % de la fuerza teórica de avance, por lo que se obtiene lo siguiente

$$f_{friccin} = 10 \% * (483N) \quad (20)$$

$$f_{friccin} = 48.3N \quad (21)$$

Mas adelante se halla la fuerza de rozamiento ejercida por el peso de las piezas. Para ello se sabe que la pieza mas grande, es decir de 10cm de altura, cuenta con un peso promedio de 0.82 kg. Y se asume que las piezas en contacto serán de madera, entonces debe utilizarse un coeficiente de rozamiento estático de 0.5. Siendo este el valor mas critico, por cuestiones de diseño.

$$f_{rozamiento} = 0.82kg * 9.81 * 0.5 \quad (22)$$

$$f_{rozamiento} = 4.0221N \quad (23)$$

Por otro lado, para calcular la fuerza estática del cilindro, se debe graficar el diagrama de cuerpo libre de la placa que estará en contacto con las piezas. Este se presenta en la siguiente figura:

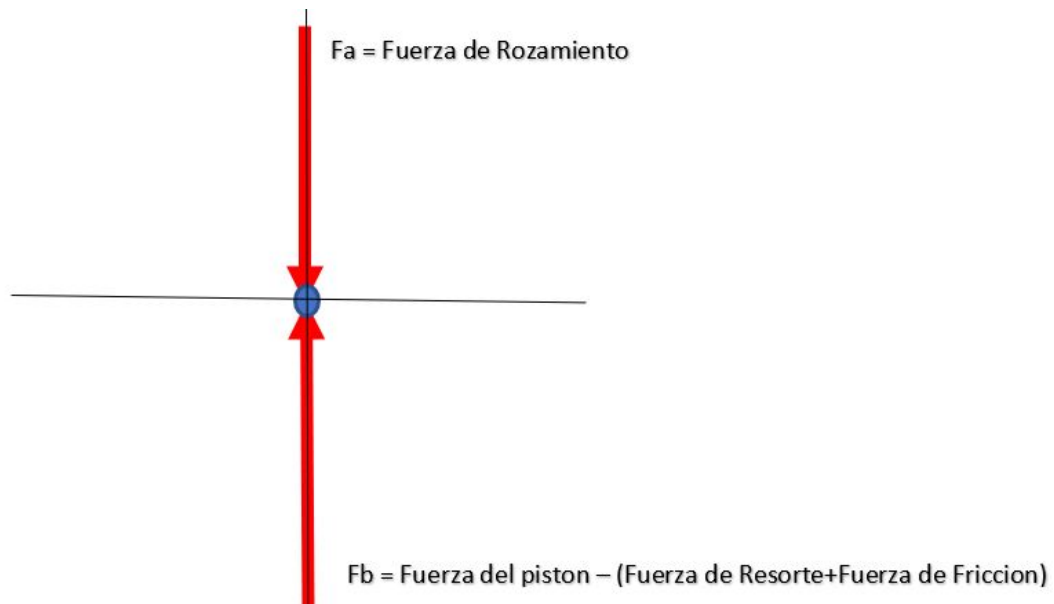


Figura 47: Diagrama de cuerpo libre - placa de empuje

- Haciendo una sumatoria de fuerzas en el eje Y, se obtiene

$$F_b - F_a = 0 \quad (24)$$

$$F_{piston} - (F_{teorica} + F_{friccion}) - F_a = 0 \quad (25)$$

$$F_{piston} = (483 + 48.3) + 4.0221 \quad (26)$$

$$F_{piston} = 535.32N \quad (27)$$

Todo se resume a que, teniendo en cuenta la carga total ejercida sobre el pistón, se pudo determinar la presión de trabajo a la que el cilindro debe trabajar

$$P_{trabajo} = \left(\frac{40 * f_{piston}}{\pi * D^2} \right) \quad (28)$$

Donde:

- D = diámetro del cilindro [mm]
- F_{piston} = Fuerza experimental de entrega [N]
- $P_{trabajo}$ = Presión de aire [bar]

$$P_{trabajo} = \left(\frac{40 * 535.32N}{\pi * 32^2} \right) \quad (29)$$

$$P_{trabajo} = 6.65bar \quad (30)$$

Por ultimo, tomando en consideración una pérdida de presión de 0.1 bar debido a conexiones neumáticas se puede definir que la presión final dentro de un modelo estático es equivalente a 6.75 bar; por lo tanto, se debe seleccionar una presión de 7 bar ya que la presión de trabajo debe ser mayor a la presión hallada.

11.3. Versión final

Para el subsistema de salida, lo único que cambia con respecto al de alimentación, en cuestiones de estructura, es que la banda utiliza una faja plana donde no hay necesidad de que las piezas tengan que ir separadas una de la otra, puesto que, una vez hecho el procesamiento, se sabe que las piezas correctas se redirigirán al siguiente modulo sin problema. Y, al mismo tiempo, se cambiaron los soportes utilizados en el primer subsistema, por carrileras en forma de malla que únicamente sirvan para que las piezas no se descarrilen de la banda, y esto debido a que existe otro cilindro neumático que las saca como tal, empuja a las mismas sin necesidad de que estas queden totalmente acomodadas en alguna posición en específico.

Por otro lado, en cuanto la instrumentación, esta también se mantiene, ya que en este caso se compone tanto del sensor óptico que detecta si existen piezas o no en la banda, y de ser afirmativo el estado, entonces el mismo motor DC de 24V utilizado en la banda de

alimentación, se activa y mueve las piezas hacia la siguiente estación completando así la línea de proceso automatizada.

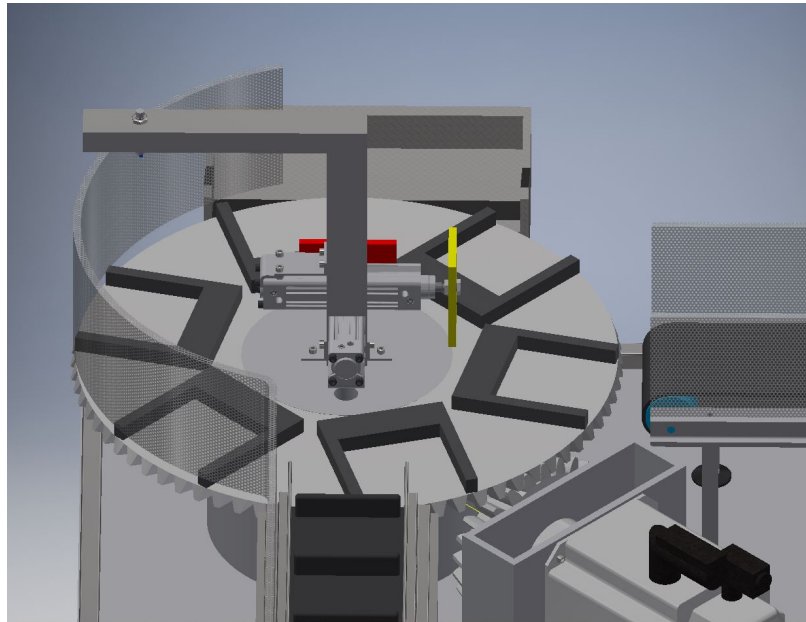


Figura 48: Diseño de subsistema de salida

11.3.1. Consideraciones de cilindro neumático

Básicamente el existe una distancia de 3.4 cm entre la pieza que está a punto de ser desechada y la placa que es la que tiene el contacto directo con la misma. Si se sabe que el émbolo del cilindro se estira una distancia de 10 cm entonces, se puede asegurar que la pieza se lograra desplazar a la banda de salida sin problemas.

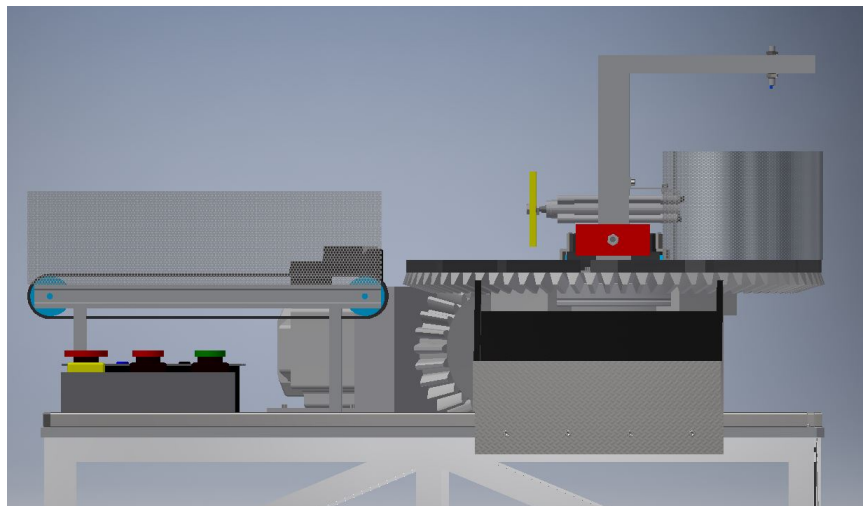


Figura 49: Cilindro neumático de salida

12.1. Estructura

Como parte de la verificación de resultados, se logró llevar a cabo un análisis de deformación de la estructura cuando esta es puesta a prueba utilizando fuerzas puntuales en cada uno de los extremos que soportan la estación de procesamiento, utilizando el software de Inventor. Esto se hizo con el propósito de comprobar que los perfiles de aluminio cumplen con un factor de seguridad mínimo.

Name		Minimum	Maximum
Displacement		0.000 mm	0.177 mm
Forces	Fx	-94.408 N	94.405 N
	Fy	-94.408 N	94.404 N
	Fz	-19.248 N	363.512 N
Moments	Mx	-24821.506 N mm	26518.590 N mm
	My	-24821.913 N mm	26518.735 N mm
	Mz	-47.744 N mm	47.750 N mm
Normal Stresses	Smax	-2.255 MPa	3.696 MPa
	Smin	-3.968 MPa	2.141 MPa
	Smax(Mx)	-2.272 MPa	2.713 MPa
	Smin(Mx)	-2.899 MPa	2.127 MPa
	Smax(My)	-0.628 MPa	2.715 MPa
	Smin(My)	-2.901 MPa	0.587 MPa
	Saxial	-0.327 MPa	0.017 MPa
Shear Stresses	Tx	-0.340 MPa	0.340 MPa
	Ty	-0.340 MPa	0.340 MPa
Torsional Stresses	T	0.000 MPa	0.000 MPa

Figura 50: Resultados de simulación

Con estos resultados, se valida el diseño de la estructura y se comprueba que el mejor material para dicha estructura es el aluminio.

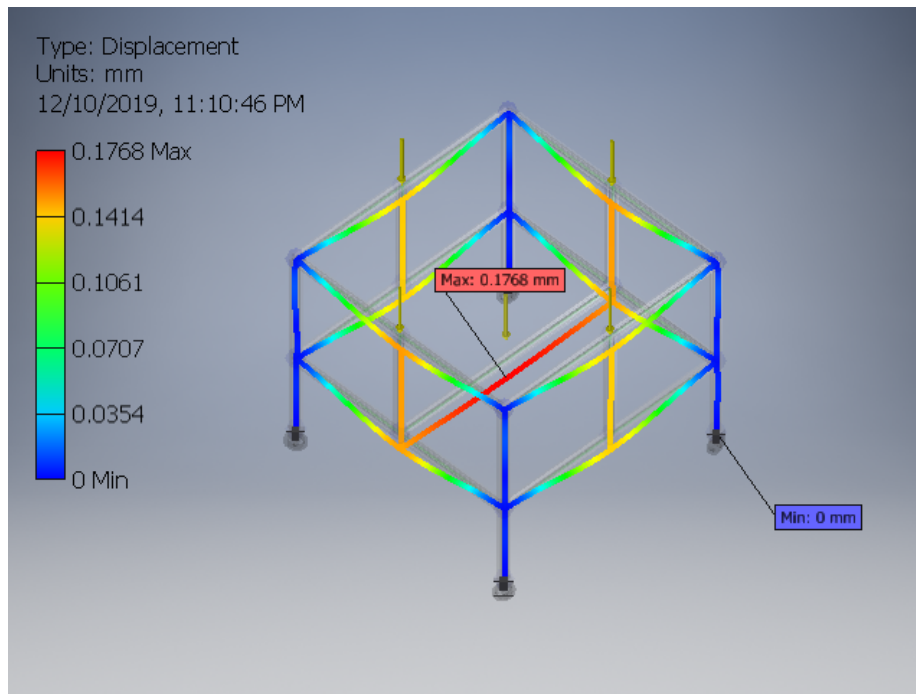


Figura 51: Displacement

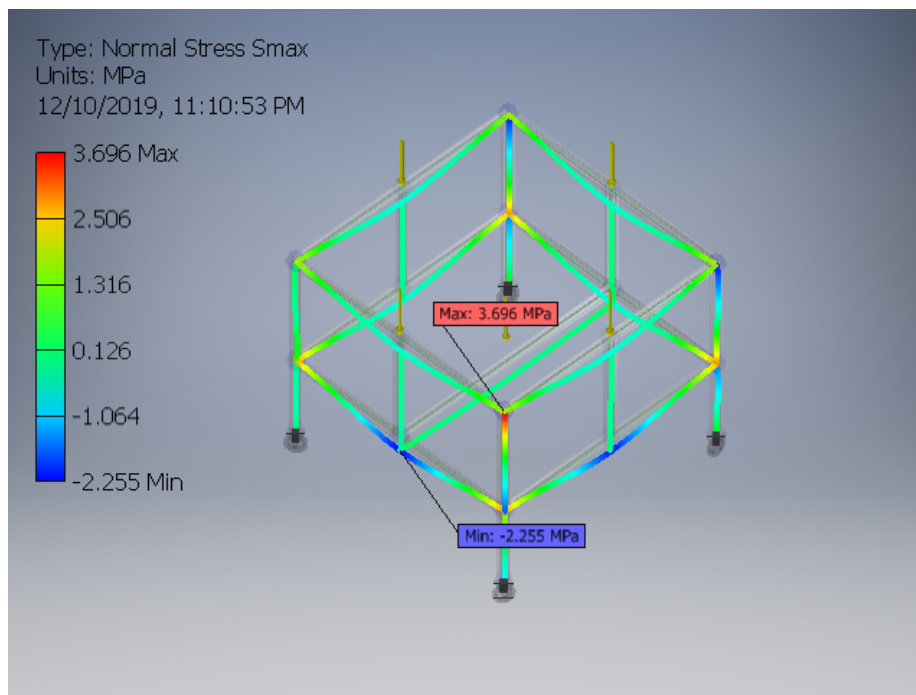


Figura 52: Normal Stress

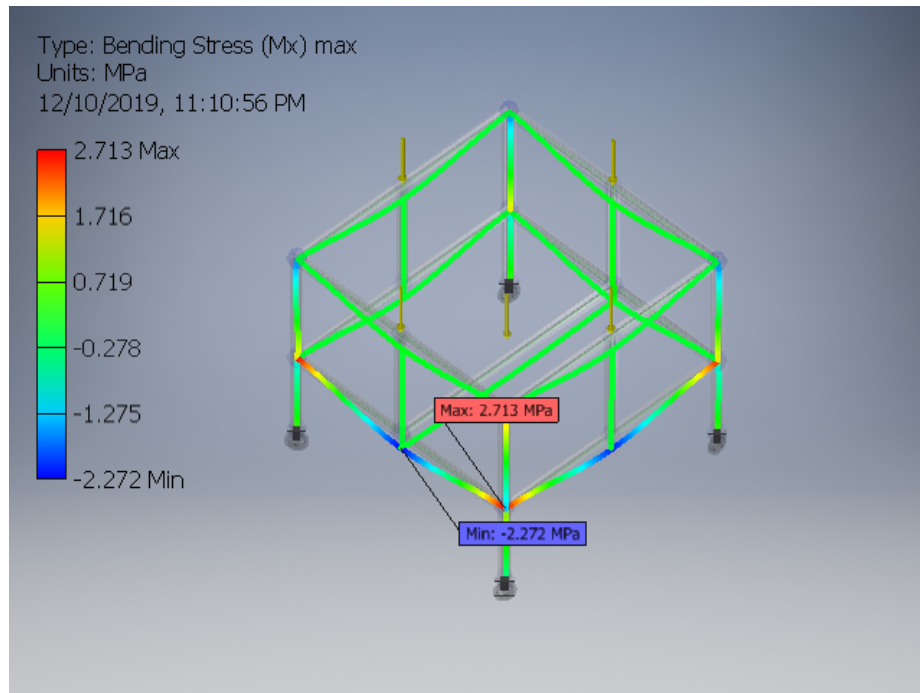


Figura 53: Bending Stress

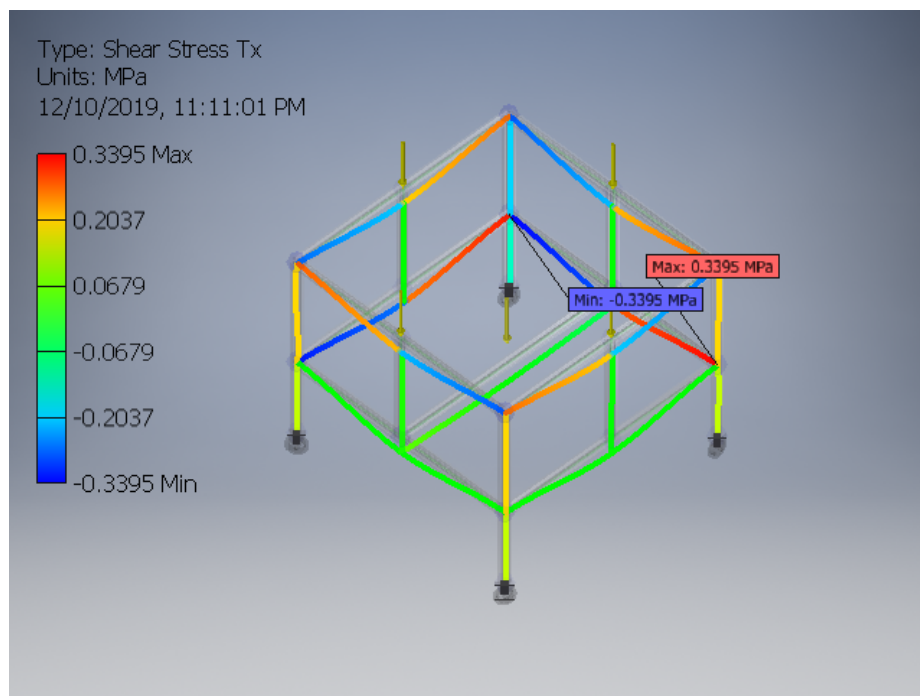


Figura 54: Shear Stress

12.2. Simulación

Básicamente, se lleva a cabo una simulación utilizando el software Solidworks ya que este cuenta con las mejores herramientas de simulación para evaluar el diseño y garantizar que es el mejor posible.

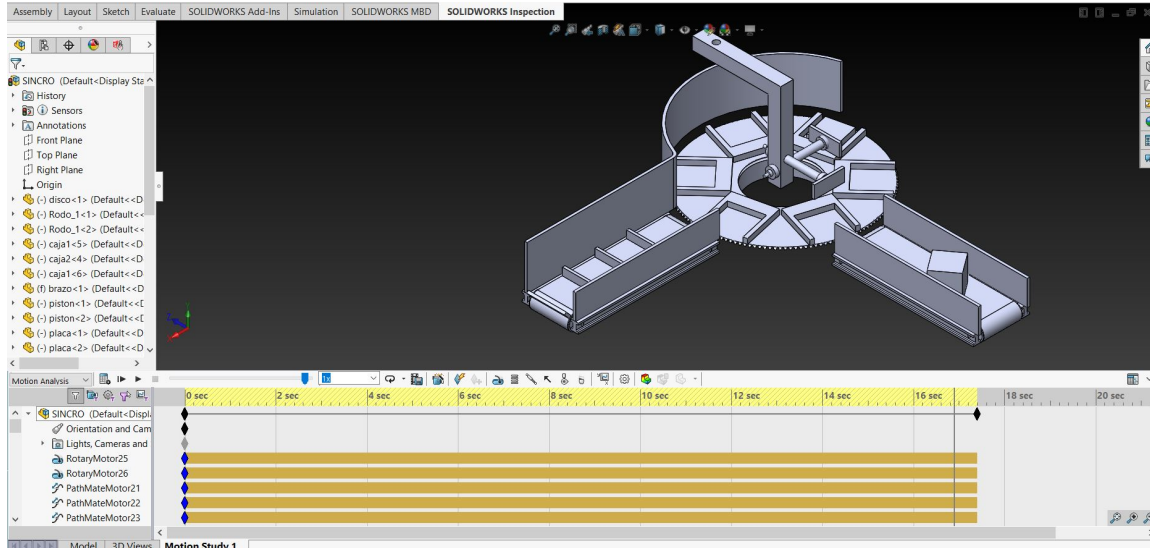


Figura 55: Simulación de estación de procesamiento

Para la sincronización de velocidades tanto de la rueda como del tambor de las bandas transportadoras, se lleva a cabo una relación de velocidades tangenciales utilizando las velocidades angulares de cada objeto giratorio. Dicha relación se puede observar en los siguientes cálculos.

En primer lugar se halla la velocidad angular de la rueda para tener una referencia el giro de un objeto, para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$\omega = \frac{\theta}{t} \quad (31)$$

Donde:

- ω = velocidad angular [rad/s]
- θ = desplazamiento angular [rad]
- t = tiempo [s]

En este caso el desplazamiento angular esta dado por una frecuencia de giro, la cual sera de 5 RPM en el caso de la rueda y un tiempo de 60s.

$$\omega = \frac{5 * 2\pi}{60} \quad (32)$$

Dando como resultado una velocidad angular de:

$$\omega = \frac{\pi}{6} \quad (33)$$

Una vez calculada la velocidad angular de la rueda, se prosigue por llevar a cabo una igualdad de velocidades tangenciales, permitiendo hallar la velocidad angular necesaria del tambor para que ambos giros estén sincronizados. Para ello se utiliza la siguiente formula:

$$V = \omega * R \quad (34)$$

Donde:

- V = Velocidad lineal (tangencial) [m/s]
- ω = Velocidad angular [rad/s]
- R = Radio de giro [m]

Teniendo en cuenta la velocidad angular hallada anteriormente, se prosigue con la igualdad, hallando la velocidad angular del tambor exacta para la sincronización.

$$V_{rueda} = V_{rodo} \quad (35)$$

$$\omega_{rueda} * R_{rueda} = \omega_{rodo} * R_{rodo} \quad (36)$$

$$\frac{\omega_{rueda} * R_{rueda}}{R_{rodo}} = \omega_{rodo} \quad (37)$$

$$\frac{\frac{\pi}{6} * 0.32}{0.03175} = \omega_{rodo} \quad (38)$$

$$5.2772 = \omega_{rodo} \quad (39)$$

Ahora, según la ecuación 31, se puede calcular la frecuencia de giro en revoluciones del rodo:

$$\omega_{rodo} = \frac{2\pi * r}{t} \quad (40)$$

Donde:

- r = revoluciones por minuto [rpm]

$$\frac{\omega_{rodo} * 60}{2\pi} = r \quad (41)$$

$$50.39 = r \quad (42)$$

En conclusión, la frecuencia de giro, en revoluciones, a utilizar en la simulación tanto de la rueda como del tambor, es de 5 RPM y 50 RPM respectivamente.

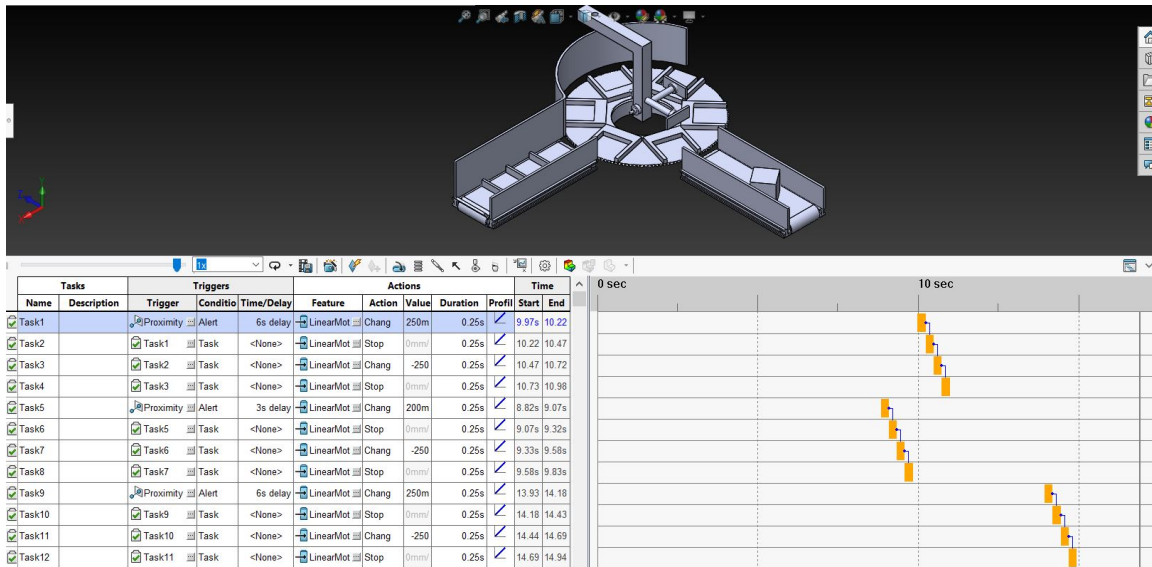


Figura 56: Configuración de animaciones en Solidworks

CAPÍTULO 13

Análisis de costos

A continuación, se da a conocer una valoración monetaria de los gastos incurridos y aplicados para la elaboración del diseño e implementación de la estación de procesamiento descrita anteriormente. Incluye el costo de los materiales, equipos, instrumentos y mano de obra.

13.1. Sistema electrónico

Material	Descripción	Cant.	Conto Unit.	Costo final
Sensores ópticos	SOEG-RT-M12-PS-K-L	3	\$ 55,49	\$ 166.47
Motor DC	TJX42RNa	2	\$ 3	\$ 6
Servo Motor AC	1FL6032-2AF21-1AA1	1	\$ 954.77	\$ 954.77
Servo Driver AC	6SL3210-5FB10-2UF0	1	\$ 770.27	\$ 770.27
Bloque botonera	2 botones	1	\$ 2	\$ 2
Botón de emergencia	Tipo hongo	1	\$ 1	\$ 1
Rollo de cable	Metros N°18	20	\$ 0.50	\$ 10
Cables conectores	4mm para módulos	80	\$0.73	\$58.4
Costo total				\$ 1,968.91

Cuadro 12: Tabla de costos electrónicos

13.2. Sistema neumático

Material	Descripción	Cant.	Conto Unit.	Costo final
Electroválvula 5/2	Biestable	2	\$ 20	\$ 40
Cilindros neumáticos	Doble efecto	2	\$ 67.50	\$ 135
Manguera neumática de 6 y 4 mm	Metros	20	\$ 0.80	\$ 16
Costo total				\$ 191

Cuadro 13: Tabla de costos neumáticos

13.3. Componentes varios

Material	Descripción	Cant.	Conto Unit.	Costo final
Perfiles de aluminio	ALU 40x40	20	\$ 5.78	\$ 115.6
Canaletas DIN	ALU 40x40	7	\$ 5.78	\$ 40.46
Manufactura de banda transportadora	Piezas de aluminio VARIAS	2	\$ 410	\$ 820
Manufactura de Mesa rotativa	Piezas de aluminio VARIAS	1	\$ 350	\$ 350
Piñon	Dentado	1	\$ 220	\$ 220
Brazo de medición	Piezas de aluminio VARIAS	1	\$ 410	\$ 410
Pernos varios tipo allen	M6 con roldanas	90	\$ 0.11	\$ 9.9
Cojinete axial-radial de rodillos cilíndricos,	NRT 260 B	1	\$ 10	\$ 10
Costo Total				\$ 1,975.96

Cuadro 14: Tabla de costos de elementos estructurales

13.4. Costo total del proyecto

Luego de haber hecho un análisis de costo para cada uno de los sistemas que conforman la estación de procesamiento, puede obtenerse un costo total de fabricación, en donde se toman en cuenta toda la instrumentación electrónica y neumática, así como también la fabricación de las diversas estructuras que existen, contemplando varios componentes que también forman parte del mismo.

Costo total por sistemas	Monto p/u
Costo total de sistema electrónico	\$ 1,968.91
Costo total de sistema neumático	\$ 191.00
Costo total de componentes varios	\$ 1,975.96
COSTO TOTAL DE PROYECTO	\$ 4,135.87

Cuadro 15: Tabla de costos general

Respecto al objetivo general:

- Se logró definir una integración de los diferentes subsistemas, que componen la estación de procesamiento, los cuales permiten obtener como resultado un proceso automatizado donde se transporta, se censa, se rechaza y se aceptan productos como parte de una línea de producción automatizada.
- El diseño de la estación de procesamiento se segmentó por subsistemas para tener un mejor entendimiento de cada etapa, desarrollando varios prototipos, identificando la instrumentación más adecuada a implementar, identificando las entradas y salidas y definiendo una versión final en función de las consideraciones propuestas.
- Se logró un montaje de los sensores, motores y actuadores, en los diferentes subsistemas de trabajo, y el control realizado mediante el PLC, los cuales logran garantizar el correcto funcionamiento de la estación así como también logran representar una buena aproximación a diseños de equipos reales.
- La estación de procesamiento quedó correctamente diseñada para ser implementada por los alumnos de Ingeniería Electrónica, Mecatrónica y Mecánica, maximizando su aprendizaje y consolidando los conocimientos teóricos en la práctica.

Respecto a los objetivos específicos:

- Se logró seleccionar cada componente eléctrico implementado en la estación de procesamiento, con base en las exigencias que demanda cada una de las etapas, llevando a cabo un análisis ingenieril y una investigación de productos.
- Mediante un análisis ingenieril, se logró identificar un motor de 24V, con potencia nominal de 7.60W, el cual resulta ser adecuado para el subsistema de alimentación con una potencia requerida de 5.71 W, capaz de soportar hasta 4 cajas en proceso.

- Mediante un análisis ingenieril, se logró identificar un sensor óptico, con un rango de medición de hasta 25cm de distancia, el cual resulta ser la opción más apropiada para la medición de la altura de piezas tanto de 7cm como de 10cm.
- Mediante un análisis de carga sobre el cojinete, se logró comprobar que el cojinete axial-radial de rodillos cilíndricos, poseerá una carga de momento admisible estático de 11,646.37KNmm, el cual se encuentra por debajo de la carga admisible al que está diseñado el cojinete.
- Mediante un análisis ingenieril, se logró determinar que la presión de trabajo a la que los cilindros neumáticos deben trabajar es de 6.68 bar, asumiendo que las piezas serán de madera con un peso de 0.82kg con un coeficiente de rozamiento estático de 0.5.
- Mediante un análisis de carga, se logró comprobar que la estructura fuese lo suficientemente rígida y desplazable utilizando perfiles de aluminio modulares, los cuales permiten una fácil reconfiguración piezas haciendo diferentes configuraciones en diseños y que cuentan con varias opciones de ensamble.
- Mediante la simulación, se pudo determinar que para la sincronización de los dos mecanismos lineales de transferencia con la maquina de transferencia rotativa, se requiere de que la rueda gire a una velocidad de 5 RPM y el tambor de las bandas transportadoras a 50 RPM.
- Se logró elaborar un manual de operación de usuario que resulta ser muy didáctico para la enseñanza y el aprendizaje, ya que se pone a disposición una guía completa del funcionamiento de la estación, con la que pueden aplicarse los conocimientos y destrezas adquiridos por el estudiante.
- Se logró elaborar un manual eléctrico que resulta ser una herramienta de mucha importancia con la cual el estudiante podrá guiarse para realizar las prácticas respectivas llevando al desarrollo de su propio conocimiento.
- Se logró elaborar un manual de construcción de la estación que permite un fácil manejo de las piezas que la componen al momento de armar el diseño, al igual que sirve como una guía completa para el ensamble de las mismas.

- Se recomienda aplicar proyectos de mejora continua dentro de la estación, con el propósito de optimizar los recursos para hacer más eficiente la línea de producción.
- Se recomienda analizar la eficiencia de cada uno de los subsistemas por medio de validación física contemplando dimensiones y pesos reales.
- Se recomienda hacer un diagnóstico y análisis del mecanismo que hace girar la máquina de transferencia rotativa, contemplando un rediseño de este para reducir costos y buscar la optimización de este.
- Se recomienda analizar la implementación de algún otro tipo de motor para hacer girar la mesa rotatoria, una vez rediseñado el mecanismo de giro.
- Se recomienda realizar una validación física del desecho y empuje de piezas por medio de los cilindros neumáticos, para poder determinar si los mismos cumplen con el análisis ingenieril planteado.
- Se recomienda diseñar un sistema de control a lazo cerrado que reduzca el grado de incertidumbre que existe en la correcta traslación de piezas de un subsistema a otro.

-
- [1] F. Ruíz, “Optimización y diseño de un sistema de ordenamiento de empaques de insecticidas agroquímicos y productos varios, en una planta de producción en Guatemala”, B.S. thesis, 2018.
 - [2] *Automatización Industrial Sistemas de aprendizaje y servicios para la formación técnica*, https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/468894/56827_2017_09_es_PG_FA_small.pdf, Accessed: 2019-07-11.
 - [3] D. A. Guzman Herrera Andres Alberto y Villegas Bellido, “Diseño e implementación de un módulo MPS mediante una mesa giratoria de indexación con supervisión SCADA utilizando componentes de neumática avanzada”, 2014.
 - [4] L. A. Bejarano Bejarano, L. Tayupanda y L. Antonio, “Implementación y automatización de un proceso de llenado de frascos con mesa de indexación para el Laboratorio de Neumática de la EIE-CRI”, B.S. thesis, 2013.
 - [5] M. P. Groover, *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing*. Prentice Hall Press, 2007, págs. 2-10.
 - [6] D. Nitzan y C. A. Rosen, “Programmable industrial automation”, *IEEE Transactions on Computers*, n.º 12, págs. 1259-1270, 1976.
 - [7] F. Jovane, Y. Koren y C. Boer, “Present and future of flexible automation: towards new paradigms”, *CIRP Annals*, vol. 52, n.º 2, págs. 543-560, 2003.
 - [8] G. Rizzoni y J. Kearns, *Principles and applications of electrical engineering*. McGraw-Hill Higher Education, 2004.
 - [9] 80/20, *Catalogo de Productos 80/20*, English, ver. Version 1, 80/20 INC, 2019, 44 págs., 2019.
 - [10] E. M. Pérez, J. M. Acevedo y C. F. Silva, *Automatas programables y sistemas de automatizacion/PLC and Automation Systems*. Marcombo, 2009.
 - [11] J. Fraden, *Handbook of modern sensors: physics, designs, and applications*. Springer Science & Business Media, 2004.
 - [12] J. L. Kirtley y H. W. Beaty, *Electric motor handbook*. McGraw-Hill Professional Publishing, 1998.

- [13] F. J. C. Nistal, *Automatismos eléctricos, neumáticos e hidráulicos*. Editorial Paraninfo, 2008.
- [14] R. A. Serway, J. W. Jewett, A. E. G. Hernández y E. F. López, *Física para ciencias e ingeniería*. Thomson, 2005, vol. 6.

Enlaces

- Planos de Construcción:
<https://github.com/felixianogt/Planos-de-Construccion>
- Modelos 3D:
https://github.com/felixianogt/modelos_3d
- Manuales de Operación, Eléctrico y Ensamble:
<https://github.com/felixianogt/Manuales>

ANEXO B

Sensor optoelectrónico

Reflexions-Lichttaster
Diffuse sensor
Sensor de reflexión directa
Capteur à réflexion
Reflexivare
Sensore a riflessione



366 444

FESTO

SOEG-RT-M12-PS-K-L

165 338



- **Nicht** für den Einsatz als berührungslose Schutzvorrichtung! Elektrische Spannung! Vor Arbeiten an der Elektrik: **Spannung ausschalten**.
- **Do not use** as a safety device where personnel are concerned! A.C. voltage! Prior to working on electrics: **Switch off voltage**.
- **No utilizar** como sensor de protección! ¡Tensión eléctrica! **Desconectar la tensión** antes de manipular el sistema eléctrico.
- **Ne convient pas** pour une utilisation en tant que dispositif de sécurité! Tension électrique ! Avant toute intervention sur le système électrique: **mettre hors tension**.
- **Får ej användas** som beröringsfri skyddsanordning! Elektrisk spänning! Innan arbeten på elektroniken utförs **skall spänningen fränkoppas**.
- **NON utilizzare** come barriera di protezione elettrica! Prima di intervenire sulla parte elettrica, **togliere la tensione**.

Anwendungshinweise

LED-Verhalten	aus	blinkt	an
Bedeutung (Status-anzeige)	kein Ausgang	unsicherer Betrieb	sicherer Betrieb

1. Reflexkaster **mit** Zielobjekt im Lichtstrahl ausrichten.
2. Potentiometer geringfügig vom Anschlag weg-drehen; weiteres Wegdrehen nur bei Ansprechen auf Objekte **hinter** dem Zielobjekt
3. Reflexkaster nur reinigen mit:
- Wasser (max. 60 °C) oder Isopropylalkohol.

Notes regarding use

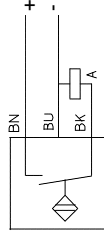
LED behaviour	Off	Flashing	On
Meaning (status display)	output not set	Unreliable operation	Reliable operation

1. Align diffuse sensor **with** target object in light beam.
2. Turn the potentiometer slightly away from the stop; turn it further only if responding to objects **behind** the target object.
3. To clean diffuse sensor
- use water (max. 60°C) or isopropyl alcohol only.

Elektrischer Anschluss Electrical connection

Bn =	Braun	Brown	Marrón
Bu =	Blau	Blue	Azul
Bk =	Schwarz	Black	Negro
Bn =	Marron	Brun	Marrone
Bu =	Bleu	Bla	Blu
Bk =	Noir	Swart	Nero

PNP



10 ... 30 V DC
200 mA

Indicaciones de utilización

Estado de los diodos luminosos	Des-conectado	Intermitente	Contactado
Significado (indicación de estado)	Salida no activada	Funcionamiento deficiente	Funcionamiento seguro

1. Alinear en el haz de luz con el objeto a detectar
2. Girar el potenciómetro para retirarlo ligeramente del topé. Retirarlo más únicamente si se detectan objetos situados detrás del objeto enfocado.
3. Limpiar el sensor únicamente con:
- agua (máximo 60°C) o alcohol isopropílico.

Instruccions d'utilisatió

Comportament de la LED	éteinte	clignote	allumée
Signification (indication d'état)	sortie non activée	fonctionnement incertain	fonctionnement correct

1. Aligner le capteur sur l'objet à détecter.
2. Eloigner légèrement le potentiomètre de la butée en le dévissant; ne dévasser plus loin que pour la détection d'objets situés derrière l'objet cible.
3. Pour nettoyer le capteur, utiliser uniquement :
- de l'eau (max. 60° C) ou de l'isopropanol

Conexión eléctrica Raccordement électrique

Skötselansvisning

LED-indikering	från	blinker	till
Betydelse (Status-indikering)	utgång aktiveras ej	osäker drift	säker drift

1. Ställ in reflexivaren **med** målobjekt i ljusstrålen.
2. Vrid bort potentiometern något från anslaget; ytterligare bortvridning endast vid reaktion på objekt bakom målobjektet.
3. Reflexivaren får endast rengöras med:
- vatten (max. 60°C) eller isopropylalkohol.

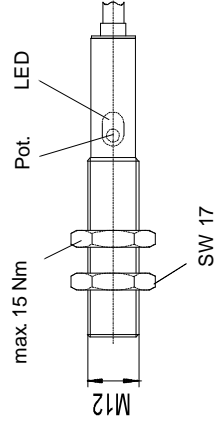
Indicazioni per l'utilizzo

Comportamento LED	spento	intermittente	accesso
Significato (indicazione di stato)	uscita non attivata	funzionamento incerto	funzionamento stabile

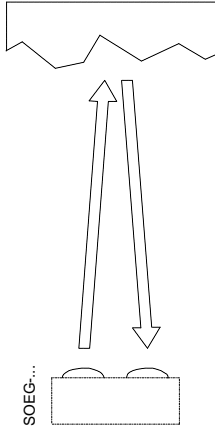
1. Allineare il sensore a riflessione **con** oggetto nel fascio di luce.
2. Spostare leggermente il potenziometro dalla battuta; ulteriore spostamento solo in caso di reazione su oggetti situati **dietro** l'oggetto da rilevare.
3. Pulire il sensore solo con:
- acqua (max. 60 °C isopropilico) oppure alcool

El-anslutningar Collegamento elettrico

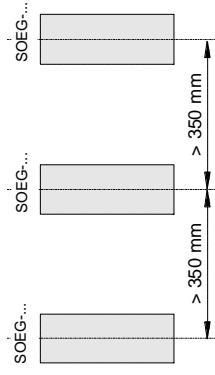
Conexión mecánica Raccordement mécanique



Mekaniska anslutningar Collegamento meccanico



Abmessungen Mechanical connection



Technische Daten

Erfassungsbereich max.	0 ... 200 mm *)
Erfassungsbereich min.	10 ... 30 mm
Betriebsspannungsbereich	10 ... 30 V DC (=Ub)
Max. zul. Restwelligkeit	± 10% Ub
Leerlaufstrom	< 30 mA (incl. LED)
Max. zul. Betriebsstrom	200 mA
Spannungsfall	< 2 V
Anspruchszeit	2 ms
Abfallzeit	2 ms
Kurzschlussfestigkeit	ja
Verpölungsfestigkeit	ja
Max. Schaltkapazität	220 nF
Umgebungstemperatur	-5 °C ... 55 °C
Lagertemperatur	-40 °C ... 85 °C
Schutzart	IP 65
Bauart	nach IEC 947-5-2
max. Anzugsdrehmoment	15 Nm
Gehäusewerkstoff	Messing, verchromt
Werkstoff optisches Fenster	Polycarbonat
Kabelmaterial	Außenmantel PUR

*) gemessen mit Normmeßplatte weiß

Technical data

Max. detection range	0 ... 200 mm *)
Min. detection range	10 ... 30 mm
Operating voltage range	10 ... 30 V DC (= Vop)
Max. perm. residual ripple	±10% Vop
Idle current	< 30 mA (incl. LED)
Max. perm. switching current	200 mA
Voltage drop	< 2 V
Response time	2 ms
Fall time	2 ms
Short-circuit-proof	yes
Polarity-reversal protection	yes
Max. switchable capacity	220 nF
Ambient temperature	-5 °C ... 55 °C
Storage temperature	-40 °C ... 85 °C
Degree of Protection	IP 65
Design	to IEC 947-5-2
Max. tightening torque	15 Nm
Housing material	Brass, chromed
Material of optical window	Polycarbonate
Cable material	Outer casing PUR

*) measured with standard test plate - white

Datos técnicos

Distancia máx. de detección	0 ... 200 mm *)
Distancia mín. de detección	10 ... 30 mm
Tensión de funcionamiento	10 ... 30 V c.c. (=Ub)
Frecuencia residual adm.	máx. ±10% Ub
Corriente sin carga	< 30 mA (incl. LED)
Corriente de commut. adm.	máx. 200 mA
Caída de tensión	< 2 V
Tiempo de respuesta	2 ms
Tiempo de caída	2 ms
Anticortocircuitaje	Sí
Conexión inconfundible	Sí
Capacidad máx. conmutable	220 nF
Temperatura - ambiente	-5 °C ... 55 °C
- de almacenamiento	-40 °C ... 85 °C
Tipo de protección	IP 65
Función	Segun IEC 947-5-2
Par de apriete máximo	15 Nm
Material del cuerpo	Latón cromado
Material de la mirilla óptica	Policarbonato
Material del cable	Revestimiento exterior I

*) Medición efectuada con placa normalizada blanca

Caractéristiques techniques

Plage de détection max.	0 ... 200 mm *)
Plage de détection min.	10 ... 30 mm
Plage de tension de service	10 ... 30 V DC (0 Ub)
Ondulatio n résiduelle. adm.	max. ± 10 % Ub
Courant à vide	< 30 mA
(LED comprise)	
Courant de commut. adm.	max. 200 mA
Chute de tension	< 2 V
Temps de réponse	2 ms
Temps de chute	2 ms
Protection c. courts-circuits	oui
Débrassage	oui
Capacité commutable max.	220 nF
Température ambiante	-5 °C ... 55 °C
Température de stockage	-40 °C ... 85 °C
Protection	IP 65
Type de construction	selon IEC 947-5-2
Couple de serrage max.	15 Nm
Matériau du boîtier	Laiton chromé
Matériau de la fenêtre optique	Polycarbonate
Matériau du câble	Enveloppe ext. PUR

*) mesuré avec une plaque de mesure normalisée blanche

Tekniska data

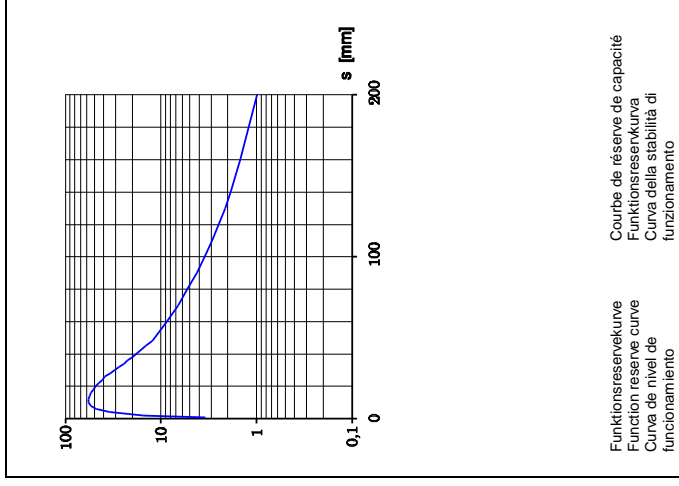
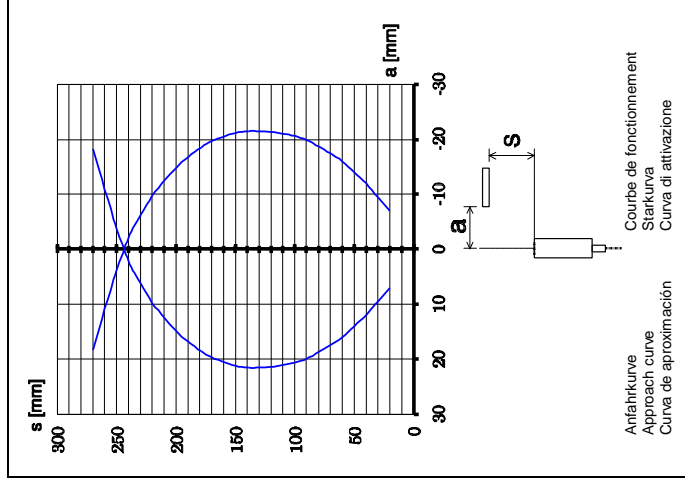
Max. registreringsområde	0 ... 200 mm *)
Min. registreringsområde.	10 ... 30 mm
Arbetspänning	10 ... 30 V DC (Ub)
Max. tillåten rippel	+/-10% Ub
Tomgångsström	< 30 mA
(incl. LED)	
Max. tillåten kopplingsström	200 mA
Spänningsfall	< 2 V
Reaktionstid	2 ms
Falltid	2 ms
Kortslutningssäker	ja
Polvändningsskydd	ja
Max. kopplingsbar kapacitet	220 nF
Omgivningstemperatur	-5 °C ... 55 °C
Lagringstemperatur	-40 °C ... 85 °C
Skyddsklass	IP 65
Konstruktion	enligt IEC 947-5-2
Max. åtdragningsmoment	15 Nm
Husmaterial	Mässing kromad
Material optiskt fönster	Polycarbonat
Kabelmaterial	yterskikt PUR

*) uppmätt med vt normplatta

Dati tecnici

Intervallo rilevamento max.	0 ... 200 mm *)
Intervallo rilevamento min.	10 ... 30 mm
Tensione di alimentazione	10 ... 30 V DC
Ondulazione residua amm.	+/- 10% Ub
Absorbimento a vuoto	< 30 mA
(incl. LED)	
Carico massimo in uscita	200 mA
Caduta di tensione	< 2 V
Tempo di attivazione	2 ms
Tempo di disattivazione	2 ms
Protezione c. corto circuito	sì
Protezione c. inversione pol.	sì
Capacità commutabile max.	220 nF
Temperatura ambiente	-5 °C ... 55 °C
Temperatura di stoccaggio	-40 °C ... 85 °C
Grado di protezione	IP 65
Costruzione	a IEC 947-5-2
Coppia max. di serraggio	15 Nm
Materiali corpo	ottone cromato
Materiali finestra ottica	policarbonato
Materiali cavo	guaina esterna poliuretano

*) misurato con piastra di misura a norme, bianca



ANEXO C

Condiciones para utilización de actuadores

Condiciones para la utilización de actuadores

Fluido

Bajo condiciones normales, los actuadores neumáticos de Festo pueden utilizarse con aire comprimido lubricado y sin lubricar. En caso de ser necesario el uso de aire de otra calidad, se indica en el texto de los datos técnicos del producto correspondiente. La elección de

materiales, la configuración geométrica de las juntas dinámicas y la lubricación básica aplicada en fábrica permiten el funcionamiento con aire comprimido no lubricado. Sin embargo, no se admite el funcionamiento sin lubricación en las siguientes condiciones:

Si un actuador funcionó una vez con aire comprimido lubricado siempre tendrá que ser utilizado con aire lubricado, ya que la lubricación adicional provoca el lavado de la lubricación de fábrica.

Condiciones del entorno

Tenga en cuenta las condiciones que imperan en el entorno de la aplicación. Los entornos corrosivos, abrasivos y polvorientos (por ejemplo, presencia de agua, ozono, polvo de viruta) reducen la duración del producto. Compruebe la resistencia de los productos de Festo en función de los medios utilizados o presentes en el entorno → página 19.

Condiciones normales de utilización

Los actuadores neumáticos sirven para transformar la energía de la presión en un movimiento; con ello se desarrollan y transmiten esfuerzos. La utilización de los cilindros como muelles o elementos

de amortiguación no forma parte de las condiciones normales de utilización, ya que con ello se producen cargas adicionales.

Frecuencia

Si los actuadores neumáticos son accionados a la velocidad máxima

permitida, hay que realizar unas pausas entre los movimientos de las carreras.

Posición de montaje

En principio, los actuadores de Festo pueden montarse en cualquier posición. Si es necesario considerar limitaciones o adoptar medidas especiales, consultar los datos técnicos del producto correspondiente.

Presión de funcionamiento

Las indicaciones de "máx." o "máx. admisible" indican la presión máxima admisible para el correcto funcionamiento de un elemento neumático.

Presión de trabajo

Se trata del margen entre la presión mínima necesaria y máxima admisible para el correcto funcionamiento de un

elemento o sistema neumático. En la neumática, esta presión también se denomina presión de trabajo.

Fuerza útil de cilindros de simple efecto

La fuerza útil se define en función de la desviación admisible según DIN 2095 clase 2. Además, la fricción contribuye a reducir la fuerza útil.

La fricción depende de la posición de montaje y del tipo de carga. Las fuerzas transversales aumentan la fricción.

La fuerza de fricción debe ser menor a la fuerza del muelle de reposición. Es recomendable utilizar los cilindros de

simple efecto sin exponerlos a fuerzas transversales.

Desviación admisible en la carrera de los cilindros normalizados

Según ISO 15552 (corresponde a las normas anteriores ISO 6431, DIN ISO 6431, VDMA 24562,

NF E 49003.1, UNI 10290), ISO 6432 e ISO 21287, la carrera real puede ser diferente a la carrera nominal debido

a las tolerancias admisibles durante el proceso de fabricación. Estas tolerancias siempre son positivas. En la tabla

constan las desviaciones admisibles.

Norma aplicable	Diámetro del émbolo [mm]	Carrera [mm]	Desviación admisible de la carrera [mm]
ISO 6432	8, 10, 12, 16, 20, 25	0 ... 500	+1,5
ISO 15552	32	0 ... 500	+2
	40, 50	500 ... 12500	+3,2
	63	0 ... 500	+2
	80, 100	500 ... 12500	+4
	125, 160	0 ... 500	+4
	200, 250, 320	500 ... 2000	+5
ISO 21287	20, 25	0 ... 500	+1,5
	32, 40, 50	0 ... 500	+2
	63, 80, 100	0 ... 500	+2,5

Importante
Si las carreras son superiores a las que se incluyen en la tabla, las tolerancias deberán establecerse entre el fabricante y el usuario.

Detección de posiciones sin contacto

En el caso de los actuadores neumáticos de Festo con sistema de detección de posiciones sin contacto, hay un imán permanente en el émbolo del cilindro; el campo magnético de este imán se aprovecha para accionar el detector de

proximidad sin establecer contacto con él. Los detectores permiten interrogar las posiciones finales e intermedias de un cilindro. En un cilindro pueden montarse varios detectores, ya sea directamente o mediante elementos de fijación.



Diámetro del émbolo



Este pictograma representa el diámetro del émbolo. En las tablas con las dimensiones sólo aparece el símbolo \varnothing por diámetro del émbolo.

Diagrama presión-fuerza

Fuerza del émbolo [N]								
Ø	Presión de funcionamiento [bar]							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2,5	0,4	0,9	1,3	1,8	2,2	2,7	3,1	3,5
3,5	0,9	1,7	3,8	3,5	4,3	5,2	6,1	6,9
5,35	2	4	6,1	8,1	10,1	12,1	14,2	16,2
6	2,5	5,1	7,6	10,2	12,7	15,3	17,8	20,4
8	4,5	9	13,6	18,1	22,6	27,1	31,7	36,2
10	7,1	14,1	21,2	28,3	35,3	42,4	49,5	56,5
12	10,2	20,4	30,5	40,7	50,9	61,0	71,3	81,4
16	18,1	36,5	54,3	72,4	90,5	109	127	145
20	28,3	56,5	84,8	113	141	170	198	226
25	44,2	88,4	133	177	221	265	309	353
32	72,4	145	217	290	362	434	507	579
40	113	226	339	452	565	679	792	905
50	177	353	530	707	884	1060	1240	1410
63	281	561	842	1120	1400	1680	1960	2240
80	452	905	1360	1810	2260	2710	3170	3620
100	707	1410	2120	2830	3530	4240	4950	5650
125	1100	2210	3310	4420	5520	6630	7730	8840
160	1810	3620	5430	7240	9050	10900	12700	14500
200	2830	5650	8480	11300	14100	17000	19800	22600
250	4420	8840	13300	17700	22100	26500	30900	35300
320	7240	14500	21700	29000	36200	43400	50700	57900

Fuerza del émbolo [N]							
Ø	Presión de funcionamiento [bar]						
	9	10	11	12	13	14	15
2,5	4	4,4	4,9	5,3	5,7	6,2	6,6
3,5	7,8	8,7	9,5	10,4	11,3	12,1	13
5,35	18,2	20,2	22,2	24,3	26,3	28,3	30,3
6	22,9	25,4	28	30,5	33,1	35,6	38,2
8	40,7	45,2	49,8	54,3	58,8	63,3	67,9
10	63,6	70,7	77,8	84,8	91,9	99	106
12	91,6	101	112	122	132	143	153
16	163	181	199	217	235	253	271
20	254	283	311	339	368	396	424
25	398	442	486	530	574	619	663
32	651	724	796	869	941	1010	1090
40	1020	1130	1240	1360	1470	1580	1700
50	1590	1770	1940	2120	2300	2470	2650
63	2520	2810	3090	3370	3650	3930	4210
80	4070	4520	4980	5430	5880	6330	6790
100	6360	7070	7780	8480	9190	9900	10600
125	9940	11000	12100	13300	14400	15500	16600
160	16300	18100	19900	21700	23500	25300	27100
200	25400	28300	31100	33900	36800	39600	42400
250	39800	44200	48600	53000	57400	61900	66300
320	65100	72400	79600	86900	94100	101000	109000

La fuerza F puede obtenerse a partir de la superficie del émbolo A, la presión p y la fricción R:

Fuerza del émbolo (fuerza estática)

$$F = p \cdot A - R$$

$$F = p \cdot 10 \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} - R$$

p = Presión de funcionamiento [bar]

d = Diámetro del émbolo [cm]

R = Fricción ~10% [N]

A = Superficie del émbolo [cm²]

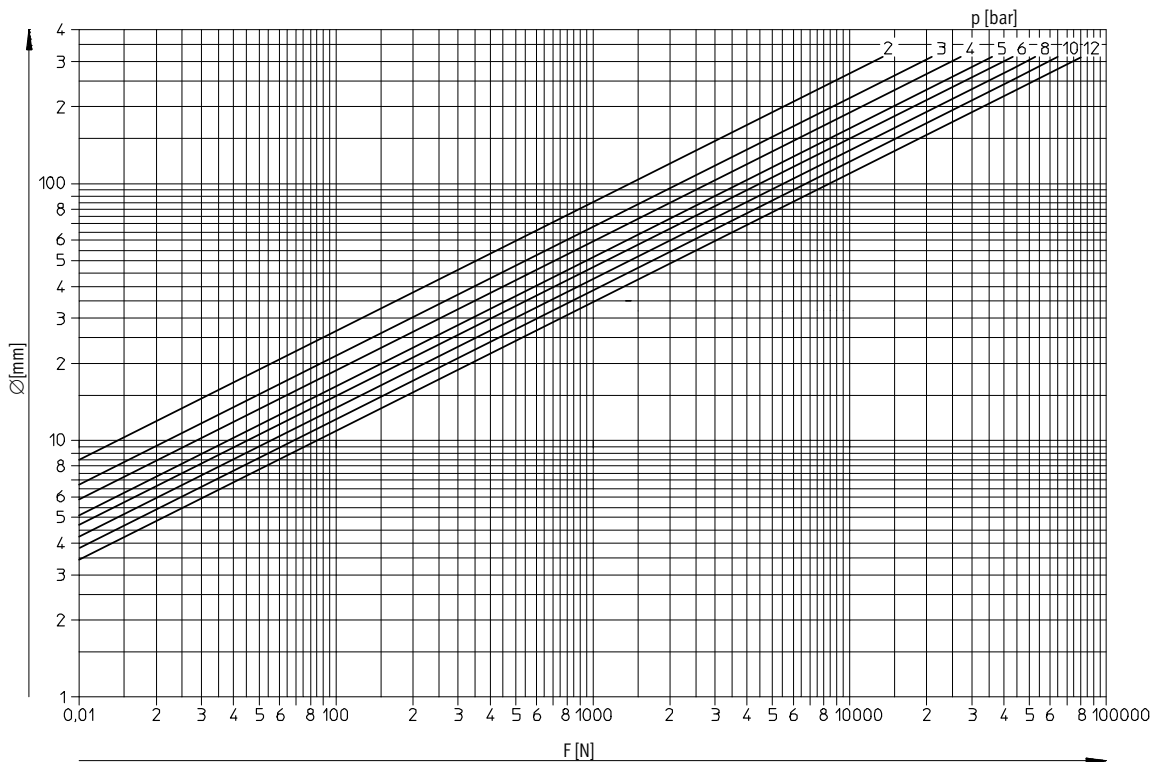
F = Fuerza efectiva del émbolo [N]

El software de dimensionamiento ProPneu se encuentra en el DVD y está disponible en www.festo.com.

Diagrama presión-fuerza

Presión de funcionamiento p en función del diámetro del émbolo y de la fuerza F

En el diagrama se ha considerado aprox. un 10% de pérdidas por rozamiento.



Valores conocidos:

Carga de 800 N

Presión disponible en la red 6 bar

Incógnita:

Diámetro necesario del émbolo

Presión de funcionamiento a ajustar

Procedimiento:

Desde $F = 800$ N trazar una línea vertical hasta la intersección con la línea de 6 bar. El diámetro del émbolo inmediatamente mayor disponible de 50 mm se sitúa entre las líneas de 4 y 5 bar. O sea: presión de funcionamiento a ajustar aprox. 4,5 bar.

Los principales criterios para elegir los actuadores neumáticos son la fuerza y los recorridos a superar. La fuerza del émbolo se emplea en un pequeño tanto por ciento en superar la fricción y el resto en la carga. Sólo pueden darse valores indicativos, puesto que la fuerza de fricción depende

de muchos factores (lubricación, presión de funcionamiento, contrapresión, forma de la junta, etc.). La contrapresión genera una fuerza que actúa en sentido contrario y anula parte de la fuerza útil y se presenta particularmente cuando se estrangula el aire de escape.

ANEXO D

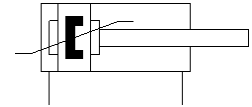
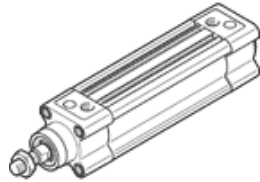
Cilindro neumático

ISO cylinder DSBC-32-100-PPSA-N3

Part number: 1376471

★ Core product range

FESTO



Data sheet

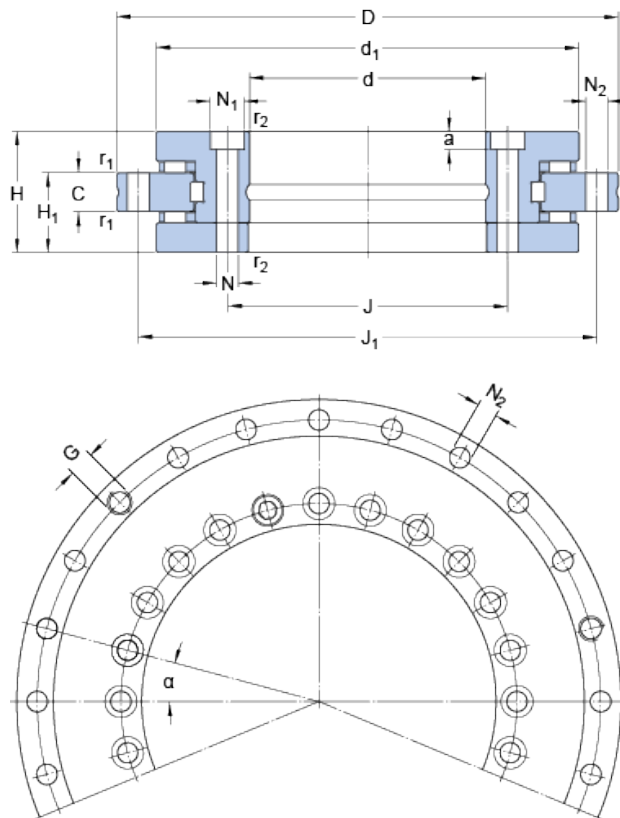
Feature	Value
Stroke	100 mm
Piston diameter	32 mm
Piston rod thread	M10x1,25
Cushioning	PPS: Self-adjusting pneumatic end-position cushioning
Assembly position	Any
Conforms to standard	ISO 15552
Piston-rod end	Male thread
Design structure	Piston Piston rod Profile barrel
Position detection	For proximity sensor
Variants	Single-ended piston rod
Operating pressure	0.6 ... 12 bar
Mode of operation	double-acting
Operating medium	Compressed air in accordance with ISO8573-1:2010 [7:4:4]
Note on operating and pilot medium	Lubricated operation possible (subsequently required for further operation)
Corrosion resistance classification CRC	2 - Moderate corrosion stress
Ambient temperature	-20 ... 80 °C
Impact energy in end positions	0.4 J
Cushioning length	17 mm
Theoretical force at 6 bar, return stroke	415 N
Theoretical force at 6 bar, advance stroke	483 N
Moving mass with 0 mm stroke	110 g
Additional weight per 10 mm stroke	27 g
Basic weight for 0 mm stroke	465 g
Additional mass factor per 10 mm of stroke	9 g
Mounting type	Optional with internal (female) thread with accessories
Pneumatic connection	G1/8
Materials note	Conforms to RoHS
Material cover	Aluminium die cast coated
Material seals	TPE-U(PU)
Material piston rod	High alloy steel
Material cylinder barrel	Wrought Aluminium alloy Smooth anodised

ANEXO E

Cojinete de carga axial-radial de rodillos cilíndricos

NRT 260 B

Dimensiones



d	260	mm
D	385	mm
H	55	mm
d ₁	345	mm
C	18	mm
H ₁	36.5	mm
J	280	mm
J ₁	365	mm
N	9.3	mm
N ₁	15	mm
N ₂	9.3	mm
a	8.2	mm
r ₁	min. 0.6	mm
r ₂	min. 0.6	mm

Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica, sentido radial	C	108	kN
Capacidad de carga estática básica, sentido radial	C ₀	355	kN
Capacidad de carga dinámica básica, sentido axial	C	95	kN
Capacidad de carga estática básica, sentido axial	C ₀	780	kN
Velocidad alcanzable para lubricación con grasa		130	r/min
Velocidad alcanzable para lubricación por aceite y aire		260	r/min
Precarga axial		7.3	kN
Fuerza de descarga axial		16	kN
Momento de fricción	C _{RL}	25	N·m
Rigidez axial		14.7	kN/μm
Rigidez radial		8.3	kN/μm
Rigidez de momento		153	kN·m/mrad

Masa

Rodamiento de masa		18.2	kg
--------------------	--	------	----

Rotary table

Guideline rotary table diameter	630	mm
---------------------------------	-----	----

Información de montaje

Pernos de retención

Tamaño	M8	
Número de pernos	2	
Ángulo entre pernos	180	°

Roscas de extracción

Tamaño	G	M12
Número de roscas	3	
Ángulo entre roscas	120	°

Tornillos de fijación requeridos, eje

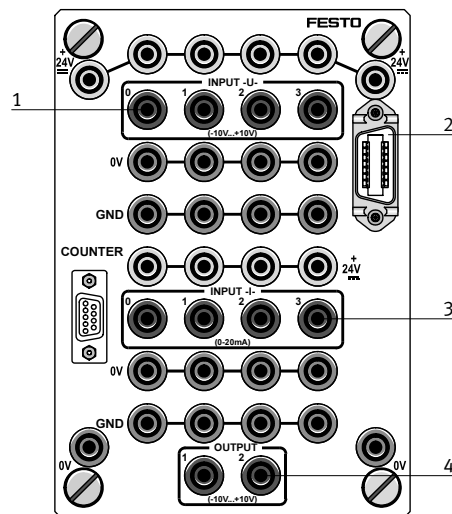
Tamaño del perno	M8	
Diámetro primitivo	α	10 °
Número de pernos	34	
Número de pernos omitidos en la posición de los pernos de retención	2, a 180° entre sí	
Par de apriete (perno de grado 10,9)	34	N·m

Tornillos de fijación requeridos, soporte

Tamaño del perno	M8	
Diámetro primitivo	α	10 °
Número de pernos	33	
Número de pernos omitidos en la posición de las roscas de extracción	3, a 120° entre sí	

ANEXO F

Módulo de conexiones universales analógicas



- | | | | |
|---|-----------------------------------|---|-----------------------------------|
| 1 | Analogue voltage inputs VI0...VI3 | 3 | Analogue current inputs II0...II3 |
| 2 | Connection signal switching unit | 4 | Analogue outputs VO0 - VO1 |

Design

The connection unit, analog is mounted in a single housing with connector sockets for assembly on a panel or assembly board. Attachment on profile plate requires 4 plug-in adapters (Order No. 323571).

Included in delivery is a ribbon cable which is not needed for this application. The analogue inputs and outputs are accessible via 4 mm safety connectors.

162247

Connection unit, analog

Function

The Festo Didactic power pack provides a 24 V power supply for the connection units.

The analogue current inputs (II0...II3), the analogue voltage inputs (VI0...VI03), the analogue voltage outputs (VO0, VO1) and the analogue ground signal (GND) are all accessible via 4 mm safety connectors.

All inputs and outputs (4 mm safety connectors) of the connection unit are designed with a protective circuit against reverse polarity

If the 24 V socket is connected with the sockets for the analogue voltage output, this may damage the fuses built into the connection unit. In this case, open the connection unit and replace the damaged fuse with a new fuse.

The analogue voltage outputs (VO0, VO1) are short-circuit proof which means that the built-in fuses cannot be damaged!

Note

If 2, 3 or 4 sensors are connected to the current inputs (II0...II3), GND must be connected to 0 V, otherwise the currents add up.

Technical data

Electrical		
Permissible operating voltage	24 V DC	
Perm. voltage fluctuations	22 – 27 V DC	
Analogue voltage inputs INPUT V	Range	-10 – +10 V (max. ± 30 V)
	Input resistance	200 k Ω
	Reference	GND
Analogue current inputs INPUT I	Range	0 – 20 mA (max. -4 – +24 mA)
	Input voltage	max. ± 30 V
	Reference	GND
Analogue outputs	Voltage	-10 – +10 V, Short circuit protected max. ± 30 V fuse protected
	Current	max. 20 mA
	Reference	GND

ANEXO G

Módulo de conexiones universales digitales

Universal connecting unit, digital (SysLink – 4 mm safety socket-outlets)



Design This unit connects the 4 mm safety socket outlets with a 24-pin plug in accordance with IEEE 488 (SysLink). The unit thereby becomes a universally applicable interface for 4 mm connection technology for all units equipped with the SysLink interface.

- Function**
1. Connection to an I/O terminal of an MPS station via an I/O cable with double-sided SysLink plug.
 2. I/O coupler via 4 mm plug to a PLC, using an open I/O cable (SysLink plug – single wires).
 3. Simple connection to actuators and sensors via 4 mm plug, using the EasyPort interface unit for FluidSIM.

Technical data

Electrics	
Digital inputs	3 safety socket-outlets each for 8 three-wire sensors
Digital outputs	2 safety socket-outlets each for 8 actuators
Connections	4 mm safety socket outlets for 24 V DC, SysLink plug
I/O status display via	LED

Pin assignment

PLC pin assignment		Pin No. on plug	PLC pin assignment		Pin No. on plug
Q0	PLC output	01	I0	PLC input	13
Q1	PLC output	02	I1	PLC input	14
Q2	PLC output	03	I2	PLC input	15
Q3	PLC output	04	I3	PLC input	16
Q4	PLC output	05	I4	PLC input	17
Q5	PLC output	06	I5	PLC input	18
Q6	PLC output	07	I6	PLC input	19
Q7	PLC output	08	I7	PLC input	20
24 V	Power supply	09/10	24V	Power supply	21/22
0 V	Power supply	11/12	0 V	Power supply	23/24

ANEXO H

Manual de ingeniería bandas transportadoras

Bandas para transportadores pesados

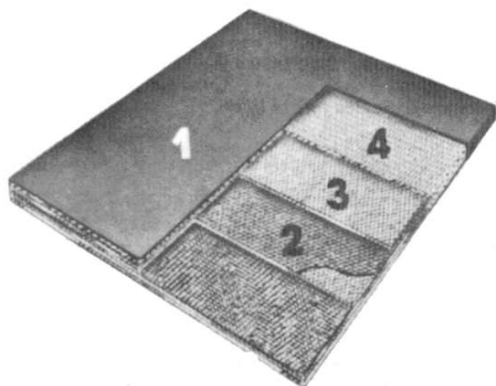
La selección correcta de una banda transportadora, es aquella que resulta en los costos más bajos por tonelada de material transportado.

Este material está elaborado para proporcionar el procedimiento y tablas de ingeniería necesarios con el fin de realizar esta selección.

Estos procedimientos y las tablas, están basados en el diseño de sistemas de transportadoras en la línea de producción de ContiTech de bandas para transportadores pesados.

Requisitos generales para la selección de una banda.

Una banda transportadora consiste de un miembro a tensión o esqueleto que realiza el trabajo de transportar y de cubiertas de elastómero de calidad y espesor especificado, para proteger el esqueleto y así asegurar un servicio de vida económica.



Corte que muestra la construcción de una banda tipo

1. CUBIERTA SUPERIOR
2. HULE DE CONTACTO ENTRE LONAS (SKIM COAT)
3. CAPAS DE LONA
4. AMORTIGUADOR (BREAKER) PARA ADICIONAR RESISTENCIA AL IMPACTO

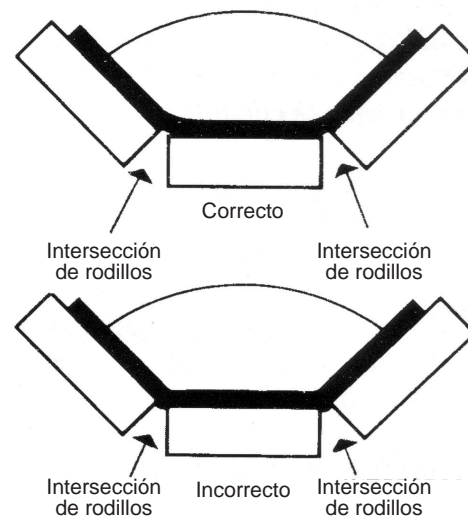
Esqueleto.

El esqueleto es el miembro que soporta completamente la resistencia de la banda. Este es capaz de resistir todos los esfuerzos desarrollados en la banda cuando ésta recibe y transporta la carga.

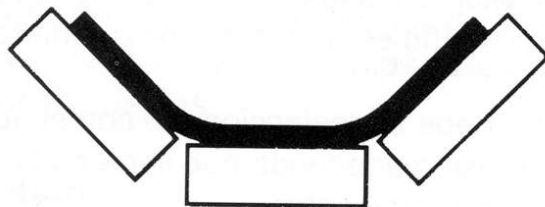
El esqueleto debe ser seleccionado con el número de capas y tensión adecuada que llene cada una de las 5 condiciones siguientes:

1. *Tensión.*- El esfuerzo necesario para soportar la tensión máxima de operación en la banda, se divide en:
 - a) Cálculo de la tensión (pág. 6 y 8)
 - b) Selección del esqueleto (pág. 15 y 16)
2. *Resistencia al impacto.*- Es la propiedad que tiene la banda para resistir las fuerzas de impacto originadas en la zona de carga (pág. 32 y 33).
3. *Soporte de carga.*- Es la propiedad para suministrar un soporte de carga adecuado en la intersección de los rodillos cargadores (pág. 19).

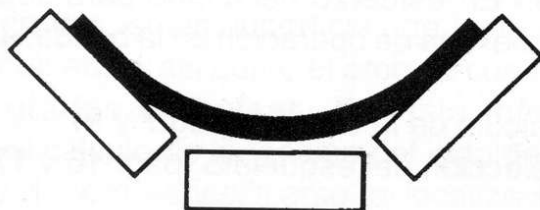
Soporte de carga



4. *Acanalamiento de banda vacía.*- Deberá tener la flexibilidad transversal adecuada con el fin de tener un contacto uniforme en los tres rodillos cargadores, con banda vacía.
5. *Flexibilidad en las poleas.*- Deberá tener la flexibilidad longitudinal adecuada para una buena operación sobre las poleas de diámetros determinados o bien de poleas existentes.

Acanalamiento

Correcto



Incorrecto

Cubiertas

El espesor y la calidad de la cubierta de una banda, debe ofrecer:

1. Resistencia al corte y al desgarramiento del material transportado.
2. Resistencia a la abrasión.
3. Adhesión suficiente al esqueleto para delimitar los daños a la cubierta.

La banda recomendada debe satisfacer los 5 requisitos del esqueleto, así como los 3 requisitos de la cubierta.

Cuando más de una construcción de banda, llene todos los requisitos, la selección se basará en el costo más bajo.

Propiedades especiales se podrán incluir en el compuesto, para resistir:

1. A los aceites
2. Al calor de -40°F (-40°C) a 400°F (204°C)
3. A la flama y al fuego
4. Al corte y desgarradura
5. A bajas temperaturas
6. A sustancias químicas
7. A la conductividad estática

Definición de la tensión de operación de la banda**Tensión efectiva (T_e)**

Es la tensión que es aplicada por medio del motor, para:

- a) Girar la banda vacía y los componentes que giran por ella.
- b) Mover la carga sobre la banda horizontalmente.
- c) Elevar la carga sobre la banda contra la fuerza de gravedad.

Tensión lado de retorno ($K \cdot T_e$ ó T_2)

Es la tensión que se adiciona a la banda, debido al peso del contrapeso o al tornillo del tensor. Esta tensión es necesaria para que la pulea motriz "no patine" en la banda. Para determinar la tensión de retorno, multiplique la tensión efectiva (T_e) por el factor de transmisión (K) de la tabla 2, (pág. 11)

El factor de transmisión (K) depende de:

1. La cantidad de arco de contacto en grados sobre la pulea motriz.
2. Si la pulea motriz está recubierta de hule o lisa.
3. Si el tensor es de gravedad (Automático) o de tornillo (Mecánico).

Determinación de la tensión de operación de la banda.**1) Registros del cliente.**

Los registros de ingeniería pueden mostrar la tensión real requerida, suponiendo que ninguna condición de operación ha cambiado. Estos archivos muestran la construcción de la banda y si su capacidad de tensión puede ser duplicada, suponiendo que está dando un servicio satisfactorio.

2) Cálculo por el método corto.

La tensión máxima de operación de una banda se puede basar sobre la capacidad del motor.

Por este método la banda nunca estará sobre esforzada por el motor existente.

La única desventaja del método, es que se puede determinar una banda sobredimensionada, debido a que en algunas instalaciones se tiene un motor mayor al requerido.

3) Cálculo por el método largo.

La tensión de operación de una banda, puede calcularse usando los datos de ingeniería del transportador. De esto, se calcula la potencia requerida por la banda.

NOTA: Para el cálculo de bandas transportadoras más complicadas, consulte el Depto. Técnico de ContiTech Mexicana, S.A. de C.V.

Selección de una banda por el método corto.

En la fórmula siguiente se requiere conocer la potencia actual del motor con el fin de tener la tensión máxima que soporta la banda. Para el uso de este método, se deberá contar con la siguiente información, dada en el ejemplo-problema.

Datos:

Ancho de la banda	- 42"
Material	- Piedra caliza 10", 100 lb/pie ³ , 4 pies de caída desde el punto de descarga
Capacidad	- 1500 tons. por hora
Velocidad	- 400 pies/min. (si se desconoce, calcule según se explica en pág. 30)
Motor	- 100 HP
Polea motriz sencilla recubierta y con arco de contacto	- 210°
Tensor de gravedad	
Empalme vulcanizado	
Diámetro de poleas	- 24" cabeza o motriz - 20" cola - 18" tensora
Angulo rodillos de carga	- 35°

Nota: Suponga pérdidas del 10% por la reducción de engranes, banda "V" o cadena de rodillos. La potencia de la polea motriz será por lo tanto igual a 0.90 x HP del motor

FORMULA Y APLICACION	ORIGEN DE LA INFORMACION
<p>1. Tensión efectiva</p> $T_e = \frac{0.90 \times \text{HP mot} \times 33000}{S}$ $= \frac{0.90 \times 100 \times 33000}{400}$ $= 7425 \text{ lb}$	<p>Potencia motor = 100 HP Velocidad = 400 pies/min</p>
<p>2. Tensión lado retorno</p> $T_2 = K \times T_e$ $= 0.38 \times 7425$ $= 2822 \text{ lb}$	<p>K = 0.38 (tabla2, pág. 12)</p>
<p>3. Tensión lado tenso</p> $T_1 = T_e + T_2$ $= 7425 + 2822$ $= 10247 \text{ lb}$	
<p>4. Tensión de operación unitaria</p> $T_u = \frac{T_1}{\text{ancho de banda}}$ $= \frac{10247}{42}$ $= 244 \text{ lb por ancho de banda}$	<p>Ancho de banda = 42" (dato)</p>

Controlador de velocidad con SINAMICS V90 y S7-300

1 Task

1.1 Overview

Introduction

Speed control is one of the two basic functions for SINAMICS V90. The other one is position control. PROFINET communication is a new and advanced feature for SINAMICS V90. In this manual, the basic application of speed control with PROFINET communication for SINAMICS V90 will be described in detail.

Overview of the automation task

The figure 1-1 below provides an overview of the automation task.

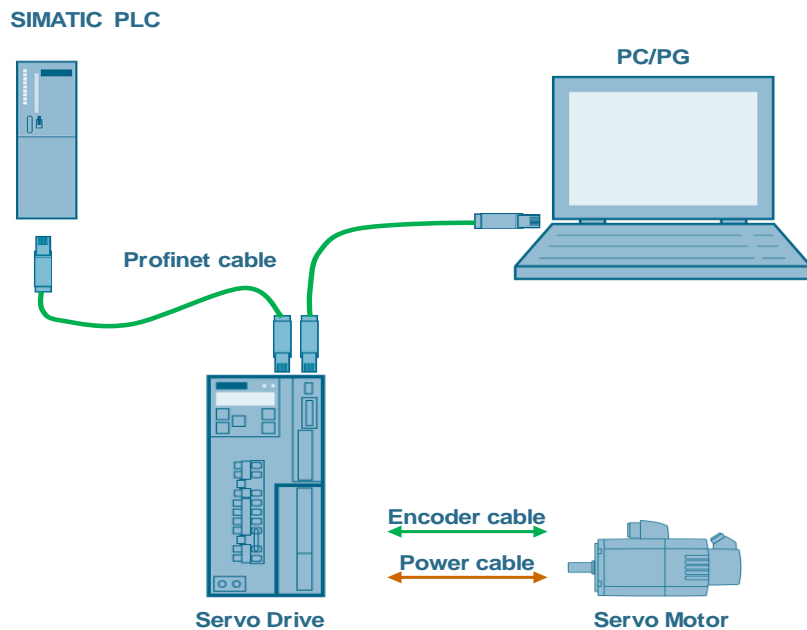


Figure 1-1

2.2 Hardware and Software Components

2.2.1 Validity

This application example is valid for

- TIA Portal V13 SP1 and higher versions
- S7-300 CPU with PN interface
- SINAMICS V90 PN FW V10000.12
- SIMOTICS S-1FL6 Li motor

2.2.2 Used Components

The application was created with the following components:

Hardware components

Table 2-1 hardware components

Component	No.	Article number	Note
SIMATIC S7-300 CPU315F-2 PN/DP	1	6ES7315-2FH13-0AB0	V2.6
SINAMICS V90 PN 200V	1	6SL3210-5FB10-1UF0	V1.0.0.12
SIMOTICS S-1FL6 Li motor	1	1FL6022-2AF21-1AA1	50W

Standard software components

Table 2-2 software components

Component	No.	Article number	Note
TIA Portal	1		V13 SP1
SINAMICS V- ASSISTANT	1		V1.04.00.07

Sample files and projects

The table 2-3 includes all files and projects that are used in this example.

Table 2-3

Component	Note
109743898_CPU315F speed control V90 PN via PROFINET Scenario A.zip	Project file for Scenario A
109743898_CPU315F speed control V90 PN via PROFINET Scenario B.zip	Project file for Scenario B

ANEXO J

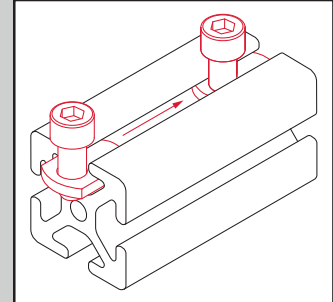
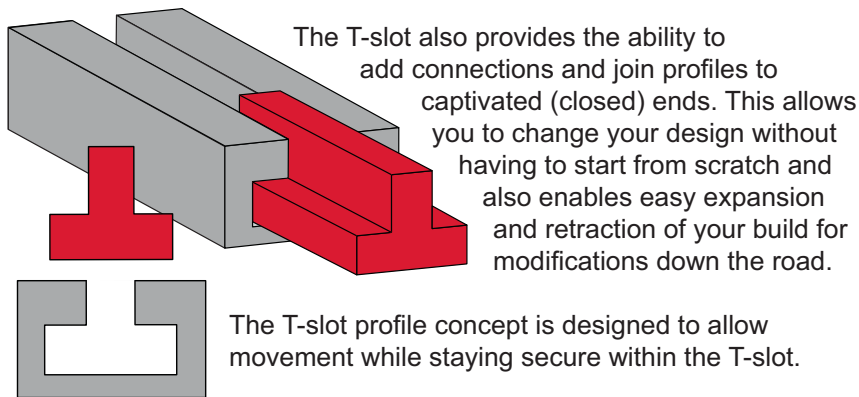
Ficha técnica de perfiles de aluminio

Introduction to Aluminum Framing

You have a project or design in mind and now you need to turn that idea into an actual build. Your first step is to choose your profile; T-slot aluminum profiles, Ready Tube, or Quick Frame. If you would like to head directly to information on Ready Tube, flip to page 14, or to page 16 to read about Quick Frame. Let's begin with the T-slot profile.

The T-slot Concept: Built-in Modularity

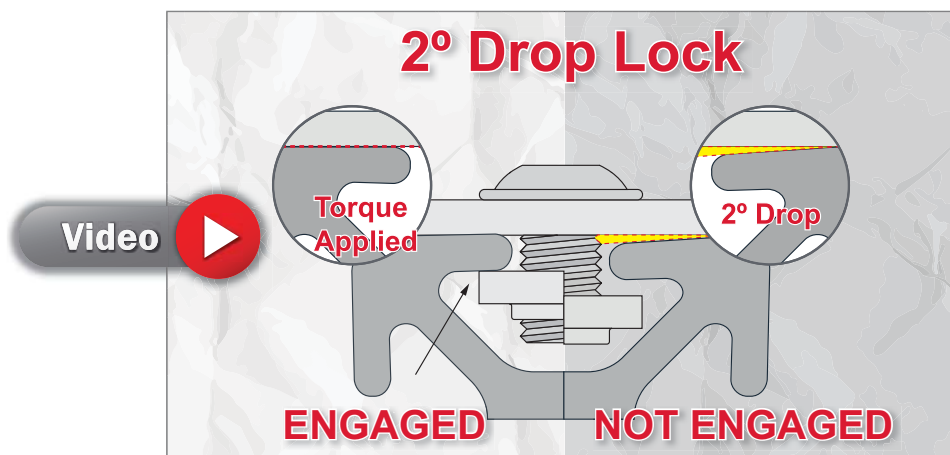
T-slot aluminum profiles offer several benefits. The shape of the profile creates modularity, meaning it is easily assembled and reassembled to conform to evolving needs.



Connections can be made anywhere along the axis of the profile, creating an infinite number of mounting points and eliminating incremental positioning.

80/20's Unique 2° Drop-Lock

Another important attribute of T-slot aluminum profiles is the strong connection made between profiles. 80/20's T-slot aluminum profiles include a 2 degree drop-lock feature for most profiles, which enables connections to remain vibration resistant and strong. 80/20 offers a wide variety of joining options to fit your specific needs (for an overview on fastening products flip to page 18).



PROFILES *Aluminum T-Slot*

Advantages of T-slot Aluminum Profiles

Moving on from the T-slot concept, let's consider the benefits of aluminum. There are several advantages to T-slot aluminum profiles. Take a look at the graphic below to learn how 80/20 profiles stack up against steel. Also keep in mind, all 80/20 profiles come standard with a clear anodize which helps prevent oxidation and corrosion while providing a matte finish.

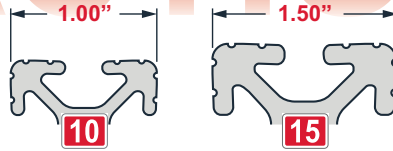
Aluminum vs Steel

Think about the fact that, volume for volume, aluminum is one third the weight of iron, steel, copper or brass. Yet it has yield strength of 35,000 psi, which means it is comparable to A36 steel carbon (frequently used in applications such as equipment and machinery supports as well as building frames). Furthermore, aluminum is resilient and can flex under loads or reshape itself after the shock of impact.

T-SLOT ALUMINUM	VS	WELDED STEEL
MODULAR DESIGN		ONE FIXED DESIGN
WEIGHS LESS THAN STEEL		MORE TIME INVESTED
NO WELDING REQUIRED		WELDING REQUIRED
COSTS LESS THAN STEEL		INCREASED EXPENSES
STRENGTH SIMILAR TO STEEL		REQUIRES SKILLED LABOR
MACHINING NOT REQUIRED		MACHINING REQUIRED
CORROSION RESISTANT		NEEDS PAINT & PRIMER

Profile Family Types

FRACTIONAL

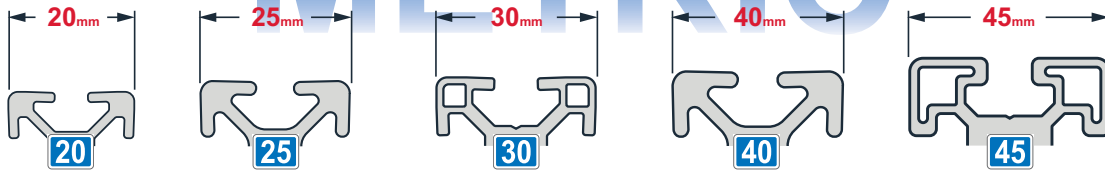


*Profiles are not shown to scale.

The fractional T-slot family uses an inch measurement system (imperial). 80/20 currently offers 57 profiles in fractional units with two standard series: the 10 series and the 15 series. 10 series profiles are based on a 1 inch standard while 15 series profiles are based on a 1.5 inch standard.

Align-a-grooves, featured on some of our 10 series and 15 series T-slot profiles, aid in aligning and squaring corners and joints during assembly. Align-a-grooves are not available in metric profiles.

METRIC



The metric T-slot family is measured in meters or millimeters (mm). 80/20 currently offers 51 profiles in metric units with five series; 20, 25, 30, 40 and 45. The dimensions of the metric profiles each coincide with the series. For instance, 20 series profiles are based on a 20mm standard, 25 series are based on a 25mm standard, 30 series profiles are based on a 30mm standard and so on.

After you have decided which measurement system (fractional or metric), you are going to use, you'll want to decide on a specific profile series. Think about the weight and strength you will need, as well as the shape and open T-slots you want available.



The Shape of a Profile

Once you have determined a series that matches the scale of your build, you are ready to choose the shape of your profile. The shape of the profile affects certain properties such as open T-slots and aesthetics. The available shapes are square, rectangle, angled, and radius.



In both the fractional and metric measurement families, 80/20 offers six different square profile shapes. This variety gives you choices to accommodate appearance, accessories and parts. For medium to large-scale applications consider a square profile with eight T-slot openings to allow a multitude of connection points for the addition of profiles and accessories. Some square profiles also include the capability of a pressurized center cavity.



Between the fractional and metric measurement families there are nine rectangular profile shapes, and all work well for joining other profiles, parts and accessories. Most rectangular profiles have the capacity for a pressurized center cavity. The twelve-slot rectangular profile is perfect for large-scale purposes, such as load-bearing applications, and offers the most mounting and joining options.



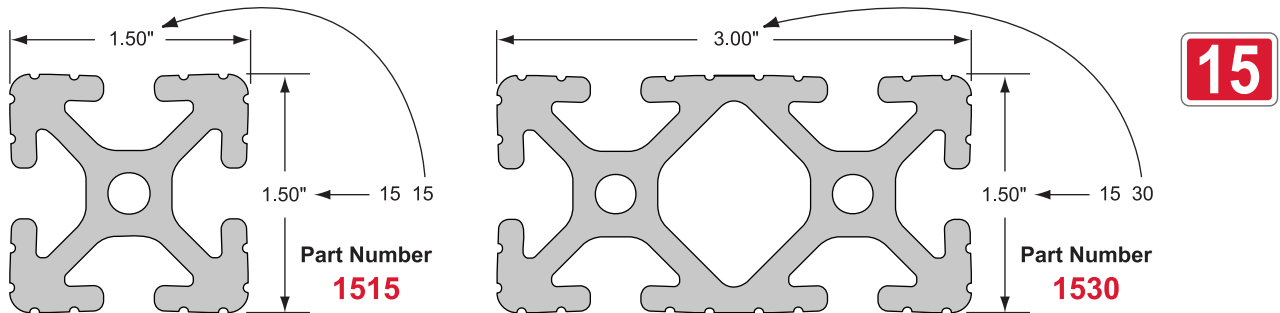
Radius and angled profiles come with two open T-slots and are frequently used for panel mounting and exhibits, due to their versatility and sleek appearance. The rounded shape of radius profiles works well as hand rails.

To recap, T-slot profiles are extremely versatile, modular and strong. You first want to choose either the fractional or metric measurement system, and then decide on the specific profile series. From there, narrow down the shape that works best for your build. If you're still not sure which T-slot aluminum profile is right for your project, use the Profile Selector to help you quickly narrow down your choices, or contact 80/20 at 260.248.8030, or info@8020inc.com.

Part Number Concept & Identification

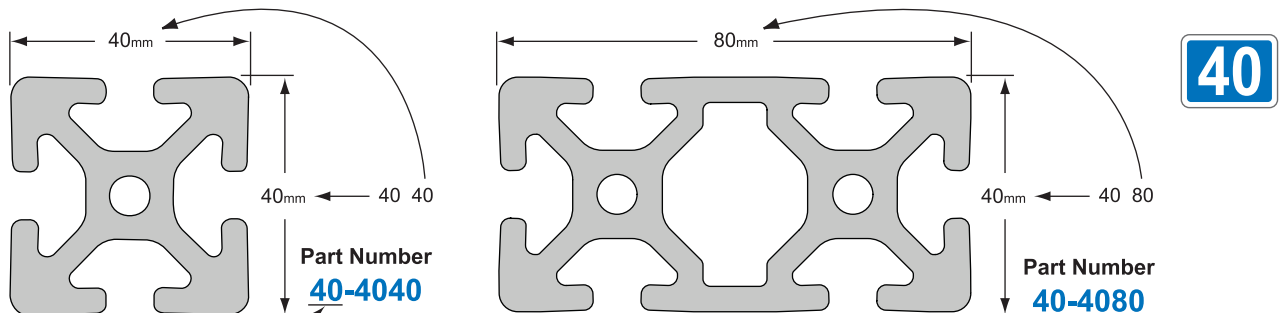
Most fractional and metric T-slot profiles have part numbers that directly coincide with the profile's physical measurements. Fractional profile part numbers contain four characters. Metric profile part numbers contain six characters, which relate to the profile's series and dimensions. This series part-numbering concept is explained in more detail below.

Fractional Profile Naming Standards



Example: 15 series profiles always measure .75" from the outside edge of the profile to the center of the T-slot.

Metric Profile Naming Standards



Note: The profile series is listed before the part number.

Note: The profile series is listed before the part number.

Example: 40 series profiles always measure 20.00mm from the outside edge of the profile to the center of the T-slot.

Introduction to Fastening Methods

There are several options when choosing your fastening method. The intent of this section is to give an overview of points to consider as well as a brief summary of fastening options. While the variety may seem overwhelming, you can narrow down your selection based on properties of your desired fastener.

As a way to simplify your decision-making process, it's easiest to categorize fasteners into two main groups: internal fasteners and external fasteners. Most of the fastening connections offered by 80/20 fall into one of these two groups and each group has unique attributes and properties.



Internal connections create strong bonds between profiles because, in most cases, the fastener is machined into the profile. They are easy to assemble, require few parts, and are simple to work into your design.

INTERNAL BENEFITS

- Fastener recessed in T-slot
- Fewer parts
- Easy to assemble
- Easy to incorporate
- Hardware typically included
- Hidden connections available
- Options for infinite positioning
- Typically will not affect design area



External connections mount to the outside of the T-slot, strengthen connection points, and are easy to implement into the application. Most external connections are reconfigurable and can be mounted anywhere along the T-slot.

EXTERNAL BENEFITS

- Mount to T-slot
- Usually no machining required
- Options for infinite positioning
- Easy to implement
- Reconfigurable connections
- Ability for variable angles
- Strengthen connection points
- Assemble with simple hardware
- Options for connecting more than two profiles

