

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Diseño y construcción de prototipo de sistema de sujeción de
cargas de un transelevador para el acomodamiento de tarimas
en bodega de Grupo Roca Fuerte Guatemala**

Protocolo de trabajo de graduación presentado por Carlos Daniel
Hengstenberg Chocooj, estudiante de Ingeniería Mecatrónica

Guatemala,

2021

Resumen

El siguiente protocolo de graduación consiste en el diseño y construcción de un prototipo del mecanismo de sujeción de un transelevador para el Grupo Roca Fuerte como trabajo de graduación. Principalmente se diseñará un prototipo del sistema de sujeción que sea capaz de realizar un movimiento horizontal en donde la garra del motacargas pueda obtener los pallets de las estanterías y soportar el peso de dicha carga, no se diseñó una garra retraible como la de los montacargas convencionales ya esto puede afectar el equilibrio de todo el sistema ya que es monocolumna y agregaría significativamente más peso al sistema, por lo que se diseñó una garra estática que se desplazará horizontalmente mediante un riel haciendo que la sujeción de los pallets sea más eficiente. El segundo reto que implica el diseño del mecanismo de sujeción consiste en que la garra no solo tendrá que tomar los pallets de una estantería sino que tendrá que hacerlo en dos estanterías que se encuentran una al lado contrario de la otra por lo que para resolver este inconveniente, aprovechando que el sistema total es monocolumna, se diseñó un sistema de movimiento que le permite a la garra girar 180 grados haciendo que pueda encarar la estantería de adelante y la de atrás, esto sin comprometer el equilibrio ni la seguridad de todo el sistema de montacargas.

Antecedentes

Sistemas de almacenamiento a nivel local en Guatemala

Los sistemas de almacenamiento autónomo son un invento que vino a revolucionar la industria ya que brinda una mayor rapidez en los procesos, eficientizando así, todo el proceso de almacenamiento ya que reduce tiempos en la colocación de los productos en sus respectivos racks y en la extracción de los mismos hasta una zona de despacho, esta tecnología se utiliza para reducir los costos de operación, reducir personal operativo, aprovechar de una mejor manera los espacios de la bodega y para evitar cualquier tipo de error humano en la manipulación de las cargas.

En nuestro país Guatemala existe una gran cantidad de empresas las cuales se dedican a la venta de diferentes productos, ya sea de construcción, alimenticios, agrícolas, agropecuarios, entre tantos otros productos más de los cuales se necesita almacenar mientras estos mismos son vendidos, las empresas grandes utilizan bodegas de tamaños considerablemente grandes para el almacenamiento de estos, la mayoría de empresas almacenan sus productos en sus bodegas utilizando racks convencionales como efectivamente lo hace el Grupo Roca Fuerte. Cabe recalcar que actualmente en Guatemala no existe operando una bodega autónoma en su totalidad y ninguna con el sistema autónomo de transelevación.

En Guatemala existen varias empresas que se dedican a brindar soluciones de almacenamiento que tratan de eficientizar los procesos para las bodegas de almacenamiento. Se tomaron 3 de estas empresas más relevantes en el país como referencia para indagar más acerca del tema de almacenamiento eficiente y de como se podría mejorar estos procesos. Las empresas mas sobresalientes en el país son las siguientes:

1. Logimerk:

Es una empresa innovadora en sistemas de almacenaje y venta de productos industriales, con más de 15 años sirviendo al mercado guatemalteco y centroamericano, ofreciendo un servicio personalizado, productos de calidad y precios competitivos. Trabajan diseños personalizados que se ajustan a las necesidades de almacenamiento, además de contar con personal altamente capacitado para su instalación.**Logimerk**

2. Grupo Equisa Centroamérica.

Equisa se dedica a la comercialización de servicios de almacenamiento a nivel industrial, identificados en el mercado como la Compañía líder y de mayor prestigio y experiencia en Centroamérica en Importación, Implementación y Montaje de Sistemas de Almacenaje (Sistemas de Estanterías Metálicas) ofreciendo las mejores marcas a nivel mundial tanto en calidad, servicio, tecnología de punta y servicio técnico.**Equisa**

3. Remisa.

Esta empresa distribuye Sistemas de Almacenamiento de la marca Estanterías Record fundada en Granada España en 1978, tienen a su disponibilidad sistemas selectivos, drive in, picking, cantiléver Etc. Ofrecen asesoría técnica, mediciones de bodega con el diseño que mejor se ajuste a las necesidades del cliente según producto, industria y capacidad proyectada para almacenar**Remisa**

Sistemas de almacenamiento a nivel internacional

El sistema de almacenamiento de cargas autónomo cada vez es más cotizado por las empresas que utilizan bodegas para guardar sus productos mientras estos son vendidos, esta industria de la automatización ha sido en gran parte una mejora para todas aquellas empresas que han adaptado la autonomía a sus procesos e ideologías de almacenamiento, muchas empresas de primer mundo actualmente trabajan con bodegas totalmente autónomas que funcionan de distintas maneras y una de las más eficientes y cotizadas por las empresas es el sistema automatizado por medio de transelevadores, existen varias empresas a nivel mundial que están desarrollando y vendiendo esta tecnología, sin embargo, hay ciertas empresas que destacan dentro de la industria por su alta calidad y eficacia con la que trabajan y de las cuales se tomaron como referencia para el desarrollo del sistema de almacenamiento autónomo para Roca Fuerte, las cuales se presentan a continuación:

1. Mecalux Esta es una empresa de España los cuales son pioneros en la industria de almacenamiento automatizado y han hecho trabajos para empresas muy importantes de su región para empresas de renombre y se caracterizan por automatizar bodegas muy grandes. **Mecalux**



Figura 1: Transelevador Mecalux **Mecalux**

2. SSI Schaefer.

SSI Schaefer fue fundada en 1937 como una empresa de fabricación de productos de chapa y desde entonces ha ido creciendo hasta convertirse lo que hoy en día se le conoce como el proveedor de soluciones de productos y sistemas logísticos más importante del mundo.**SSI**



Figura 2: Transelevador SSI Schaefer **SSI**

3. TGW group.

Esta es una empresa que ofrece sistemas de intralogística altamente automatizados, eficientes y preparados para el futuro, TGW soluciona los desafíos de la cadena de suministro de sus clientes.**TGW**



Figura 3: Transelevador TGW Group **TGW**

Justificación

En la industria de la construcción generalmente se utilizan más materiales de tamaño grande que pequeños y por eso los distribuidores de estos materiales ocupan bodegas en donde sitúan todo el inventario. mediante una plataforma en internet ofrecen el catálogo de materiales que están vendiendo y la cantidad de la que disponen, en el caso de Roca Fuerte utilizan la plataforma llamada WMS que lleva toda la base de datos del inventario que disponen en la bodega. El procedimiento para los pedidos funciona mediante una orden realizada directamente desde la página web en WMS seleccionando el material y la cantidad necesaria que desea el cliente y mediante esa orden los obreros de Progreso Labs empiezan a alistar la orden cargando todo el material solicitado ya sea con montacarga o mediante los obreros para poder llevarlos al lugar de despacho, muchas veces los pedidos se atrasan ya que al tener únicamente espacio para un montacargas el tener dos o más órdenes en un periodo de tiempo corto la fila de espera se vuelve más y más larga ya que el equipo de despacho se satura tanto que en ocasiones se deben cargar los materiales con los obreros debido a que el montacarga se encuentra ocupado, este proceso no es solo tardado sino que compromete la salud de los obreros, y ahí es en donde nuestro equipo de trabajo de graduandos de quinto año de Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica de la Universidad del Valle de Guatemala encuentra una solución que consiste en la automatización de la bodega de Roca Fuerte mediante un sistema de levantamiento de cargas que actúa mediante un mecanismo que se mueve verticalmente y horizontalmente para ubicar las estanterías de donde se requiere el material que ubicará mediante posiciones matriciales, utilizará sensores ultrasónicos, un sistema de pinzas de montacarga para la sujeción de los materiales en sus respectivos palets y una serie de rieles por donde dicho mecanismo se movilizará y llevará el pedido en un tiempo muy reducido hasta el sitio de despacho, agilizando el proceso de entrega y evitando que los clientes esperen tanto tiempo por su pedido, así como también se evitarán las cargas muy pesadas para los obreros.

En las bodegas que distribuyen materiales de construcción en volúmenes relativamente altos siempre se debe hacer una larga espera luego de hacer el pedido ya que la demora es mientras los operadores de las tiendas alistan el pedido y lo cargan a los camiones y como en la industria de la construcción en su mayoría de veces los materiales son muy pesados y esto hace que los operadores demoren bastante en despachar el producto a los consumidores, la demora por esperar a cargar el producto al transporte es un problema que se da y que los clientes tienen que soportar ya que no hay una manera más eficiente de cargar los productos

y llevar la cuenta de los mismos, para esto se utiliza un montacargas convencional que es el encargado de despachar los pedidos hacia el área de despacho para cargar el producto y enviarlo a los clientes, los pedidos se mantienen montados sobre pallets(Figura No.1) y ordenados en una bodega con carriles de estanterías, para el sistema de levantamiento de cargas la empresa de Roca Fuerte asignó un carril entre dos estanterías para desarrollar el mismo.

Acomodamiento de cargas es un proyecto que estudia los espacios, colocación, transporte y toda la logística sobre la automatización del carril asignado en una bodega de despacho de materiales de construcción agilizando el proceso para la entrega de los productos y reduciendo el tiempo de espera de los clientes, esta es una solución que ayudará tanto a los clientes como a la tienda propia ya que se podrá despachar más pedidos por día y los compradores no tendrán que soportar una larga demora para obtener su pedido, así como también se evitarían los retrasos ya que el sistema haría el proceso de colocar los productos en las estanterías de una manera más eficiente y también se reducirían las pérdidas o descontrol de inventario ya que al momento de la colocación o extracción el sistema automáticamente irá mandando información hacia el software WMS para llevar un conteo más certero.

Objetivos

Objetivo General

Crear un mecanismo de sujeción capaz de trasladar cargas en pallets de dos estanterías situadas en lados opuestos.

Objetivos Específicos

- Reducir el tiempo de espera para despachar y colocar productos.
- Sujetar cargas de las dos estanterías en un menor tiempo que con un montacargas convencional.
- Diseñar un sistema de desplazamiento de la garra para adquirir la carga sin comprometer el equilibrio de todo el mecanismo.

Marco teórico

Para llevar a cabo el sistema de levantamiento de cargas se debieron de seguir una serie ordenada de pasos dividiendo el proyecto en fases para el análisis correcto de todos los componentes y estructuras que lo conforman, estas fases se fueron trabajando con el tiempo hasta llegar a un resultado satisfactorio tanto para el equipo de graduandos de Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica como para el personal de Cementos Progreso y Roca Fuerte. A cada integrante del grupo del proyecto se le asignó una parte importante para idear, prototipar y desarrollar por lo que cada parte es sumamente importante y dependiente de las demás partes para el completo funcionamiento del sistema automatizado. El sistema de sujeción es la parte encargada de recibir, colocar y soportar la carga del pallet y su

contenido, este sistema debe de poder desplazarse hacia abajo o hacia arriba paralelamente a la monocolumna, el conjunto de pinzas de sujeción debe de estirarse y encogerse para obtener o colocar los pallets y debe de poder trasladarse junto con la monocolumna en el riel paralelo al suelo hacia el área de despacho, debe de poder asegurar el pallet y su contenido para que durante los movimientos este no pueda caerse ni agitarse de manera que se dañen los materiales o productos, todo esto mientras se soporta el peso de las cargas.

Las fases para el desarrollo del sistema de sujeción del sistema de monta cargas para la bodega de Roca Fuerte se dividieron en cuatro que son las siguientes:

Conocimiento de campo de trabajo

Se visitaron las instalaciones de la bodega de Roca Fuerte de Cementos Progreso para conocer el lugar específico en donde se realizará el trabajo para obtener datos importantes como el espacio disponible para el desarrollo del proyecto, y obtener ideas a simple vista del posible funcionamiento del sistema, para el proyecto fue asignado únicamente un carril dentro de la bodega siendo este el que se encuentra justo en el centro de la misma ya que la bodega está construida a dos aguas por lo que el carril del centro es el más alto (Figura No.1), cuenta con una viga justo en lo más alto que atravieza todo el carril el cual ayudará para la sujeción de todo el sistema de levantamiento de cargas, durante la visita se pudo observar como estaban las cargas en todas las estanterías y estas se encuentran montadas sobre un pallet (Figura No.2) ya que es una base que se utiliza para facilitar el transporte de estos materiales al ser más fácil para un montacargas agarrarlo. El carril de estanterías que fue asignado cuenta con un total de 380 espacios para pallets, 190 por cada estantería.



Figura 4: Carril de estanterías

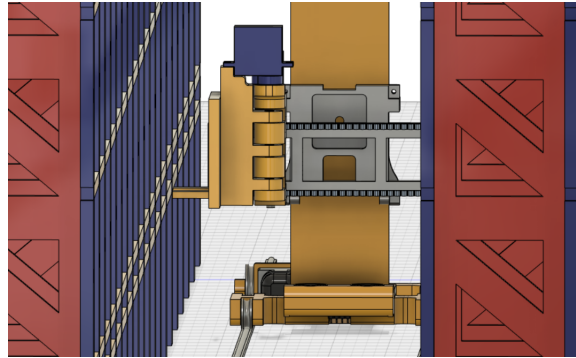


Figura 5: Pallet para productos

Prototipo

Mediante las ideas escogidas para el diseño final del mecansimo se pusieron dichas ideas en papel mediante la creación de una serie de bocetos para que la idea quedara más clara y se pudiera tener una mejor referencia de lo que se quería lograr. Una vez el boceto de prototipo listo con las medidas pensadas para que a la hora de desarrollar el prototipo se pudiera observar con claridad el funcionamiento siendo este lo más parecido a la realidad a una escala pequeña.

Figura 6: Ensamble de Mecansimo de sujesión a sistema completo



Desarrollo

Para el desarrollo se realizó la parte de fabricación de las piezas a utilizar, se emplearon tecnologías como la impresión 3D y la cortadora laser para piezas en MDF, se compraron servo-motores los cuales se adaptaron al diseño, sensores de proximidad, leds, entre otros componentes electrónicos.

Metodología

Lluvia de ideas

Para la lluvia de ideas se analizaron todas las medidas tomadas durante la visita a la bodega de Roca Fuerte, para tomar en cuenta el tamaño del mecanismo y las funciones que este pudiera realizar. Se comenzó analizando el sistema de desplazamiento horizontal del mecanismo para que tuviera un tamaño adecuado para alcanzar los 380 pallets que se encuentran en el carril asignado, luego se analizó el sistema de movimiento vertical que se encargara de subir y bajar la distancia necesaria para alcanzar los pallets y poder obtenerlos sin ningún problema, seguido de eso se analizaron las posibilidades del levantamiento de cargas ya que tenía que ser capaz de sujetar las cargas de ambas estanterías, todo esto tomando en cuenta que el carril no podía modificarse, ni cambiar de lugar las estanterías ni el estilo de pallets, se debía de crear un sistema totalmente compatible con la estructura que ya contaba la empresa de Roca Fuerte. Al final se analizó el software del sistema que se conecta con el inventario que lleva la empresa por medio de la plataforma de WMS.

El sistema de monta cargas que se decidió implementar es de tipo monocolumna, el hecho de hacerlo monocolumna ayudó a utilizar de una mejor manera el espacio disponible y dando la posibilidad al mecanismo de girar a 180° sin tener que mover todo el mecanismo hasta un extremo del carril, haciéndolo bicolumna nos obligaba por el espacio a trasladar todo el mecanismo hacia un extremo del carril para que el sistema de sujeción cambiara de sentido para obtener cargas de la estantería opuesta, quitándonos mucho tiempo por lo que el eliminar una columna sin comprometer la funcionalidad del mecanismo fue de mucha ayuda para obtener un diseño óptimo y funcional, esto no afectará el mecanismo ya que las cargas con las que se estarían trabajando la monocolumna funcionaría de una buena manera

ahorrando espacio y material de fabricación.

Sistema general

La logística del proyecto se divide en tres partes: Ubicación, despacho y factureo. en cada uno de estas fases se trabajó utilizando los datos recolectados mediante entrevistas, historial de la tienda, espacio disponible, peso de productos, entre otros datos importantes que se fueron analizando para definir el tipo de sistema que se diseñaría para el despacho de los productos.

Fase de Ubicación

Para la fase de ubicación, se tomaron en cuenta la estadística de los productos que son pedidos con más frecuencia y los menos pedidos, en base a esto se trabajó la logística de la ubicación de cada producto para que estén mas, o menos inmediatos dependiendo de su demanda y se buscaron ubicaciones estrategicas para que el sistema funcione de la manera mas eficiente posible.

Figura 7: Ubicación de pallets en racks



Fase de despacho

Para la fase de despacho, se diseñó el sistema mecatrónico que sea capaz de ubicar un producto en específico, cuantificarlo dependiendo de la cantidad deseada por el cliente y despacharla de la bodega al área de repartición de productos en donde trasladan el producto directamente hacia el camión que transportará todo el material. El mecanismo es capaz de transportar estas cargas con una velocidad mayor a la de un montacargas convencional, agilizando el tiempo de entrega de los pedidos.

Figura 8: Ubicación de pallets en racks



Fase de Factureo

Para la fase de factureo, se trabaja por medio del software utilizado por la empresa actualmete llamado WMS que funciona específicamente para el manejo de inventarios de una empresa y con el cual se hace la interacción entre el sistema automatizado que se diseñó y este software para que al momento de que el comprador seleccione su pedido automaticamente el sistema va descontando la cantidad egresada del inventario y suma el precio de las unidades egresadas para luego subir los datos a la factura que se entregará al cliente.

Figura 9: Sistema WMS para inventario



Mecanismo de sujeción de cargas

El mecanismo de sujeción de cargas es una de las partes más importantes de todo el sistema, ya que es el encargado de sujetar las cargas que se desean mover, estas se encuentran situadas en pallets repartidas tanto en la estantería de la derecha como la de la izquierda, el mecanismo tiene que ser capaz de soportar todo el peso de las cargas incluso cuando todo el sistema se encuentra en movimiento y teniendo las dimensiones lo suficientemente precisas para poder hacer una correcta interacción entre las pinzas y el pallet. para el diseño y fabricación de este mecanismo de sujeción se siguió una serie de pasos para poder cumplir con todas las funciones requeridas que se describen a continuación:

Movimiento horizontal

Para el movimiento horizontal se diseñó un riel el cual se encuentra justo en la unión entre la monocolumna y el sistema de sujeción, este servirá para desplazarse horizontalmente con el fin de que las pinzas alcancen los pallets y al momento de retraerse puedan retirar los pallets del rack. todo el sistema de sujeción irá unido a este riel, cuenta con un par de cremalleras situadas a un costado del riel para que el motor que se encuentra montado sobre el sistema pueda decidir si quiere desplazarse positiva o negativamente sobre su eje, ya que sobre el par de cremalleras se sitúa un conjunto de engranajes que transmiten la potencia a lo largo del eje que los atraviesa para poder desplazar todo el sistema de sujeción.

Figura 10: rieles

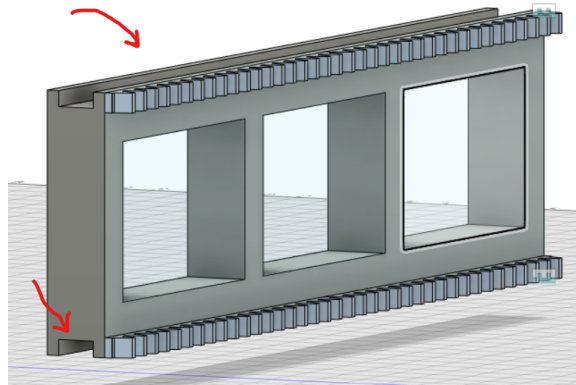


Figura 11: cremalleras

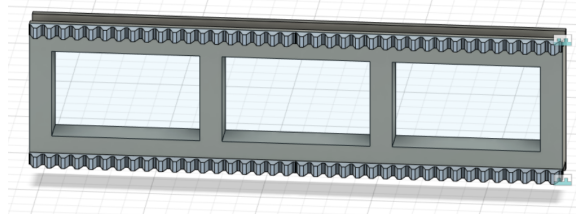
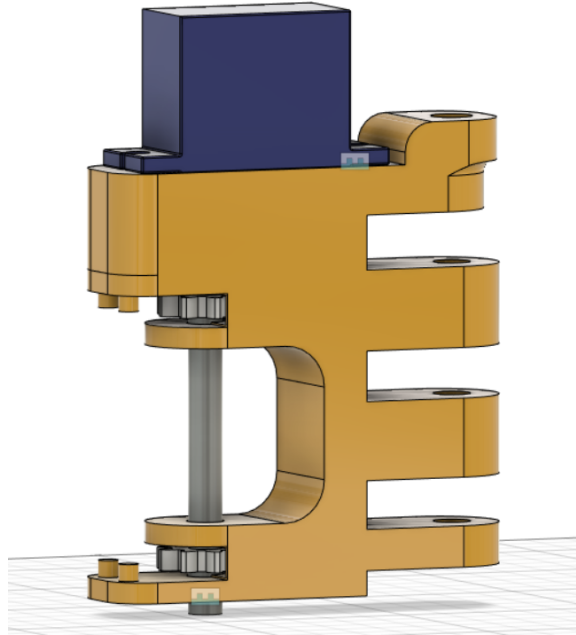


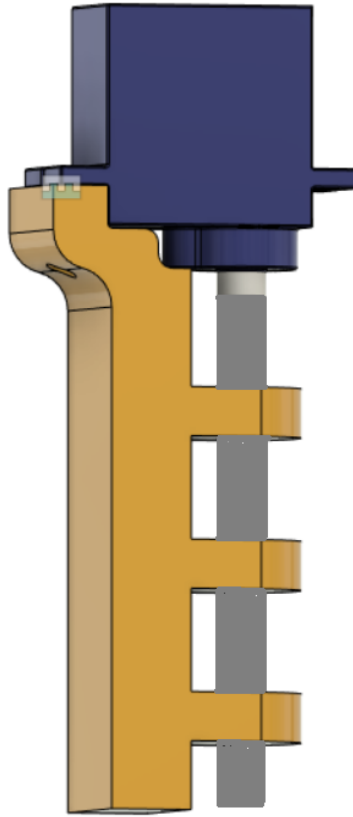
Figura 12: Unión mecanismo de desplazamiento horizontal



Giro 180°

La solución mas eficiente para poder tomar pallets de las estanterías izquierda y derecha es implementar que el mecanismo de sujeción pueda girar 180° para que el sentido de las pinzas cambie y quede encarando al pallet de la otra estantería sin estorbar o perjudicar la estructura del sistema, al estar en un extremo del riel de movimiento horizontal las pinzas podrán obtener un pallet de una estantería, y al tener el sistema de sujeción justo en el centro del riel, este puede hacer girar el sistema para que el conjunto de pinzas quede en cara hacia el lado contrario. El sistema cuenta con un motor que transmite su potencia a un eje en el cual está sujetado el conjunto de pinzas el cual realiza la tarea de girar las pinzas y que cambien de sentido.

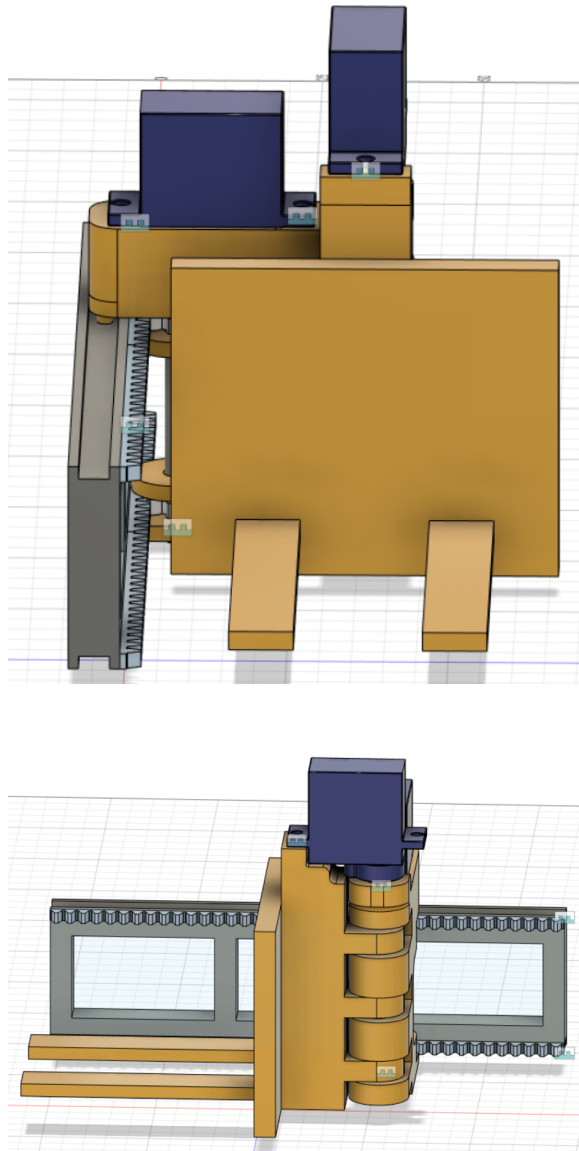
Figura 13: Unión para sistema de giro



sujesión de carga

La sujesión de la carga se diseño por medio de un par de pinzas basadas en los monta cargas convencionales, estas pinzas encajan perfectamente con los orificios que un pallet convencional tiene y los culales utiliza Roca Fuerte para colocar sus distintos productos, se diseño de esta manera el juego de pinzas para adaptar la maquina en su totalidad a la estructura que Roca fuerte maneja sin tener que hacer ningun cambió, estas pinzas estan diseñadas para poder tomar pallets incluso de las filas al raz del suelo de las estanterías, cosa que no realizaba con anterioridad Roca Fuerte, ya que en las dos primeras filas tenían un área de pick in con productos muy pequeños los cuales se encargaban los operarios de colocar y extraer.

Figura 14: Ensamble de sistema de sujeción



Cronograma de actividades

ID	PLAN DE TRABAJO PROGRESO LABS				Days
	Listado de tareas	Start	End	Progreso	
1	<i>Definición de proyecto a trabajar</i>	19/04/2021	01/09/2021	15%	
2	Diseño mecánico del prototipo	08/03/2021	21/05/2021	69%	35
5	Diseño del sist. colector de pallets (prototipo)	05/04/2021	21/05/2021	90%	3
7	Corte, impresión y compra de sensores para prototipo	12/04/2021	18/06/2021	36%	20
25	Impresión 3D sistema de levantamiento de carga (garra)	07/06/2021	18/06/2021	0%	5
26	Impresión 3D componentes extras y uniones de máquina	07/06/2021	18/06/2021	0%	2
27	Construcción del prototipo	21/06/2021	25/06/2021	0%	5
28	Unión del modelo de estanterías	21/06/2021	25/06/2021	0%	2
29	Unión de diseño 3D de la máquina completa	21/06/2021	25/06/2021	0%	2
30	Unión del diseño 3D con las estanterías (con rieles)	21/06/2021	25/06/2021	0%	2
32	Pruebas del funcionamiento de prototipo	05/07/2021	16/07/2021	0%	7
33	Programación de manejo de inventarios	28/06/2021	16/07/2021	0%	7
34	Presentación de avances de prototipo con Progreso Labs	26/05/2021	01/09/2021	0%	
35	Presentación de avances (9)	26/05/2021	26/05/2021	0%	
36	Presentación de avances (10)	09/06/2021	09/06/2021	0%	
37	Presentación de avances (11)	23/06/2021	23/06/2021	0%	
38	Presentación de avances (12)	07/07/2021	07/07/2021	0%	
39	Presentación de avances (13)	21/07/2021	21/07/2021	0%	
40	Presentación de avances (14)	04/08/2021	04/08/2021	0%	
41	Presentación de avances (15)	18/08/2021	18/08/2021	0%	
42	Presentación de avances (16)	01/09/2021	01/09/2021	0%	
43	Traslado de prototipo a máquina tamaño real			0%	
44	Investigación de disponibilidad de materiales localmente			0%	
45	Cotización para sistema real basado en la disp. de materiales			0%	
47	Diseño del sist. colector de pallets			0%	

Índice preliminar

Referencias