

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

MANIPULADOR DE PISOS PARA LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

Arnedo Eiras, Rodrigo – LU1096697

Ingeniería Electromecánica

Chiappa, Jonatan Daniel – LU1078047

Ingeniería Electromecánica

Tutor:

Ing. Coro, Luis Ernesto

2022

UADE

UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS

Agradecimientos

Queremos agradecer a nuestras familias, parejas y amigos, quienes nos brindan todo su apoyo incondicional para poder llevar adelante la carrera.

Agradecemos a los profesionales Ana Laura Darduín y a Luis Coro que nos acompañaron a lo largo del proyecto e incentivaron a trabajar duro para poder conseguir los resultados.

Por otro lado, a todo el equipo docente a lo largo de estos años quienes nos brindaron tras las cursadas, los conocimientos necesarios para llegar hasta este momento.

Resumen

La finalidad del presente proyecto es la de diseñar un manipulador que nos permita generar una reingeniería en el proceso productivo de una van, más puntualmente, en la operación de montaje de pisos.

El proyecto se limitará a entender la problemática actual en la planta para poder diseñar un dispositivo capaz de afrontar la situación, con el objetivo de optimizar ergonomía, eficiencia, recursos, tiempos.

Se dará el contexto actual del proceso para determinar las razones y los puntos de mejora que brindará dicho dispositivo.

Inicialmente, en la etapa de estudio, se analizará cómo está formado el proceso productivo actualmente, para poder así, comprender, qué es lo que necesitamos y hacia dónde debe estar dirigido nuestro aporte, evaluando las posibles mejoras.

Luego de entender hacia dónde vamos, se realizará el diseño conceptual y básico del mecanismo teniendo en cuenta todos los factores, como el espacio disponible, factores ambientales, el tipo de movilidad necesaria y lo más importante, ¿qué es lo que se trasladará?

Teniendo nuestro diseño, procederemos con los cálculos pertinentes para poder realizar una correcta selección de materiales, motores y accionamientos.

Finalizados los cálculos, concluimos el informe de avance y nos dirigimos a terminar con el diseño final teniendo en cuenta todos los cálculos realizados en la etapa anterior.

Finalmente obtendremos las conclusiones de todo el proyecto con el análisis de mejora en el desempeño de toda la actividad productiva.

Índice

1.	Introducción	5
2.	Antecedentes	6
2.1	Antecedentes de los Manipuladores Industriales	12
3.	Desarrollo	14
3.1	– Análisis de estado Actual	14
3.1.1	- Proceso	14
3.1.2	- Lay-Out Actual del Proceso	17
3.1.3	– Modelos de Pisos	18
3.1.4	– Recursos empleados y Distribución de Cargas	24
3.2	– Comprensión de los Requerimientos	25
3.2.1	– Requerimientos generales	25
3.2.2	– Análisis de dimensiones en planta	25
3.2.3	– Requerimientos del Manipulador	26
3.3	– Proceso productivo postulado	26
3.3.1	– Diagrama de Flujo	26
3.3.2	– Nuevo Lay-out	28
3.4	– Manipulador Neumático	28
3.4.1	– Diseño General del Manipulador	28
3.4.2	– Estructura	32
3.4.3	– Sistema Neumático	43
3.4.4	– Motor Reductor	82
3.4.5	– Sistema de Comando PLC	92
3.5	– Funcionamiento	111
4.	Análisis de Costos	112
5.	Conclusión	117
6.	Glosario	118
7.	Bibliografía	118

1. Introducción

Se busca una solución integral que contemple el diseño del manipulador para que los operarios de la línea de montaje puedan movilizar los pisos de una van, de una manera sencilla. Reduciendo así, el trabajo físico empleado, como así también, reducir el número de recursos humanos necesarios para realizar esta tarea.

El objetivo principal de dicho dispositivo es optimizar la forma en que se realiza la operación dentro del proceso productivo de una terminal automotriz.

Cuando nos referimos a Optimizar, nos referimos a cuestiones tales como:

- Ergonomía
- Eficiencia
- Recursos
- Tiempos

Sabemos que la Ergonomía en un proceso productivo no sólo es sumamente importante por temas de salud sino también para poder aumentar el rendimiento y satisfacción de los operarios, obteniendo así, mejores resultados en el producto final, tiempos de producción y costos.

Este dispositivo será capaz de manipular distintos tipos de pisos que varían tanto en peso como en tamaño, siendo todos de madera contrachapada, siendo el mismo, un material que se compone de varias capas de madera pegadas entre sí. Es un material resistente y duradero lo que lo hace adecuado para este tipo de vehículos.

A continuación, se clasificarán las diferentes variantes de unidades y pisos:

Las unidades pueden tener distintos largos: Piso 4, 3, 2 y 1.

Tanto las variantes 2, 3 como la variante 4 se componen de dos tramos de pisos y la variante 1 de un único tramo.

Dado que todas las variantes de pisos nombradas anteriormente pesan más de 20 kg y, los procesos actuales que se requieren para el montaje no son ergonómicos, termina superando el valor aceptado por la OIT (Organización Internacional del Trabajo) y el departamento de

Seguridad e Higiene de dicha industria. Teniendo en cuenta además que para que sea factible el montaje en el proceso actual se requiere de dos personas para así distribuir la carga. Con el manipulador no sólo liberamos del peso y la actividad al personal, sino que también, se requerirá de un solo operario para todo el proceso.

2. Antecedentes

A la hora de hablar de un proceso productivo y su optimización, es válido remontarnos al concepto de Industria 1.0, es decir, Finales Siglo XVIII donde surge la Primera Revolución Industrial basada en la introducción de equipos de producción mecánicos, impulsados por agua y la energía del vapor.

El principal cambio que nos otorga esta Revolución es el paso de la producción artesanal a la industrial reemplazando la fuerza humana por la fuerza de las máquinas.

Junto con esto y de cara a nuestra industria objeto del proyecto, en 1886 aparece el primer vehículo equipado con un motor de combustión interna.



Ilustración 1: Primer vehículo dotado de un motor de Combustión interna

Dado que, hasta ese entonces, no existía un sistema o esquema efectivo de trabajo, no se pensaban en políticas de incentivos hacia los empleados, no se evaluaban sus destrezas y a su vez, las decisiones escaseaban de fundamentos científicos, es que, en 1898 nace el Taylorismo dando respuesta a las problemáticas anteriormente planteadas basándose en el estudio del trabajo, la

producción en masa y la optimización de las habilidades del personal. Con este concepto damos comienzo a la industria 2.0.

En paralelo, Henry Ford, presenta su modelo de producción en serie conocida como Fordismo buscando la reducción de costos mediante la estandarización de procesos.

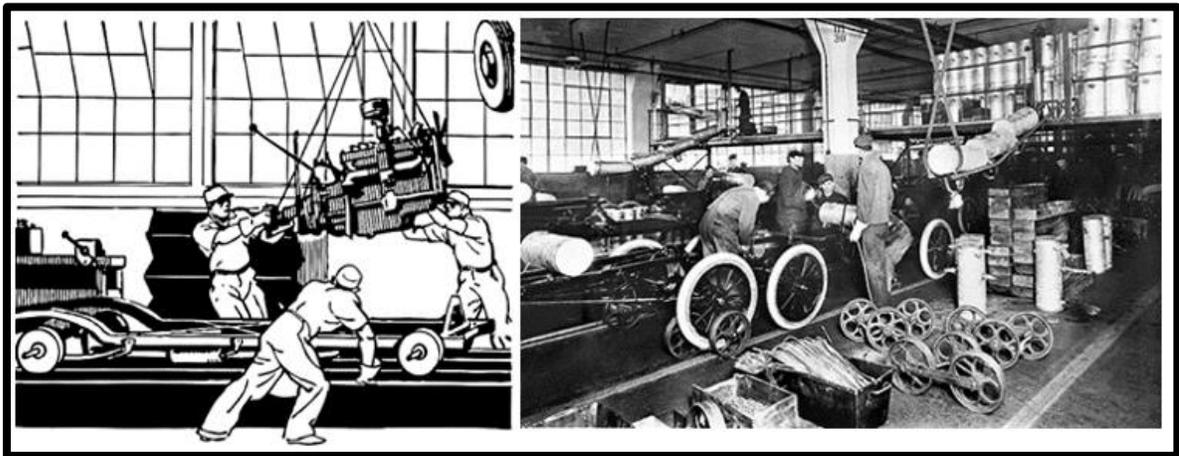


Ilustración 2: Concepto de Fordismo

Ante el crecimiento de la demanda y la necesidad de continuar con la mejora de los procesos nace la industria 3.0 basada en el uso de tecnologías como la electrónica, la informática y la microelectrónica permitiéndonos automatizar determinados sectores de la producción. Conjuntamente a todos estos cambios, Abraham Maslow en 1943 publica su teoría “A theory of human motivation” y Frederick Herzberg en 1959 propone la “Teoría de Motivación e higiene” o más conocida como “Teoría de los dos factores”, Ambos psicólogos hacen referencia a la importancia de la motivación del personal para el logro de los objetivos de la compañía.



Ilustración 3: Primera computadora eléctrica Z3 construida por Konrad Zuse en 1941



Ilustración 4: Control numérico de la automatización

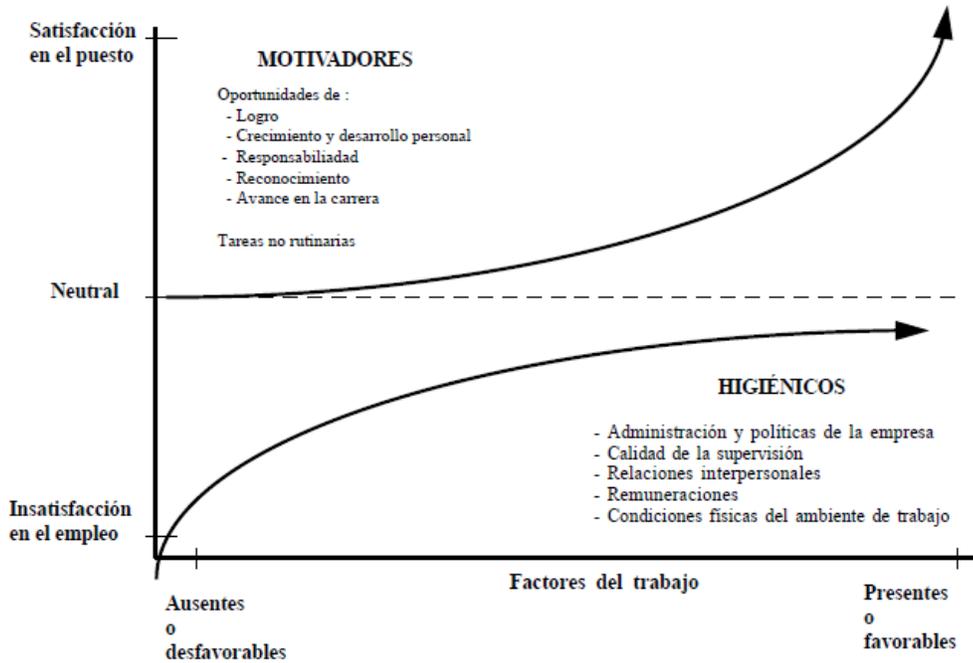


Ilustración 5: Teoría de los Factores por Frederick Herzberg propuesto en 1959



Ilustración 6: Pirámide de Maslow

A comienzos de la década del 2010, en Alemania, surge el concepto de Industria 4.0 o “Internet de las Cosas” dando lugar a la Cuarta Revolución industrial.

Esta etapa, que ya se encuentra entre nosotros, está asociada con la digitalización e informatización del sector manufacturero, con la generación, integración y el análisis de una gran cantidad de datos a lo largo de todo el proceso productivo y del ciclo de vida de los productos, facilitados fundamentalmente por internet. A diferencia de las anteriores Revoluciones, ésta, no se caracteriza en principio por tecnologías emergentes, sino, más bien, por una “digitalización y automatización total” de los procesos.



Ilustración 7: Industria 4.0



Ilustración 8: Internet de las cosas



Ilustración 9: Resumen - Línea de Tiempo

2.1 Antecedentes de los Manipuladores Industriales

Junto con el avance de la industria, han ido evolucionando los manipuladores, con el objetivo de mejorar la eficiencia en la manipulación de los materiales necesarios.

Antiguamente dicha manipulación se realizaba de forma manual mediante la fuerza de los operarios. Con el tiempo y el avance tecnológico, se fueron desarrollando herramientas de manipulación mediante el uso de poleas, carros y palancas.

Junto con la Revolución Industrial y la producción en masa, llevó a la producción de equipos más avanzados y sofisticados, mediante el uso de sistemas hidráulicos, neumáticos, eléctricos o robóticos. Los manipuladores hidráulicos utilizan fluidos para mover cargas, mientras que los neumáticos utilizan aire comprimido. Los manipuladores eléctricos utilizan motores eléctricos para moverlas, y los manipuladores robóticos utilizan la inteligencia artificial y diversos sensores para realizar las complejas tareas de manipulación.

Para la década de 1920, se comenzaron a utilizar los primeros manipuladores hidráulicos. Y para la década de 1950 se desarrolló la tecnología neumática y desde entonces es utilizada en una amplia variedad de aplicaciones industriales. Como dijimos anteriormente, se basan en la utilización de aire comprimido, que se encuentra almacenado en tanques y mediante la acción de un pistón nos permite mover/manipular dichas cargas. Teniendo como gran ventaja que el uso de la tecnología neumática, sustituyendo a la hidráulica nos permite introducirlos en distintas industrias, como ser la alimenticia y farmacéutica.

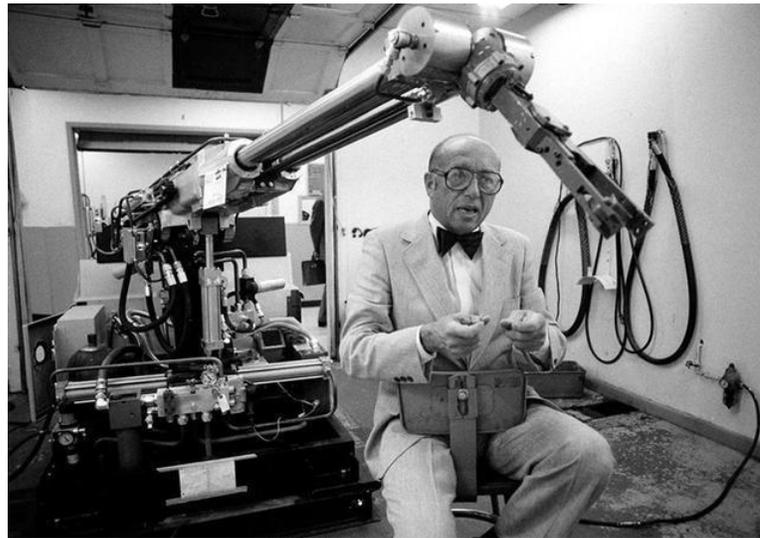


Ilustración 10: Comienzos de los Manipuladores Industriales

Llegando a 1970 esta tecnología se comenzó a utilizar en la industria automotriz, dado que nos permite realizar tareas de forma más precisa y rápida sobre la línea de producción. A su vez, una de las grandes ventajas de dicha tecnología es su facilidad de mantener y reparar, lo que los convierte en una solución popular para la industria.



Ilustración 11: Diversos usos de los Manipuladores Industriales

A estos manipuladores neumáticos se le fueron desarrollando distintos sistemas, según su aplicación y sujeción de piezas. Uno de ellos y precisamente el que vamos a utilizar, es el de ventosas. El mismo utiliza el principio de succión, generando vacío con la carga a manipular. Su principio de funcionamiento es simple. En primer lugar, el manipulador se acerca a la carga y dichas ventosas se apoyan sobre la superficie de la pieza, generando un vacío entre las 2 partes y quedando adheridas. Permittiéndonos realizar los movimientos necesarios, dicho vacío se mantiene mediante una bomba de vacío.

Vale destacar que estas ventosas deben ser las adecuadas en función del tamaño, peso y tipo de material que se pretende manipular, a modo que el vacío no se pierda y no exista riesgo que se caiga la carga manipulada o bien dañe la superficie en caso de que el vacío sea demasiado grande.



Ilustración 12: Manipuladores Industriales - Ventosas

3. Desarrollo

3.1 – Análisis de estado Actual

3.1.1 - Proceso

Para comenzar a hablar del desarrollo es importante entender cómo es el proceso actual, siendo éste 100% manual. Los pisos llegan secuenciados en un montacargas a una plataforma elevada donde las unidades provienen del área de pintura. Los 2 operarios toman dicho piso y lo ingresan al vehículo con un ángulo de 45°, dado que, de forma horizontal no entran por el ancho de puertas traseras. Una vez que se encuentran dentro de la zona de carga de la van, con el piso a 45° y casi posicionados, proceden a retirar las cintas bifaz que son las encargadas de pegar/fijar los mismos a la chapa de la carrocería.

Finalmente, el piso se va bajando, centrando y posicionando de forma correcta, vale destacar que para poder realizar esta operación ambos operarios deben agacharse dentro de la unidad manteniendo el peso del piso hasta pegarlo, generando problemas ergonómicos y de tiempos de producción. Llegado el caso de que dicho posicionamiento no fuese el correcto y el piso se llegara a pegar, lamentablemente hay que retirarlo de la unidad y enviarlo a “scrap”. En consecuencia, debe montarse uno nuevo. Esto acarrea problemas en el tacto/tiempo de producción como así

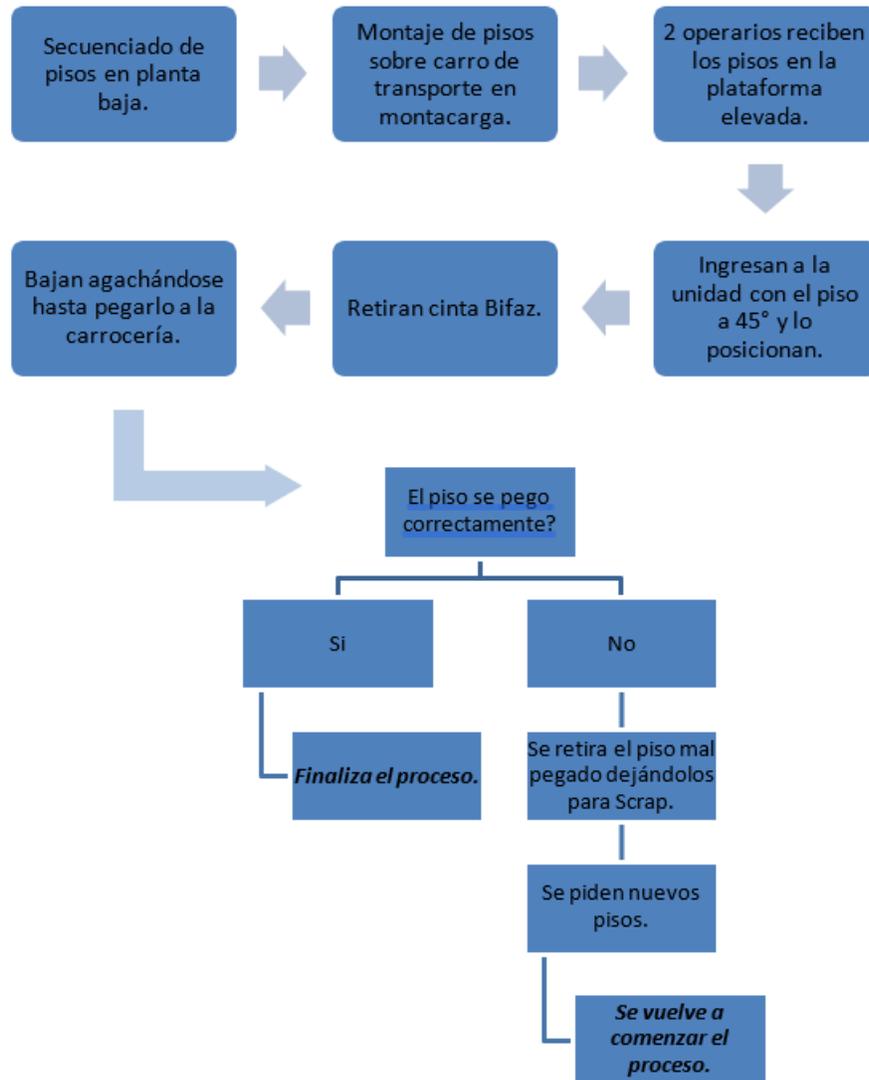
también en el sector logístico de provisión de materiales dado a que deberán secuenciar nuevamente dicha variante de piso.

En el caso de que la variante de piso esté compuesta por 2 tramos, este proceso se repite para cada uno de ellos.

A su vez, y justamente por cuestiones de seguridad e higiene, los operarios que realizan esta actividad rotan luego de cada operación, esto quiere decir que hacen una unidad/un montaje de piso y luego pasan a realizar otra tarea y así sucesivamente en cada tacto o avance de línea. Lo que hace al proceso aún más ineficiente por los temas tratados en la sección “Antecedentes”.

Por lo tanto, y tal como adelantamos en la introducción debemos optimizar dicho proceso de montaje a modo de evitar las falencias anteriormente descritas. Para ello, nos será útil conocer el lay-out actual del proceso y el detalle técnico de los pisos en cuestión a modo de entender qué es lo que se está manipulando y así obtener los requerimientos.

Diagrama de Flujos del Proceso



3.1.2 - Lay-Out Actual del Proceso

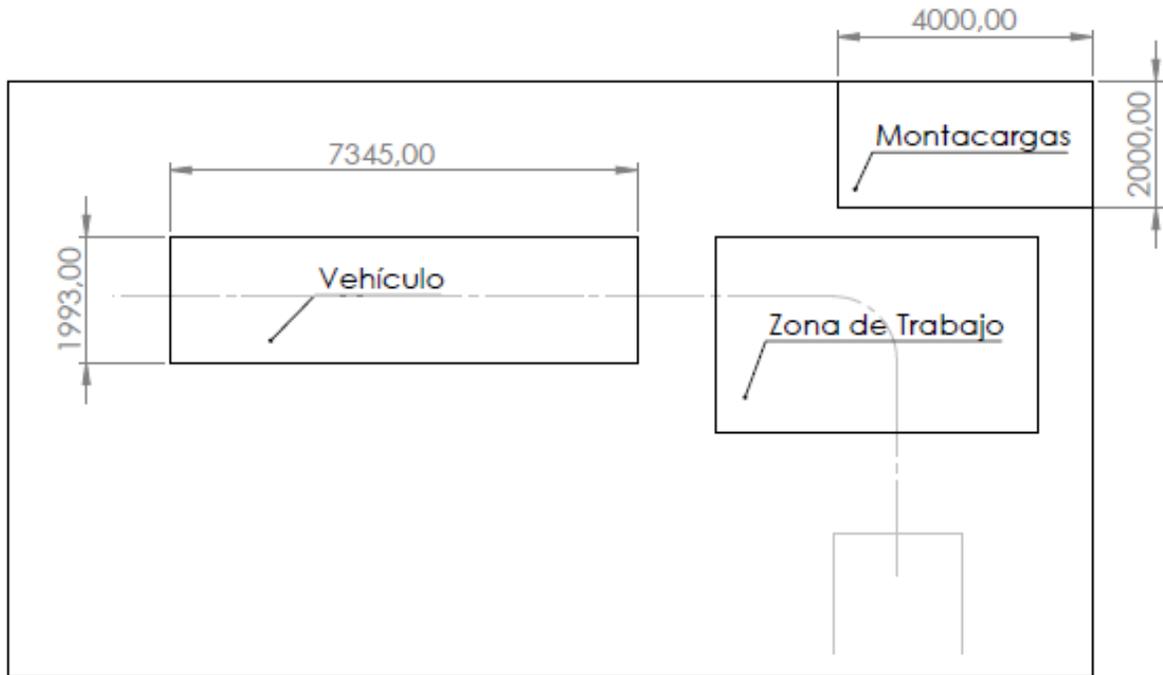


Ilustración 13: Layout Actual - Fuente: Elaboración Propia

3.1.3 – Modelos de Pisos

A continuación, vamos a citar las variantes de los pisos utilizados en el proceso productivo con sus datos técnicos y esquemas:

- **Variante PISO 1** (un único tramo de piso)

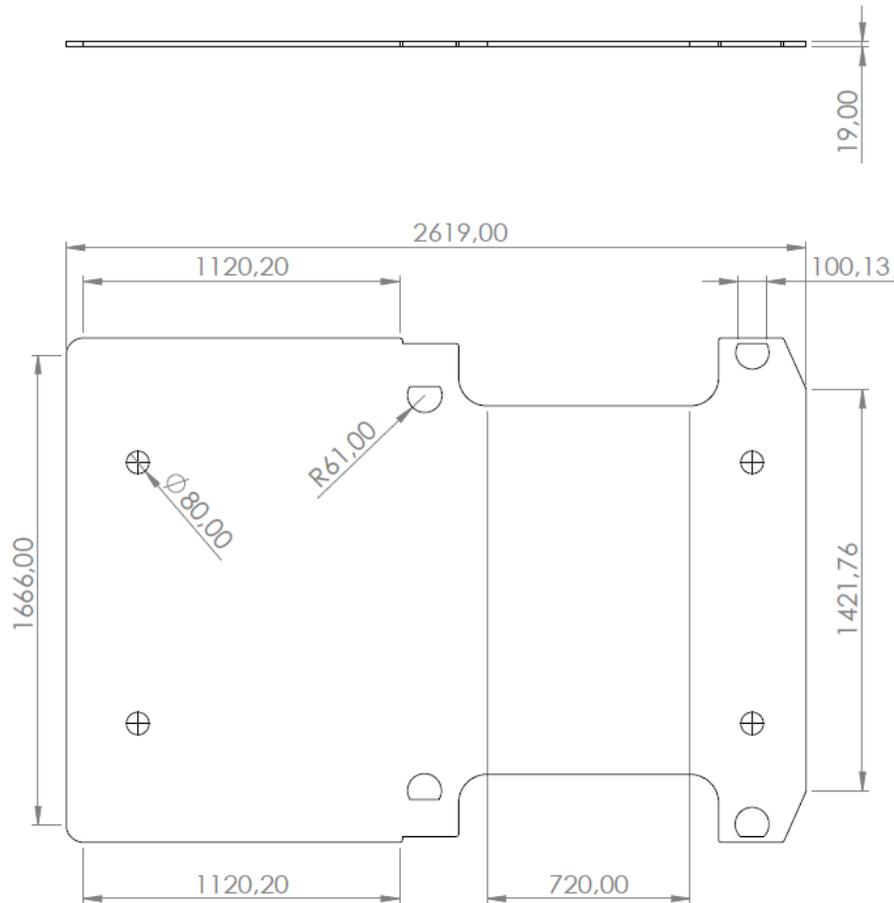


Ilustración 14 - Piso 1 - Fuente: Elaboración propia

Largo: 2679 mm

Ancho: 1766 mm

Peso: 20 Kg

- **Variante PISO 2**

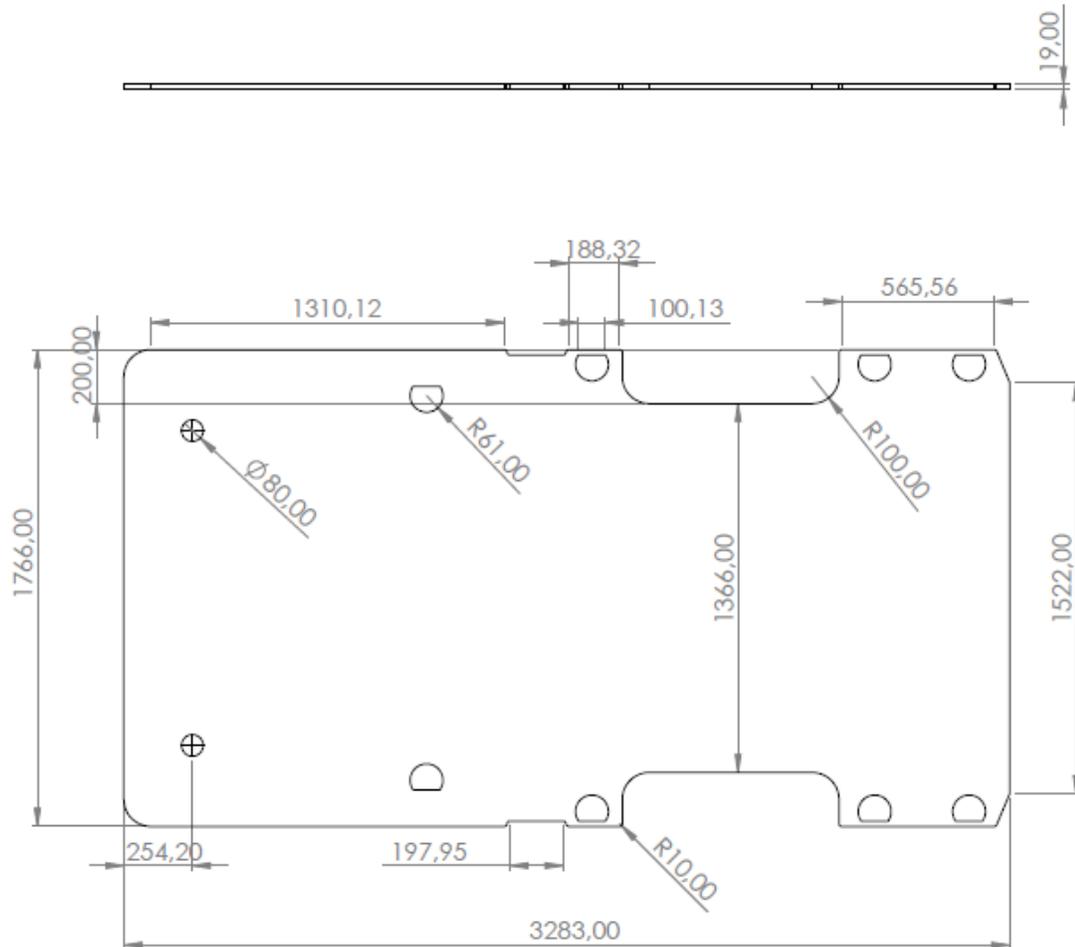


Ilustración 15 - Piso 2 - Fuente: Elaboración propia

Largo: 3283 mm

Ancho: 1766 mm

Peso: 25 Kg

- **Variantes PISO 3** (dos tramos de pisos)

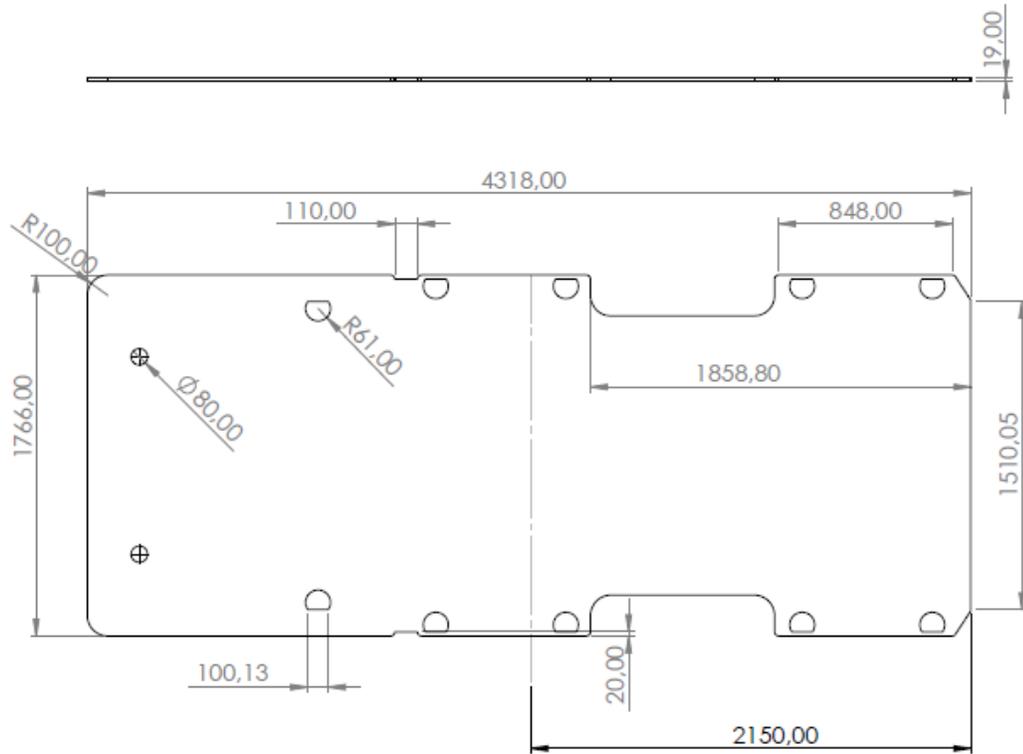


Ilustración 16 - Piso 3 - Fuente: Elaboración propia

Largo: 4064 mm

Ancho: 1766 mm

Peso: 34 Kg

- **Variantes PISO 4** (dos tramos de pisos)

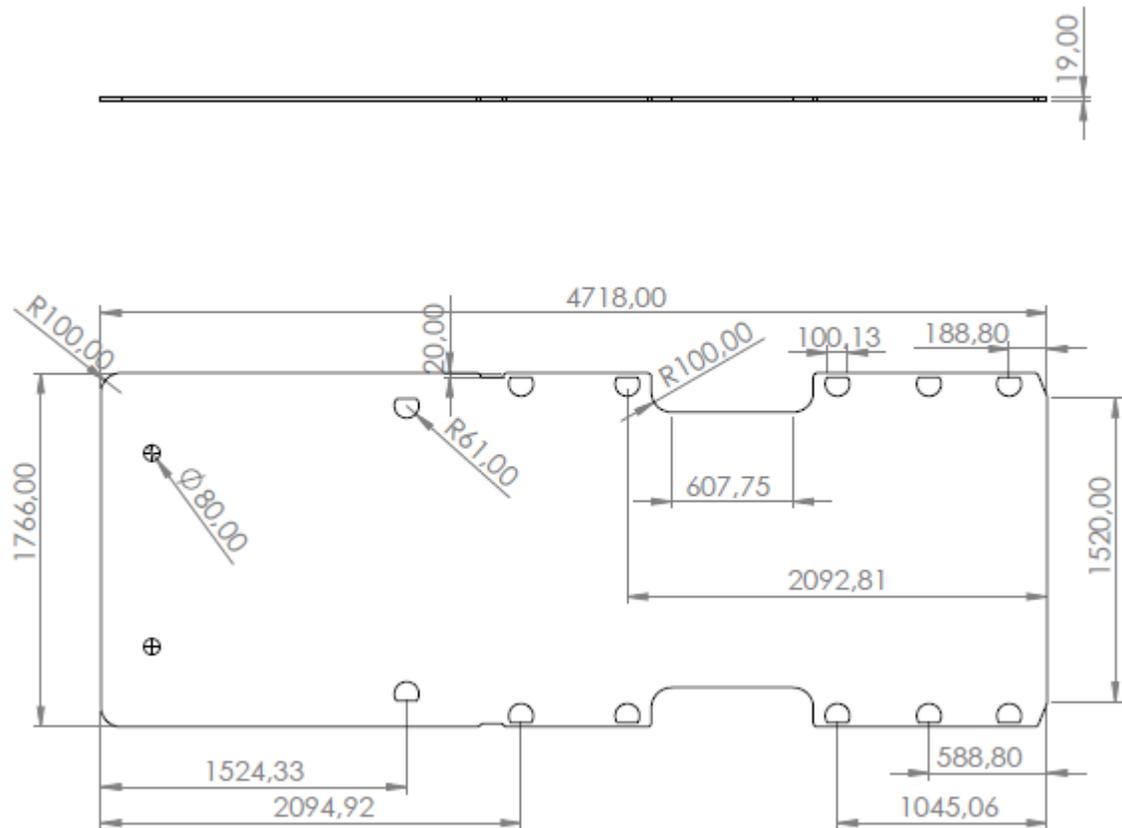


Ilustración 17 - Piso 4 - Fuente: Elaboración propia

Largo: 4718 mm

Ancho: 1766 mm

Peso: 38 Kg

En todos los casos, los pisos están compuestos de madera contrachapada de 19mm con una capa de pintura de resina protectora que reviste la superficie para mayor adherencia, calidad del producto, estabilidad de la carga y resistencia a los líquidos e impermeabilidad.

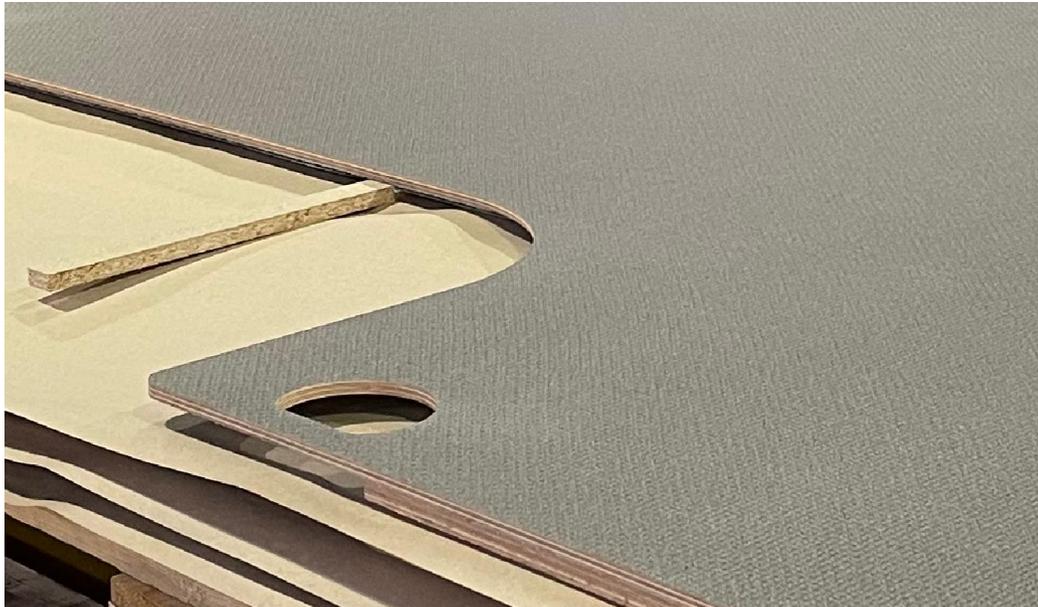


Ilustración 18 – Detalle de Piso



Ilustración 19 – Antes y después de montar el piso.

3.1.4 – Recursos empleados y Distribución de Cargas

Para realizar dicho proceso se requieren dos operarios debido al peso y al tamaño de la pieza. Teniendo en cuenta que el tacto de línea es de doce minutos, el tiempo promedio empleado para realizar la tarea es de cuatro minutos y va a depender de que el proceso sea o no exitoso.

En cuanto al costo anual de mano de obra para realizar dicha tarea es de aproximadamente 60.000 USD (30.000 USD por cada operario).

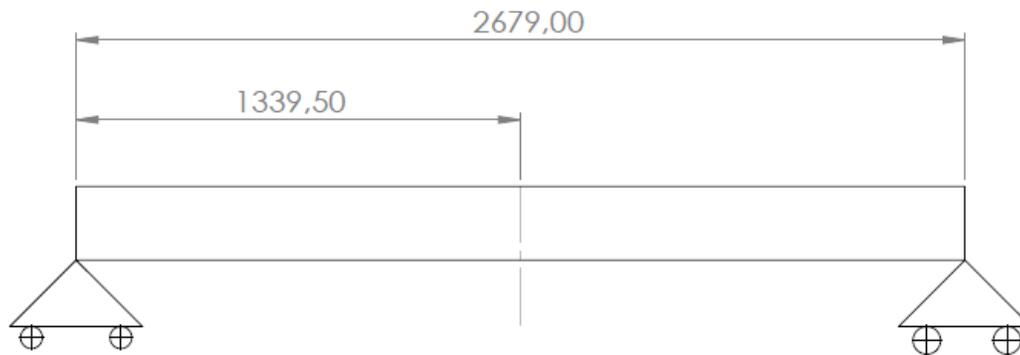


Ilustración 20 - Diagrama de Cuerpo libre - Fuente: Elaboración propia

Tomando como referencia al piso de mayor peso, y dos operarios en los extremos, nos encontramos en la siguiente situación:

- Peso de la pieza **P = 20 kg**
- Distancia Operario - Centro **d = 1339,5 mm**

$$\begin{aligned} \Sigma M_{OP1} &= 0 \Rightarrow 20kg \cdot 1339,5mm - OP2 \cdot 2679mm = 0 \\ \Rightarrow OP2 &= \frac{20kg \cdot 1339,5mm}{2679mm} \Rightarrow \mathbf{OP2 = 10kg} \end{aligned}$$

Sabemos que por simetría $OP2 = OP1$.

- Esfuerzo soportado por cada operario **OP = 10 kg**

Con los cálculos anteriormente desarrollados, y si bien la OIT (Organización Internacional del Trabajo) estipula que un operario puede levantar de forma regular 25Kg, en nuestro caso, al tratarse de una tarea repetitiva, con posturas y movimientos no adecuados ergonómicamente (vistos en diagrama de flujo del proceso, Capítulo 3.1.1), modifica este valor y pasa a no ser adecuado para la seguridad e higiene de la industria.

Cabe destacar que esta variante de piso es el tipo 1, que corresponde a la única de un solo tramo. Para el resto de las variantes, esta tarea debe duplicarse impactando notablemente en el tiempo de producción y en la magnitud de error en la colocación del piso.

3.2 – Comprensión de los Requerimientos

3.2.1 – Requerimientos generales

Debido a lo explicado anteriormente, donde no es posible rediseñar la pieza a manipular para reducir su peso o tamaño, es que recurrimos a la implementación de un nuevo proceso productivo mediante la automatización o mecanización utilizando equipos mecánicos controlados manualmente permitiéndonos eliminar la necesidad de manejar grandes cargas realizando movimientos inadecuados.

Para ello procederemos al uso de un manipulador neumático que no sólo nos permitirá optimizar el proceso y los costos, sino también, realizará más efectiva y segura dicha operación de trabajo.

3.2.2 – Análisis de dimensiones en planta

El espacio disponible para poder diseñar el manipulador es de 16m² (2m x 8m) ya que se requiere prácticamente el mismo tamaño de una camioneta por detrás para que el manipulador pueda operar. Como así también con techo técnico para la correspondiente instalación y funcionamiento.

Se cuenta con una planta baja donde se almacenan los pisos, y con un carro se acercan secuenciados a la estación de trabajo.

En este caso en lugar de tener 2 operarios, el manipulador será diseñado para permitirnos trabajar con un único operario. Permittiéndonos así bajar sustancialmente los costos de operación.

El manipulador deberá ser capaz de trasladar todas las variantes de piso, contemplando la 4, siendo esta la de mayor tamaño y peso.

3.2.3 – Requerimientos del Manipulador

A fin de entender dichos requerimientos, es indispensable comenzar a hablar de cómo será el nuevo proceso productivo con la instalación del mismo.

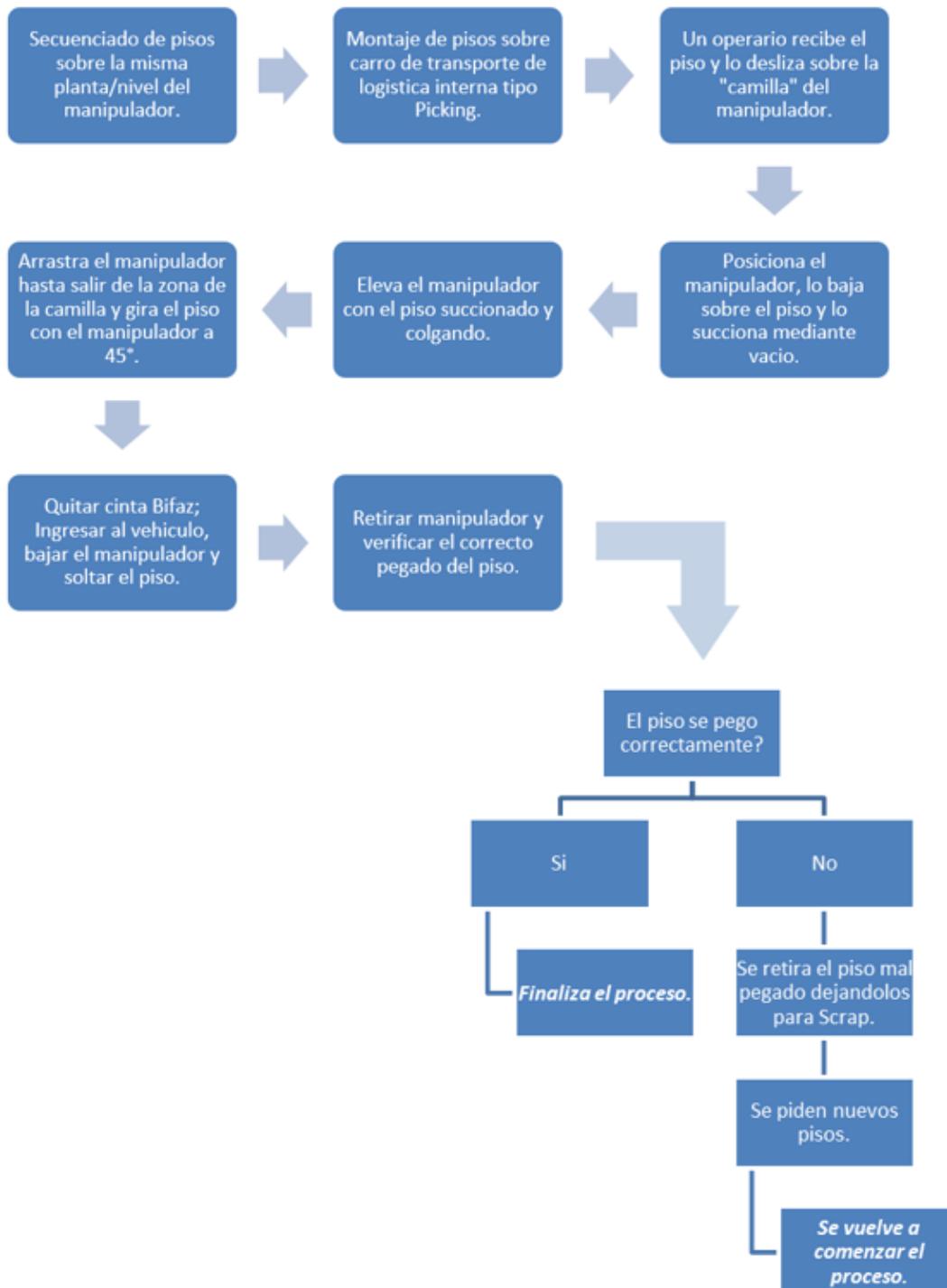
Para ello, el manipulador deberá ser capaz de tomar/succionar todas las variantes de piso desde una camilla deslizante donde se encontrarán apoyados en forma horizontal y mediante el trabajo de un operario deslizar dicho manipulador mediante un riel montado sobre el techo técnico. Permittiéndonos ingresar a la zona de carga del vehículo, bajar el piso, posicionarlo y realizar así su montaje. Las medidas exteriores y los movimientos deben ser tales que permitan el correcto montaje. Teniendo en cuenta el detalle de que los pisos se deben introducir al vehículo a 45° dado a que por el tamaño no entran por el marco del portón trasero, es decir que el manipulador deberá poder girarse sobre su propio eje.

El mismo trabajará con 24v que se utilizará a modo de señal, 6 bar de presión de línea neumática y techo técnico para su correcto montaje.

Para ello procedemos a entender cómo será el esquema de trabajo con su utilización.

3.3 – Proceso productivo postulado

3.3.1 – Diagrama de Flujo



3.3.2 – Nuevo Lay-out

En función de los requerimientos anteriormente planteados y del nuevo diagrama de flujo, determinamos el layout que nos permitirá optimizar el proceso mediante el uso del manipulador:

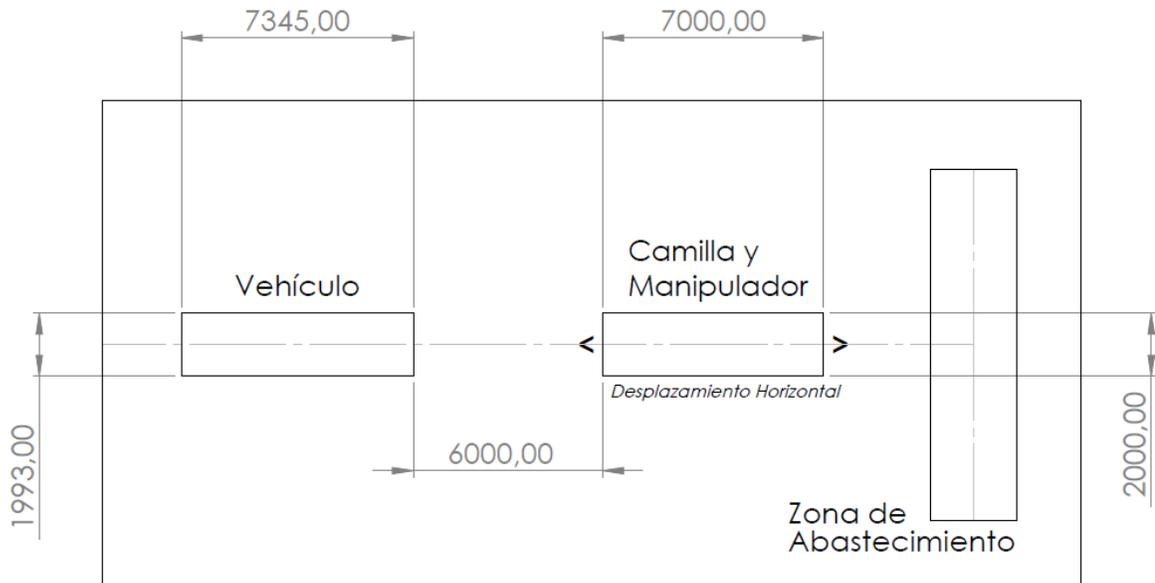


Ilustración 21 – Lay-Out propuesto - Fuente: Elaboración propia

3.4 – Manipulador Neumático

3.4.1 – Diseño General del Manipulador

El manipulador constará de dos partes. Por un lado, la parte principal, la cual estudiaremos y trabajaremos en todos sus sistemas ya que es la que debe responder a la necesidad y hace a nuestro proyecto. Por otro lado, se encuentra la parte secundaria o superior, que es un recurso ya existente en el mercado y que nos permite acoplarla satisfaciendo nuestras funciones.

En la siguiente ilustración podremos ver una imagen general de la parte principal del manipulador, la cual, será la encargada de succionar por vacío las diferentes variantes de pisos y desde donde será comandada por el operario.

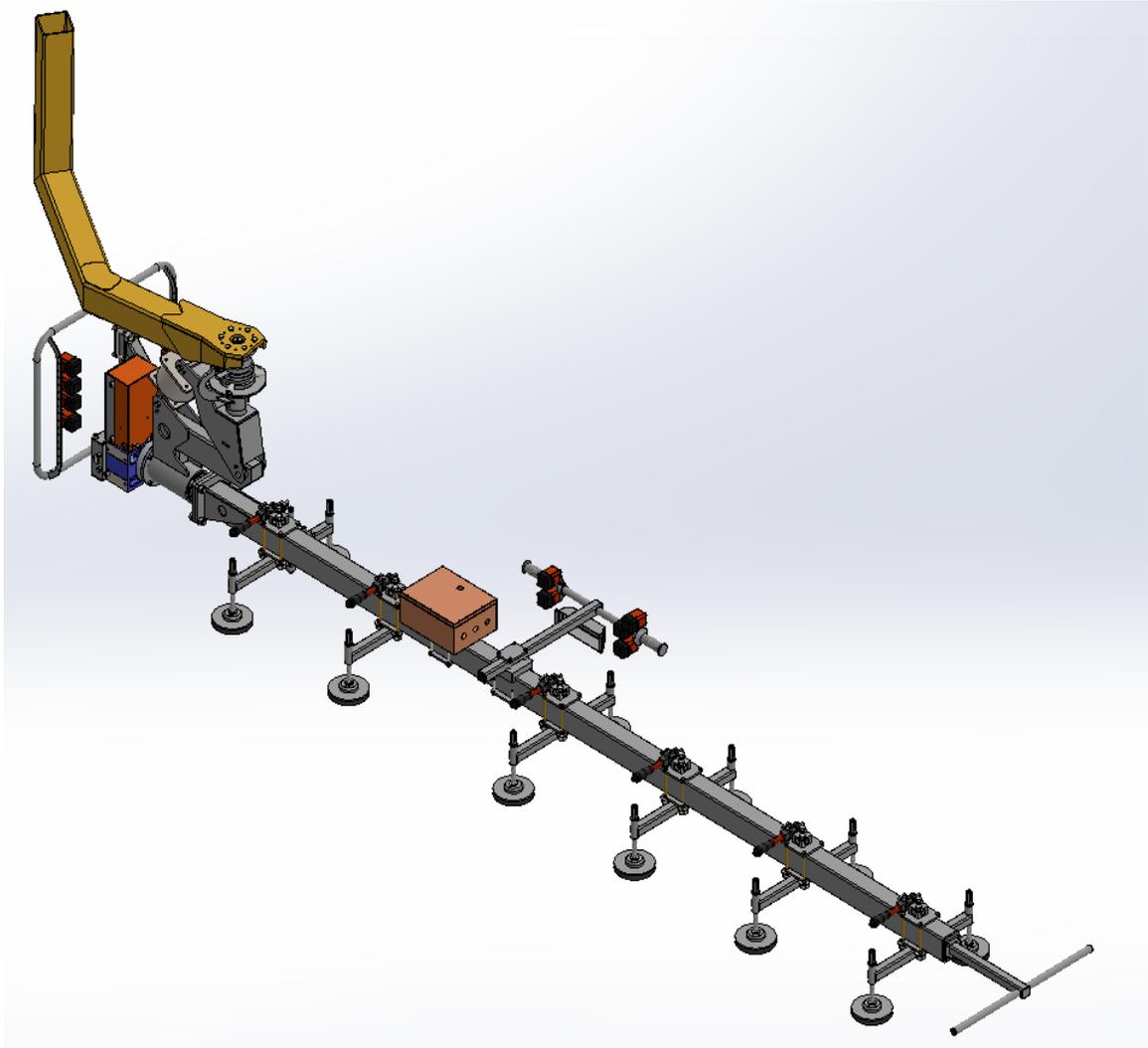


Ilustración 22 – Diseño General del Manipulador. Fuente: Elaboración Propia.

En la ilustración 23 podemos ver la parte secundaria o superior, donde irá acoplado el manipulador. El mismo, nos proveerá los movimientos horizontales y verticales. Si bien veremos el detalle de los movimientos en la sección 3.4.3.3, podemos adelantar que el movimiento horizontal de ingreso y egreso al vehículo lo realiza mediante un motor eléctrico que tiene incorporado sobre los rieles del techo técnico sobre el cual se desliza, el movimiento vertical que nos permite subir y bajar el manipulador para realizar la succión de los diferentes pisos es otorgado por un cilindro neumático que nos deja sin carga a todo el sistema y así el operario puede trabajar

de forma segura, eficiente y precisa. Vale destacar que dicha imagen es meramente ilustrativa, ya que utilizaremos una solución ya existente en el mercado, provista por la empresa “Dalmec”.

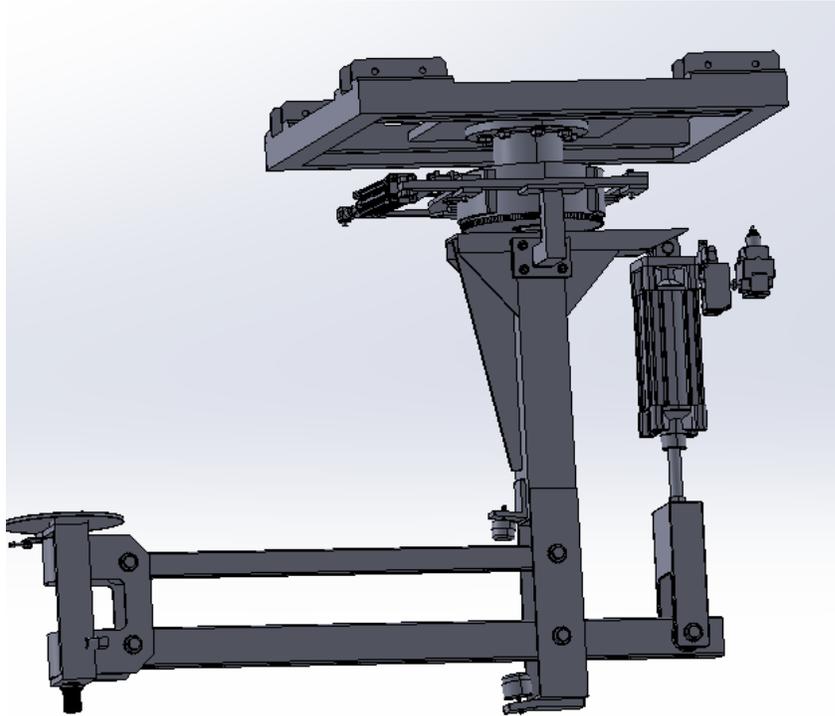


Ilustración 23 – Parte superior del manipulador. Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, podemos ver algunas imágenes más en detalle del manipulador, como así también, sus medidas.

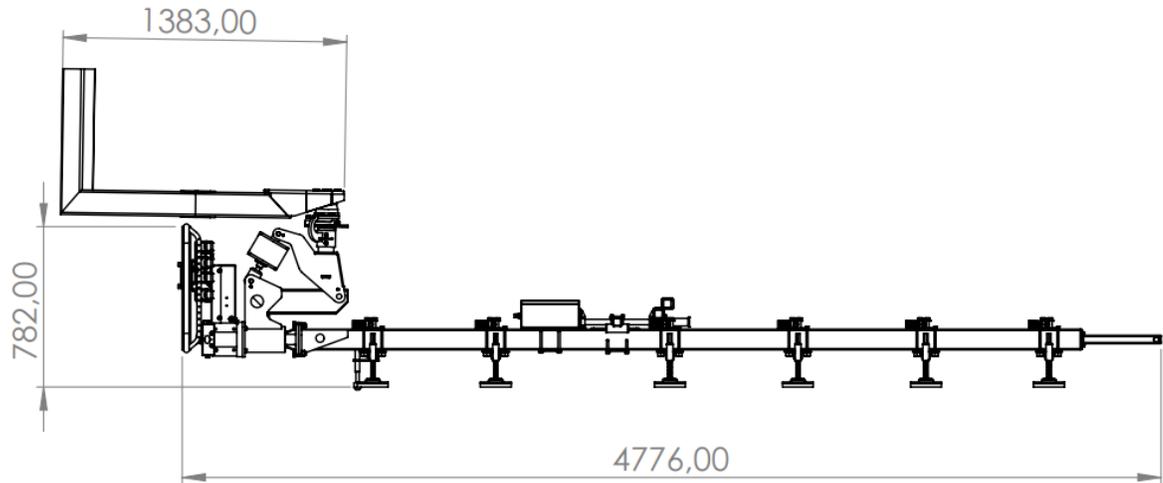


Ilustración 24 – Medidas del manipulador. Fuente: Elaboración Propia.

Por otro lado, se debe tener en cuenta que el piso de madera llega a la camilla del manipulador según su secuenciado y ésta nos permite tenerlo posicionado para succionarlo mediante el sistema de ventosas, de modo tal que el operario no deba realizar ningún tipo de esfuerzos.

Como todos los tipos de piso tienen el mismo ancho, la camilla está diseñada para que los bordes externos funcionen de guía, de modo que no haya margen de error en la manipulación.

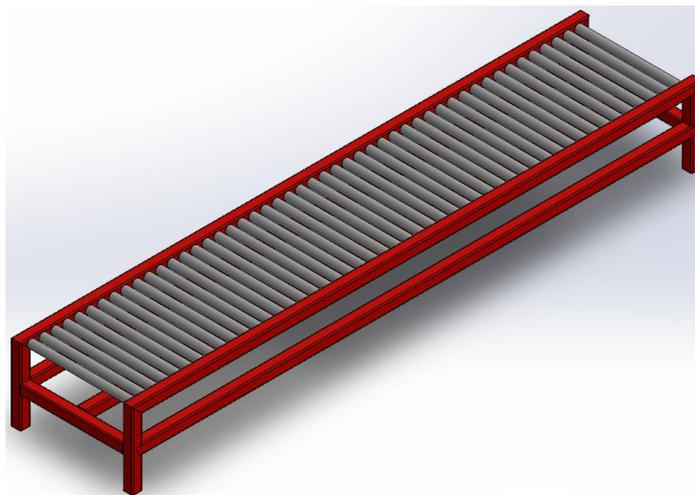


Ilustración 25 – Camilla de Rodillos. Fuente: Elaboración Propia.

3.4.2 – Estructura

Una vez conocido el formato general del manipulador, comenzamos a trabajar en su estructura. El larguero o travesa principal del manipulador será realizado en Tubo de Acero, con un perfil de sección rectangular, bajo las normas IRAM-IAS U500-218/ U500-2592. Con medidas 80mm x 100mm y un espesor “t” igual a 4mm.

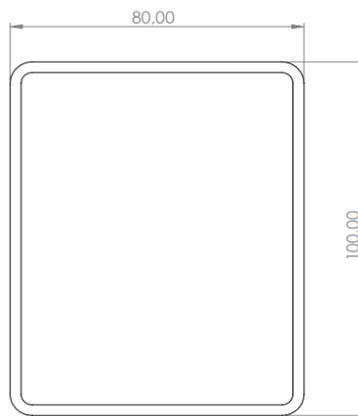


Ilustración 26 – Vista de frente del larguero principal

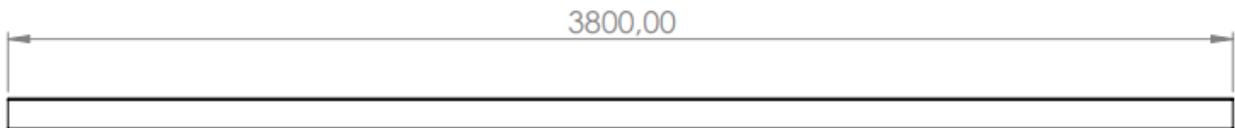


Ilustración 27 – Vista superior del larguero principal

Utilizando la tabla de Perfiles de Tabla CIRSOC 301/2005 y CIRSOC 302/2005 (septiembre 2005), Encontramos los siguientes datos para cálculo de esfuerzos:

R	p	A	g	I	S	r	Z	J	C
[mm]	[$\frac{m^2}{m}$]	[cm^2]	[$\frac{Kg}{m}$]	[cm^4]	[cm^3]	[cm]	[cm^3]	[cm^4]	[cm^3]
8	0.386	13.348	10.478	189.33	37.867	3.766	45.635	245.49	58.121
				4					

R: Radio esquina exterior

p: Área exterior por metro lineal

A: Sección bruta

G: Peso por metro lineal

I: Momento de Inercia

S: Módulo Elástico

r: Radio de giro

Z: Módulo Plástico

J: Módulo de Torsión

C: Constante Torsional

Para calcular la flecha, utilizamos el concepto de Empotramiento con carga distribuida, donde:

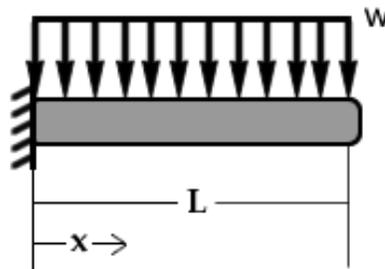


Ilustración 28 – DCL Larguero empotrado

$$f_{max} = \frac{q \cdot L^4}{8 \cdot E \cdot J}$$

Ecuación 1 – Cálculo de flecha en viga empotrada

- Para calcular la carga distribuida que debe soportar el larguero “q” debemos analizar cuáles son las cargas que debe soportar, y en qué puntos está situado. Para ello, nos remontaremos a nuestro diseño y analizaremos:

- 1- Tenemos en nuestro manipulador 12 ventosas, sujetadas por 6 largueros (cada larguero contiene dos ventosas). El mismo, es un tubo de Acero, con un perfil de sección cuadrada, bajo las normas IRAM-IAS U500-218/ U500-2592. Con medidas 40mm x 40mm y un espesor “t” igual a 2,5mm.

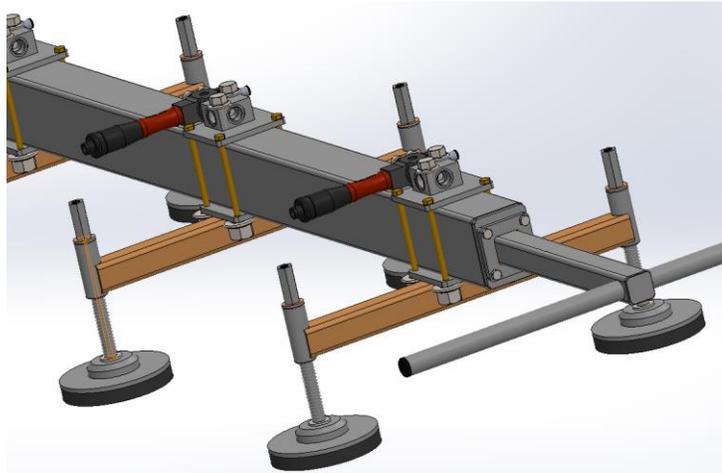


Ilustración 29 – Corte del Manipulador- Fuente propia

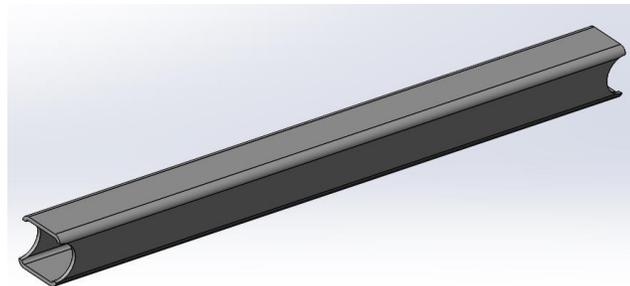


Ilustración 30 – Soporte Ventosas del Manipulador- Fuente propia

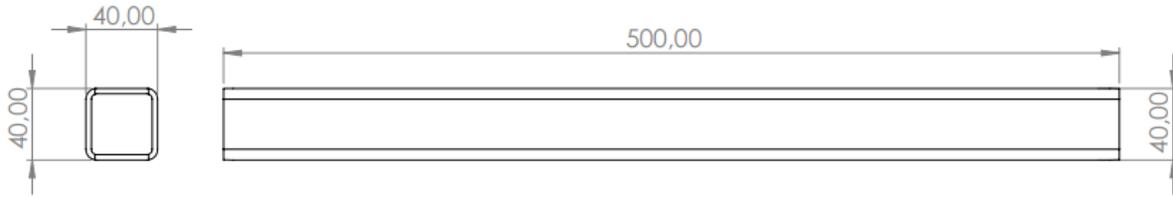


Ilustración 31 – Soporte Ventosas del Manipulador- Fuente propia

Utilizando la tabla de Perfiles de Tabla CIRSOC 301/2005 y CIRSOC 302/2005 (septiembre 2005), Encontramos los siguientes datos para cálculo de esfuerzos:

R	p	A	g	I	S	r	Z	J	C
[mm]	[$\frac{m^2}{m}$]	[cm^2]	[$\frac{Kg}{m}$]	[cm^4]	[cm^3]	[cm]	[cm^3]	[cm^4]	[cm^3]
5	0.151	3.589	2.817	8.209	4.104	1.512	4.971	12.958	6.971

Con estos datos, podemos calcular el peso por cada larguero utilizando el valor de “g” que nos muestra el peso del larguero por cada metro, donde por cada metro de material, tenemos un peso de 2,817kg, entonces:

$$P_L = g \cdot L$$

Ecuación 2 – Cálculo de peso del soporte de Ventosas

$$P_{sv} = 2,817 \frac{kg}{m} \cdot 0,5m$$

Obtenemos que el peso de cada larguero es de 1,405 kg. Teniendo en cuenta que tenemos 6 unidades en el manipulador, tenemos un peso total de **8,43kg**

2- Debemos calcular el peso del larguero principal, utilizando la misma analogía anterior, y haciendo uso de la ecuación 2 Obtenemos:

$$P_{lp} = 10,478 \frac{kg}{m} \cdot 3,8m$$

Obtenemos que el peso del larguero principal es de **39,816 kg**.

- 3- Posteriormente, debemos tener en cuenta el peso que tiene cada pieza a manipular. Vamos a considerar el peso del piso con el mayor peso, por ello, vamos a analizar el caso de nuestra variante PISO 4 con **38kg**.
- 4- Luego, debemos considerar el peso de cada ventosa, válvulas, bulones y boquillas de plástico que se encuentren sobre nuestro larguero principal.
 - a. Ventosas: Las sopapas tienen un peso de 354g (0.35 kg). Tenemos 12 unidades de éstas, lo que nos da un peso total de **4,2kg**
 - b. Cada soporte donde se alojan las sopapas, tienen un peso de 558g (0,56kg). De la misma manera que las sopapas, disponemos de 12 unidades, lo que nos arroja un peso total de **6,72kg**



Ilustración 32 – Ventosa. Fuente: Elaboración Propia

- c. Luego, el conjunto de válvulas, silenciadores, bulones y boquillas plásticas, tienen un peso de 1kg. Lo que nos arroja un peso total de **6kg** teniendo en cuenta que tenemos 6 conjuntos distribuidos en nuestro larguero principal.

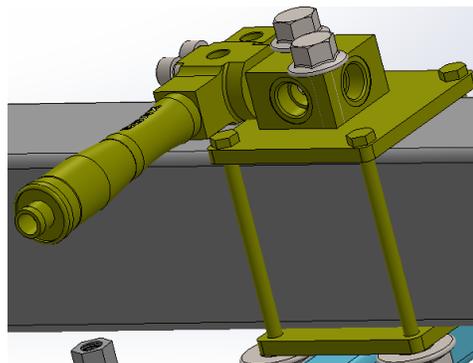


Ilustración 33 – Conjunto Válvulas, boquillas y bulones Fuente: Elaboración Propia

- d. El encargado de sujetar a la ventosa y transportar el aire, es el vástago o “biela elástica” de tipo” FSTE-HD”. Realizado en acero inoxidable. Sus medidas son 181mm de largo con un diámetro externo de 16mm y un diámetro interno de 8mm. El peso de cada pieza es de 650g (0,65kg). Como tenemos 12 piezas, el peso total es **7,8kg**

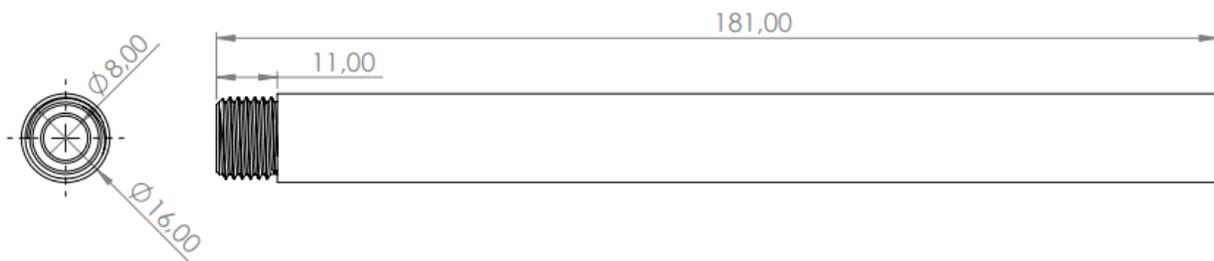


Ilustración 34 – Vástago Fuente: Elaboración Propia

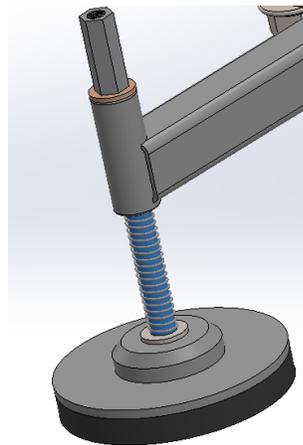


Ilustración 35 – Vástago Fuente: Elaboración Propia

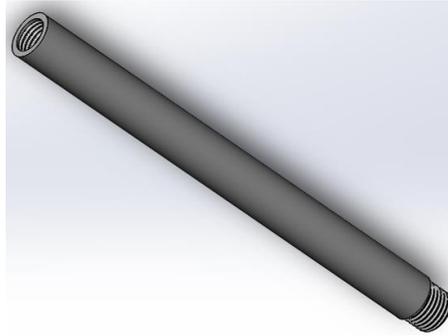


Ilustración 36 – Vastago. Fuente: Elaboración Propia

- e. Por otro lado, debemos considerar el manillar delantero que se encuentra en el extremo del manipulador que consta de un larguero y perpendicularmente un caño para poder maniobrar. El larguero consta de un tubo de sección cuadrada de 40mm como en el caso del soporte porta ventosas, pero con un largo de 375mm. Utilizando la ecuación 2 y con los datos de tabla del mismo, podemos determinar el peso del larguero del manillar:

$$P_{LM} = 2,817 \frac{kg}{m} \cdot 0,375m$$

Obteniendo de esta forma un peso del larguero de **1,05kg**

El caño, es un tubo de Acero, con un perfil de sección circular, bajo las normas IRAM-IAS U500-218/ U500-2592. Con medidas D 25.4mm y un espesor “t” igual a 2,5mm, con un largo de 700mm. Utilizando la tabla de Perfiles de Tabla CIRSOC 301/2005 y CIRSOC 302/2005 (septiembre 2005), Encontramos los siguientes datos:

t	p	A	g	I	S	r	Z	J	C
[mm]	[$\frac{m^2}{m}$]	[cm^2]	[$\frac{kg}{m}$]	[cm^4]	[cm^3]	[cm]	[cm^3]	[cm^4]	[cm^3]
2.50	0.08	1.80	1.41	1.19	0.94	0.81	1.32	2.39	1.88

Haciendo uso de la Ecuación 2, calculamos el peso del caño:

$$P_C = 1,41 \frac{kg}{m} \cdot 0,7m$$

Obteniendo de esta forma un peso del caño de **0,987kg**

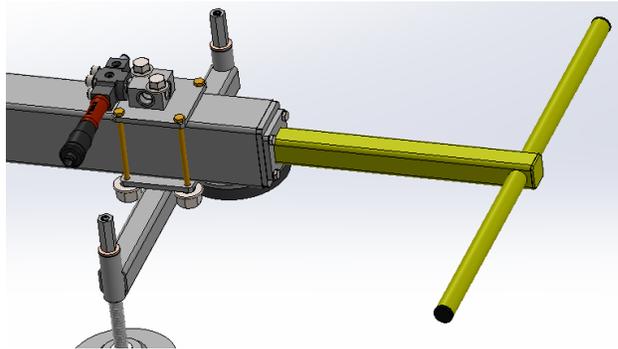


Ilustración 37 – Manillar delantero Fuente: Elaboración Propia

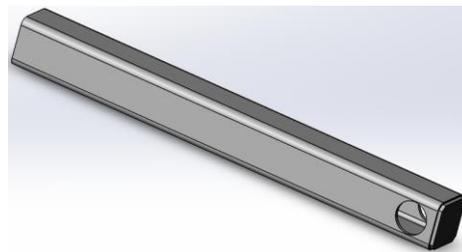


Ilustración 38 – Larguero manillar delantero Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 39 – Travesaño del Manillar Delantero Fuente: Elaboración Propia

- f. Por último, encima del manipulador, tenemos un tablero eléctrico encargado de comandar la parte eléctrica de todas las válvulas. El mismo es de PVC estanco con un grado de protección IP65. Con protección contra el polvo y chorros de agua en todas las direcciones. El peso del mismo es de aproximadamente **1,2 kg**, según marca y modelo Genrod IP65 Q Energy.

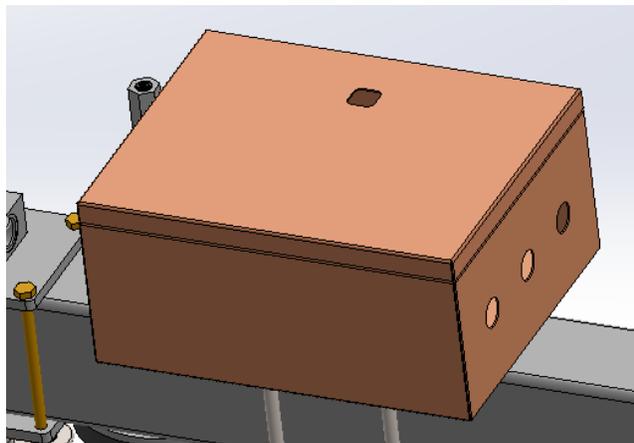


Ilustración 40 – Tablero Eléctrico Fuente: Elaboración Propia

Habiendo realizado el cálculo de los pesos correspondientes, y tomando de tabla de fabricante de materiales en otras, podemos determinar que la carga total a soportar por el larguero principal es de 104,19 kg.

Componente	Unidades	Peso Unitario [kg]	Peso Total [kg]
Larguero Principal	1	39,816	39,816
Soporte Ventosas	6	1,405	8,43
Pieza a manipular	1	38 MAX (A4)	38 MAX (A4)
Sopapas	12	0,35	4,2
Soporte Sopapa	12	0,56	6,72
Conjunto accesorios	6	1	6
Vástagos	12	0,65	7,8
Larguero Manillar	1	1,05	1,05
Caño Manillar	1	0,987	0,987
Tablero Eléctrico	1	1,2	1,2
Total			114,2

Hemos calculado un peso total de 114,2kg, pero tomaremos un coeficiente de seguridad $\alpha = 30\%$, nuestro nuevo peso para el cálculo de flecha es de **148,47kg**.

Con este parámetro, utilizaremos la ecuación 1 para determinar la “deformación” de nuestra hipótesis de viga empotrada con carga distribuida.

$$f_{max} = \frac{q \cdot L^4}{8 \cdot E \cdot J}$$

Sabemos que la carga “q” tiene en cuenta la distancia “x” $\square q = \frac{P}{x}$

$$\text{Por ende, } q = \frac{148,47 \text{ kg}}{380 \text{ cm}} \square q = 0,39 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$$

Reemplazando en ecuación número 1 obtenemos:

$$f_{max} = \frac{0.39 \frac{kg}{cm} \cdot (380 \text{ cm})^4}{8.2100000 \frac{kg}{cm^2} \cdot 245,49 \text{ cm}^4}$$

$$f_{max} = 1,98 \text{ cm}$$

Este resultado nos proporciona la información que necesitábamos en cuanto a la deformación en el extremo de la viga o larguero. Con este dato, podemos tener una referencia del tipo de corrección que debemos realizar para compensar la inclinación. El ángulo lo calculamos con el largo de la viga y el desvío “f”

$$\alpha = \text{arc tg} \frac{1,98 \text{ cm}}{380 \text{ cm}}$$

$$\alpha = 0,3^\circ$$

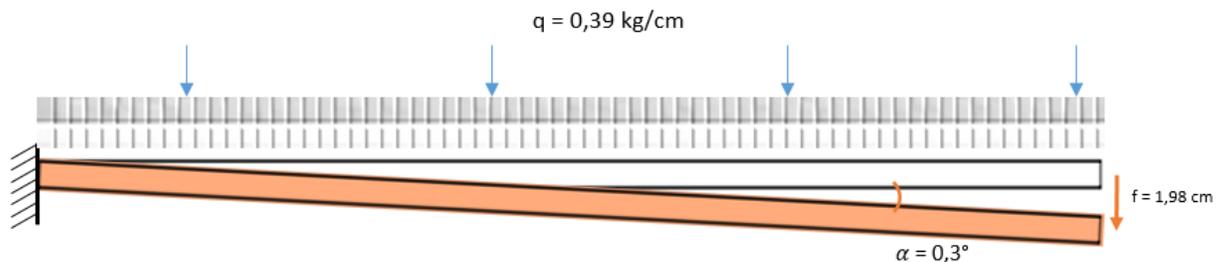


Ilustración 41 – DCL Fuente: Elaboración Propia

La deformación que recibe la viga con la carga que tiene que soportar es prácticamente despreciable.

Este cálculo nos otorga el respaldo que necesitamos para comprender y poder continuar con nuestro análisis.

3.4.3 – Sistema Neumático

3.4.3.1 – ¿Qué es y cómo funciona un manipulador por vacío?

Tal como hemos dicho anteriormente, el manipulador neumático nos permite trabajar no solo de forma eficiente sino también ergonómica. Dicho sistema está compuesto por 2 componentes principales:

- Bomba de vacío o eyector: Es el encargado de generar el vacío entre la ventosa y la carga/pieza.
- Ventosas de vacío: Son las encargadas de tomar la pieza a manipular mediante el vacío generado por los eyectores o bomba. Las mismas se adaptan a los diferentes materiales, diseños y tamaño, según su aplicación. Dichas ventosas están compuestas de la propia ventosa y de la boquilla de conexión.

A su vez, es válido destacar que, entendemos por vacío a toda aquella presión que se encuentre por debajo de la atmosférica. A la hora de denominarlo lo podemos hacer de 3 formas diferentes:

- Como presión relativa, por ejemplo: $P = -0.6\text{bar}$
- Vacío en %: 60%
- Presión como valor absoluto, que en nuestro ejemplo equivaldría a 0.4bar.

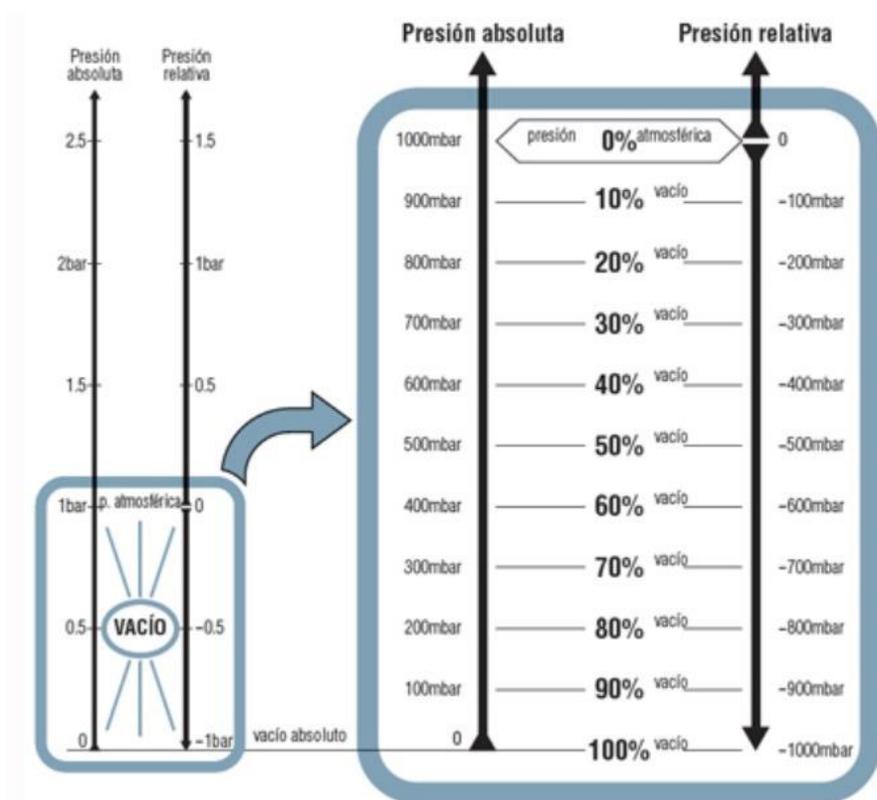


Ilustración 42 – Tabla de Presiones. Fuente COVAL

En esta técnica el nivel de vacío que podemos llegar a alcanzar es de -0.95bar.

Dicha bomba de vacío o eyector se encuentra vinculada a la ventosa mediante una manguera de aire al tubo de elevación o biela. La ventosa crea un sello hermético entre la carga y el manipulador, asegurando el agarre de la carga durante todo el proceso de manipulación. Como en nuestro caso se trata de una carga porosa, la ventosa va acompañada de un faldón o pollera de caucho a modo de garantizar un sellado hermético (que veremos en detalle más adelante). A su vez, un flujo más alto de la bomba o eyector de vacío compensa dicha fuga de aire y garantiza un agarre seguro. Dicho sellado es sumamente importante ya que cuanto más minimicemos las fugas, más fuerza tendrá el manipulador.

A su vez, para que el sistema pueda funcionar correctamente, requiere de otros 3 componentes:

- Técnica de válvulas:** Nos permiten controlar tanto el vacío como el aire comprimido. El correcto empleo de dichas válvulas nos permite aumentar la seguridad del proceso como así también la rentabilidad del sistema de vacío. En nuestro caso, dicho componente será reemplazado por un PLC de control.



Ilustración 43 – Técnica de Válvulas. Fuente SCHMALZ

- Interruptores y control del sistema:** La instalación de dicho sistema es decisiva para el funcionamiento seguro del sistema de vacío. Existen interruptores, aparatos de medición, regulación y dispositivos de aviso.



Ilustración 44 – Interruptores de Control. Fuente SCHMALZ

- **Elementos de fijación o bielas:** Como explicamos anteriormente estos elementos nos permiten integrar las ventosas al sistema de vacío.



Ilustración 45 – Elemento de fijación. Fuente SCHMALZ

A modo de resumen de un sistema de vacío por ventosas, podemos visualizar en la siguiente imagen la distribución de los componentes:

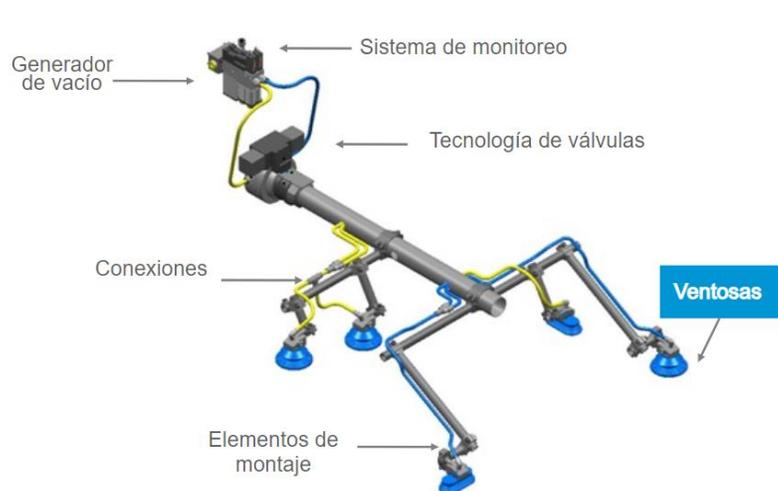


Ilustración 46 – Circuito integral de Vacío. Fuente SCHMALZ

3.4.3.2 – Determinación del sistema y componentes del manipulador por vacío:

El punto más importante es tener en claro qué tipo de pieza y material vamos a manipular, ya que de ella dependerá el tipo de ventosa a utilizar, y por lo tanto, el sistema de vacío a aplicar. Si se trata de una pieza lisa debemos utilizar “Alto Vacío” en donde llegamos a un nivel de vacío muy alto (aprox. -0.9bar), ahora bien, cuando la pieza tiene porosidad (como lo es en nuestro caso), vamos a necesitar una bomba o generador de vacío de “Alto Caudal”. Esto significa que va a aspirar un caudal mucho mayor (superior al de pérdida/fuga). Justamente con el objetivo de mantener siempre la máxima diferencia de presión entre el interior y exterior de la ventosa, que en definitiva será lo que dará la fuerza de sujeción o succión.

Por lo que para poder determinar nuestro sistema seguiremos el siguiente esquema:



a. Tarea

Si bien ya la hemos descrito anteriormente, resumimos los detalles ahora necesarios:

- Manipulación de pisos de madera contrachapada en forma horizontal y giro a 45° con movimientos de avance y retroceso, como así también en altura.
- Peso máximo en la variante de piso 4: 38Kg.
- Dimensiones: Largo: 4718 mm
Ancho: 1766 mm
- Alimentación de presión: 6 bar.

b. Sistema de Ventosas

La primera pregunta que nos podemos hacer es, ¿por qué motivo se adhieren las ventosas? Las mismas no se pegan ni se adhieren por falta de aire en su interior, sino que se adhieren ya que la presión en el interior es menor a la atmosférica (es decir, menor que la del ambiente) por lo que la ventosa se ve “presionada” a la pieza. Dicha diferencia de presión es generada mediante el sistema de generación de vacío, quien succionará el aire entre la pieza y la ventosa, hermetizándola de la presión ambiental. Cuanto mayor sea dicha diferencia de presión, mayor será la fuerza de succión.

Existen de diferentes tipos, tamaño, principios de operación y materiales.

Por lo que, a la hora de seleccionar el tipo de ventosa, lo primero que debemos tener en cuenta es la condición de aplicación, y respecto a ello podemos hacer 2 distinciones:

1. Gran superficie de aspiración y bajo nivel de vacío:
 - Se alcanza rápidamente la fuerza de sujeción necesaria.
 - Hay poca deformación de las piezas blandas y flexibles.
 - En materiales ligeramente porosos, el aire difícilmente atraviesa el objeto.

2. Pequeña superficie de aspiración y alto nivel de vacío:
 - Elevada fuerza de aspiración ya que las ventosas son más pequeñas

A su vez, debemos contemplar las condiciones donde se instalará, como ser temperatura, corrosión, abrasivo, ciclos de trabajo, etc.

En función de esto, las podemos clasificar en 4 tipos de ventosas:

1. **Fuelle:** Adecuadas para superficies inclinadas.
2. **Plana:** Ventosas universal. Para superficies planas y no porosas.
3. **Profunda:** Se adapta bien a las superficies redondas o arqueadas.
4. **Oval:** Para piezas delgadas y alargadas.



Ilustración 47 – Tipos de Ventosas. Fuente: Festo

De cara a realizar los cálculos, debemos tener en cuenta ciertos criterios básicos:

1. Coeficientes de Fricción:

Superficie Aceitosa	$\mu = 0,1$
Superficie Mojada	$\mu = 0,2 - 0,3$
Superficie Rugosa	$\mu = 0,6$
Madera, metal, piedra, vidrio	$\mu = 0,5$

Tabla Coeficientes de Fricción. Fuente: Festo

Para nuestro caso de cálculo tomaremos el $\mu=0,5$ correspondiente a la madera.

2. Valores empíricos de aceleración:

Movimiento por	Aceleración
Husillo con accionamiento eléctrico	6 m/s^2
Correa dentada con accionamiento eléctrico	20 m/s^2
Accionamiento servo neumático	25 m/s^2
Accionamiento neumático	30 m/s^2
Paro emergencia lineal	10 m/s^2
Paro emergencias en giro	17 rad/s^2

Dado a que siempre debe tomarse la peor situación o bien el peor de los casos, para nuestro cálculo tomaremos la aceleración correspondiente al accionamiento neumático de 30 m/s^2 .

3. Factor de seguridad (S):

- Para movimientos horizontales difíciles, puede considerarse un factor de 1.5
- Para movimiento verticales, puede considerarse un factor de entre 1.5 a 2
- Para movimiento giratorios, o para materiales críticos o porosos, considerar un factor ≥ 2 .

En función del movimiento necesario de nuestro manipulador consideraremos un factor de 2 por tener movimientos giratorios y tratarse de piezas porosas.

4. Fuerza de retención teórica (F_H):

Se deben considerar todos los esfuerzos posibles, suponiendo siempre que la superficie de la pieza está seca.

Si el movimiento es vertical ➡

$$= m \cdot (g + a) \cdot S$$

Si el movimiento es horizontal ➡

$$= m \cdot (g +) \cdot S$$

Siendo: m: masa (kg)
g: aceleración
a: aceleración del sistema
S: Factor de seguridad.

$$F_H = 38kg \left(9,81 \frac{m}{s^2} + 30 \frac{m}{s^2} \right) \cdot 2$$

$$F_H = 3024.8 N$$

Hasta aquí calculamos la fuerza teórica que deben soportar las ventosas. A continuación, con la fuerza de separación, individualizaremos dicha fuerza en función de la cantidad de ventosas que tenga y necesite nuestro sistema. Siendo el criterio principal para la elección del número total de ventosas, la flexión de la pieza.

5. Cantidad de ventosas, fuerza de aspiración (F_S) y elección final de la ventosa

Con el valor de la fuerza de aspiración (F_S), iremos a la tabla del fabricante a seleccionar la ventosa adecuada. Donde finalmente nos indicará el diámetro, forma y tipo de ventosa para un determinado nivel de vacío.

Para ello, primero debemos determinar n , que es el número total de ventosas que tendrá el sistema. Siendo el criterio principal para la elección de dicho número, la forma y flexión de la pieza a manipular.

A su vez, para determinar la distancia que tendremos entre ventosas, nos apoyaremos en el cálculo de flecha aproximada a una viga, simplemente apoyada con carga distribuida.

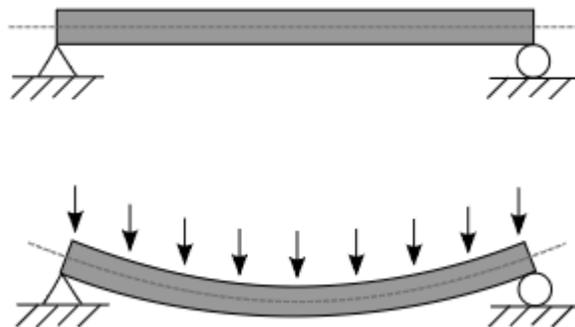


Ilustración 48 – DCL

Según AITIM (Asociación de Investigación de las Industrias de la Madera) el módulo de Young para nuestro material en cuestión tiene un valor que oscila entre los 3000 y 4000 Mpa. Realizando las conversiones correspondientes obtenemos:

$$4000 \text{ Mpa} = 40788,65 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Luego, utilizando la expresión de viga, simplemente apoyada con carga distribuida:

$$f_{max} = \frac{5}{384} \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I}$$

Ecuación 5 – cálculo de flecha

Siendo: f: Flecha
 q: Carga
 L: Longitud entre apoyos
 E: Modulo de Young
 I: Momento de Inercia

- Para poder determinar el momento de inercia “I” de una placa con forma geométrica rectangular utilizaremos:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

Ecuación 6 – Cálculo de momento de inercia

Siendo: I: momento de Inercia
 b: ancho de la sección transversal
 h: espesor de la placa de contrachapado

$$I = \frac{176,6 \text{ cm} \cdot (1,9\text{cm})^3}{12}$$

$$I = 100,94\text{cm}^4$$

Una vez calculado el momento de inercia, haremos uso de la ecuación 5 para calcular la flecha. Cabe destacar, que la Longitud “L” no es un dato, y debemos estimarla de modo que la flecha sea la menor posible.

El peso del Piso es un dato conocido que es de 38kg, teniendo en cuenta que su longitud es de 471,8 cm obtenemos $q = 0,08 \frac{kg}{cm}$

$$f_{max} = \frac{5}{384} \frac{0,08 \frac{kg}{cm} \cdot L^4}{40788,65 \frac{kg}{cm^2} \cdot 100,94 cm^4}$$

- Con L = 100 cm arroja una $f_{max} = 0,2 \text{ cm}$
 - Posibles fisuras al tener un pequeño movimiento
- Con L = 50 cm Arroja una $f_{max} = 0,0001 \text{ cm}$
 - Prácticamente imperceptible, pero deberíamos colocar muchas ventosas
- Si elegimos un intermedio L= 62,5cm, Arroja una $f_{max} = 0,005 \text{ cm}$
 - Siendo la mejor opción con un movimiento prácticamente imperceptible y permitiéndonos colocar una cantidad de ventosas adecuada para el espacio disponible en el diseño.

Por lo que, en función del tamaño de nuestro piso más grande y pesado (Piso 4), tendremos un total de **12 ventosas** separadas una de otra, 625 mm de distancia.

Continuando con el cálculo de la fuerza de aspiración necesaria, obtenemos que:

$$F_s = \frac{F_H}{n}$$

$$F_s = \frac{3024.8 \text{ N}}{12}$$

$$F_s = 252,06 \text{ N}$$

Siendo n el número total de ventosas

El resultado de F_s es el valor de vacío que debe generar cada ventosa.

En función del dato obtenido, y de lo detallado anteriormente respecto a la forma y material de la pieza a manipular seleccionamos la ventosa del tipo **Plana SHFN 85 NK-45 G1/4-AG MOS** (ventosas especiales para madera) de $\varnothing = 85\text{mm}$ de la marca Schmalz que genera una fuerza de aspiración $F_s = 300N$.

Ventosas para la manipulación de madera



Ventosas planas SHFN

Superficie de ventosa (\varnothing) de 50 mm a 85 mm



Adecuado para aplicaciones específicas de ramo



Aplicación

- Ventosa plana y redonda para la manipulación de muebles, parqué, tableros de madera aglomerada laminados y sin laminar, etc.
- Modelo con refuerzo vulcanizado para sistemas de vacío en campos de aplicación duros en los que las ventosas no están cubiertas por completo y se colocan directamente en el borde de la pieza
- Manipulación de superficies muy rugosas con junta anular de esponja especial

Ventosas planas SHFN

Ilustración 49 – Ventosa plana SHFN. Fuente. SCHMALZ

Ventosas planas SHFN

Superficie de ventosa (Ø) de 50 mm a 85 mm

Clave de nomenclatura Ventosas planas SHFN

SHFN 1	-	70 2	-	NK-45 3	-	G1/4-AG 4	-	E 5	-	MOS 6
------------------	---	----------------	---	-------------------	---	---------------------	---	---------------	---	-----------------

1 - Designación breve

Código	Diseño
SHFN	Plano

2 - Superficie de ventosa

Código	Diámetro en mm
50...85	ø 50 a 85

3 - Material

Código	Material
NK-45	Caucho natural

4 - Conexión

Código	Conexión
G1/4-AG	G1/4-AG (AG = macho (MA))
G1/4-IG	G1/4-IG (IG = hembra (HE))

5 - Modelo de diseño

Código	Modelo
-	Depositante enchufable
E	Depositante vulcanizado

6 - Complemento de la gama de producto

Código	Modelo
MOS	Junta anular de material celular especial
TV	Válvula palpadora

Ilustración 50 – Nomenclatura ventosa plana SHFN. Fuente. Datasheet SCHMALZ

Datos técnicos Ventosas planas SHFN

Tipo*	Fuerza aspir. d2 [N]**	Fuerza aspir. (-600 mbar) [N]***	Carga transv. [N]	Volumen [cm³]	Radio de la pieza min. (convexo) [mm]	Diámetro interior tubo (recom.) d [mm]****	Boquilla
SHFN 50 - -	40	110	95	7,3	41	4	N 041
SHFN 50 - TV	40	110	95	7,3	41	4	N 041
SHFN 70 E -	100	200	145	16,0	95	6	N 009
SHFN 70 E TV	100	200	145	16,0	95	6	N 009
SHFN 70 - -	100	200	145	16,0	95	6	N 041
SHFN 70 - TV	100	200	145	16,0	95	6	N 041
SHFN 85 E -	175	300	210	25,0	176	6	N 009
SHFN 85 E TV	175	300	210	25,0	176	6	N 009
SHFN 85 - -	175	300	210	25,0	176	6	N 041
SHFN 85 - TV	175	300	210	25,0	176	6	N 041

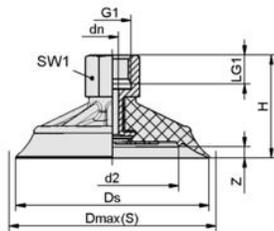
*Datos técnicos de las válvulas palpadoras, véase el capítulo "Técnica de válvulas"

**Fuerza de aspiración referida al diámetro del canto sellador d2

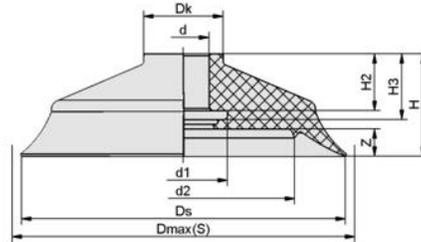
***Los datos de fuerza de aspiración son valores teóricos a -0,6 bar de vacío y superficie de pieza seca, lisa y plana - se indican sin factor de seguridad

****Los diámetros de tubo flexible recomendados se refieren a una longitud de tubo flexible de aprox. 2 m.

Ilustración 51 – Tabla selección de ventosa plana SHFN. Fuente. Datasheet SCHMALZ



SHFN 50 - 85 G1/4-IG



SHF 50 - 85

Tipo*				d2 [mm]	Dmax(S) [mm]**	dn [mm]	Ds [mm]	G1	H [mm]	LG1 [mm]	SW1 [mm]	Z (Carrera) [mm]
SHFN	50	-	-	30	55	4,4	52,0	G1/4"-MA	26,2	11	17	3
SHFN	50	-	-	30	55	4,4	52,0	G1/4"-HE	37,2	11	17	3
SHFN	50	-	TV	30	55	4,4	52,0	G1/4"-MA	32,2	11	17	3
SHFN	70	-	-	48	74	4,4	70,0	G1/4"-MA	26,2	11	17	4
SHFN	70	E	-	48	74	4,4	70,0	G1/4"-MA	26,2	10	17	4
SHFN	70	-	-	48	74	4,4	70,0	G1/4"-HE	37,2	11	17	4
SHFN	70	E	-	48	74	4,4	70,0	G1/4"-HE	37,2	13	17	4
SHFN	70	-	TV	48	74	4,4	70,0	G1/4"-MA	32,2	11	17	4
SHFN	70	E	TV	48	74	4,4	70,0	G1/4"-MA	33,4	10	17	4
SHFN	85	-	-	62	89	4,4	85,0	G1/4"-MA	26,2	11	17	4
SHFN	85	E	-	62	89	4,4	85,0	G1/4"-MA	26,4	10	17	4
SHFN	85	-	-	62	89	4,4	85,0	G1/4"-HE	37,2	11	17	4
SHFN	85	E	-	62	89	4,4	85,0	G1/4"-HE	37,4	13	17	4
SHFN	85	-	TV	62	89	4,4	85,0	G1/4"-MA	32,2	11	17	4
SHFN	85	E	TV	62	89	4,4	85,0	G1/4"-MA	33,4	10	17	4

*Tolerancias de medida admisibles para piezas elastoméricas según DIN ISO 3302-1 E3
 **Se refieren las medidas exteriores de la ventosa cuando está aspirando

Ilustración 52 – Plano y Medidas ventosa plana SHFN. Fuente. Datasheet SCHMALZ

c. Sistema de generación de vacío

Tal como dijimos anteriormente, nuestra pieza a manipular es porosa, por lo que nuestro sistema estará basado en la generación de vacío de “Alto Caudal” y bajo nivel de vacío, con gran superficie de aspiración.

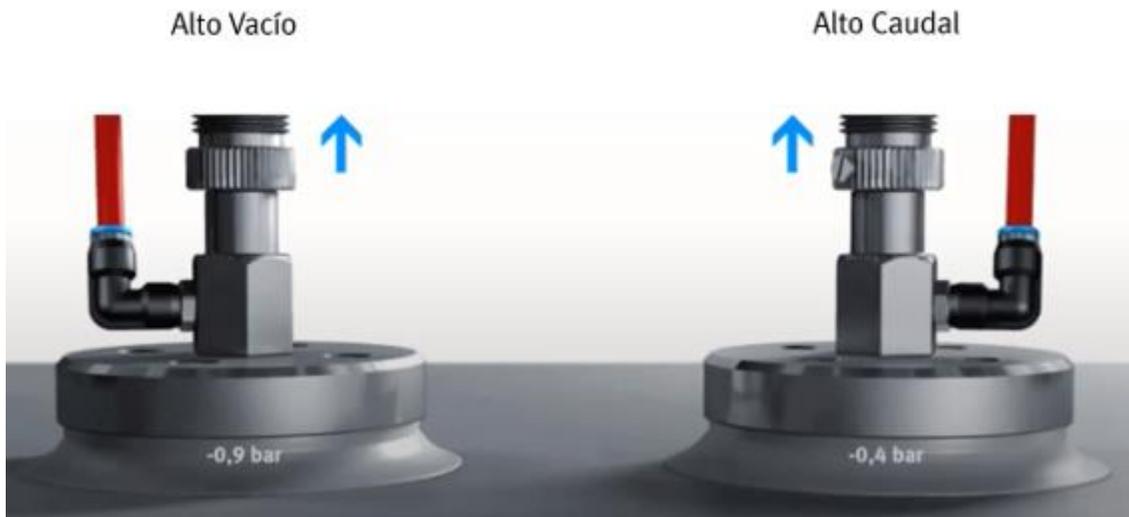


Ilustración 53 – Sistemas de Generación de vacío: Fuente - FESTO

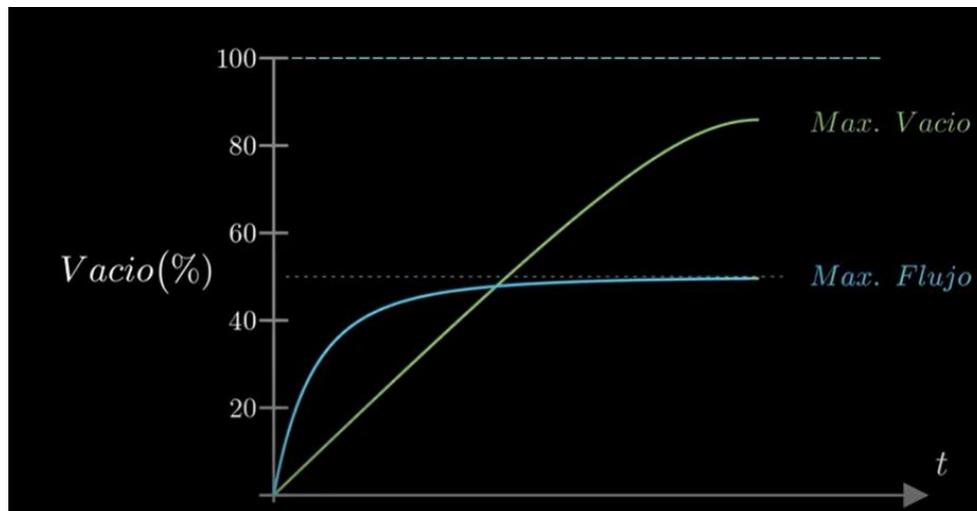


Ilustración 54 – Gráfico de % de vacío en función del Tiempo: Fuente - FESTO

A la hora de generar dicho vacío, tenemos 2 posibilidades: las bombas de vacío o bien los eyectores.

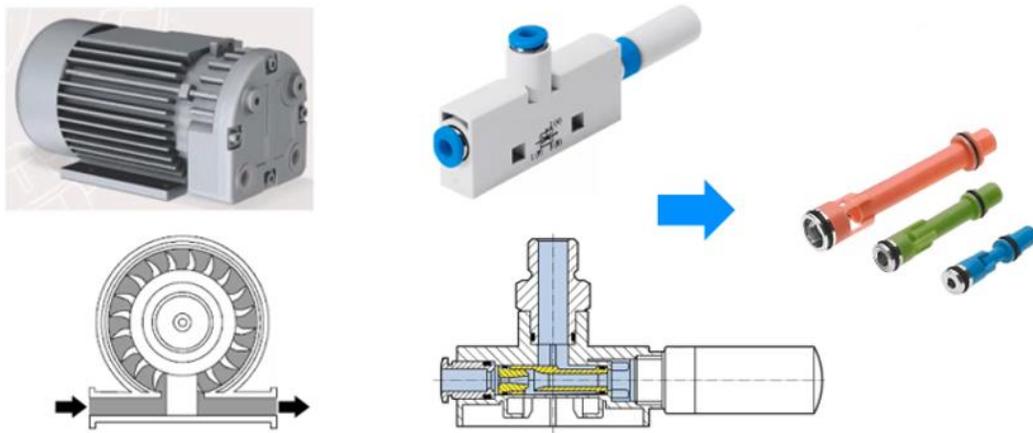


Ilustración 55 – Sistemas de Generación de Vacío – Fuente - FESTO

Las bombas de vacío son más robustas, pesadas y poseen elementos de rotación que requerirán de un cierto mantenimiento. Debido a esto no son recomendables para la instalación sobre maquinas o manipuladores en movimiento. A su vez, poseen un mayor costo y son poco eficientes para ciclos cortos y repetitivos.

En cambio, los eyectores, se basan en el efecto o principio Venturi para generar el vacío. Al no tener componentes de rotación, precisan poco mantenimiento y no tienen desgaste. A su vez, son de construcción compacta y de peso reducido, lo que los hace aptos para el montaje sobre sistemas en movimiento. Sobre él se montan las conexiones y el silenciador. Otra de las ventajas que nos ofrecen es que el propio vacío lo tenemos próximo a la ventosa. Además, nos permiten tener pulsos de expulsión; accionamientos ON/OFF para la generación del vacío y la posibilidad de montar un sensor de presión en la toma de la ventosa. Por lo que el consumo se limita únicamente a los momentos de utilización.

Por lo descripto anteriormente, para nuestro manipulador escogeremos este tipo de sistema de vacío, es decir, **mediante eyectores.**

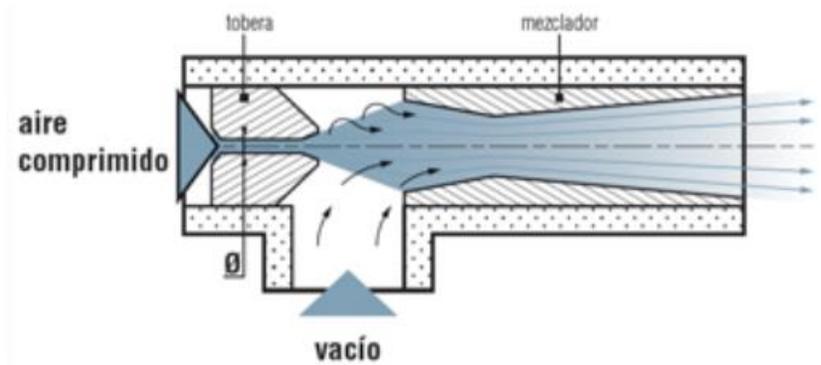


Ilustración 56 – Sistemas de Generación de Vacío – Eyector por Venturi – Fuente COVAL

El diámetro (\varnothing) de la tobera nos define la potencia obtenida y, por lo tanto, la potencia de aspiración. De un $\varnothing = 0.5\text{mm}$ para micro ventosas a un $\varnothing = 3\text{mm}$ hasta 400 NI/min para múltiples ventosas de gran tamaño.

Por otro lado, el perfil del mezclador nos determinara el nivel de vacío máximo alcanzado por el Venturi.

En función del material de la pieza a manipular, podemos determinar 2 niveles:

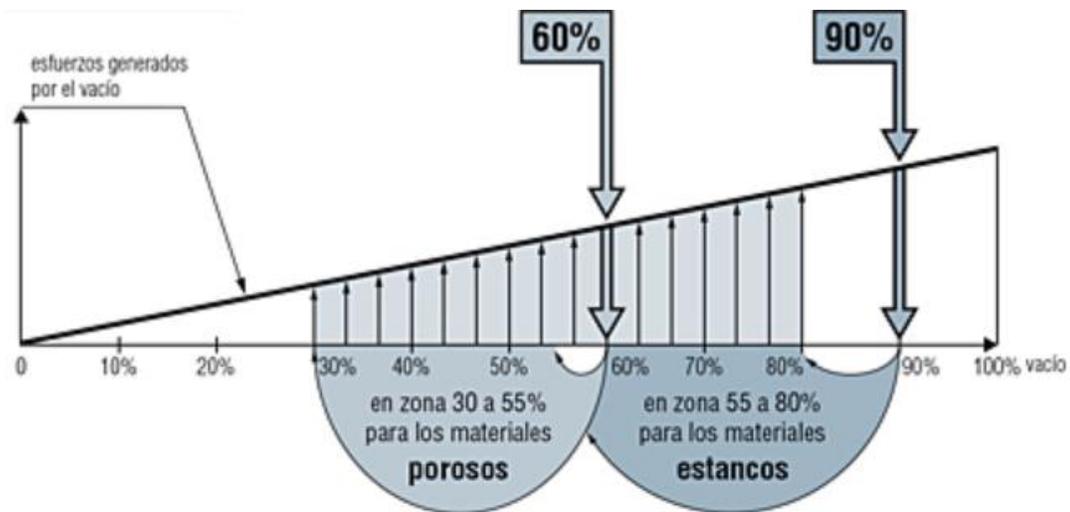


Ilustración 57 – Nivel de vacío en función de la porosidad – Fuente COVAL

Los eyectores dividen en 3 grupos:

- **Eyectores Básicos:** No tienen válvulas de control ni pueden monitorear el nivel de vacío. Se utilizan fundamentalmente para la manipulación de piezas no porosas.
- **Eyectores Multietapa:** Tienen una gran capacidad de aspiración, debido a las varias boquillas venturis colocadas en serie. Por lo que se utilizan para la manipulación de cargas porosas, como, por ejemplo: cartones, madera aglomerada, placas MDF, etc.
- **Eyectores compactos:** Son utilizados en sistemas de vacío completamente automatizados, ya que están integrados por válvulas de control que le permiten comandar el vacío y soplado.

Que, a su vez, desde el punto de vista práctico, también los podemos dividir en:

- **Eyectores con Venturi simple** con pilotaje neumático, para instalación en la propia ventosa.
- **Eyector con Venturi compacto** con pilotaje eléctrico directo, para instalación lo más cerca posible de las ventosas.

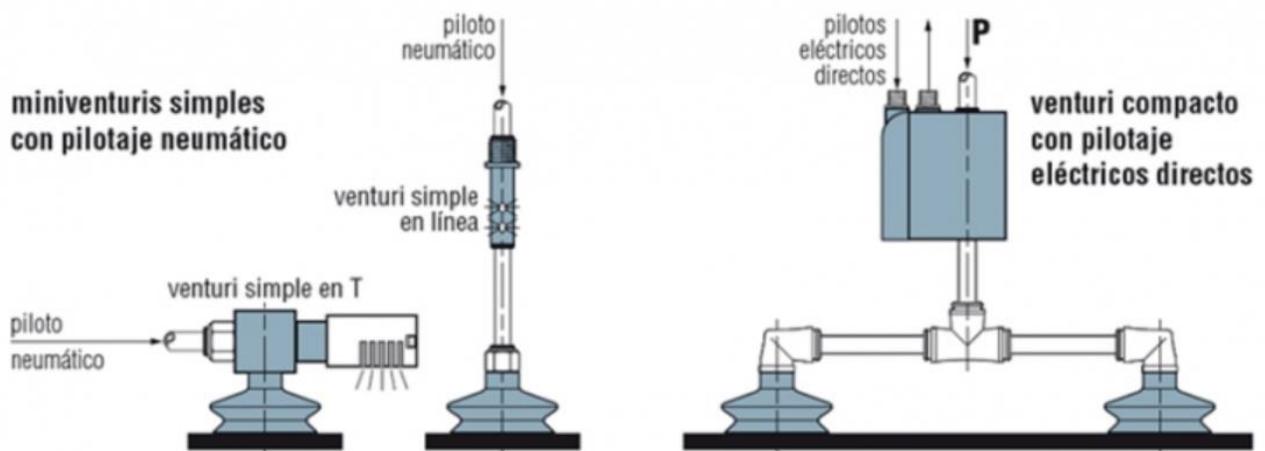


Ilustración 58 – Distintos tipos de venturis – Fuente COVAL

A modo de resumen, podemos ver el siguiente cuadro comparativo entre ambos sistemas:

Bomba de vacío		Eyectores	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Sistemas grandes y con altas demandas de vacío	Complejo y costoso	Posibilidad de integrar a la ventosa	Requiere de un eyector por cada punto de aplicación
Ciclos largos de vida	Poco eficiente en ciclos cortos y repetitivos	Rápido	Ineficiente en ciclos largos
Inmovilizar objetos grandes	Requiere de un perfecto sellado entre la ventosa y la carga	Eficiente en ciclos cortos	Menor nivel de vacío eficientemente
	No es apto para todo tipo de material y superficie	Simple, integrable y escalable	
	Requieren gran mantenimiento	No requiere de un sellado completo	
		Sin mantenimiento	
		Bajo costo energético	
		No producen calor ni vibraciones	

Como dijimos anteriormente para la selección de dichas bombas o eyectores, debemos tener en cuenta el material, y aquí se dividen en:

- **Piezas estancas:** Sólo se debe tener en cuenta ese volumen. La selección de la bomba se hará en función del tiempo que le lleve el vaciado.
- **Piezas porosas:** En este caso el volumen no debe tenerse en cuenta, dado que se considerará el caudal de fuga del conjunto de las ventosas. La bomba de vacío escogida debe generar un caudal mayor que el caudal de fuga, con el fin de justamente mantener la

carga o presión negativa en las ventosas. Por lo que como vimos anteriormente, se deben escoger aquellas que sean de gran caudal o flujo.

A modo de conclusión, podemos esquematizar el siguiente circuito básico de carácter meramente ilustrativo:

- 1) Generador de vacío
- 2) Distribuidor
- 3) Válvula de retención de vacío
- 4) Ventosa

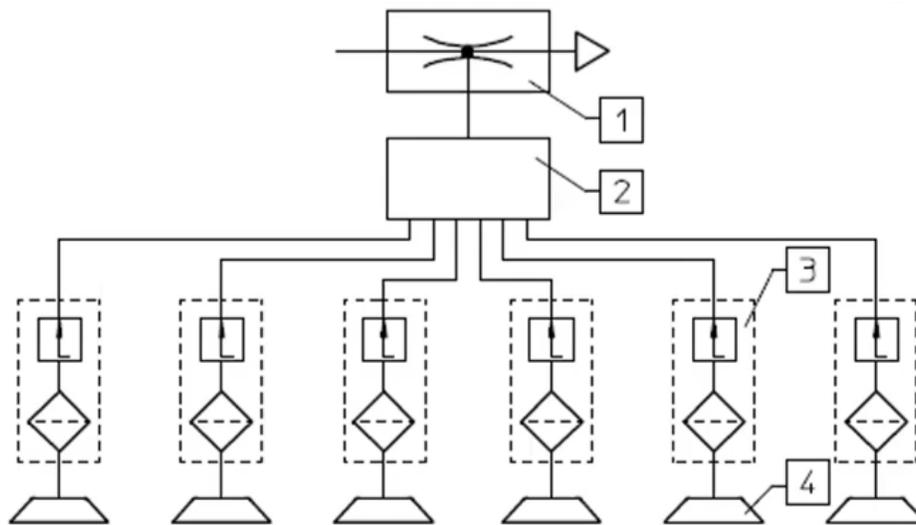


Ilustración 59 – Circuito básico de ventosas. Fuente – Elaboración Propia

En función de lo visto anteriormente, y con el objetivo de definir el tipo de eyector, haremos el cálculo del generador de vacío necesario para nuestro sistema:

Para determinar las ventosas, determinamos la fuerza de aspiración (F_s) que debía soportar cada una de ellas, y con ello, definimos el tipo y diámetro de las mismas. Ahora con ello, ingresaremos a la tabla y con el dato del diámetro determinaremos el consumo que generan (V_s) para así poder calcular el caudal de aspiración (V) que deberá entregarnos el generador de vacío.

Ø de la ventosa	Capacidad de aspiración V_S	
hasta 60 mm	0,5 m ³ /h	8,3 l/min
hasta 120 mm	1,0 m ³ /h	16,6 l/min
hasta 215 mm	2,0 m ³ /h	33,3 l/min
hasta 450 mm	4,0 m ³ /h	66,6 l/min

Nota:

Los valores indicados tienen validez independientemente del tipo de generación de vacío. La capacidad de aspiración recomendada tiene validez por ventosa y sólo en el caso de superficies lisas y compactas. En el caso de piezas porosas, permeables al aire, se debe realizar previamente una prueba de aspiración con piezas originales.

Ilustración 60 – Tabla de capacidad de aspiración de una ventosa según su diámetro. Fuente – SCHMALZ

Dado a que nuestra pieza es porosa y de cara a este estudio, no tenemos la posibilidad de realizar una prueba física de aspiración de la pieza, tomamos la capacidad de aspiración (V_S) correspondiente al diámetro de 120mm, teniendo así un margen de seguridad ya que las nuestras poseen un diámetro de 85mm.

$$V = n \cdot V_S$$

$$V = 12 \cdot 16,6 \text{ l/min}$$

$$V = 199,2 \text{ l/} = \text{Nl/min}$$

Siendo: V: Capacidad de aspiración
n: Numero de ventosas
: Capacidad de aspiración de 1 ventosa

Vale destacar que la N en la unidad de medida hace referencia a la condición Normal (en nuestro caso, normal litro) establece los valores en los que se realiza la medición del caudal de aire comprimido:

- Temperatura ambiente de 273,15 °K (0 °C)
- Presión atmosférica (cota 0) de 760 mm Hg (1,01325 bar)
- humedad relativa del aire del 0%.

Por lo tanto, cuando se facilita un caudal en condiciones normales (Nl/min, Nl/s, Nm³/min,...), este caudal es el mismo en cualquier punto del planeta, independientemente de temperaturas, altitud, etc.

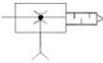
Por lo cual, en función del valor obtenido y de los disponibles en el mercado, el eyector seleccionado es el SEM 25-SDA de la marca MICRO con una capacidad de aspiración de 395 NI/min. De esta forma cumplimos con la capacidad de aspiración necesaria, la fuga de caudal por pieza porosa y la fuerza de aspiración.

Cada eyector nos permitirá alimentar dos ventosas, es por ello que se utilizarán 6 eyectores de las mismas características para efectuar el trabajo.

Eyectores multietapa SEM

- Familia de generadores de alta capacidad de aspiración, con boquillas multietapa y silenciador incorporado.
- Aptos para materiales porosos: cartón, materiales de embalaje o de aislamiento. Estos materiales permeables se manipulan normalmente a valores de vacío relativamente bajos (hasta aprox. 40%), los que la serie SEM alcanza muy rápidamente.



	Tipo MICRO		Máx vacío	Máx capac. aspiración	Consumo de aire	Nivel acústico (aspirado/libre)	Presión de servicio	Rango de Temperatura
			% (*)	NI/min	NI/min a 5 bar	dB(A) a 5 bar	bar	°C
	SEM 25-SDA	0.320.100.314	85	395	101	64 ... 77	4 ... 6	0 ... 50
	SEM 50-SDA	0.320.100.317	85	704	197	66 ... 80	4 ... 6	0 ... 50
	SEM 100-SDA	0.320.100.320	85	976	376	60 ... 82	4 ... 6	0 ... 50
	Manómetro vacío Ø40	0.370.200.035						

(*) Valores de medición a la altura del mar, 20°C y 1013 mbar (condiciones nominales)

Ilustración 61 – Selección de eyector Micro Multietapa SEM 25-SDA. Fuente – Catalogo Micro

Tensión de alimentación [V]	24 V ±10%
Cableado	M8 x 5pins
Salidas	PNP 125 mA
Corriente de carga	125 mA
Protección	IP50

Ilustración 62 – Alimentación Eléctrica eyector Micro Multietapa SEM 25-SDA. Fuente – Catalogo Micro

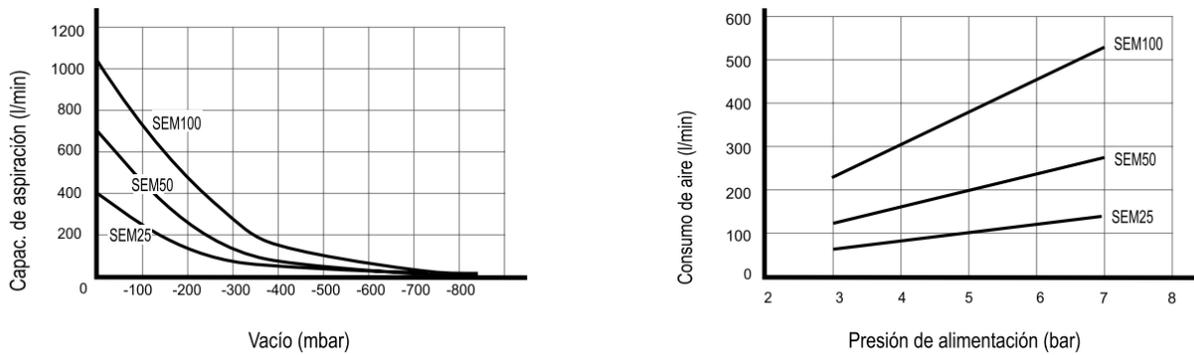
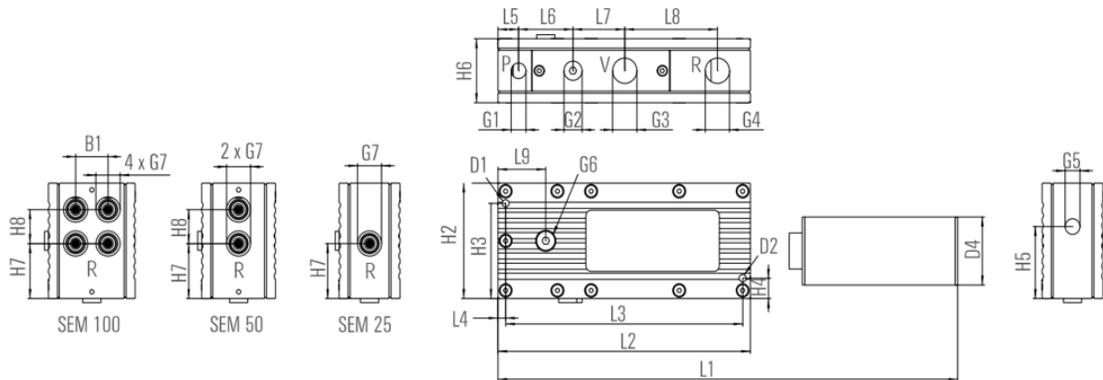


Ilustración 63 – Curvas de trabajo eyector Micro Multietapa SEM 25-SDA. Fuente – Catalogo Micro



	B1	D1	D2	D4	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9
SEM 25	-	5,5	5,5	40	1/4"	1/8"	1/2"	1/2"	1/4"	1/8"	1/2"	85	70	15	53	47	40,5	-	275	195	183	6	16	42	40	71,5	37
SEM 50	-	5,5	5,5	50	1/4"	1/8"	3/4"	3/4"	1/4"	1/8"	1/2"	85	70	205	50	57	40,5	25	335	195	183	6	16	42	40	71,5	37
SEM 100	25	5,5	5,5	50	1/4"	1/8"	1"	3/4"	1/4"	1/8"	1/2"	85	70	205	50	67	40,5	25	335	195	183	6	16	38	40	71,5	37

Ilustración 64 – Dimensiones eyector Micro Multietapa SEM 25-SDA. Fuente – Catalogo Micro

d. Elementos de fijación y accesorios

➤ Biela Elástica

En función de la ventosa utilizada (*Plana SHFN 85 NK-45 G1/4-AG MOS*), seleccionamos las bielas elásticas FSTDE-HD G 1/4" AG 90 VG de la marca SCHMALZ de con conexión de 1/4" y con una carrera de 90 mm.

Bielas elásticas FSTE-HD

Carrera de 15 mm a 90 mm



Bielas elásticas FSTE-HD

Adecuado para aplicaciones específicas de ramo

Aplicación

- Biela elástica con alojamientos deslizantes especiales y resorte amortiguador para la manipulación de piezas con diferencias de altura (p. ej., chapas abombadas, etc.)
- Manipulación de piezas muy delicadas sin suplementos técnicos de control (p. ej., placas de cristal, etc.), colocación suave garantizada
- Para el uso bajo condiciones duras
- Tareas de manipulación con alta dinámica y tiempos de ciclo cortos

Ilustración 64 – Biela elástica FSTE-HD. Fuente. SCHMALZ

Clave de nomenclatura Bielas elásticas FSTE-HD



1 - Designación breve

Código	Diseño
FSTE	FSTE

2 - Variante

Código	Modelo
HD	Heavy Duty

3 - Conexión de ventosa

Código	Conexión
G1/8-AG	G1/8-AG (AG = macho (MA))
G1/4-AG	G1/4-AG
G3/8-AG	G3/8-AG
G1/2-AG	G1/2-AG

4 - Recorrido de la biela elástica

Código	Recorrido de la biela elástica en mm
15...90	15 a 90

5 - Complemento de la gama de producto

Código	Modelo
VG	Seguro antigiro

La biela elástica FSTE-HD se suministra como producto listo para su conexión.

Ilustración 65 – Biela elástica FSTE-HD. Fuente. Datasheet SCHMALZ

Datos de pedido Bielas elásticas FSTE-HD

Tipo*	Alzaválvulas elevación en mm: **						
			15	25	50	75	90
FSTE-HD	G1/8-AG	-	10.01.02.00756	10.01.02.00757	10.01.02.00758	-	-
FSTE-HD	G1/8-AG	VG	10.01.02.00872	10.01.02.00873	10.01.02.00874	-	-
FSTE-HD	G1/4-AG	-	-	10.01.02.00763	10.01.02.00764	10.01.02.00765	-
FSTE-HD	G1/4-AG	VG	-	10.01.02.00875	10.01.02.00876	10.01.02.00877	10.01.02.01056
FSTE-HD	G3/8-AG	-	-	10.01.02.00811	-	10.01.02.00812	10.01.02.00813
FSTE-HD	G3/8-AG	VG	-	10.01.02.00878	-	10.01.02.00879	10.01.02.00880
FSTE-HD	G1/2-AG	-	-	10.01.02.00770	-	10.01.02.00771	10.01.02.00772
FSTE-HD	G1/2-AG	VG	-	10.01.02.00881	-	10.01.02.00882	10.01.02.00883

*VG = Variante con protección antigiro para un posicionamiento de ventosas con alta exactitud de repetición

**A fin de prolongar el tiempo de aplicación durante el servicio continuo, no utilice la carrera máxima de la biela

Ilustración 66 – Selección Biela elástica FSTE-HD. Fuente. Datasheet SCHMALZ

Datos técnicos Bielas elásticas FSTE-HD

Tipo	Const. resorte [N/mm]	Tens. previa resorte [N]	Fuerza res. mitad avance [N]*	Carga vertical [N]**	Carga horizontal [N]***	Anzugsdrehmoment (max) [Nm]	
FSTE-HD G1/8-AG 15	0,221	3,53	5,19	3.700	385	-	80 0 ... 80 °C
FSTE-HD G1/8-AG 15 VG	0,221	3,53	5,19	3.700	385	-	80 0 ... 80 °C
FSTE-HD G1/8-AG 25	0,143	3,57	5,36	3.700	283	-	90 0 ... 80 °C
FSTE-HD G1/8-AG 25 VG	0,143	3,57	5,36	3.700	283	-	90 0 ... 80 °C
FSTE-HD G1/8-AG 50	0,097	2,92	5,34	3.700	173	-	110 0 ... 80 °C
FSTE-HD G1/8-AG 50 VG	0,097	2,92	5,34	3.700	173	-	110 0 ... 80 °C
FSTE-HD G1/4-AG 25	0,711	6,47	15,36	2.400	747	-	145 0 ... 80 °C
FSTE-HD G1/4-AG 25 VG	0,711	6,47	15,36	2.400	747	-	145 0 ... 80 °C
FSTE-HD G1/4-AG 50	0,452	1,40	12,70	2.400	466	-	175 0 ... 80 °C
FSTE-HD G1/4-AG 50 VG	0,262	13,15	19,70	2.400	466	-	175 0 ... 80 °C
FSTE-HD G1/4-AG 75	0,262	5,38	15,20	2.400	340	-	190 0 ... 80 °C
FSTE-HD G1/4-AG 75 VG	0,262	5,38	15,20	2.400	340	-	190 0 ... 80 °C
FSTE-HD G1/4-AG 90 VG	0,262	1,49	13,28	1.500	300	-	210 0 ... 80 °C

Ilustración 67 – Datos Técnicos Biela elástica FSTE-HD. Fuente. Datasheet SCHMALZ

➤ **Tubo de conexión**

Continuando con las características de la ventosa y desde el Datasheet, obtenemos el diámetro interior del tubo recomendado que es de 6mm. Respetando la menor longitud del tubo flexible, ya

que cuanto menor es la distancia, menor es la pérdida de presión de alimentación, por lo que el vacío es mayor. Con el fin de mantener la eficiencia y velocidad de reacción del sistema de vacío.

Tubos aire comprimido / vacío VSL

Material PA, PE, PU, PVC



Adecuado para aplicaciones específicas de ramo

Aplicación

- Tubos flexibles para sistemas de vacío
- Tubos flexibles de poliuretano PU para el uso en cadenas portátiles



Tubos aire comprimido / vacío VSL

Diseño

- Tubos flexibles de vacío de PVC, PU, PA y PE, en parte como espiral de PVC duro (PS), con espiral de alambre (DS) o con tejido (G)

Productos destacados

- Tubos flexibles de vacío con diámetro interior de 2 a 75 mm para un tiempo de evacuación y una resistencia al flujo óptimos
- Amplia gama de materiales para cada aplicación

Ilustración 68 – Manómetro Festo con escala hasta 10 bar. Fuente. FESTO

➤ Manómetro

A modo de controlar el funcionamiento del sistema, es sumamente importante contar con un manómetro, ya que será el encargado de indicarnos la presión del circuito en todo momento y así verificar que el sistema se encuentre funcionando en los valores establecidos. En nuestro caso, el sistema trabaja con 6 bar de presión, entregados por el circuito de aire comprimido de la planta. Por lo que utilizaremos uno de la marca Festo modelo MA-40-10-R1/4-EN.

Manómetro



MA-40-10-R1/4-EN

187079

Código de barras / GTIN :

4052568014803

Ilustración 69 – Manómetro Festo con escala hasta 10 bar. Fuente: FESTO

➤ Válvulas de retención de vacío

En sistemas con varias ventosas es una buena práctica colocar válvulas de retención de vacío, ya que en caso de que una de ellas falle perdiendo el contacto con la carga, perderemos la capacidad de generación de vacío. Por lo que estas válvulas, funcionan como si fuesen un anti-retorno bloqueando el paso de aire. Permitiendo que el resto de las ventosas mantengan el vacío.



Ilustración 70 – Válvula de retención. Fuente: FESTO

➤ Sistema de Accionamiento de Ventosas

El sistema de ventosas tendrá dos circuitos debido a que se deben manipular pisos con distintas longitudes.

El primer circuito, hace referencia a la manipulación del piso más corto, en donde solamente se activarán los primeros cuatro pares de Ventosas. Este sistema, será comandado por un conjunto de sensores, descritos en próximas secciones, que se encargarán de detectar la presencia del material cerca de la misma.

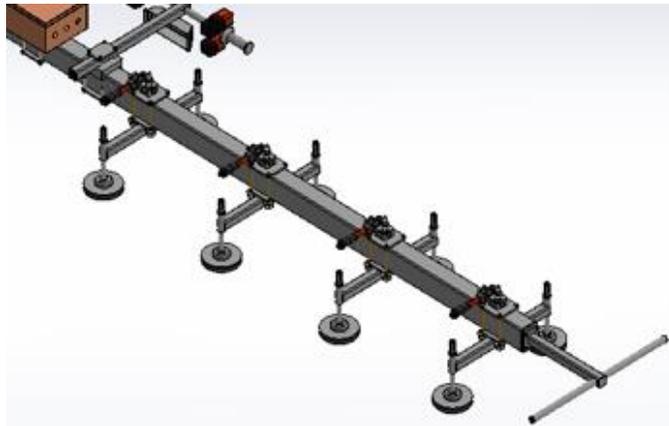


Ilustración 71 – Ventosas Circuito 1. Fuente: Elaboración Propia

El segundo circuito, hace referencia a la manipulación del piso más largo, con lo cual se contará con la activación de todas las ventosas presentes en el manipulador. Para ello, es necesario que se activen las doce ventosas. Dicha activación, mencionada anteriormente, se encuentra sujeta a la señal de los sensores capacitivos presentes en el mecanismo.

El funcionamiento se reduce a los siguientes pasos:

- No se detecta presencia en ventosas traseras □ Se activa Relé circuito 1
- Se detecta presencia en ventosas traseras □ Se activan ambos Relés

Las ventosas, pueden ser comandadas electrónicamente mediante señales provenientes del PLC, sin embargo, a modo de poder separar los circuitos, se colocarán dos Relé de interposición entre el PLC y los Eyectores para poder lograr que en solo dos señales del PLC comandar las doce ventosas. Un relé estará conectado al primer circuito, y el otro estará conectado en el segundo. Utilizaremos el modelo 700-HB de Allen Bradley para realizar dicha tarea.

En la sección de selección del Ejector, se detallan los datos de alimentación eléctrica para comandar cada uno, lo que nos otorga la seguridad suficiente para seleccionar este Relé de interposición.

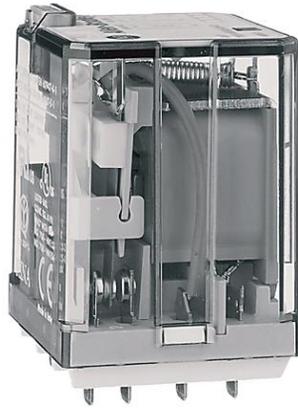


Ilustración 72 – Relé interposición. Fuente: Allen Bradley

DATOS DEL RELÉ DE CONTROL	
Puntuación de contactos	Contacto estándar de 15 amperios
Configuración de contacto	Acuerdo de contacto DPDT
Voltaje de la bobina	24V 50/60Hz
Opción de relé	Sin opciones adicionales

Ilustración 73 – Datasheet Relé interposición. Fuente: Allen Bradley

3.4.3.3 – Sistema de Movimiento del Manipulador

Hasta este momento, trabajamos únicamente con el sistema del manipulador que tendrá contacto con el piso de madera, y se encargará de montarlo en la camioneta.

Pero para complementar dicho sistema y poder describir todos los movimientos que requiere el manipulador, debemos trabajar sobre la parte superior del mismo. Como dijimos anteriormente, utilizaremos una solución existente en el mercado, proveniente de la marca “Dalmec” donde nos proporcionará el mecanismo.

El modelo de Dalmecc, es el “Micropartner”, en su versión de suspendido corredero de hasta 150kg de carga desplazada.



Ilustración 74 – Sistema Superior del Manipulador. Fuente: DALMECC

El encargado de reducir la carga al operario es el pistón neumático que nos proporcionará según Datasheet una relación de carga aproximada de 50 a 1, es decir, que cada 50kg de peso transportado, el operario deberá realizar esfuerzos por 1kg.

A continuación, podemos ver algunas de sus características:

 Radio máximo de trabajo: 2800 mm	 Velocidad máxima de elevación vertical: 0.5 metros / segundo
 Carrera vertical: 2450 mm	 Temperatura de trabajo: de +0° a +45° C
 Presión de trabajo: 0.7 + 0.8 Mpa	 Consumo: de 100 NI + 400 NI por ciclo de trabajo
 Sistema de control: únicamente neumático	 Rotaciones: - constante de 360° del eje columna y eje útil - 300° del eje intermedio
 Alimentación: aire comprimido filtrado (40 µm), no lubricado	

Ilustración 75 – Características del Sistema Superior del Manipulador. Fuente: DALMEC

A su vez, dicho modelo, está provisto con un sistema de carro, para el deslizamiento en el riel. El mismo, está constituido de un doble perfil en “U” de aluminio contrapuesto, con cimbras de enlace y de refuerzo, completado por los enganches para la suspensión aérea y de los topes de la vía. La unión de las distintas partes se realiza con los tornillos correspondientes.

La fijación de las vías de rodadura a la estructura de sostén se efectúa a través de tirantes y eclisas de suspensión.



Ilustración 76 – Sistema de correderas del Manipulador. Fuente: DALMEC

La parte superior que nos proporcionará Dalmec con todo el sistema de correderas y deslizamiento por rieles, quedará montada a nuestra estructura inferior, sobre el brazo señalado

en la ilustración 77, por medio de un sistema de bridas que nos proporciona la empresa a modo de solución



Ilustración 77 – Sistema de bridas. Fuente: DALMEC

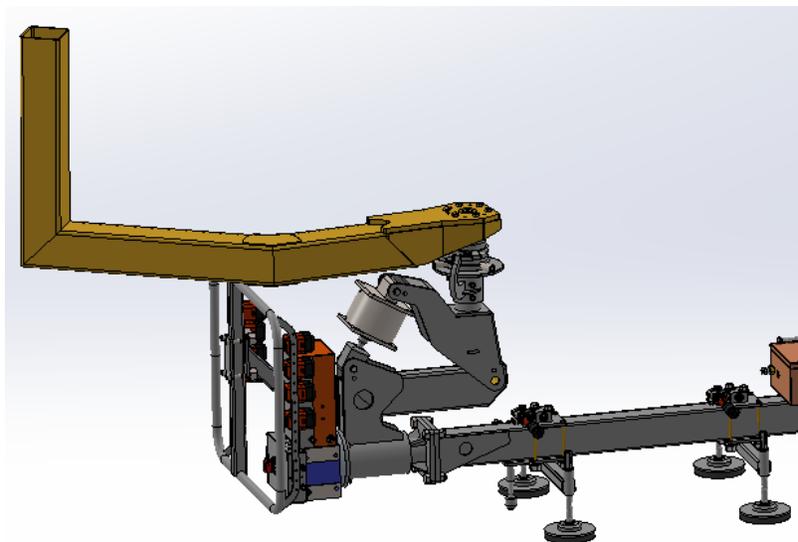


Ilustración 78 – Sistema inferior del Manipulador. Fuente: Propia

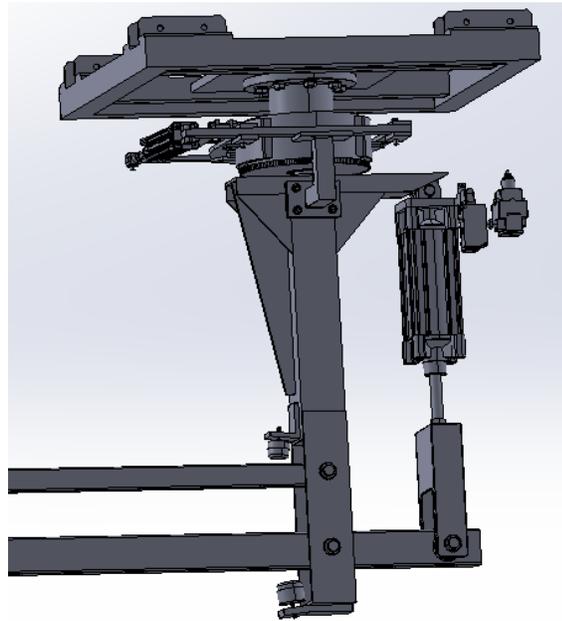


Ilustración 79 – Sistema Superior Ilustrativo del Manipulador. Fuente: Propia

Con esta parte superior, que puede deslizarse por su correspondiente corredera, montada a nuestra estructura con el sistema de ventosas, estaríamos en condiciones de representar todo el manipulador completo. Cabe mencionar, que, para poder seleccionar este mecanismo, se tomaron como referencias los requerimientos en cuanto a espacios, ángulos de giro y desplazamientos que se tienen que realizar a la hora de utilizarlo, como así también, las alimentaciones necesarias para operar de forma adecuada.

Según el Datasheet del mecanismo, la alimentación necesaria es Aire comprimido, seco, y no lubricado, con presiones entre 0,7 y 0,8 MPa constantes, como así también, los radios de giro máximos y la capacidad que este modelo nos ofrece.

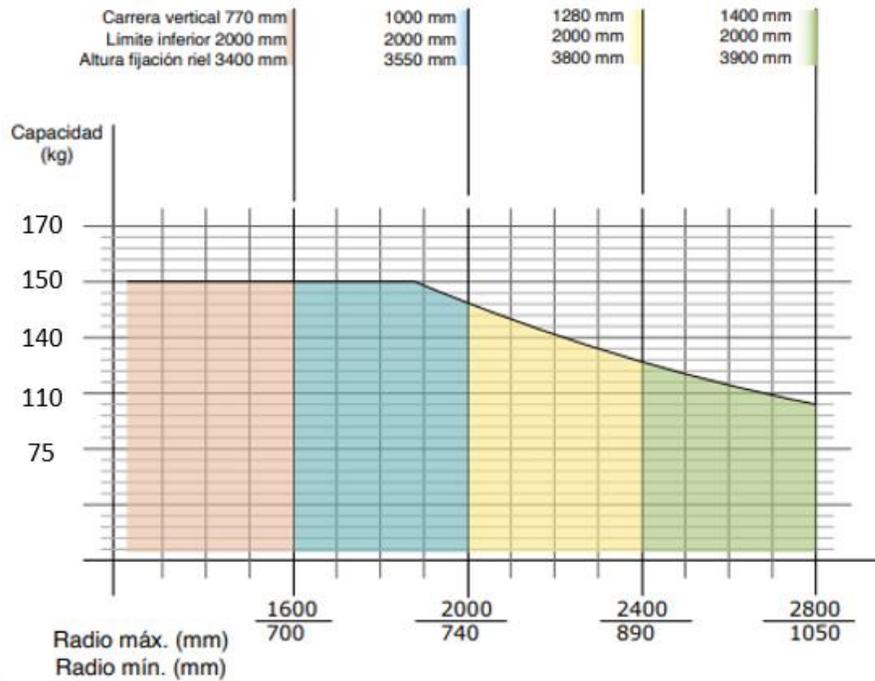


Ilustración 80 – Sistema inferior del Manipulador. Fuente: Propia

En función de lo descrito anteriormente y con estos datos, seleccionamos dicho producto.

Movimientos principales:

A modo de resumen de esta sección, el sistema superior que nos proporcionará la empresa como solución, nos brindará los movimientos de avance y retroceso (sobre los rieles), elevación y descenso de nuestra estructura principal, con los ángulos de inclinación correspondientes mencionados anteriormente.

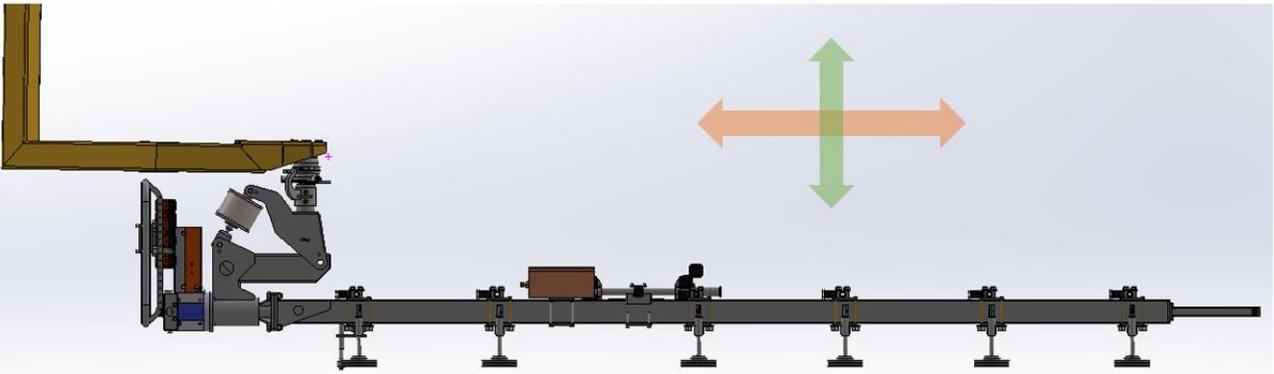


Ilustración 81 – Movimientos principales del manipulador. Fuente: Propia

Pero a su vez, debemos recordar, que en el movimiento también tenemos que incorporar una inclinación de 45° de la estructura, de modo que, al sujetar el piso de la camioneta, logremos dicha inclinación para poder ingresar por la parte trasera de la misma y así colocarlo. Podemos visualizar las ilustraciones 82 y 83 citadas a continuación para comprender el movimiento.

Para ello, vamos a utilizar un motorreductor que hará frente a esta situación problemática que desarrollaremos en la sección 3.4.4.

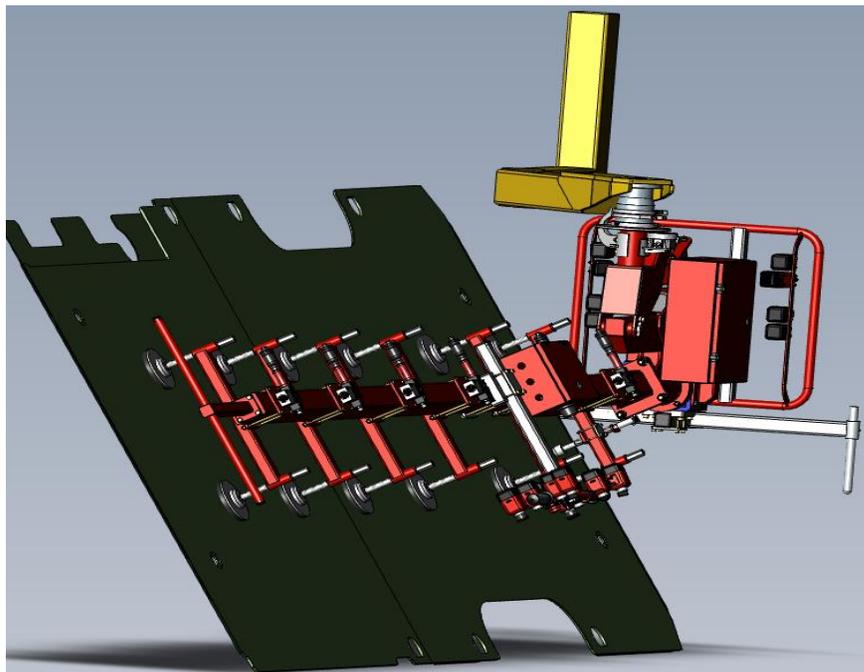


Ilustración 82 – Movimientos angular del manipulador. Fuente: Propia

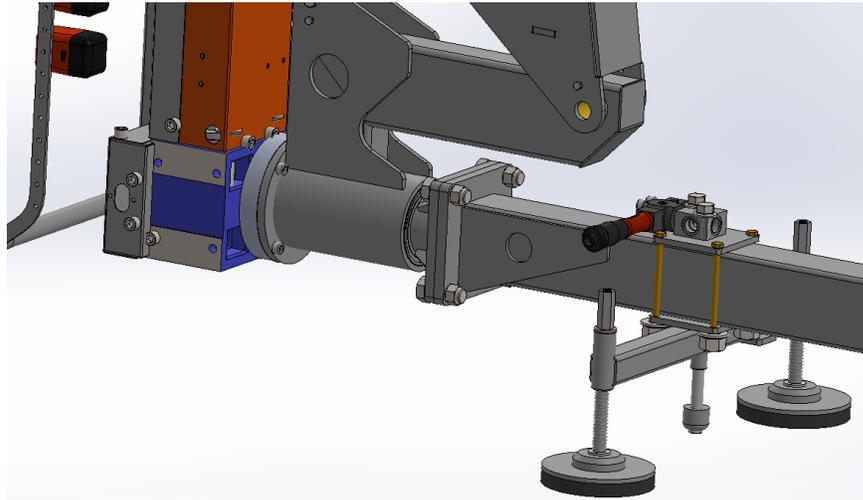


Ilustración 83 – Movimientos angular del manipulador. Fuente: Propia

Movimiento de Compensación:

Regresando a nuestras primeras secciones, en el cálculo de la estructura (3.4.2) calculamos una flecha que se corresponde con la inclinación que la estructura obtiene debido a las cargas que soporta. Esta inclinación es de 0.3° y si lo llevamos al largo total del larguero, nos genera un desplazamiento de aproximadamente 2cm.

Para poder obtener una mayor precisión en el montaje del piso, debemos compensar esos 2cm, a modo de siempre mantener al conjunto manipulador-carga 100% horizontal. Para ello, utilizaremos un pistón neumático de la marca Festo, quien será comandado por el PLC y un sensor de nivel, a desarrollar estos últimos en la sección 3.4.5.

Ilustración 84 – Pistón compensador. Fuente: Propia

Para la selección del pistón, se tiene en cuenta los valores descriptos anteriormente, calculados con el peso máximo del manipulador cargado con la variante de piso 4, que es de 148,47kg. Por lo que el recorrido que debe compensar producto del pandeo equivale a $0,3^\circ$ o bien, 2cm.

Dándonos como resultado, un cilindro compacto de la marca Festo, modelo ADN-S-63-30-I-P-A. El mismo posee un embolo de 63mm de diámetro y una carrera de 30mm, pudiendo otorgar una fuerza teórica a 6 bar de 1.870N en avance.



ADN-S-63-30-I-P-A

5132668

Código de barras / GTIN :

4052568299569

Ilustración 85 – Cilindro neumático Compensador Festo. Fuente: Festo

Hoja de datos

Característica	Valor
Carrera	30 mm
Diámetro del émbolo	63 mm
Amortiguación	Amortiguación por topes elásticos/placas en ambos lados
Posición de montaje	Cualquiera
Modo de funcionamiento	Doble efecto
Extremo del vástago	Rosca interior
Forma constructiva	Émbolo Vástago
Detección de posición	Para sensor de proximidad
Símbolo	00991217
Variantes	Vástago simple
Presión de funcionamiento	0.04 MPa ... 1 MPa
Presión de funcionamiento	0.4 bar ... 10 bar
Medio de funcionamiento	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Nota sobre el medio de trabajo/mando	Admite funcionamiento con lubricación (lo cual requiere seguir utilizándolo)
Clase de resistencia a la corrosión CRC	1 - riesgo de corrosión bajo
Conformidad PWIS	VDMA24364-B2-L
Temperatura ambiente	0 °C ... 60 °C
Energía de impacto en las posiciones finales	1.3 J
Fuerza teórica con 6 bar, retorno	1750 N
Fuerza teórica con 6 bar, avance	1870 N
Masa móvil con carrera de 0 mm	151 g
Aumento masa móvil por 10 mm de carrera	16 g
Peso básico con carrera de 0 mm	499 g
Peso adicional por 10 mm de carrera	77 g
Tipo de fijación	A elegir: Con taladro pasante Con rosca interior Con accesorios
Conexión neumática	G1/8
Nota sobre el material	Conformidad con la Directiva RoHS
Material de la tapa	Aleación forjada de aluminio anodizado
Material de las juntas dinámicas	TPE-U (PU)
Material del cuerpo	Aleación forjada de aluminio anodizado
Material del vástago	Acero inoxidable de alta aleación

Ilustración 86 – Datasheet Cilindro neumático Compensador. Fuente: Festo

En función de su aplicación e instalación también debemos contemplar el factor de corrección K para verificar que el vástago del cilindro resiste al pandeo, donde si el cilindro está sujeto de ambos extremos (como es nuestro caso):

$$K = 1.0 \text{ (cuando } L/D \leq 2)$$

$$K = 0.707 \text{ (cuando } L/D > 2)$$

Entendemos por L a la carrera del vástago y D al diámetro del embolo, por lo que:

$$\frac{L}{D} \leq 2$$

$$\frac{30mm}{63mm} \leq 2$$

$$0.47 \leq 2$$

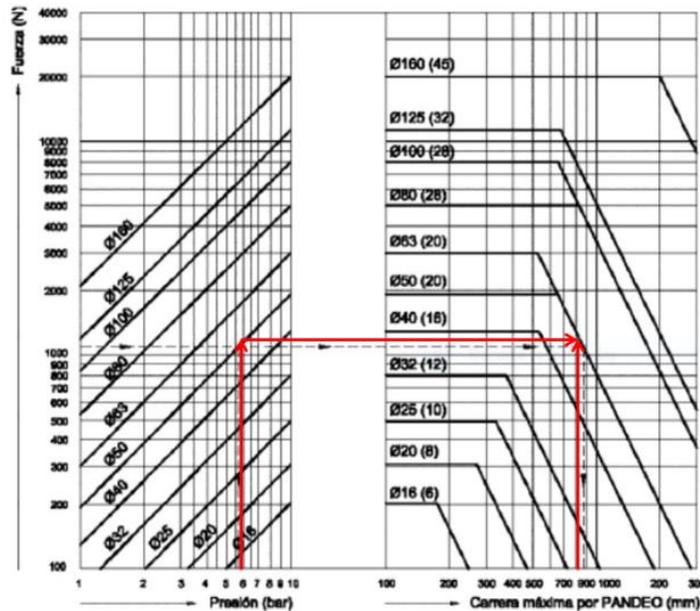
Por lo tanto, tomaremos un K=1 para nuestro calculo:

$$K \times \text{carrera real} < \text{carrera maxima}$$

$$1 \times 20mm < 750mm$$

$$20mm < 750mm$$

Verificando así su resistencia al pandeo.



3.4.4 – Motor Reductor

Sabemos que los motores reductores, son una combinación de un motor eléctrico, o sistemas hidráulicos y neumáticos, con una caja de engranajes que se utilizan para reducir la velocidad de rotación del motor y aumentar el torque a la salida.

Colocados en manipuladores industriales nos permite controlar la velocidad de rotación, aumentar el torque de salida, y mejorar la eficiencia energética. Estas características son

fundamentales para poder reducir la carga que deben soportar los operarios y garantizar un manejo seguro y eficiente en todas las plantas industriales.

Tal como mencionamos en la sección anterior, en nuestro caso, el motorreductor del manipulador será el encargado de generar la inclinación necesaria para que el piso sujetado por las ventosas pueda ingresar por la parte trasera de la camioneta.

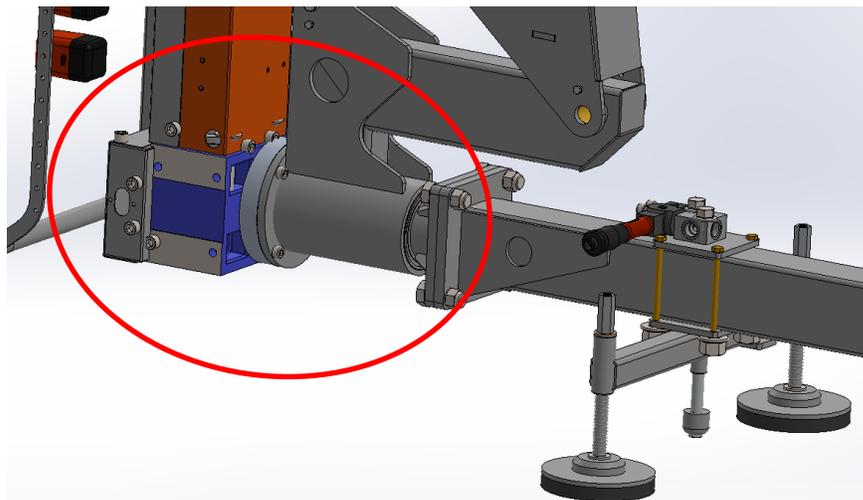


Ilustración 88 – Posición del Motor Reductor. Fuente: Elaboración Propia

Para comenzar con la selección, realizaremos un análisis técnico a modo de comprender los requerimientos:

- a) La carga máxima que tendrá que operar (inclinación de toda la estructura) es de 148,47kg (consideramos 150kg para los cálculos), con el coeficiente de seguridad correspondiente.
- b) La velocidad de movimiento. Podemos utilizar la proporcionada por Dalmec como máximo 0,5 m/s.
- c) El equipo debe trabajar 8 horas al día, con un promedio de 40 arranques/hora.
- d) Radio del tambor de arrastre será de 84,5mm (0,0845m). O un diámetro de 169mm que es igual a 0,169m.
- e) Las condiciones ambientales son de temperatura normal (promedio 20°C) y una altitud sobre el nivel del mar menor a 1000m.

- f) El montaje del motorreductor será en posición Horizontal. La unión entre la salida del motorreductor y el eje del tambor de mando se efectuará a través de un acople rígido.

Los parámetros a determinar son:

- 1) **Potencia de Cálculo (Na):** Corresponde a la potencia teórica necesaria para el accionamiento mecánico. Esta potencia la obtenemos con los datos de nuestro manipulador.
- 2) **Potencia de Entrada (Ne):** Es la potencia calculada anteriormente, afectada por el rendimiento que tenga el motorreductor. Dependerá exclusivamente de los datos que nos proporcione el fabricante.
- 3) **Velocidad de Salida (ns) [RPM]:** Es dato del proyecto.
- 4) **Relación de transmisión (i):** Se determina cuando se realiza la preselección del motor.
- 5) **Velocidad de Entrada (ne) [RPM]:** Se determina con los datos del motor preseleccionado.
- 6) **Factor de Servicio (Fs):** Depende exclusivamente de la operación del equipo, el tipo de motor y la carga que se moviliza.
- 7) **Potencia de mando (Nm):** Corresponde a la potencia de entrada, afectada por el factor de servicio Fs.
- 8) **Preselección:** Se utilizarán motores de marca y catálogo “Lentax”
- 9) Verificamos que la potencia nominal seleccionada del catálogo sea mayor a la potencia de entrada.

- 1) Para determinar la potencia de cálculo sabemos que:

$$P = \frac{W}{t} \text{ y que } P = \frac{F \cdot d}{t}$$

Reemplazando obtenemos

$$P = \frac{150Kg \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot d}{t}$$

$$P = \frac{1471,5N \cdot d}{t}$$

Sabemos que $\frac{d}{t}$ es la distancia que tiene que moverse en un determinado tiempo, esa velocidad la determinamos en función del diseño del manipulador. El movimiento que debe realizar es del giro a 45° y para ser consistentes con la velocidad de desplazamiento vertical de la parte superior que proporciona “Dalmec”, vamos a proporcionar como dato una velocidad de $0,5 \frac{m}{s}$.

Reemplazando obtenemos:

$$P = 1471,5N \cdot 0,5 \frac{m}{s}$$

Obteniendo una potencia teórica de cálculo de:

$$P = 735,75 W$$

Realizando las conversiones correspondientes, equivale a **0,98 HP**

- 2) Para calcular la potencia de entrada, se analizará la hoja de datos del fabricante, verificando el rendimiento que proporciona el motor según el diseño y modelaje de la caja de engranajes. En este caso, para el tipo de motor Coaxial, el rendimiento que proporciona el fabricante “LENTAX” es del 98,5%.

$$Ne = \frac{Na}{r}$$

$$Ne = \frac{0,98HP}{0,985} = \frac{735,75 W}{0,985}$$

Siendo la Potencia de entrada:

$$Ne = 0,99 HP \text{ o } 746,9 W = 0,75 KW$$

Se deberá buscar en el catálogo un motor que cumpla con las características recientemente establecidas.

- 3) Para calcular la velocidad de salida del reductor (ns) en RPM, se tomarán los datos del proyecto y aplicaremos:

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

Reemplazando:

$$\omega = \frac{0,5 \frac{m}{s}}{0,0845m}$$

$$\omega = 5,92 \text{ RPS}$$

$$\omega = \frac{5,92 \frac{rev}{s}}{2\pi} * 60$$

$$ns = 56,5 \text{ RPM}$$

Con estos datos se puede realizar una primera aproximación del motor que se utilizará, visualizando el catálogo del fabricante con la potencia de entrada calculada y la velocidad de salida. De la página 26 del catálogo de LENTAX se puede determinar el motor a utilizar y con ello los datos faltantes para continuar con el análisis.



Potencia Entrada		Velocidad Salida aprox.	Relación	MODELO		Factor de Seguridad	Momento Util	Velocidad Entrada aprox.	Carga Radial adm.	Carga Axial adm.	Peso aprox.	Medidas	Repuestos
kW	HP	(RPM)	(i)			(fz)	(Nm)	(RPM)	(kg)	(kg)	(kg)	Página	Página
0,75 kW	1,00 HP	30,0	46,65	C1T3	1,00	2,85	226	1410	990	396	42	pag 57	pag 76
		35,0	40,09	C1T3	1,00	3,35	194	1410	990	396	42	pag 57	pag 76
		41,0	34,31	C1T3	1,00	4,00	166	1410	990	396	42	pag 57	pag 76
		16,8	83,98	COT3	1,00	0,95	407	1410	815	326	32	pag 57	pag 76
		18,8	75,10	COT3	1,00	1,05	364	1410	815	326	32	pag 57	pag 76
		20,0	69,59	COT3	1,00	1,15	338	1410	815	326	32	pag 57	pag 76
		22,0	63,30	COT3	1,00	1,25	307	1410	775	310	32	pag 57	pag 76
		24,0	58,65	COT3	1,00	1,35	285	1410	775	310	32	pag 57	pag 76
		26,0	54,02	COT3	1,00	1,45	262	1410	775	310	32	pag 57	pag 76
		28,0	50,06	COT3	1,00	1,60	243	1410	775	310	32	pag 57	pag 76
		30,0	46,54	COT3	1,00	1,70	226	1410	775	310	32	pag 57	pag 76
		33,0	43,13	COT3	1,00	1,85	209	1410	775	310	32	pag 57	pag 76
		35,0	40,38	COT3	1,00	1,95	196	1410	775	310	32	pag 57	pag 76
		38,0	37,42	COT3	1,00	2,15	182	1410	775	310	32	pag 57	pag 76
		43,0	32,98	COT3	1,00	2,60	160	1410	700	280	32	pag 57	pag 76
50,0	28,41	COT3	1,00	3,05	138	1410	700	280	32	pag 57	pag 76		
57,0	24,65	COT3	1,00	3,50	120	1410	700	280	32	pag 57	pag 76		
46,0	30,82	COT2	1,00	2,70	152	1410	700	280	30	pag 57	pag 75		
49,0	28,55	COT2	1,00	2,85	141	1410	700	280	30	pag 57	pag 75		
56,0	25,05	COT2	1,00	3,20	123	1410	700	280	30	pag 57	pag 75		
61,0	23,21	COT2	1,00	3,50	114	1410	700	280	30	pag 57	pag 75		
68,0	20,85	COT2	1,00	3,70	103	1410	610	244	30	pag 57	pag 75		
35,0	39,91	C00T3	1,00	1,00	194	1410	380	152	23	pag 57	pag 76		
38,0	36,74	C00T3	1,00	1,05	178	1410	380	152	23	pag 57	pag 76		
42,0	33,89	C00T3	1,00	1,20	164	1410	380	152	23	pag 57	pag 76		
49,0	28,61	C00T3	1,00	1,35	139	1410	310	124	23	pag 57	pag 76		
58,0	24,29	C00T3	1,00	1,55	118	1410	310	124	23	pag 57	pag 76		

Ilustración 89 – Catálogo de selección de producto. Fuente: LENTAX

El modelo preseleccionado es el señalado en la tabla, donde podemos visualizar que la velocidad de entrada “ne” es de 1410 RPM.

4) Con ese dato, se puede determinar la relación de transmisión (i) siendo:

$$i = \frac{ne}{ns}$$

$$i = \frac{1410 \text{ RPM}}{56,5 \text{ RPM}}$$

Obteniendo de esta forma una relación de transmisión $i = 24,65$, que verifica con el dato de la tabla.

- 5) Velocidad de entrada podemos visualizarla en el catálogo anteriormente mencionado con un valor aproximado de 1410 RPM.

La preselección del motor nos otorga un modelo COT3 de 1 HP con una velocidad de salida aproximada de 57 RPM

Analizando las cargas radiales y axiales que soporta dicho motor, se cumplen los requerimientos necesarios para poder utilizar el modelo preseleccionado, ya que, proporciona un máximo de carga radial de hasta 700 Kg, lo cual es 4 veces superior a la carga necesaria, y por otro lado, una carga axial de 280 Kg, que en el manipulador es de hasta 10 veces menor a la otorgada por el motor.

- 6) Para calcular el Factor de servicio “Fs” se utilizará el gráfico proporcionado por el fabricante, donde se tendrán en cuenta los tiempos de servicio en Horas/día, cuantas operaciones se realizan por hora y también el tipo de carga que se acoplará.

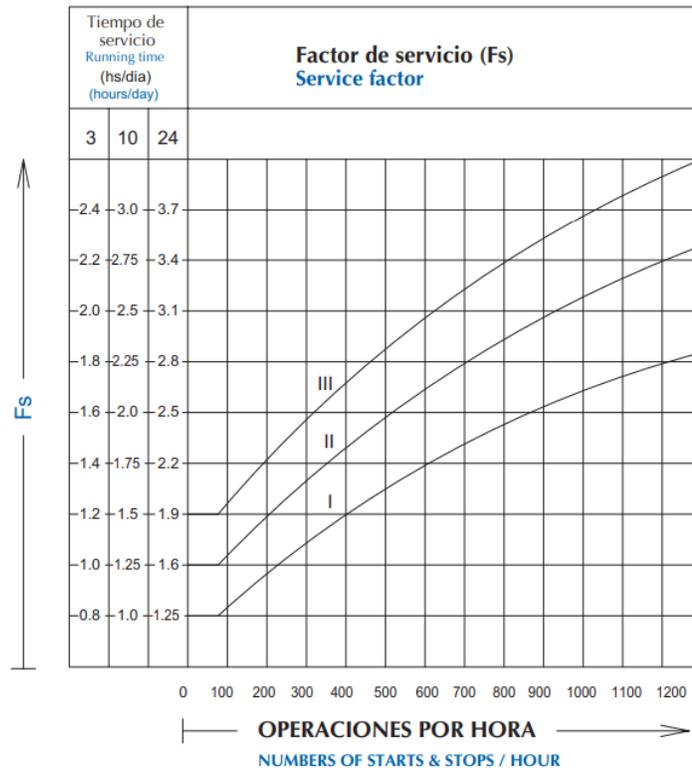


Ilustración 90 – Factor de Servicio. Fuente: Lentax

En nuestro caso, tendremos cargas de tipo II, lo cual nos situaremos en esa curva del gráfico, y teniendo en cuenta el promedio de 40 arranques por hora, y según la tabla un promedio de 10 horas por día de trabajo, obtenemos un Factor de servicio **Fs = 1,25**. Con las siguientes características de la carga:

I REGULAR: Pequeñas masas para acelerar sin sobrecargas
I UNIFORM LOAD : Small mass to accelerate, without overloads.

II IRREGULAR: Medianas masas para acelerar sobrecargas medianas
II MODERATE SHOCK LOAD : Medium mass to accelerate, moderate overloads.

III IRREGULAR: Grandes masas para acelerar fuertes sobrecargas
III HEAVY SHOCK LOAD : Large mass to accelerate, heavy overloads.

Ilustración 91 – Tipo de cargas. Fuente: Lentax

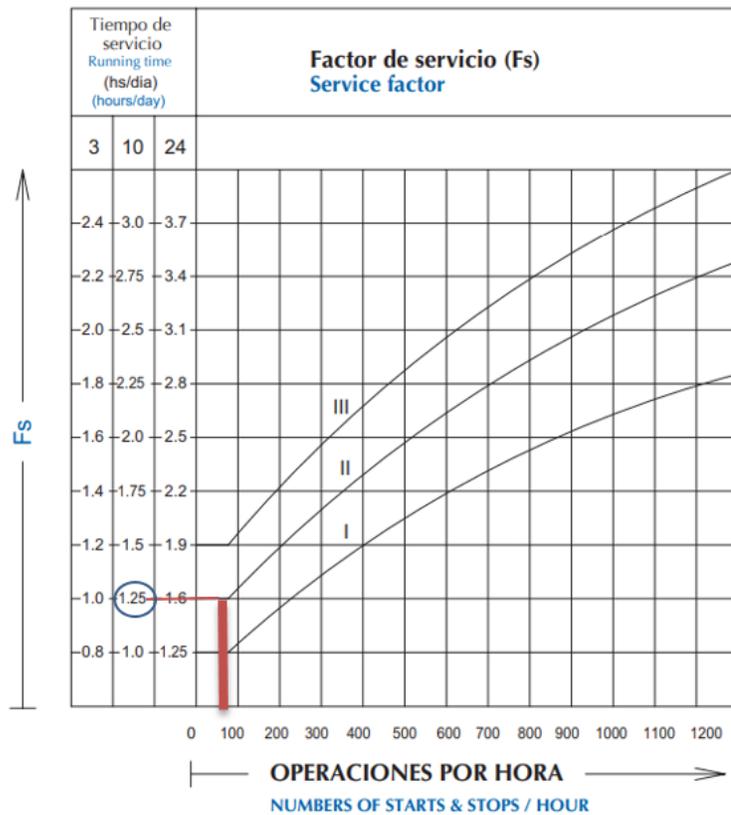


Ilustración 92 – Selección de Fs. Fuente: Lentax

- 7) Para calcular la potencia de mando, se utilizará el factor de Servicio identificado en el apartado anterior, y la potencia de entrada, siendo:

$$Nm = Ne \cdot Fs$$

$$Nm = 1HP \cdot 1,25$$

$$Nm = 1,25 HP$$

- 8) Con la potencia de mando, se hará una selección final del motor reductor buscando en el catálogo, entrando con 1,25 HP y la relación de transmisión $i = 24,65$ calculada previamente. En la página 28 del catálogo de LENTAX, utilizando el motor con la potencia de entrada más cercana por encima a la calculada, se selecciona el siguiente componente:



Potencia Entrada		Velocidad Salida aprox.	Relación (i)	MODELO	Factor de Seguridad	Momento Util (Nm)	Velocidad Entrada aprox. (RPM)	Carga Radial adm. (kg)	Carga Axial adm. (kg)	Peso aprox. (kg)	Medidas	Repuestos
kW	HP	(RPM)	(i)		(fz)	(Nm)	(RPM)	(kg)	(kg)	(kg)	Página	Página
1,10 kW	1,50 HP	33,0	43,13	COT3 1,50	1,25	309	1430	775	310	36	pag 57	pag 76
		35,0	40,38	COT3 1,50	1,30	290	1430	775	310	36	pag 57	pag 76
		38,0	37,42	COT3 1,50	1,45	268	1430	775	310	36	pag 57	pag 76
		43,0	32,98	COT3 1,50	1,75	237	1430	700	280	36	pag 57	pag 76
		50,0	28,41	COT3 1,50	2,05	204	1430	700	280	36	pag 57	pag 76
		58,0	24,65	COT3 1,50	2,35	177	1430	700	280	36	pag 57	pag 76
		46,0	30,82	COT2 1,50	1,80	225	1430	700	280	34	pag 57	pag 75
		50,0	28,55	COT2 1,50	1,90	208	1430	700	280	34	pag 57	pag 75
		57,0	25,05	COT2 1,50	2,15	183	1430	700	280	34	pag 57	pag 75
		62,0	23,21	COT2 1,50	2,35	169	1430	700	280	34	pag 57	pag 75
		69,0	20,85	COT2 1,50	2,45	152	1430	610	244	34	pag 57	pag 75
		74,0	19,32	COT2 1,50	2,80	141	1430	610	244	34	pag 57	pag 75
		81,0	17,66	COT2 1,50	2,80	129	1430	610	244	34	pag 57	pag 75
		87,0	16,36	COT2 1,50	3,20	119	1430	475	190	34	pag 57	pag 75
		94,0	15,15	COT2 1,50	3,35	110	1430	475	190	34	pag 57	pag 75
		102,0	14,04	COT2 1,50	3,55	102	1430	475	190	34	pag 57	pag 75
109,0	13,13	COT2 1,50	3,70	96	1430	475	190	34	pag 57	pag 75		
118,0	12,17	COT2 1,50	3,90	89	1430	475	190	34	pag 57	pag 75		
125,0	11,47	COT2 1,50	3,95	84	1430	475	190	34	pag 57	pag 75		

Ilustración 93 – Selección Motor Reductor. Fuente: Lentax

El modelo seleccionado es COT3 1,5. Pudiendo visualizar que es distinto del modelo preseleccionado. Esto ocurre debido al factor de servicio adoptado para el proyecto, teniendo en cuenta el tiempo de operación de la máquina.

- 9) Por último, se debe verificar que la selección sea adecuada, y para hacerlo, basta con la siguiente relación:

$$Nm > Ne$$

Donde,

$$1,5 \text{ HP} > 1 \text{ HP}$$

Otorgándonos la certeza en la selección del equipo.



Ilustración 94– Motor Coaxial Serie C. Fuente: Lentax

3.4.5 – Sistema de Comando PLC

De aquí en adelante, nos centraremos en la parte del manipulador que llevará la electrónica y control del sistema.

Para comandar todo el sistema neumático, utilizaremos un Controlador Lógico Programable (PLC), seleccionando un modelo de mercado, en función de las características del campo de acción.

Debemos tener en cuenta la cantidad, tipo de sensores y actuadores que vamos a utilizar, si necesitaremos entradas digitales o analógicas, si nuestro sistema trabajará por IO-LINK, y a su vez, debemos conocer el protocolo de comunicación de modo que sea compatible con todo el sistema productivo de la línea de montaje.

Antes de adentrarnos en la selección de productos, es importante resaltar los distintos grados de protección que tendrán los mismos. Recordemos que dicho indicador dará una referencia respecto a la cantidad de polvo y agua que puede soportar sin dañarse el componente.

A continuación, se presentará una tabla con los distintos tipos de grados de protección para entender lo que se seleccionará.

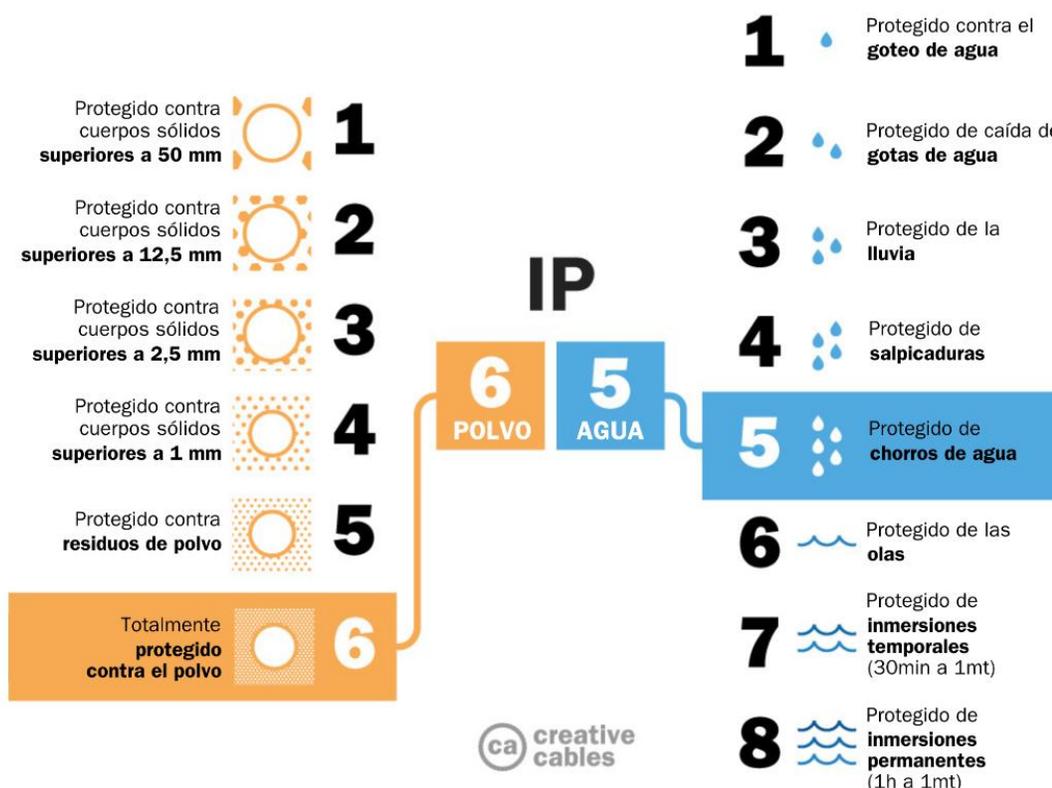


Ilustración 95 –PLC Compact Logix. Fuente: Citeclab

Tal como muestra la tabla, el primer dígito representa la protección contra el polvo, y el segundo dígito, representa la protección contra el agua.

Los sensores, actuadores y elementos electrónicos del sistema, necesitan estar completamente protegidos contra el polvo, lo cual representa que el primer dígito debe ser “6”, y, por otro lado, debe estar protegido mínimamente contra chorros de agua, lo cual el segundo dígito como mínimo debe ser “5”. Finalmente, el grado de protección de cada elemento debe ser como mínimo IP65.

Es de esperarse, mientras mayores son los grados de protección, aumentan los costos de los componentes, es por ello que se debe conocer con exactitud la exposición de los mismos.

Continuando con la elaboración del sistema, el mismo, está compuesto por una sumatoria de sensores y actuadores:

Sensores:

1. Sensores Capacitivos de Presencia, para materiales que no sean metálicos. Cantidad 2.
2. Sensores de inclinación, que trabajaran en conjunto con el pistón compensador y con el motor reductor. Cantidad 2.
3. Sensor de posición mediante proximidad. Cantidad 1.
4. Sensor de presión para controlar el circuito neumático. Cantidad 1. Además del manómetro ya presente en el sistema de vacío.
5. Sensor Inductivo, para materiales metálicos, Cantidad 1.

Actuadores:

6. Válvula de control direccional neumática. Cantidad 1.
7. Pulsadores de accionamiento. Cantidad 4.
8. Elementos de señalización. Cantidad 2.
9. Relé de interposición entre el PLC y el motor reductor que proporcionara el giro a 45° del manipulador.
10. Dos Relé de interposición entre el PLC y los eyectores que comandarán los dos circuitos de succión mencionados anteriormente

Teniendo en cuenta estos datos, y también las condiciones ambientales de operación, tendremos que seleccionar un PLC acorde con lo requerido. El mismo deberá contener como mínimo 10 entradas, de las cuales obligatoriamente deberá contar con al menos una entrada analógica. Y también, deberá contar con mínimo 10 salidas.

Utilizaremos el modelo **Compact Logix 5370 L2 de Allen-Bradley**. El mismo contiene 16 entradas y salidas digitales, y también, 4 entradas y 2 salidas analógicas.

Cabe destacar que este modelo nos permite agregar 128 entradas y salidas más, haciendo uso de los módulos correspondientes. El protocolo de comunicación que utiliza es Ethernet/IP lo que nos permite adaptarlo a todo el proceso productivo completo y obtener datos en tiempo real a través de la red HMI conectada en la planta central.

A continuación, el datasheet del Controlador Lógico programable a utilizar.

	1769-L24ER-QB1B	1769-L24ER-QBFC1B	1769-L27ERM-QBFC1B
Memoria de usuario	750 KB	750 KB	1 MB
Tareas del controlador	32	32	32
Programas por tarea	100	100	100
Control de movimiento integrado	--	--	Eje de lazo de posición de CIP Motion de 4 ejes
Tamaño de formato	115 mm de ancho x 118 mm de alto x 105 mm de profundidad	140 mm de ancho x 118 mm de alto x 105 mm de profundidad	
Homologaciones	cULH (Clase I División 2), KCC/UL (UL 508), ULH (Clase I y II, División 2 y Clase III, Divisiones 1 y 2)/ATEX, CE, C-Tick/homologación naval y GOST-R		
Módulos expansores locales	4	4	4
E/S incorporadas	16 entradas digitales 16 salidas digitales	16 entradas digitales/16 salidas digitales, 4 entradas analógicas universales, 2 salidas analógicas, 4 canales HSC	
Puntos de E/S de expansión locales	128	128	128
Adiciones de módulos de comunicación	DeviceNet con 1769-SDN o de otros fabricantes		
Tarjeta de memoria Flash	Clasificación industrial y tarjeta de memoria Secure Digital (SD) certificada (1 y 2 opciones); todos los controladores se envían con tarjeta de 1 GB		
Servovariadores (lazo CIP Motion)	--	--	4
Nodos IP de E/S Ethernet	8	8	16
Ejes virtuales	100	100	100
Retroalimentación solamente, par, velocidad, Vhz (variadores de CIP Motion máx.)	--	--	16
Ejes/ms	--	--	2
Compatibilidad con Kinematics	--	--	sí
Software/Firmware	R5Logix 5000 V20 y firmware R5LinX Classic V2.59 v20.1x o posterior		

Ilustración 96 – Datasheet Compact Logix 5370 L2 PLC. Fuente: Rockwell Automation



Ilustración 97 –PLC Compact Logix. Fuente: Rockwell Automation

3.4.5.1 – Sensores

Como mencionamos anteriormente, vamos a seleccionar los sensores a utilizar y enumeraremos las funciones que deben realizar cada uno de ellos en el proceso:

1. **Sensores Capacitivos:** Dijimos que utilizaremos 2 sensores, serán de la marca Balluff, modelo BCS004T, y los dividiremos en dos grupos. El primer sensor ira montado en la segunda línea de ventosas y será el encargado de activarnos el primer paquete de 8 ventosas del manipulador, ya que independientemente de cuál sea el modelo/tamaño de piso estas 8 ventosas siempre estarán activas, incluso en la variante de piso 1 que es la más pequeña. En aquellas versiones de pisos que se componen de dos partes (variante 3 y 4), es cuando se sumaran y utilizaremos el segundo paquete de 4 ventosas, por lo que en ese momento comenzara a funcionar también el segundo sensor detectando dicha variante de piso y generando vacío en el total de las 12 ventosas que forman al manipulador. Ambos sensores se activarán al detectar presencia de la madera.



Ilustración 98 – Sensor Capacitivo. Fuente: Balluff

A continuación, la hoja técnica del sensor capacitivo con los datos más relevantes:

Dimensiones	Ø 30 x 87 mm
Serie	M30
Rosca (A)	M30x1.5
Montaje	Montaje enrasado
Conexión	Conector, M12x1-Conector, 4-polos
Salida de conmutación	PNP contacto NA/NC (NA/NC) Programable
Frecuencia de conmutación	100 Hz
Alcance	1...20 mm
Sensibilidad	Distancia de actuación ajustable
Material de carcasa	Acero fino (1.4301)
Superficie activa, material	PBT
Temperatura ambiente	-30...70 °C
Tensión de servicio U_b	10...35 VDC

Ilustración 99 – Datasheet Sensor Capacitivo. Fuente: Balluff

2. **Sensor de inclinación:** Llamados más comúnmente, “inclinómetros”. En primera instancia, el primer sensor nos va a dar la información del desvío angular que podamos llegar a tener en la estructura, trabajando en conjunto con el pistón compensador, serán los encargados de corregir los desvíos necesarios con el fin de que siempre quede nivelado el piso, evitando así cualquier tipo de error al pegado. Luego, el segundo sensor, va a trabajar en conjunto con el motorreductor del manipulador, permitiéndonos, generar inclinaciones de manera automática y precisa a los 45° necesarios antes de introducir el piso dentro de la camioneta. Con este proceso, evitamos todo tipo de error humano haciendo que sea más eficiente. Los sensores que utilizaremos son de un solo eje de inclinación, también de la marca Balluff, y el modelo es BSI000R. El mismo, nos proporciona un rango de medición que va desde -90° a 90°, que es lo suficiente para complementar nuestro trabajo.



Ilustración 100 –Sensor de Inclinación. Fuente: Balluff

A continuación, la hoja técnica del sensor capacitivo con los datos más relevantes:

Principio de medición	Sistema de medición basado en MEMS
Ejes de medición	1
Rango de medición	-90...90°
Tensión de servicio Ub	10...30 VDC
Interfaz	Corriente analógica 4...20 mA
Resolución	≤ 0.09 °
Precisión	±1.0°
Conexión	Conector, M12x1
Material de carcasa	Plástico
Temperatura ambiente	-40...80 °C
Grado de protección	IP67 IP69
Homologación/conformidad	CE cULus WEEE
Texto adicional	Posibilidad de centrado de 360° en posición vertical

Ilustración 101 – Datasheet Sensor de Inclinación. Fuente: Balluff

3. Sensor de proximidad: El mismo irá montado en el manillar delantero del manipulador, con el fin de determinar la posición correcta de pegado del piso cuando se aproxime al fondo. La señal del sensor rebotará contra un punto programado de la carrocería marcando así el final de carrera, y con ella la posición. Es decir, que por más que el operario mantenga el pulsador de avance apretado, el mismo ya no avanzará porque habrá llegado a su posición. A su vez, este será quien le habilite al sensor de inclinación poder volver a tomar su posición horizontal o de 0° grados del conjunto manipulador-piso.

El último tramo de avance lo hará a velocidad reducida evitando posibles vibraciones que se puedan generar al momento del frenado. De esta forma nos aseguramos eliminar posible error humano aumentando la calidad y repetitividad de la posición de pegado de los pisos.

Se utilizará un modelo de Allen Bradley (873M) que recopila todos los requisitos necesarios para desempeñar dicha tarea. Este sensor permite detectar objetos entre un rango de 50mm a 300mm, lo que enviará señales de proximidad al PLC para regular la velocidad del manipulador.



Ilustración 102 – Sensor de Proximidad. Fuente: Allen Bradley

DATOS DEL SENSOR DE PROXIMIDAD	
Estilo familiar	Boletín 873M Cilíndrico de uso general de 18 mm
Dirección de detección	Derecho
Diámetro del barril	18mm
Rango de detección	50 mm a 300 mm
Configuración de salida	Corriente analógica (4-20 mA)
Tipo de terminación	Micro QD (CC)
ACCESORIOS	
Medios de conexión	Micro CC (M12), Hembra, Recto, PVC de 4 pines, Amarillo, Sin blindaje, 5 m
DETALLES ADICIONALES	
Recinto	Latón niquelado

Ilustración 103 – Datasheet Sensor de Proximidad. Fuente: Allen Bradley

- Sensor de Presión:** En conjunto con el manómetro descrito en el sistema de generación de vacío, nos ayudará a tener información sobre la presión del circuito, de modo que, nos emita señales de alerta por alta o baja presión, siempre tomando como referencia nuestros 6 bares del circuito. En este caso, utilizaremos también de la marca Balluff, el modelo BSP00Y4. El mismo nos ofrece una pantalla con un rango de medición de a 10 bares, donde poder leer la medición de una manera rápida

y sencilla. De esta forma tenemos un doble check del funcionamiento del sistema a modo de evitar accidentes o bien intentar operar la maquina fuera de rango de servicio.



Ilustración 104 – Sensor de presión. Fuente: Balluff

A continuación, la hoja técnica del sensor capacitivo con los datos más relevantes:

Rango de medición	0...10 bar
Precisión	±0.5 % FSO BFSL
Presión de sobrecarga	20 bar
Presión de estallido	35 bar
Tensión de servicio U_b	18...30 VDC
Interfaz	IO-Link 1.1
Salida analógica	Tensión analógica/corriente analógica conmutable 4...20 mA/0...10 V
Salida de conmutación	2x PNP/NPN contacto NA/NC (NA/NC) conmutable
Conexión	Conector, M12x1-Conector, 4-polos
Conexión de proceso	G 1/4" (DIN 3852)
Material de conexión de proceso	Acero fino (1.4301)
Material de anillo obturador	FKM
Material de carcasa	Acero fino (1.4301) PE, Polietileno gran espesor

Ilustración 105 – Datasheet Sensor de Presión. Fuente: Balluff

5. **Sensor Inductivo:** Dicho sensor se encontrará montado en el extremo de la camilla de rodillos. El mismo detectará en momento exacto en que el piso de madera que ingresará en la camioneta deje de deslizarse por los rodillos y quede suspendido en el aire. Con esta señal, el PLC identifica el momento en que debe comenzar a inclinarse a 45°. El modelo a utilizar es de Balluff (BES006Y) que proporciona un alcance en la medición de hasta 16mm, suficiente para poder operar en el equipo.



Ilustración 106 – Sensor Inductivo. Fuente: Balluff

A continuación, se detalla el datasheet del producto:

Basic features

Homologación/conformidad	CE UKCA cULus WEEE
Marca	Global
Norma básica	IEC 60947-5-2

Display/Operation

Indicación de funcionamiento	Sí
Indicador de tensión de servicio	no

Electrical connection

Diámetro de cable D	4.50 mm
Longitud de cable L	2 m
Número de conductores	3
Protección contra cortocircuito	Sí
Protección contra polarización inversa	Sí
Protección contra posibilidad de confusión	Sí
Tipo de conexión	Cable, 2.00 m, PUR
sección de conductor	0.34 mm ²

Electrical data

Capacidad de carga máx. para Ue	0.5 µF
Categoría de empleo	CC -13
Caída de tensión estática máx.	2.5 V
Clase de protección	II
Corriente asignada de servicio Ie	200 mA
Corriente de servicio mínima Im	0 mA
Corriente en vacío lo máx., atenuada	8 mA
Corriente en vacío lo. máx., no atenuada	2 mA
Corriente nominal condicional de cortocircuito	100 A
Corriente residual Ir. máx.	9 µA
Frecuencia de conmutación	430 Hz
Ondulación residual máx. (% de Ue)	15 %
Resistencia de salida Ra	33.0 kOhmios + D
Retardo de disposición tv máx.	30 ms
Tensión asignada de aislamiento Ui	250 V AC
Tensión asignada de servicio Ue CC	24 V
Tensión de servicio Ub	10...30 VDC

Environmental conditions

EN 60068-2-27, choque	Semisinusoidal, 30 g _n , 11 ms
EN 60068-2-6, vibración	55 Hz, amplitud 1 mm, 3x30 min
Grado de protección	IP68
Grado de suciedad	3
Temperatura ambiente	-40...85 °C

Functional safety

MTTF (40 °C)	587 a
--------------	-------

Ilustración 107 – Datasheet Sensor Inductivo. Fuente: Balluff

3.4.5.2 – Actuadores

En la sección anterior, enumeramos los actuadores que vamos a utilizar, de modo que, sean los encargados de corregir nuestro sistema de lazo cerrado.

- Válvula de control direccional neumática:** Esta válvula, será la encargada de accionar el pistón compensador neumático. Dicho sensor de inclinación envía la señal de error al PLC, y el mismo, envía una señal de compensación hacia la válvula, permitiendo corregir el proceso.

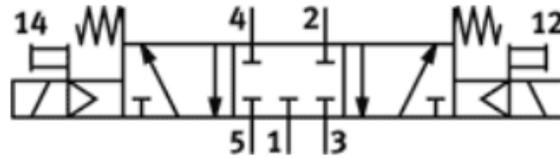


Ilustración 108 –válvula de Control Direccional 5/3. Fuente: Festo

Esta válvula, es de 5 vías 3 posiciones, con retorno de muelle y activación por solenoide.

En la posición número uno, el circuito queda conectado de tal manera que el pistón compensador comience una carrera de avance, hasta que la señal del PLC se detenga. Al detenerse dicha señal, a través del muelle, la válvula regresa a la posición central, donde las salidas permanecen bloqueadas, lo que genera que la estructura quede ubicada en la nueva posición.

En la posición número tres, el circuito queda conectado de tal manera que el pistón compensador comience una carrera de retroceso, hasta que la señal del PLC se detenga y bloquee nuevamente las salidas.



Ilustración 109 –válvula de Control Direccional 5/3. Fuente: Festo

Función de la válvula	5/3 normalmente cerrada
Tipo de accionamiento	Eléctrico
Anchura	65 mm
Caudal nominal normal	4100 l/min
Conexión neumática de utilización	Placa base, tamaño 3, según ISO 5599-1 G1/2
Tensión de alimentación	A través de bobina magnética, deberá pedirse por separado
Presión de funcionamiento	0.3 MPa ... 1 MPa
Presión de funcionamiento	3 bar ... 10 bar

Ilustración 110 – Datasheet válvula de Control Direccional 5/3. Fuente: Festo

6. **Pulsadores de accionamiento:** Serán los encargados de comenzar o finalizar procesos. En nuestro caso, tendremos pulsadores para avanzar o retroceder el manipulador, inclinarlo a 45° y para accionar o descargar el sistema de ventosas de vacío del equipo.

Los pulsadores que se utilizaran son de la marca Scheider Electric, el modelo Harmony XB7 que cumplen con todos los requisitos para el proceso. A continuación, se presenta una imagen para conocer el tamaño y la forma del componente. Se utilizan pulsadores verdes para accionar las ventosas, pulsadores rojos para soltar las ventosas y pulsadores de color negro para accionar los movimientos del manipulador.



Ilustración 111 – Pulsador Verde harmony XB7. Fuente: Schneider Electric



Ilustración 112– Pulsador Rojo harmony XB7. Fuente: Schneider Electric



Ilustración 113 – Pulsador Negro harmony XB7. Fuente: Schneider Electric

A Continuación, se presenta el datasheet del producto:

Principal

Gama de producto	Harmony XB7
Tipo de producto o componente	Pulsador
NOmbre abreviado del equipo	XB7
Diámetro de montaje	22 mm
Se vende en cantidades indivisibles	10
Grado de protección IP	IP20 acorde a IEC 60529 - tipo de cable: cara trasera) IP65 acorde a IEC 60529 - tipo de cable: Panel frontal)
Forma de la cabeza de señalización	Circular
Tipo de operador	Retorno por muelle
Perfil del operador	Verde Rasante, Sin marcado
Tipo y composición de contactos	1 NA + 1 NC
Conexiones - terminales	Bornas tornillo, <= 2 x 1.5 mm ² con terminal acorde a En> 40 A Bornas tornillo, 1 x 0,34..0,2 x 2,5 mm ² sin terminal acorde a En> 40 A
Presentación del dispositivo	Producto monolítico

Ilustración 114 – Datasheet Pulsador Verde Harmony XB7. Fuente: Schneider Electric

7. Elementos de señalización: La seguridad de los operarios y del proceso debe ser fundamental en todo momento. Por dicho motivo, se colocarán los elementos de señalización correspondientes de modo que nos indique los estados del manipulador, teniendo como referencia que una luz verde, indicará que la maquina está lista para operar, y que una luz roja, nos indicará que el manipulador se encuentra operando y que se debe tener suma precaución a la hora de circular cerca del mismo.

Se utilizará una columna de iluminación de dos módulos, color Rojo y Verde de la marca Allen Bradley, el modelo Control Tower. La misma requiere de 24v de alimentación, lo que nos permite que el PLC opere sin ningún tipo de inconveniente.



Ilustración 115 – Columna Iluminación 856T. Fuente: Allen-Bradley

A continuación, se adjunta una tabla técnica del producto, donde se puede observar que los rangos de temperatura de operación son más que suficientes para poder operar y el grado de protección del elemento, como todos los que seleccionamos están por encima de IP65.

Ingress Ratings		Suitable for indoor and outdoor use
UL Type 4/4X/13	IP66/67 ¹	
Temperature Ratings		Relative Humidity
Operating	Storage	
-30...+70 °C (-22...+158 °F) ²	30...+85 °C (-22...+185 °F)	
		90% noncondensing

Ilustración 116 – Datasheet Columna Iluminación 856T. Fuente: Allen-Bradley

8. Relé de interposición entre PLC y el Motor Reductor: Este componente es de suma importancia, ya que, es el encargado de “interponerse” entre el accionamiento y el motor reductor del manipulador.

Este elemento, permite que con una señal de 24v, enviada a través del PLC, accionar un motor de un voltaje superior sin que el PLC corra peligro alguno de dañarse. Se utilizará de la marca Allen Bradley, el modelo 700-HTA con operación en 24v.



Ilustración 117 – Relé Interposición 700-HTA. Fuente: Allen-Bradley

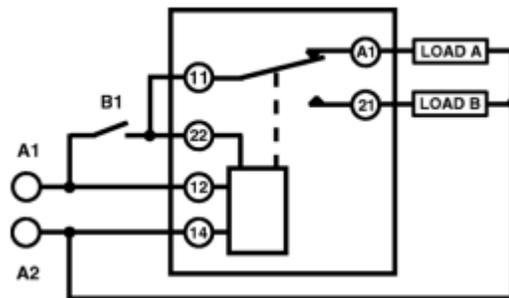


Ilustración 118 – Relé Interposición 700-HTA. Fuente: Allen-Bradley

- Alternating Relay
- Rugged Pin Style Socket Mounting
- 10 A, SPDT, DPDT, and Cross Wired
- Excellent for Pump Panel Applications

9. **Relé de interposición entre PLC y Eyectores:** Como se menciona anteriormente, se utilizarán dos Relé de interposición para controlar los circuitos de las ventosas. Utilizaremos el modelo 700-HB de Allen Bradley para realizar dicha tarea.



Ilustración 119 – Relé Interposición 700-HB. Fuente: Allen-Bradley

3.4.5.3- Diagrama de Bloques

A Continuación, se presenta un diagrama del conexionado del PLC para poder visualizar el circuito completo.

En líneas Rojas, se encuentran las salidas del PLC y en líneas azules, se encuentran las entradas al PLC.

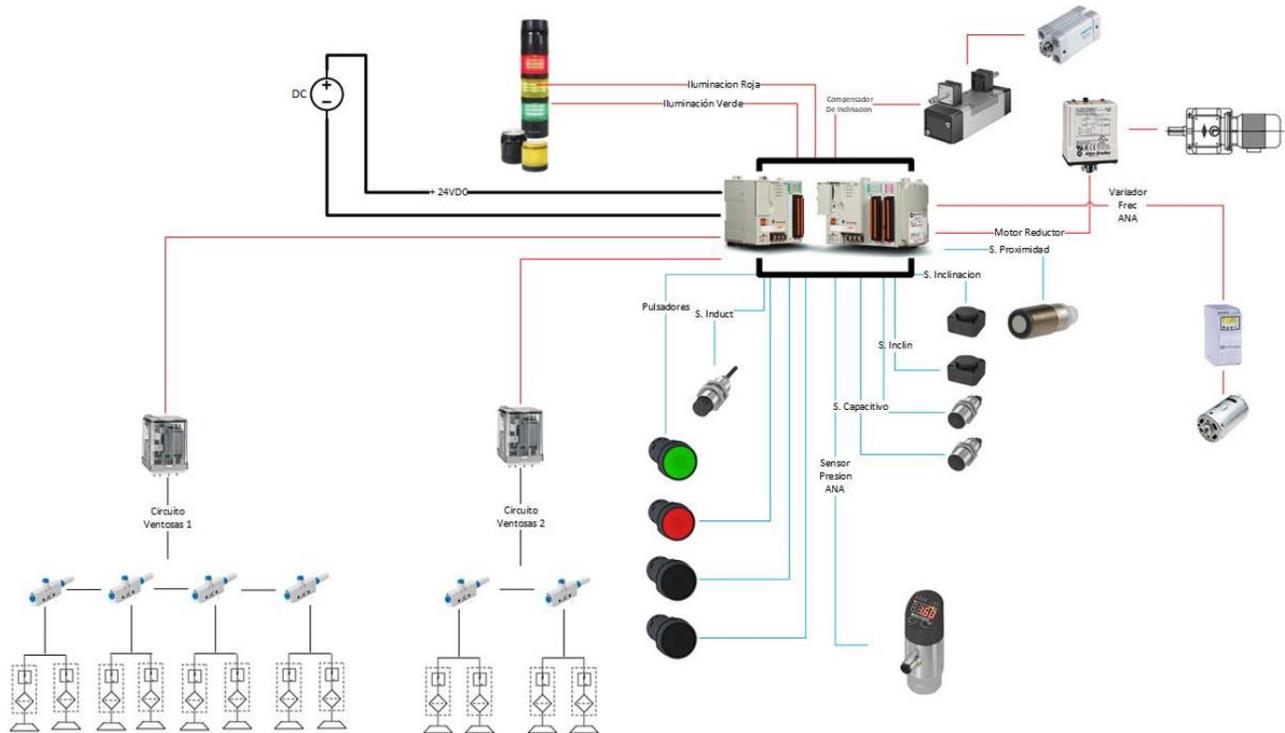


Ilustración 120 – Diagrama de Bloques del PLC. Fuente: Elaboración Propia

3.5 – Funcionamiento

Para poder comprender el funcionamiento de todo el circuito debemos separarlo en varias partes. Pero primero, el encargado de habilitar todo el sistema es el sensor de presión, si el sistema no dispone de los 6 bar \pm 5%, el sistema no funcionará. Esto proporciona el primer nivel de seguridad del manipulador.

Por un lado, el sistema de succión trabajará con los pulsadores verde y rojo, los dos relés de interposición de los eyectores y los sensores capacitivos para detectar la presencia del material. Cuando se oprime el pulsador verde, se envía una señal al PLC indicando que se accionen los eyectores para generar succión y sujetar el piso de madera. Pero antes de activarse los eyectores, los sensores capacitivos van a enviar señal al controlador indicando si se trata de un piso largo o corto, de esta manera, se determina si se activa el primer circuito de succión o los dos.

Una vez sujetado el piso, se generará la flecha calculada en la sección 3.4.1, haciendo que el sensor de inclinación detecte dicho desvío, en ese momento se genera la compensación mediante el cilindro correspondiente. Al término de dicha compensación, se procede a activar el pulsador de avance del manipulador para quitar el piso de madera de los rodillos. Cuando esto suceda, el sensor inductivo en contacto con la camilla de rodillos no detectará más la presencia de ésta y enviará la señal al PLC para que comience la inclinación a 45° enviando señal al Relé de interposición accionando el motor reductor principal. Con el manipulador a 45° se continúa avanzando hasta que se introduce en la camioneta y el sensor de proximidad nos indique el final de carrera reduciendo la velocidad lentamente con el variador de velocidad.

Una vez llegado al final de carrera, se vuelve a enviar una señal al PLC para que el manipulador accione el motorreductor y vuelva a la posición de 0°. En ese momento se puede tener libre movimiento hacia abajo para apoyarlo sobre el piso y luego presionar el pulsador Rojo para liberar las ventosas.

En ese momento, el operario regresa el manipulador a la posición inicial y se reinicia el proceso completo.

4. Análisis de Costos

En función de las opciones disponibles en el mercado, se pueden plantear tres tipos de escenarios posibles. Uno de ellos es el escenario actual, donde el proceso es 100% manual, mediante dos operarios. Los otros dos escenarios, comprenden distintos niveles de automatización, siendo uno de ellos el postulado en este proyecto.

El primer escenario comprende el proceso 100% manual, detallado en este proyecto, en la sección 3.1.1. Donde el costo anual del proceso es de USD 56.000 equivalentes a la mano de obra de los dos operarios. Tener en cuenta, que dicho valor no contempla el costo de los desperdicios por defectos en el proceso ni de la dispersión de calidad en el producto final.

El segundo escenario es el planteado a lo largo de este proyecto donde a continuación se presenta tabla de costos correspondientes.

Artículo	Cantidad	Costo Unit USD	Costo Total
Mecanismo Superior Dalmec	1	45.000	45.000
Transportador de rodillos	1	5.500	5.500
Estructura Principal (Caño Estructural 800x100) (barra de 6 mts)	1	300	300
Largueros (Caño Estructural 40x40) (barra de 6 mts)	1	200	200
Ventosa Plana SHFN 85 NK-45 G1/4-AG MOS	12	76	912
Eyectores SEM 25-SDA	6	650	3.900
Bielas Elásticas FSTDE-HD G 1/4" AG 90 VG	12	170	2.040
Manómetro Festo MA-40-10-R1/4-EN.	1	150	150
Conjunto Manillar	2	380	760
Tablero Genrod IP65 Q Energy	1	60	60
Conjunto Porta eyector (Planchuelas y Bulonería)	6	150	900
Motor Reductor LENTAX COT3	1	650	650
PLC Compact Logix 5370 L2 de Allen-Bradley	1	800	800
Sensor Capacitivo Balluff BCS004T	4	150	600
Sensor de Inclinación Balluff BSI000R	2	210	420
Sensor Ultrasónico de proximidad Allen Bradley (873M)	3	40	120
Sensor de Presión Balluff BSP00Y4	1	280	280
Sensor Inductivo Balluff BES006Y	1	190	190
Electroválvula de control direccional Festo 5/3	1	60	60
Pulsadores Harmony XB7	5	20	100
Columna Iluminación 856T Allen Bradley	1	210	210
Tuberías para circuito 8mm Rollo 100m	1	200	200
Relé interposición 700-HTA Allen Bradley - Motor Reductor	1	180	180
Relé Interposición 700-HB Allen Bradley - Eyectores Electrónicos	2	170	340
Cilindro Neumático Compensador ADN-S-63-30 Festo	1	210	210
Total			64.082

Se puede observar que el costo estimado del manipulador es de USD 64.082.

A dicha inversión debemos tener en cuenta que es necesario contar con un operario, el cual tiene un costo estimado de USD 28.000.

Finalmente, el tercer escenario, da origen a la implementación de un brazo robótico, en este caso, el proceso se realizaría 100% de manera automática sin contar con la presencia de ningún operario. Analizando las alternativas de mercado, el Robot más conveniente para realizar la tarea, en función de los requerimientos de planta, lo hallamos en la marca “KUKA”, cuyo modelo es el **KR QUANTEC KR 180 R3500-2 K**.



Ilustración 121 – Robot KUKA KR QUANTEK. Fuente: KUKA

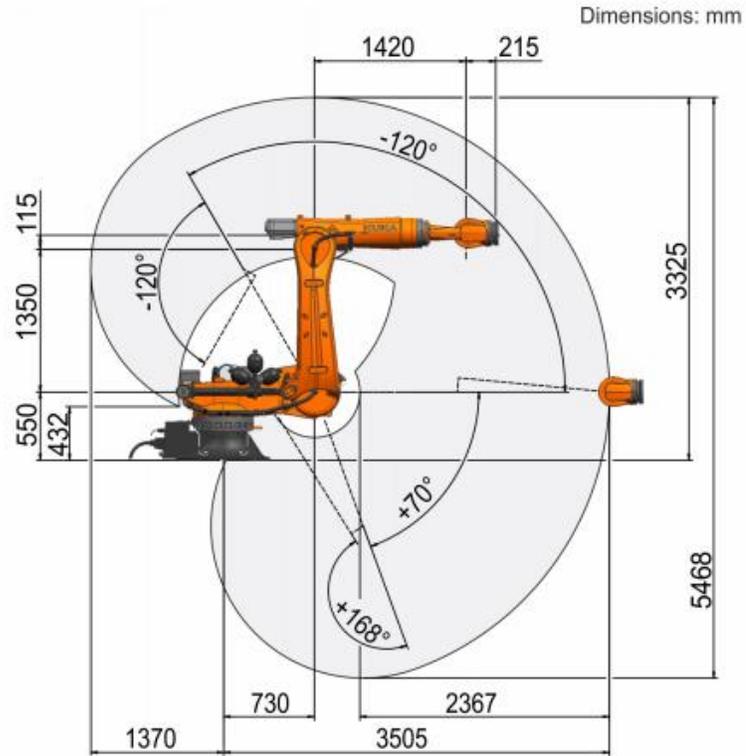


Ilustración 122 – Rango de Movimientos Robot KUKA KR QUANTEK. Fuente: KUKA

Datos técnicos

Alcance máximo	3505 mm
Carga nominal	180 kg
Carga máxima	228 kg
Máxima carga adicional columna giratoria/brazo de oscilación/brazo	300 kg / 130 kg / 150 kg
Repetibilidad de posición (ISO 9283)	± 0,05 mm
Número ejes	6
Posición de montaje	Suelo
Superficie de colocación	754 mm x 754 mm
Peso	aprox. 1256 kg

Ilustración 123 – Hoja de Datos Robot KUKA KR QUANTEK. Fuente: KUKA

Diagrama de cargas

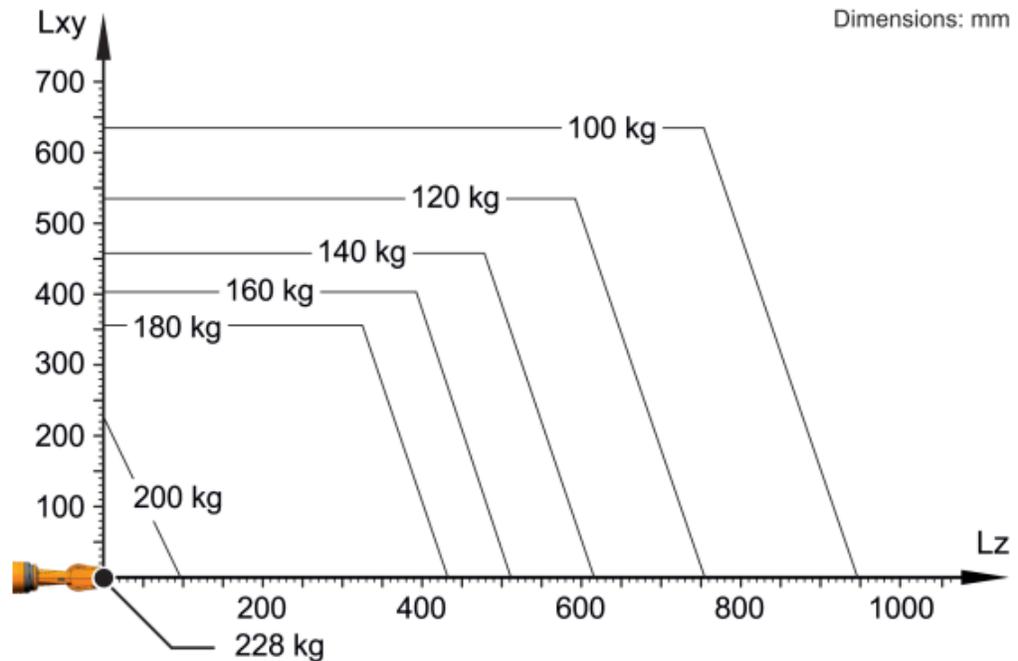


Ilustración 124 – Diagrama de Cargas Robot KUKA KR QUANTEK. Fuente: KUKA

Se puede observar, que dicho robot posee las aptitudes necesarias para la implementación.

Debemos tener en cuenta que el robot, nos proporcionará los movimientos necesarios y se le deberá agregar el sistema de ventosas de modo que pueda manipularse el piso de madera. Por lo que se agrega a los costos de este tercer escenario.

Artículo	Cantidad	Costo Unit USD	Costo Total
Robot Colaborativo KR QUANTEC KR 180 R3500-2 K	1	105.000	105.000
Sistema Neumático de succión (2do Escenario)	1	20.000	20.000
Total		125.000	

5. Conclusión

Este proyecto final de ingeniería nos aporta gran valor al desarrollo personal y profesional ya que nos permite navegar durante toda la carrera, utilizando gran parte de las herramientas y conocimientos incorporados.

Podemos concluir que la aplicación de dicho manipulador es sumamente conveniente dado que no sólo nos permite mejorar los tiempos de montaje y su calidad, sino también, corregir aspectos de seguridad y ergonomía del personal que resultan de vital importancia y no son negociables.

A su vez, nos da la posibilidad de realizar la misma operación con un único operario disminuyendo los esfuerzos y errores en el proceso productivo.

En función de los costos, el manipulador es sumamente conveniente, dado que, si vemos el análisis de costo presentado, rápidamente podemos ver que a lo largo de 2 años recuperamos la inversión ya que el costo total del manipulador es de USD64.000 frente al costo de 2 operarios que equivale aproximadamente a USD56.000.

Vale destacar, que su implementación nos permite tener un proceso más estable y con menos desperdicio que en definitiva se traduce en menores costos de materia prima y dispersión de calidad del producto final.

Si bien, el robot colaborativo del tercer escenario permite una automatización total del proceso, incrementando el costo de la implementación respecto al segundo escenario en un 30% a 40%, a nuestro criterio, no es conveniente. La colocación del piso de madera de la camioneta es un proceso que no exige tal nivel de detalle que justifique dicha inversión, como, por ejemplo, el pegado de cristales, soldaduras, o también pintura del vehículo. Esta implementación con costo sumamente menor, permite semi-automatizar el proceso, protegiendo la integridad de los operarios como también la calidad de los productos.

6. Glosario

Flecha: *“Se denomina flecha, en ingeniería, a la máxima distancia entre la fibra neutra en estado de reposo y lo solicitado bajo carga”.* – Wikipedia

IO-LINK: *“IO-Link es una conexión serie bidireccional punto a punto para transmisión de señal y suministro de alimentación bajo cualquier red o bus de campo. Es la primera tecnología estandarizada a nivel mundial para la comunicación con sensores y actuadores”.* – Maprosensor.com

Lazo Cerrado: *“El control en lazo cerrado aparece ante la necesidad de corregir de forma automática las desviaciones, es decir, la salida en función de la referencia”.* – Sinadrives.com

Madera Contrachapada: *“El contrachapado, también conocido como madera terciada, multilaminado, plywood, o triplay, es un tablero elaborado con finas chapas de madera reforzada pegadas con las fibras transversalmente una sobre la otra con resinas sintéticas mediante fuerte presión y calor”* – Wikipedia

Manipulador: *“Un manipulador mecánico es esencialmente un brazo que puede o no ser robótico, articulado que le permite a un usuario mover, agarrar o actuar sobre diferentes objetos o dispositivos con el fin de optimizar tareas repetitivas”.* – Wikipedia

Momento de Inercia: *“El momento de inercia refleja la distribución de masa de un cuerpo, o de un sistema de partículas en rotación, respecto a un eje de giro”* – Wikipedia

Principio de Venturi: Describe como aumenta la velocidad de un fluido a medida que disminuye la sección transversal del recipiente por el que circula y que a su vez genera una succión. Siendo esta acción la que crea la depresión que genera el vacío.

RPM: Revoluciones por minuto, hace referencia a la cantidad de revoluciones (R) que un eje realiza en el transcurso de un minuto (M).

Scrap: En el contexto industrial, scrap hace referencia a todos los desechos y/o residuos derivados del proceso industrial.

Tacto de Línea: Es el tiempo medio entre el inicio de la producción de una unidad y el inicio de la producción de la siguiente.

Van: Vehículo automóvil, tipo furgón, tanto para el transporte de mercaderías como minibus para pasajeros.

7. Bibliografía

- Neumática del sistema: <https://www.schmalz.com/es-es/tecnica-de-vacio-para-la-automatizacion/componentes-de-vacio/elementos-de-fijacion/bielas-elasticas/bielas-elasticas-fste-hd-307077/>
- Manipulador Superior: <https://www.dalmec.com/es/manipulators/micropartner/#1646923210153-6e7bd487-0e07>
- Sistema Neumático: https://www.festo.com/ar/es/a/5132668/?q=%7E%3AsortByCoreRangeAndSp2020%7E%3ACC_Stroke_mm_C_FP_GLOBAL%7E%3A30.0%7E%3ACC_Theoretical_force_advance_stroke_FoX_MYCH_3045_C_FP_GLOBAL%7E%3A%255B1500%252C%255D
- Neumática del sistema: <https://www.schmalz.com/es/tecnica-de-vacio-para-la-automatizacion/componentes-de-vacio/ventosas-de-vacio/ventosas-para-la-manipulacion-de-madera/ventosas-planas-shfn-304333/>
- Neumática del Sistema: <https://co.microautomacion.com/es/catalog/eyectores-multietapa-sem/>
- Sensores y Actuadores: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/hardware/allen-bradley/sensors-and-switches.html>
- Sensores y Actuadores: <https://www.balluff.com/>
- Sensores y Actuadores: <https://www.se.com/ar/es/product-category/4800-pulsadores-e-interruptores/?filter=business-4-productos-y-sistemas-de-baja-tensi%C3%B3n>
- Perfiles de Acero: <https://dipacmanta.com/producto/tubos/tubo-estructural/tubo-estructural-cuadrado-galvanizado/>
- Bibliografía Estabilidad: Estabilidad. Enrique D. Fliess. KAPELUSZ
- Estabilidad – Cursada año 2020 UADE