UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Repositorio Digital USM **https://repositorio.usm.cl**

Tesis USM Tesis Ingeniería en Diseño de Productos IDP

2016-11

ANÁLISIS DE UNA SOLUCIÓN TÉCNICA DE AUTOMATIZACIÓN PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL PROCESO PRODUCTIVO EN LA INDUSTRIA AGRÍCOLA

CAMILA IGNACIA, MANZI PALACIOS

https://hdl.handle.net/11673/56380

Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
INGENIERÍA EN DISEÑO DE PRODUCTOS
VALPARAÍSO – CHILE

"ANÁLISIS DE UNA SOLUCIÓN TÉCNICA DE AUTOMATIZACIÓN PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL PROCESO PRODUCTIVO EN LA INDUSTRIA AGRÍCOLA"

CAMILA IGNACIA MANZI PALACIOS
TRABAJO DE TÍTULO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO EN DISEÑO DE PRODUCTOS
CHRISTOPHER NIKULIN
NOVIEMBRE - 2016

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos están con todos aquellos que fueron parte fundamental del crecimiento profesional y personal. A todos aquellos que inspiraron, motivaron y apoyaron este proceso de formación.

A toda mi familia, en especial a mi mamá, papá, hermanas y madrina, quienes apoyaron incondicionalmente la decisión de formarme profesionalmente en otra región.

A mi profesor guía, quien con su constante presencia y apoyo, logro culminar con un proceso de formación de una Ingeniero en Diseño de Productos.

Finalmente, a todos quienes lograron ser mi familia extendida y parte de lo que de ahora en adelante será mi Alma Mater.

Gracias, gracias, gracias.

RESUMEN

Dentro de las diversas industrias y diferentes empresas se encuentran distintos obstáculos para detectar de manera correcta necesidades desde la perspectiva de quienes toman las decisiones. Esto se debe por la poca claridad existente de las necesidades y requerimientos que los actores y las empresas tienen. Esto complica de sobremanera el quehacer de los ingenieros responsables de solucionar aquellos problemas que surgen en el día a día.

Es por esto, que este trabajo tiene como objetivo idear y utilizar una metodología que sea estructurada, que permita sistematizar la identificación clara de los requerimientos que nacen a diario dentro de una industria. Esto permitirá generar un diseño conceptual que permita solucionar una problemática dentro de una empresa. Ello, utilizando métodos que permiten identificar, parametrizar, analizar y evaluar diferentes requerimientos.

El objetivo de esta metodología es que pueda usarse en distintos tipos de empresas o problemáticas para poder generar una solución a través de un diseño conceptual, concibiendo un producto innovador que utilice las diversas tecnologías disponibles.

Esta metodología genera una simbiosis de métodos y modelos para la identificación de la problemática y su contexto; como lo es el benchmarking para analizar los productos similares ya existentes en el mercado o el análisis de patentes, para entender e identificar lo que se a desarrollado a nivel de procesos. Luego se sigue con el modelo de Becattini para identificar y clasificar los requerimientos. Posteriormente se identifican y explican las distintas funciones que se deben cumplir, lo que conlleva a los bosquejos y su análisis. Luego se genera un modelo virtual que permite realizar una simulación permitiendo generar un análisis de lo diseñado para finalmente general las cotizaciones, compra y construcción del producto.

Para validar la metodología propuesta, se presenta un caso aplicado para generar la elaboración de un producto que permita automatizar el proceso de paletizado de cajas en la industria agrícola. Esto con el objetivo de reducir la carga física de trabajo y acelerar los proceso y hacer del trabajo uno más eficiente dentro de la empresa Rucaray (dedicada a la exportación de frutas). Este trabajo se desarrolla por el Centro Científico Tecnológico de Valparaíso (CCTVal).

La aplicación de esta metodología permite establecer un estado del arte completo y justificado que permite a aquellos que deban tomar las decisiones dentro de las empresas tener una mayor claridad de las necesidades de la empresa y del producto a diseñar. Por otro lado, entrega un diseño de producto los suficientemente robusto

acorde a los requerimientos establecidos por el problema y el contexto en el que se ve inmerso. Esto sucede ya que dentro de las etapas de la metodología se encuentra el establecer y evaluar los parámetros que nacen de los requerimientos. Lo que permite la reducción del tiempo de diseño o rediseño del producto.

ABSTRACT

Within the various industries and different companies are different obstacles to correctly detect needs from the perspective of decision makers. This is due to the lack of clarity of the needs and requirements that the actors and companies have. This complicates greatly the task of the engineers responsible for solving those problems that arise in the day to day.

It is for this reason that this work aims to devise and use a methodology that is structured, allowing systematizing the clear identification of the requirements that are born daily within an industry. This will generate a conceptual design that allows solving a problem within a company. This, using methods that identify, parameterize, analyze and evaluate different requirements.

The objective of this methodology is that it can be used in different types of companies or problems in order to generate a solution

through a conceptual design, conceiving an innovative product that uses the various technologies available.

This methodology generates a symbiosis of methods and models for the identification of the problem and its context; Such as benchmarking to analyze similar products already in the market or the analysis of patents, to understand and identify what has been developed at the process level. Then the Becattini model is followed to identify and classify the requirements. Later, the different functions to be fulfilled are identified and explained, which leads to the sketches and their analysis. Then a virtual model is generated that allows to carry out a simulation allowing to generate an analysis of the designed to finally general the quotations, purchase and construction of the product.

To validate the proposed methodology, an applied case is presented to generate the elaboration of a product that allows automating the process of palletizing boxes in the agricultural industry. This, with the objective of reducing the physical workload and speeding up the process, making the work a more efficient one within the company Rucaray (dedicated fruit export). This work is developed by the Technological Science Center of Valparaiso (CCTVal).

The application of this methodology allows to establish a complete and justified state of the art that allows those who must make the decisions within the companies to have a greater clarity of the needs of the company and the product to be designed. On the other hand, it delivers a product design sufficiently robust according to the requirements established by the problem and the context in which it is immersed. This happens because within the stages of the methodology is to establish and evaluate the parameters that arise from the

requirements. This allows the reduction of design time or product redesign.

ÍNDICE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....15

2. OBJETIVOS 19

3. ALCANCE 21

4. ESTADO DEL ARTE.....22

4.1 Análisis de patentes.....23

4.2 Análisis tipo Benchmarking: 24

4.3 Modelo de Becattini 26

5. METODOLOGÍA A UTILIZAR.....30

5.1 Primera Etapa: definición del producto y su problemática.....32

5.2 Segunda Etapa: definición de funciones 34

5.3 Tercera Etapa: análisis de bosquejos basados en diseño conceptual.....35

5.4 Cuarta Etapa: desarrollo de modelo de requerimientos asociados al diseño conceptual 36

5.5 Quinta Etapa: definición de diseño conceptual basado en requerimientos .37

5.6 Sexta etapa: Diseño y modelo CAD del diseño conceptual esperado 37

5.7 Séptima Etapa: Simulaciones digitales del producto & feedback 38
5.8 Octava etapa: análisis de resultados a partir de las simulaciones. 38
5.9 Novena Etapa: Evaluación técnico-económico & fabricación..... 39

6. CASO APLICADO.....40

6.1 Primera etapa: Definición del producto y su problemática..... 41
6.1.1 Automatización 41
6.1.2 Automatización en la industria agrícola 44
6.1.3 Industria Agrícola..... 46
6.1.4 Empresa Rucaray 48
6.1.5 Producto a desarrollar..... 49
6.1.6 Grippers..... 50
6.1.7 Características y clasificaciones de los gripper: 56
6.2 Segunda etapa: Definición de funciones..... 65
6.3 Tercera Etapa: Análisis de bosquejos basados en diseño conceptual 70
6.4 Cuarta etapa: Desarrollo de modelo de requerimientos asociados al diseño conceptual 79
6.5 Quinta etapa: definición del diseño conceptual basado en requerimientos . 81
6.6 Sexta etapa: Diseño y modelo CAD del diseño conceptual esperado 82
6.7 Séptima Etapa: Simulaciones digitales del producto..... 85
6.8 Octava Etapa: análisis de resultados a partir de las simulaciones. 86
6.9 Novena etapa: Análisis técnico-económico & construcción 90

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 95

8. BIBLIOGRAFÍA.....98

9. ANEXOS 104

Anexo 1: Ley 20.001 104
Anexo 2: Parámetros de Becattini..... 107
Anexo 3: Tipos y dimensiones de cajas empresa Rucaray. 111
A3.1: Caja Damasco 111
A3.2: Caja Negra 112

A3.3 Caja Royal..... 113
A3.4 Caja David del Curto 114
A3.5 Caja David del Curto 2..... 115
A3.6 Caja Manzanas Quality..... 116
A3.7 Cerezas Rucaray..... 117
A3.8 Cerezas Oppy 119
Anexo 4: Estiva pallets. 120
Anexo 5: Modelo CAD gripper 122
Anexo 6: Cotizaciones de materiales. 123
Anexo 7: Proceso de construcción..... 132

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1: Criterios de evaluación según Becattini..... 27
Tabla 2: Pasos a seguir en Primera Etapa. 33
Tabla 3: Características de la automatización. 43
Tabla 4: Patentes encontradas sobre los gripper o mecanismos relacionados con el paletizado 53
Tabla 5: Grippers existentes en el mercado 56
Tabla 6: Clasificación de grippers.. 57
Tabla 7.1: Resumen Cajas 59
Tabla 7.2: Resumen Cajas 60
Tabla 8: Descripción de las etapas funcionales 67
Tabla 9: Proceso de desarrollo de diseño conceptual. 76
Tabla 10: Definición de requerimientos.... 80
Tabla 11: Descripción de partes del gripper. 83
Tabla 12: Análisis cualitativo de resultados. 90
Tabla 13: Listado de piezas 94

Tabla 14: Parámetros del Modelo de Becattini. 110
Tabla 15: Estiva de pallets Rucaray. 121
Tabla 16: Resumen de cotización de materiales para la estructura 124
Tabla 17: Resumen de cotización de materiales para los mecanismos. 126

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1: Clasificación de parámetros de evaluación 29
Figura 2: Etapas del proceso de diseño... 31
Figura 3: Fotografía del brazo robótico Yaskawa Motoman- MH50 II-35 61
Figura 4: Robot Yaskawa 62
Figura 5: Red de Problemas 64
Figura 6: Funcionamiento del gripper. 65
Figura 7: Ciclo de funcionamiento HOME del gripper. 68
Figura 8: Ciclo de funcionamiento PICK & UP del gripper. 69
Figura 9: Ciclo de funcionamiento OVER PALLET del gripper. 69
Figura 10: Ciclo de funcionamiento OVER POSITION & DROP del gripper. 70
Figura 11: representación del gripper con cajas. 77
Figura 12: bosquejo gripper 81
Figura 13: Modelo CAD con sus partes. .. 82
Figura 14. Modelo CAD de gripper 84
Figura 15: Secuencia de simulación 85
Figura 16: Caja Damascos 111
Figura 17: Caja Negra 112

Figura 18: Caja Royal..... 114
Figura 19: Caja David del Curto 115
Figura 20: Caja David del Curto 2..... 116
Figura 21: Caja Manzana Quality 117
Figura 22: Caja Cereza Rucaray 118
Figura 23: Caja Cerezas Oppy 119
Figura 24: Vistas generales del gripper con dimensiones 122
Figura 25: Carro de compra de productos adquiridos en OpenBuild para la estructura del gripper 127
Figura 26: Carro de compra de productos adquiridos en OpenBuild para la estructura del gripper 128
Figura 27: Carro de compra de productos adquiridos para los mecanismos del gripper en OpenBuilds..... 129
Figura 28: Carro de compra de productos adquiridos para los mecanismos del gripper en OpenBuilds..... 130
Figura 29: Carro de compras de productos adquiridos para los mecanismos del gripper en RobotDig. 130
Figura 30: Carro de compras de productos adquiridos para los mecanismo del gripper en StepperOnline..... 131
Figura 31: Perfiles utilizados..... 132
Figura 32: Mecanizado de perfiles. 132
Figura 33: Perforación de perfiles..... 133
Figura 34: Ensamble de piezas 133
Figura 35: Corte laser de placas. 134
Figura 36: Ensamble de placas con estructura. 134
Figura 37: Montaje de carros y motores. 135
Figura 38: Detalles de montajes. 135
Figura 39: Vistas del gripper construido. 136
Figura 40: Gripper construido siendo exhibido en Congreso USM SUMMIT 2016 137

1. INTRODUCCIÓN

Los ingenieros están constantemente abordando problemas, los cuales en gran parte están basados en los requisitos que surgen del mercado y sus necesidades, alto rendimiento, eficiencia, reducción del consumo y del costo son algunos de ellos (Cascini, 2012). Como direccionar y resolver problemas es algo que los ingenieros deben comprender a partir de los requerimientos internos que entregan las compañías e incluso en los distintos niveles organizacionales (Nikulin et al., 2013c). Además debe de satisfacer los exigencias de los clientes, especialmente los relacionados con la satisfacción de necesidades. Por otro lado debe de tomar en cuenta las capacidades de la empresa con el objetivo de saber cómo desarrollar e implementar las soluciones tomando en cuenta los constantes cambios del día a día pero también las a largo plazo (Cascini, 2012) que una industria tiene.

Es en este contexto, en que la labor del ingeniero en la búsqueda de la automatización de procesos toma relevancia en las distintas industrias, ya que es su responsabilidad utilizar su conocimiento para resolver problemas técnicos y optimizar soluciones dentro de los requerimientos descritos en las diversas problemáticas a resolver, como las mencionadas anteriormente (Pahl et al, 2013). Esto, entregando diseños, procesos y productos que mejoran la eficiencia y reducen el costo del uso de recursos (Rodríguez, 2015).

Actualmente, la automatización de procesos a tomado importancia, debido a las distintas necesidades de las distintas industrias, especialmente en aquellas que extraen y procesan materias primas como también productos de primera necesidad (Robles-Ortiz, 2009). Es así como en Chile esto se esta volviendo una necesidad de primera mano debido a las nuevas leyes existentes como también a la escases de mano de obra especializada.

En el ámbito de la agricultura chilena esto está generando gran impacto debido a la falta de temporeros y temporeras y lo costoso que se están volviendo las remuneraciones de estos. Asimismo, se debe considerar las regulaciones y restricciones relativas a la seguridad del personal, la protección ambiental y el ahorro de energía. (Pavlovic et al., 2008). Es así que la publicación de una nueva ley que respalda los derechos humanos de los trabajadores del industria agropecuaria, esta generando gran impacto y costos en esta industria. Esa ley es la ley 20.001 (revisar Anexo 1) la cual regula el peso máximo de carga humana en el ámbito laboral, en donde el peso máximo a cargar es de 50kg los hombres y 20kg las mujeres y menores de 18 años.

Esta ley también es una problemática debido a que las leyes van cambiando constantemente protegiendo los derechos humanos por lo tanto las industrias agropecuarias tienen la necesidad de buscar soluciones para los distintos procesos que llevan a cabo (Ley 20.001, 2005).

Es en la búsqueda de soluciones para la industria agrícola que se encuentran beneficios que contribuyen a otras de igual manera. Es así como la automatización de procesos generan soluciones de menor costo y mayor eficiencia en el uso de tiempo y del recurso humano (Breton et al, 2003), entregando ganancias tanto en la industria como en la salud de las personas.

Dado este contexto los cambios y necesidades es que se presenta una modelo de análisis para generar soluciones de automatización de herramientas y así, representar el producto y los requerimientos para su diseño y fabricación tomando en cuenta requerimientos como el tiempo y detalles, entendiendo las características que los ingenieros deben de considerar para su desarrollo de acuerdo al producto y a su proceso de fabricación específico.

Es así que el propósito de este trabajo es definir un proceso de análisis que permitan generar soluciones de automatización bajo herramientas, generando el diseño y construcción de un producto en específico, con el objeto de facilitar a ingenieros el proceso de desarrollo de productos para la automatización de procesos, teniendo en cuenta una visión completa de los requerimientos y parámetros, iniciando con el análisis del estado del arte del producto a desarrollar. De otro modo, el ingeniero tiene que identificar y anticipar las principales características del producto, los procesos de fabricación de este, entregando una enfoque claro del estado de estas para la

anticipación de problemas de diseño (Cascini, 2012)(nikulin et al, 2013a).

Es por esto que se propone un sistema automatizado para la producción y packing por medio de una metodología de diseño paso a paso para poder observar la integración de soluciones para la industria agrícola chilena.

2. OBJETIVOS

A continuación se detallan el objetivo generar u los objetivos específicos del presente trabajo de titulo, que deberán ser desarrollados.

Objetivo general:

Gestionar un proyecto de diseño multidisciplinario a través de la integración de conocimiento y perspectivas de trabajo en un proyecto de diseño, que permita la creación de una solución industrial en la industria agrícola.

Objetivos específicos:

1. DISEÑO: Crear una solución de paletizado flexible y a la vez modular que permita clasificar distintos tipos de SKU en la misma línea de producción. Utilización de métodos tradicionales de diseño y su aplicación en un entorno de trabajo colaborativo.

2. TECNOLOGIA: Integración de herramientas de modelación, simulación y fabricación para la solución propuesta. Además de proporcionar una solución tecnológica a la empresa beneficiaria.

3. NEGOCIOS: Oportunidad de crear equipos multidisciplinarios en el ámbito de la robótica y soluciones de automatización. Además de coordinar y empoderar las competencias del equipo en un proyecto empresarial. Adicionalmente, el proyecto se presenta como una solución de mejora productiva y/o consultoría.

3. ALCANCE

En el desarrollo del actual trabajo de memoria se enfoca en el desarrollo de un proyecto de diseño, especialmente focalizado en la creación de una solución que permita disminuir las barreras de entrada en la utilización de robots manipuladores industriales. Para este proyecto de diseño se utilizaran métodos y modelos que permitan el análisis y síntesis de cada una de las etapas. Adicionalmente, el trabajo colaborativo permite acometer el proyecto de una manera mas completa.

La metodología de trabajo permite admitir la transversalidad, para poder utilizarla para la generación de nuevos diseños de grippers de variados productos, adaptándose a contextos diferentes.

4. ESTADO DEL ARTE

En la actualidad hay un sinfín de herramienta tecnológica ya presente en el mercado, por lo cual su capacidad de trabajo y adaptación a las diversas tareas se vuelven de suma importancia. Inicialmente los gripper como otras herramientas tecnológicas se desarrollaban únicamente para cumplir una tarea específica y repetitiva (Sdahl, M., et al., 2005), lo que hoy presenta un problema en la efectividad y eficiencia del proceso automatizado como también del uso eficiente de recursos.

Esta imposibilidad de adaptación, entrega nuevas oportunidades de desarrollo de productos innovadores con nuevas características que nacen de esta necesidad. Entregando así la posibilidad de desarrollar productos más eficientes, competitivos y que, generando un equilibrio en el proceso de desarrollo y la utilización de recursos sea capaz de sobrevivir en el mercado actual. (Becattini et al., 2015b).

La reingeniería del procesos mercantiles y del manejo de calidad total, inspiran diferentes metodologías y mejoras que permiten el rediseño e innovación de negocios en distintas industrias, generando un aumento en su rendimiento (Navarro, 2009). Ninguna de estas es totalmente universal ya que ello implica problemáticas como largos periodos de implementación, esfuerzo y educación (Alarcón et al, 2012) por lo que se recomienda utilizar un conjunto de herramientas que permitan un proceso de rediseño exitoso según el contexto en el cual se ven involucrados. (Becattini et al., 2015b).

El objetivo de esta sección es definir y describir de que modo se analizará las características de las tecnologías existentes en la industria de las herramientas de automatización de procesos. Para lograr esto, se utilizaran distintas metodologías que permiten realizar de adecuada manera esta tarea. Estas son: el análisis de patentes, análisis a través del benchmarking y finalmente la utilización del modelo de Becattini (2015). Estos modos de análisis y el estado del arte de los grippers, se describen a continuación.

4.1 Análisis de patentes

Para la realización del estudio del estado del arte de un producto o herramienta de una industria, el estudio de patentes toma relevancia ya que permite entender que es lo que existe y cuales son las características que un producto en particular tiene. Por otro lado, permite entender como ha cambiado la tecnología en el tiempo, como también entenderlos como referencias e incluso permite generar un análisis competitivo. Para ello se utiliza la estrategia de la vigilancia tecnológica.(Cascini et al, 2015)

La “Vigilancia Tecnológica”, es una estrategia donde se utilizan distintas

plataformas y motores de búsqueda para encontrar patentes registradas a nivel nacional e internacional. Para ello se utilizaron las siguientes plataformas: Instituto Nacional de Propiedad Industrial (http://www.inapi.cl), Search Carrot (http://search.carrot2.org), Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (http://www.wipo.int/portal/es/) como también la plataforma indexada de Google, Google Scholar (https://scholar.google.cl). Para la utilización de estas plataformas se utilizaron tanto palabras claves en español como en inglés, con el fin de tener un mayor alcance en las búsquedas de posibles patentes existentes. (Nikulin et al, 2013)

Posterior a esto, se realiza la comparación y clasificación de características básicas encontradas en las distintas patentes. Sin embargo, para realizar un análisis más completo y adecuado se vuelve necesario la realización de un Benchmarking de los productos encontrados.

4.2 Análisis tipo Benchmarking:

Para la realización del análisis de sistemas, fue necesario utilizar la metodología del Benchmarking, para entender cuales fueron los motivos que llevaron a la realización del producto final, entendiendo cuales son sus funciones principales, como estas se llevan a cabo, y el objetivo que este tiene y entendiendo el uso que se le da a este proceso.

El benchmarking es comúnmente utilizado por las compañías para descubrir y/o definir los diferentes factores que pueden influir en la rentabilidad de los diferentes actores en diversas industrias o mercados, esto, midiéndose constantemente con los líderes de la industria y los competidores más fuertes (Camp, 1994). De los objetivos

principales del benchmarking, la identificación de oportunidades y parámetros para la promoción de futuras estrategias y modelos de negocios se vuelve la principal de este (Watson, 1993).

Según Fong et al (1998), el benchmarking se puede clasificar según su naturaleza, propósito y contexto. A partir de este ultimo es que el contexto se puede analizar como proceso, funcional, rendimiento o estratégico.

La clasificación por naturaleza busca diferenciar las diferentes razones para entregar un análisis de tipo benchmarking. Estos análisis pueden ser internos (dentro de los propios sistemas y procesos de una empresa), competitivo (comparación directa con la competencia), industrial (comparación con empresas/compañías de la misma industria), genérico (comparación más allá de las barreras de la industria) y global (comparación con una empresa según se localización geográfica). Este benchmarking también puede ser un trabajo competitivo como colaborativo, dependiendo del enfoque es que se desarrollan estrategias para competir dentro de una industria como la colaboración para el desarrollo del mercado dentro de una misma industria, respectivamente. (Nikulin et al., work in progress)

Según el tipo de análisis de benchmarking que se realice es que cada uno de estos enfoques entregará diferentes resultados para el desarrollo de nuevas oportunidades, estrategias y modelos de negocios. Sin embargo, lo que tiene en común este resultado es la entrega de fortalezas y debilidades como el desarrollo de oportunidades (Nikulin et al, trabajo en proceso).

Tanto la sección anterior como esta, permiten entregar información para la detección de oportunidades, fortalezas y

debilidades de la industria como también parámetros de desarrollos de distintos productos, pero para ello se vuelve necesario definir requerimientos. Para la generación de estos de una manera expedita y adecuada, se utilizará el modelo de Becattini (2015), el cual se describe a continuación.

4.3 Modelo de Becattini

El modelo de Becattini es un método que caracteriza los requerimiento. En el, el autor propone un conjunto de criterios para así obtener requisitos técnicos. La organización de estos criterios es de acuerdo a los impulsores de la evolución de los sistemas técnicos y de productos: eliminar efectos secundarios, mejorar la actuación de estos, y la reducción del consumo de recursos (Rodríguez, 2015).

Los parámetros de evaluación de este sistema, se organizan en cuatro sub criterios principales: adaptabilidad, sensibilidad a las condiciones externas, controlabilidad y logro umbral. Estos criterios, según Becattini (2015a), se detallan en la Tabla 1, a continuación:

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
Adaptabilidad	son aquellos requisitos que se identifican la capacidad de un sistema técnico para adaptar su comportamiento en función de los diferentes insumos existentes.
Sensibilidad a las condiciones externas	son aquellos requisitos que hacen referencia a la capacidad de un sistema técnico en el desempeño de su función, independientemente de las condiciones del entorno en el que se encuentra inmerso.
Controlabilidad	son aquellos requisitos centrados en la capacidad para caracterizar un sistema y sus parámetros con el fin de obtener un resultado deseado de acuerdo a las exigencias del usuario.
Logro Umbral	son aquellos requisitos que describen la magnitud de impactar en el objeto de la función, con las medidas anunciada.

Tabla 1: Criterios de evaluación según Becattini.

Según Rodríguez (2015) la subdivisión de estos parámetros, permite que las potenciales facetas que posiblemente puedan afectar la entrega de la funcionalidad puedan ser distinguidas y seguidas hasta su origen: así los resultados

son evaluados según el objetivo que se quiere alcanzar, también las condiciones iniciales de la corriente a transformar, el contexto en el cual se producirá la transformación, como también la opción y capacidad de modificar bajo petición, el objetivo desde el interior del sistema técnico.

La identificación de los requisitos relativos a la presencia de efectos secundarios a su vez, sigue una lógica de manera diferente, la cual se muestra en la figura 1, donde se presenta las interacciones potencialmente dañinas de una manera completa.

La referencia principal esta representada por la función (flecha verde), esta es el principal objetivo que busca cumplirse mediante la propuesta de diseño. Por otro lado, las flechas rojas representan interacciones dañinas que desatan los efectos secundarios (Rodríguez, 2015). Es así, que los criterios para definir la capacidad de las tecnologías, y para evitar el surgimiento de los efectos secundarios se ha dividido en tres sub-clases. Esto, tomando en cuenta los impactos negativos que estos tiene sobre:

- El centro de la función de utilidad principal (por ejemplo, un efecto secundario no deseado originado por el mismo mecanismo).
- Los sistemas y subsistemas y su integridad (como ejemplo, un efecto secundario no deseado en el sistema técnico, en su conjunto o en sus partes).
- El entorno externo (por ejemplo, un efecto secundario no deseado que afecta diferentes entornos ambientales o perjuicios en algunos de los elementos que hacen referencias al entorno en el que el sistema se ve envuelto).

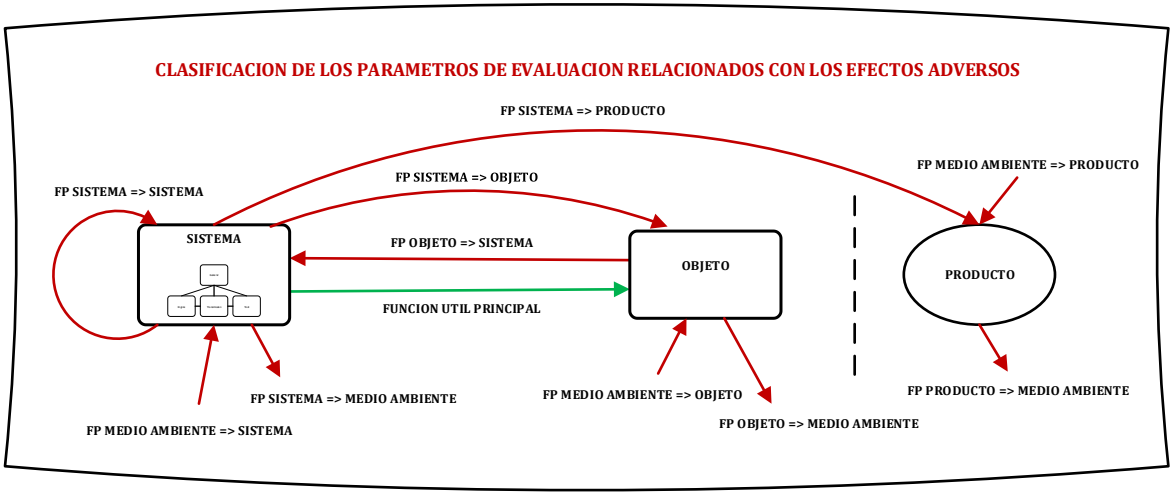


Figura 1: Clasificación de parámetros de evaluación. Vista general de las diferentes y posibles interacciones potencialmente dañinas, presente en los distintos sistemas, la función del objeto y el entorno extremo en el que se ve involucrado. Imagen de Rodríguez, 2015.

Para una mayor y mejor comprensión de la utilización de estos parámetros de evaluación del modelo de Becattini (2015), se recomienda revisar el Anexo 2.

Una vez definidas y descritas las metodologías es que se da paso a la descripción del estado del arte actual de las herramientas tecnológicas de automatización de procesos, en este caso, los grippers y su adaptabilidad a distintos objetos.

5. METODOLOGÍA A UTILIZAR

El fin de esta sección es para revisar en detalle la metodología que se utilizará para el desarrollo de un producto que permita la automatización de procesos, además de las normas que este modelo contiene, en el cual, los etapas 1 a 5 se basan en el trabajo realizado por Rodríguez (2015) en *Uso de metodologías para el desarrollo del diseño conceptual, de un equipo para la detección de la ley de mineral en los botaderos de material estéril asociado a nuevas tecnologías en la industria minera*. El objetivo de esto es indicar como es que distintas herramientas, pasos, etapas y literatura deben de ser integrados para la definición de un proceso de diseño eficiente y eficaz.

Las distintas etapas del proceso de diseño se describen en la siguiente figura (figura 2). Las normas de esta metodología se pueden considerar como una serie de pasos eficientes para analizar el proceso y desarrollo de un nuevo producto con

requerimientos y parámetros específicos, para así tener una visión clara de los límites existentes, como también de las posibles futuras soluciones.

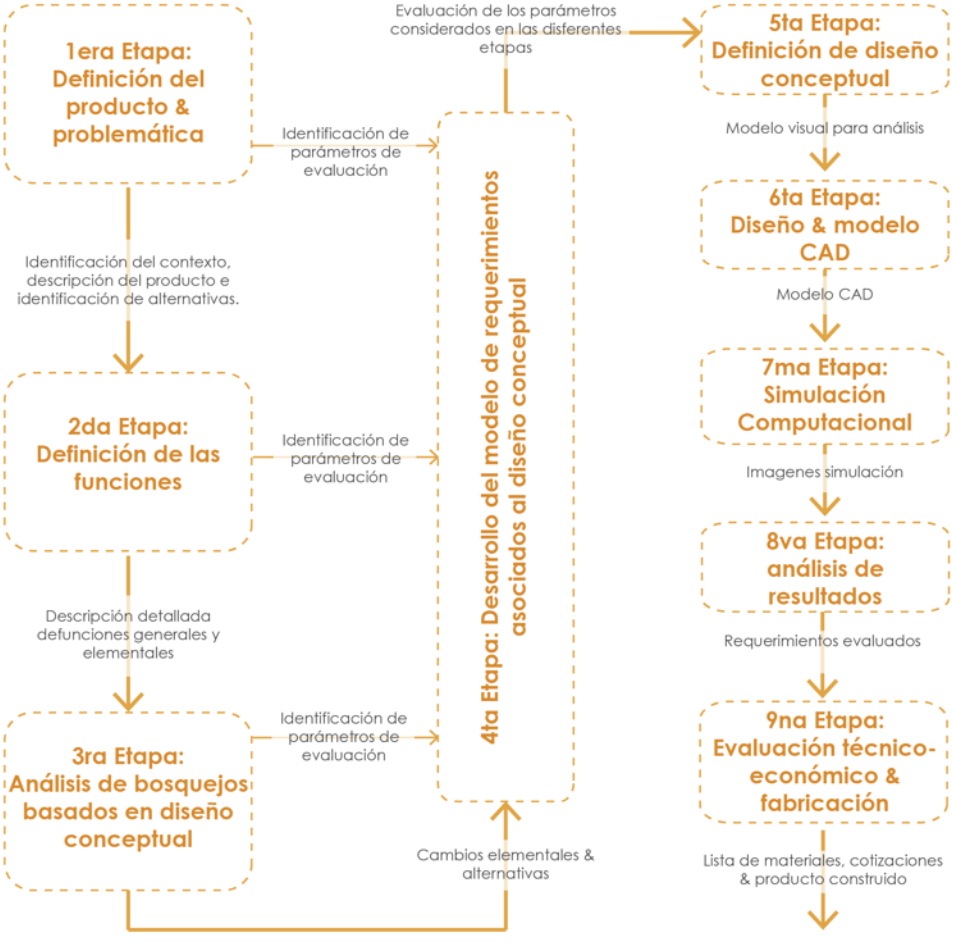


Figura 2: Etapas del proceso de diseño. Esto para representar una visión amplia del estado del arte de la generación de soluciones de diseño, para ser utilizada en el diseño de un nuevo producto.

5.1 Primera Etapa: definición del producto y su problemática

El principal objetivo de esta primera etapa consiste en la identificación del producto. El objeto de los ingenieros es enfocar el esfuerzo en la descripción del producto y en la repetitividad de este proceso. Esto es posible de realizar a través del primer postulado propuesto por Altschuller (1996) en la metodología TRIZ, que propone encontrar y describir la problemática de manera inversa. Esto, es decir, intentar resolver el problema invirtiendo los pasos que se seguían inicialmente para llevar a cabo un proceso. Es por ello que en esta primera etapa, del modelo de diseño que se propone, es necesario realizar las siguientes labores:

PASO	DESCRIPCIÓN
1º	describir la problemática, lo que implica la definición del contexto y las necesidades que deben de ser cubiertas.
2º	definir y describir el producto, esto enfocando el esfuerzo en responder ¿cuál es el producto?
3º	identificar el objetivo principal del producto, esto, describiendo su función y respondiendo la pregunta ¿cuál es el objetivo principal del producto a fabricar?
4º	identificar que o/y quien(es) son transformados por este producto y si esa es la función que aplica al sistema
5º	describir las necesidades principales para la utilización del producto y responder la pregunta ¿por qué se obtendrá este producto?
6º	buscar e identificar un producto alternativo que proponga una solución con una función y salida similar. ¿existe un producto de la competencia? ¿cuáles son las tecnologías alternativas? ¿qué ventajas tiene y ofrece este productos con respecto a las tecnologías existentes?
7º	búsqueda, identificación y definición de la(s) tecnología(s) a utilizar, para el desarrollo del producto. Definir si será un producto a partir de otro o uno que se desarrollara desde cero. Además se debe explicar el funcionamiento de la tecnología seleccionada.
8º	identificación de las distintas limitantes y consideraciones de la(s) tecnología(s) seleccionada(s). Responder, que se debe de considerar en el diseño conceptual.

Tabla 2: Pasos a seguir en Primera Etapa.

El resultado de esta etapa debería llevar a una descripción clara del producto. Esto, considerando los productos alternativos existentes en el mercado que proporcione soluciones similares y las tecnologías que de mejor manera responden a las necesidades planteadas.

5.2 Segunda Etapa: definición de funciones

En el desarrollo de productos, la descripción de funciones es relevante, ya que en ello se describe como es que los elementos de un producto interactúan para entregar una solución efectiva. Según Pahl & Beitz (2013) las funciones de los productos son la formulación abstracta de una tarea, independiente de cualquier solución en particular.

Teniendo esto presente es que esta etapa tiene como objeto definir detalladamente las funciones generales, las cuales deben ser analizadas dentro del diseño conceptual, para así desarrollar el producto descrito en la etapa anterior. En la mayoría de los casos, las funciones pueden ser descritas usando el mismo enfoque utilizado anteriormente. Las labores a desarrollar en este paso son:

- describir detalladamente las funciones del producto. Esto, considerando el mismo enfoque del paso anterior.
- Una vez que las funciones principales se hayan detallado, se vuelve necesario separa estas en etapas más elementales.

A partir de esto es que nace el reconocimiento que va más allá de la detección de las etapas funcionales sino

que se distinguen etapas elementales que producen cambios en el producto. Cada uno de estos cambios destaca que una función ha sido llevada a cabo. Este proceso se lleva a cabo esquematizando las funciones elementales de manera de organizarlas en esquemas predefinidos, para así mejorar el ciclo de análisis.

El resultado obtenido de esta etapa es la descripción clara de las funciones principales permitiendo así el análisis individual de cada una de estas para la obtención futura del producto final.

5.3 Tercera Etapa: análisis de bosquejos basados en diseño conceptual

La representación visual, como los dibujos a mano alzada o sketches, juegan un rol importante en la resolución de problemas de diseño ya que este soporta la ambigüedad, la imprecisión e incrementa la formalización de ideas y exploración de alternativas (Do et al., 1996).

El principal objetivo de esta etapa es el análisis y posterior definición de las diferentes y posibles configuraciones que se pudiesen dar para cumplir con los requerimientos definidos en etapas anteriores. Para ello, se recomienda contextualizar cada una de las configuraciones propuesta, con el objetivo de acercar el diseño conceptual a un contexto y escenario más realista, lo cual permite una mejor asimilación para la detección de las ventajas en estas alternativas.

El resultado de esta etapa debería entregar una noción clara de las posibles y distintas soluciones, además de las ventajas que cada una de estas entrega. Esto, con el objetivo de definir la mejor configuración de acuerdo a las necesidades especificadas.

5.4 Cuarta Etapa: desarrollo de modelo de requerimientos asociados al diseño conceptual

El objetivo de este paso es definir los distintos parámetros de evaluación. Para ello, existen diferidos enfoques. Inicialmente, estos parámetros de evaluación se pueden identificar desde el primer al tercer paso, de manera semejante, ya que este enfoque permite la creación y desarrollo de una lista de parámetros de evaluación críticos para las etapas de manera independiente en los distintos niveles. La definición de una lista detallada y minuciosa de parámetros de evaluación para cada una de las etapas se vuelve importante, pero a la vez, lenta, inmanejable e improductiva.

Un segundo enfoque, podría ser la identificación de estos parámetros de evaluación, al final de la tercera etapa. Estos parámetros deben ser identificados, teniendo en cuenta individualmente cada etapa, además de la visión global del proceso de fabricación y del producto. Como sugerencia, se recomienda enfocar la atención a un numero de parámetros manejables acorde a los recursos existentes para el manejo del análisis, dando mayor privilegio a las altas prioridades.

En esta etapa se busca representar de manera gráfica y sistémica el contexto en el cual el producto se ve envuelto. Esto, de manera de representar al producto u objeto a analizar como un sistema, donde se indican las diferentes interacciones con su entorno. Además de indicar como es que esta lleva a cabo sus funciones principales, para así lograr la meta propuesta o su función con un objeto definido.

5.5 Quinta Etapa: definición de diseño conceptual basado en requerimientos

El objetivo de esta etapa es generar un modelo visual, que permita al encargado de la toma de decisiones, tener una clara y amplia perspectiva del producto que se fabricará. Para que esto se lleve a cabo, es necesario que quien diseñe tiene que tener la capacidad de tener en cuenta todas aquellas consideraciones que se han presentado en cada uno de los pasos anteriormente detallados. Esto permitirá un análisis técnico previo de manera de evitar errores futuros que exijan un rediseño conceptual. Esto se plantea como una ventaja económica como también técnica, dado que reduciría el tiempo en posibles y futuras modificaciones.

5.6 Sexta etapa: Diseño y modelo CAD del diseño conceptual esperado

El objetivo principal de esta etapa es la definición y concretización del modelo conceptual del producto propuesto. Esto, tomando en cuenta aristas revisadas y analizadas con anterioridad en cada una de las etapas anteriores. Para ello se deben de definir tanto medidas como características de este producto para su elaboración.

El resultado esperado de esta etapa es un modelo CAD y los planos pertinentes que tome en cuenta todas las aristas analizadas en las distintas etapas detalladas anteriormente. Esto permitirá que quien tome las decisiones, tenga un acercamiento preliminar del funcionamiento del producto.

5.7 Séptima Etapa: Simulaciones digitales del producto & feedback

La meta de esta etapa, es determinar si el producto diseñado en etapa CAD, es viable para su utilización según los requerimientos establecidos. Este análisis se realiza a través de simulaciones computacionales las cuales representan digitalmente el contexto, y ponen a prueba el producto.

Según Kühn (2006), la simulación de movimiento en 3D, se pueden aplicar en modelos virtuales en varios niveles y etapas de planificación para mejorar la sistematización del producto y del proceso en todos los niveles.

El resultado esperado de esta etapa, son imágenes del proceso de simulación de la puesta en marcha del producto, permitiendo dar el paso a la etapa siguiente, donde se analizan el cumplimiento de los requerimientos esperados.

5.8 Octava etapa: análisis de resultados a partir de las simulaciones.

El objetivo principal de esta etapa es analizar los resultados obtenidos en los pasos anteriores. Esto se lleva a cabo a través del análisis del producto fabricado a partir del desarrollo del diseño conceptual propuesto. Para realizar esto, es necesario tener los objetivos, requerimientos y parámetros estipulados al inicio del proceso.

Con la información al alcance, se procede a chequear si cada uno de estos se ve reflejado en el funcionamiento del producto fabricado. Este cheque se llevara a cabo a través de un indicador tipo semáforo. Es decir, que si el objetivo se cumple, se categoriza como cumplido con color verde, de cumplirse parcialmente, se categoriza

con color amarillo y de no cumplirse el objetivo propuesto inicialmente, este se categoriza con color rojo.

Así se obtendrá como resultado un análisis cualitativo y gráfico de los requerimientos cumplidos o no cumplidos para una fácil identificación de los problemas a resolver y rediseñar.

5.9 Novena Etapa: Evaluación técnico-económico & fabricación.

El objetivo de esta etapa es generar la evaluación técnico-económico para la construcción del producto diseñado según los requerimientos establecidos en etapas anteriores. Con ello también, es objetivo de esta etapa, registrar y detallar el proceso de construcción del producto. Para ellos es necesario generar una definición clara y detallada de los materiales y elementos necesarios, como también su cotización y compra. Para ello se debe de definir los materiales necesarios, sus dimensiones, características, acabados como también las unidades necesarias de cada uno de estos elementos.

El resultado esperado de esta etapa es, la lista de los elementos y materiales detallados necesarios para la construcción del producto como también el registro de construcción y el producto construido.

6. CASO APLICADO

El proyecto que se lleva a cabo dentro del caso aplicado, busca generar una solución para el desarrollo de un producto que permita aportar a la industria agrícola a través de la automatización de procesos.

La metodología a utilizar para la generación del producto, es la propuesta anteriormente en este documento. Para el cumplimiento de este objetivo, se da inicio a la primera etapa, mediante la descripción de conceptos claves, de la industria agrícola nacional como también de los requerimientos que este posee.

Debido a que uno de los objetivos de este proyecto es aportar al desarrollo e investigación de tecnologías es que se decide desarrollar el caso aplicado hasta la Novena Etapa: Evaluación técnica-económica & fabricación, pero hasta la etapa de generación del listado de materiales y no la construcción del producto. Esto, ya que el aporte

significativo para esta investigación se desarrolla en las etapas anteriores a la construcción del producto.

A continuación se da inicio a esta primera etapa para luego dar pie a las siguientes ocho etapas que culminan en la generación del listado de materiales y cotización de materiales para la construcción del producto.

6.1 Primera etapa: Definición del producto y su problemática.

El objetivo principal de esta etapa es generar una descripción clara tanto del contexto donde se ve inmerso el producto como de la problemática encontrada. También tiene como meta definir requerimientos, parámetros como también limitantes existentes en el contexto. Esto, considerando recursos disponibles y las características de estos. Para ello se inicia con la descripción del concepto de automatización.

La automatización es un concepto que dependiendo de la perspectiva que se tome puede tener variadas definiciones. Aun así, varios autores concuerdan en aspectos básicos y características, como también en los beneficios que este concepto y avance tecnológico trae consigo. A continuación se revisarán definiciones, características y beneficios, como también su influencia en la industria agrícola. Además se establece el tamaño y la influencia de la industria agrícola en el país.

6.1.1 Automatización

Según Gutiérrez et al (1994) en el trabajo realizado por Córdoba, E. (2006) el concepto de automatización (del griego *autos* que significa “por sí mismo” y *maiomai* que significa “lanzar”) corresponde a la necesidad de minimizar la intervención humana en los procesos de gobierno

directo en la producción, vale decir, ahorrar esfuerzo laboral.

Los procedimientos lógicos humanos se encomiendan a máquinas automatizadas especiales, ordenadores, las cuales procesan información mucho más rápido que el hombre, con la ayuda de modelos matemáticos que describen tanto la propia tecnología como la actividad analítica y reguladora humana. Es la presencia de sistemas automáticos de dirección en los procesos tecnológicos que aseguran su optimización sin la intervención directa del hombre. La producción adquiere así el aspecto de un ciclo automático que puede reestructurarse con rapidez y eficiencia (Córdoba, E., 2006). Esto tanto para reducir la mano de obra como simplificar el trabajo (Bullón Vilchis, O., 2009)

Desde un punto de vista empresarial e industrial, "la automatización industrial, considerada como el manejo de la información en las empresas para la toma de decisiones en tiempo real, incorpora la informática y el control automatizado para la ejecución autónoma y de forma óptima de procesos diseñados según criterios de ingeniería y en consonancia con los planes de la dirección empresarial" (DNP, Colciencias. Plan Estratégico del Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico Industrial y Calidad, 2000-2010).

Además, Córdoba (2006) cita en su trabajo a Merriam Webter quien sugiere una definición de automatización diferente: [la automatización es un] "*método de controlar automáticamente la operación de un aparato -artefacto, proceso o sistema integrado por diversos componentes a través de medios mecatrónicos-electrónicos y computacionales que sustituyen los órganos sensitivos y la capacidad de decisión del ser humano*" (ST Derby, 2005, pp. 8).

Si bien la definición de automatización es importante, también se vuelve relevante establecer características que este concepto tiene. Es por eso que, Canales et al (2010) proponen que algunos de los elementos que un proceso automatizado debe tener. Estos se describen en la tabla a continuación:

CARACTERÍSTICA	DEFINICIÓN
Robustez de los elementos a instalar	estar adaptados y/o protegidos para interactuar con el medio en el que se encontraran
Autonomía	poder funcionar independientemente
Mantenimiento sencillo y económico	esto para garantizar la estabilidad de las funcionalidades sin necesidades de mantenimientos por parte de la empresa instaladora
Escalabilidad	tener la adaptabilidad suficiente para adaptarse a los cambios que sufre el entorno en el que se ve inserto.
Uso de estándares comerciales	la utilización de elementos provenientes del comercio existente se vuelve relevante dado el hecho que si ocurre alguna falla de estos, su reemplazo es fácil e impide la dependencia absoluta de un único fabricante.

Tabla 3: Características de la automatización.

Es a través de estas características que nacen diversos beneficios de la utilización de la automatización de procesos en las diversas industrias que lo implementan. Según Brown et al (1989) los más frecuentes beneficios hacen referencia a la necesidad de tener un mayor control del proceso de producción con el fin de

asegurar mejor calidad y regularidad del trabajo, así como perfeccionar los sistemas de control de calidad. También establece que la utilización de la automatización en los procesos reduce los costos no salariales, gracias al ahorro de mermas, herramientas o inventarios, reduce costos salariales, garantiza una seguridad industrial como también aprovecha la flexibilidad propia que esta tiene. Por defecto, esto implica que se requiere mayor precisión, confiabilidad y homogeneidad.

En la actualidad, en la industria chilena se está dando un proceso de automatización de los procesos productivos, incipiente pero creciente. Su objetivo es mejorar la eficiencia económica, ahorrando la contratación de mano de obra, a cambio de pequeñas inversiones (Vilaboa, J., 2004).

Vilaboa (2004) establece en su trabajo que según los especialistas en desarrollo económico, Chile avanza desde una etapa exportadora primaria, en que se venden materias primas con un bajo valor agregado, hacia una fase exportadora secundaria, en que se aumenta el valor agregado de la producción. Esto último exige la creación de industrias y el desarrollo de nuevas tecnologías, para la creación de nuevos productos y de nuevos procesos.

Una de estas industrias que toma relevancia en la utilización de procesos automatizados, es la agrícola, ya que representa un porcentaje importante de los ingresos del país y es donde se observan importantes oportunidades de desarrollo de tecnologías.

6.1.2 Automatización en la industria agrícola

Las definiciones, características como beneficios anteriormente descritos, permiten que la automatización de procesos, se pueda aplicar a diversas

industrias. En la industria agrícola es donde se ha visto mayor influencia en los últimos años. Esto debido a los avances tecnológicos desarrollados actualmente.

Según Torres (2002), la electrónica está permitiendo la automatización de muchos factores agrícolas como el clima de los invernaderos, la fertirrigación, el riego y el transporte de frutas, entre otros.

Por otro lado, la industria agrícola tiene como objetivo que la automatización de procesos entregue ahorro de combustible, diseño de máquinas que lo ahorren, bien para ser más eficientes, más fáciles de mantener, y además que estas sean capaces de efectuar varias operaciones al mismo tiempo (Buckham, A., 1976).

Dentro de los beneficios de los procesos automatizados en la industria agrícola Chilena, según Vilaboa (2004), se destaca que:

- Hay importantes ahorros en mano de obra directa (MOD), porque los sistemas reemplazan el trabajo manual de los operarios.

- Disminuye el deterioro de los productos durante la manipulación, lo que frecuentemente constituye un alto porcentaje de pérdidas, con lo que existe un mejor aprovechamiento.

- Disminuye la incertidumbre en el trabajo de control de calidad, porque las máquinas tienen un comportamiento homogéneo.

- Mejoran los resultados del trabajo de selección, porque las máquinas cometen menos errores.

- Estos sistemas permiten llevar registros históricos del proceso de selección lo que, junto al uso de *software* estadístico, permite mejorar la toma de decisiones en el ámbito de la administración superior.

Sin embargo, se establece que, en el contexto de una economía competitiva, las empresas están obligadas a ser eficientes. Aquellas que no tomen las decisiones adecuadas o no se actualicen a los cambios que se generan en el entorno, están destinadas a perder rentabilidad y/o desaparecer. Es así como la automatización de los procesos de producción constituye una necesidad inevitable, para las empresas chilenas (Vilaboa. J., 2004) y en especial en la industria agrícola chilena.

6.1.3 Industria Agrícola

La industria agrícola es un sector en donde los avances, desarrollos e innovaciones tecnológicas, toman relevancia ya que en el se puede general un alto impacto en reducción de costos y eficiencia en los procesos. Todo esto a través de la automatización de procesos en la industria, ya que el impacto que esto genera se ve reflejado tanto en Producto Interno Bruto (PIB) del país como también en las propias empresas explotadoras del sector.

Según un estudio y análisis realizado Foster, W. et al (2013) para la Subsecretaria del Ministerio de Agricultura de Chile, definen la participación del sector agrícola en el Producto Interno Bruto (PIB) del país en 2008, corresponde al 4,78%, mientras que el aporte del cobre representa el 14%.

Entre 1999 y finales del 2000, INE y FIA se unen para la realización de una investigación sobre la innovación

tecnología en la industria agropecuaria. En ella se logra un alcance del 91,5% del sector entre la III y X región en Chile. Para ese entonces, no se conocían experiencias de innovación tecnológicas en el sector, sino que la difusión de tecnologías (INE, 2001).

Posteriormente, en la *Investigación de innovación tecnológica en la industria agrícola*, se realiza una ampliación del significado de la frase "innovación tecnológica" donde se entiende no sólo la introducción de tecnologías "novedosas" sino que el esfuerzo por la realización de cambios que influyan en la eficiencia y disminución de costos en sus procesos. Es entonces que el 56,8% de las explotaciones agropecuarias declara realizar innovaciones. Cuando se les solicita clasificar este esfuerzo (alto o bajo), el porcentaje se compone de un 27% de esfuerzo alto y un 29,8% de esfuerzo bajo.

Luego, esta investigación, relaciona los porcentajes de innovación en el sector y sus efectos en los márgenes de venta y utilidades y exportación. Del 56,8% de las explotaciones innovadoras, el 60,4% declara tener efectos positivos en la exportación, el 54% declara haber aumentado los márgenes de utilidades y el 44,6% en las ventas.

El 81,5% de las empresas explotadoras del sector se financian con sus propios recursos para generar innovación tecnológica, mientras que el restante se financia con recursos externos como lo son los recursos públicos y privados.

La información anteriormente descrita, indica que en la industria agropecuaria se encuentra un alto porcentaje de oportunidades para el desarrollo de productos que, permitan innovaciones tecnológicas para la generación y automatización de procesos, para así,

reducir costos, aumentar la eficiencia y adecuarse a los cambios de la industrias y leyes nacionales.

En el caso de este proyecto, se vivencia algunas de las estadísticas presentadas con anterioridad, como lo son el interés por el desarrollo de innovaciones tecnológicas dentro de la empresa y la utilización de fondos privados y externos para el desarrollo de tecnologías que permitan la automatización de procesos. La empresa que se comporta como las estadísticas establecen lleva por nombre Rucaray.

6.1.4 Empresa Rucaray

Rucaray es una empresa reconocida del rubro agrícola. Esta se dedica a la exportación de productos agrícolas, específicamente frutas, producidas a nivel nacional en chile. Estos productos son cerezas, damascos, ciruelas, duraznos, uvas, peras, manzanas, kiwis y frutos secos. Los principales destinos de estos productos se encuentran en Europa, Asia, Estados Unidos, Medio Oriente y Latinoamérica.

Para el proceso de exportación de su producto, es que Rucaray ha empleados a un sinfín de trabajadores, los cuales se han visto afectados por el constante levantamiento de peso de las cajas en que se almacenan y trasladan estos productos. Esta no es una costumbre sólo de Rucaray, sino que de todas las empresas que cumplen este objetivo y similares.

Es a partir del problema de las lesiones por levantamiento repetitivo y constante de peso en esta industria por parte de diversos trabajadores, que nace un proyecto de ley que impide a los trabajadores de la industria agrícola levantar más de 50 kilos en hombres y más de 20 kilogramos a mujeres y menores de edad.

Dentro de esta problemática es que Rucaray se acerca al Centro Científico Tecnológico de Valparaíso para solicitar el estudio de factibilidad del diseño de un gripper que se adapte a los distintos tipos de caja que manejan y así automatizar el proceso de paletizado de las cajas de frutas, además alivianar la carga y el peso a levantar por parte de los trabajadores.

Para lograr este cometido, es que este proyecto de investigación y factibilidad se postula a FONDEF (Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico), fondos entregados por CONICYT (Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica), para el desarrollo de investigaciones que tengan como objetivo la innovación y el desarrollo de tecnologías a nivel nacional.

6.1.5 Producto a desarrollar

El producto a realizar para cubrir las necesidades antes expuestas, es un objeto (gripper) que permita movilizar cajas de exportación de frutas desde la cinta transportadora hacia el pallet, permitiendo así su embalaje y posterior distribución de ello a los distintos destinos. Este producto debe de tener la adaptabilidad suficiente para poder realizar esta tarea con cada una de las cajas que dispone la empresa. Además debe de cumplir con ser seguro en su uso por parte de los trabajadores del lugar.

El producto que se quiere desarrollar debe tener la capacidad de detectar y caracterizar los distintos tipos de cajas (revisar Anexo 3 para poder observar los distintos tipos de cajas con los que dispone Rucaray) para así disponerlas de la manera correcta sobre el pallet.

Este, también busca satisfacer las necesidades actuales y futuras que poseen

las empresas de la agroindustria, porque así se podrá identificar de forma directa el tipo de caja que se acerca en la cinta transportadora, permitiendo el ahorro de tiempo en la identificación y evitando el cambio manual de la distribución a utilizar para cada tipo de caja. Esto, acelerando los procesos de tomas de decisiones mediante la automatización de ellos.

Para ello se vuelve necesario describir que es un gripper, que es el paletizado y cual es la función del gripper en el proceso de paletizado de cajas en la industria exportadora de productos agrícolas.

6.1.6 Grippers

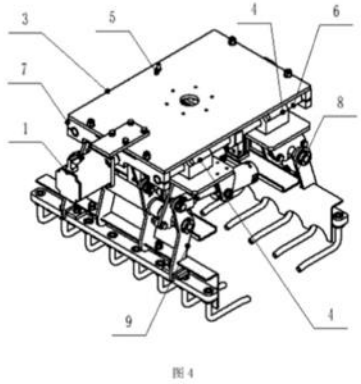
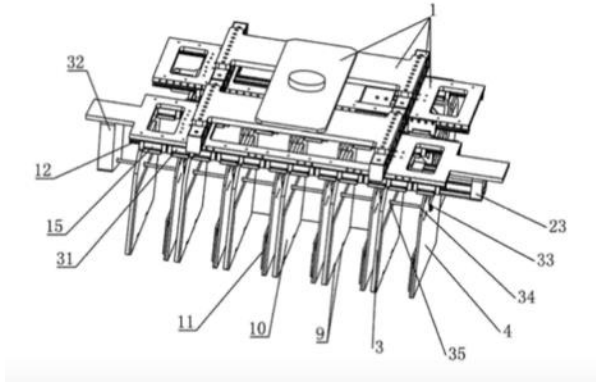
Un gripper, es una herramienta utilizada en robots que, a través de su mecanismo permite el agarrar, sostener, levantar, mover y controlar materiales siempre y cuando estos no estén siendo procesados (Choi et al., 2006). Los grippers son herramientas quinésicas al final de un sistema articulado de un robot industrial que facilita la interacción dentro del entorno de trabajo (Hassan et al., 2014). En el caso de estudio de este proyecto, el diseño de un gripper se vuelve la solución optima para cumplir los objetivos de paletizado de las cajas de frutas de la empresa Rucaray.

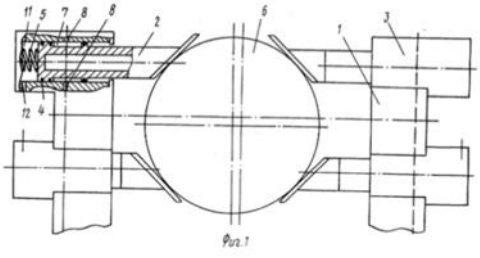
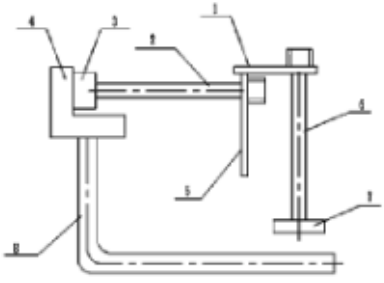
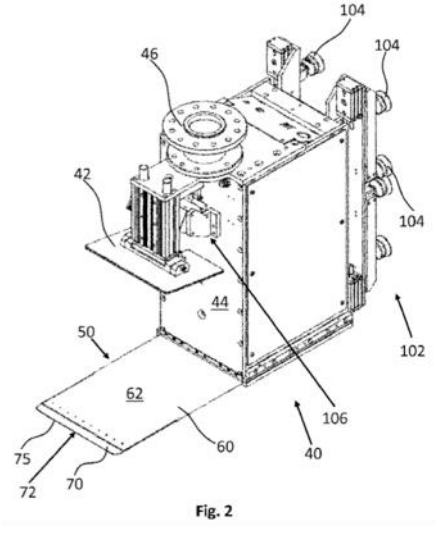
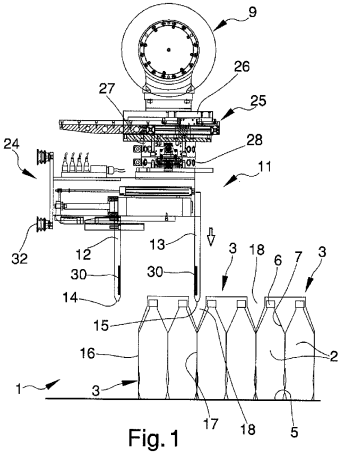
Como establece Seegräber (1993): “Los gripper juegan un importante rol dentro de los sistemas de automatización. Son la interface entre el objeto y todo el proceso de producción. Es por esto que un gripper tiene un alto impacto económico cuando un sistema automatizado lo incluye.” Por otro lado, la existencia de grippers que sean capaces de adaptarse son raras y costosas. (Sdahl, M., et al, 2005). Es por estas características que toma relevancia el desarrollo de un gripper flexible al tipo de cajas que la empresa emplea. El cual sea controlado de manera computarizada y en

el cual no sea necesario cambiar el gripper para poder alzar una caja diferente.

El paletizado corresponde al proceso de colocar y apilar objetos sobre un pallet utilizando una configuración de apilado determinada para cada tipo de caja. Un pallet es una base fabricada con madera o plástico que permite apilar objetos y que estos sean trasladados en conjunto de un lugar a otro. Este tiene una configuración que permite ser alzado por una transpaleta hidráulica o un apilador hidráulico, entre otros.

A partir de la búsqueda de patentes, se identificaron varias tecnologías que se enfocan en la soluciones de packing y paletizado en distintas industrias. Dentro de estas se destacan las siguientes:

204473862: Adaptive grip of robot	203077290: Multifunctional mechanic gripper
	

872255 (A1): industrial robot adaptive gripper	204149166: Conveying line dedicated stacking robot gripper
	
2899149: A depalletizing device for unloading charges from a palette and a method for unloading charges from a palette	WO/2014/181285: Method and appliance for repalletizing shrink-wrapped packs of plastic bottles
	

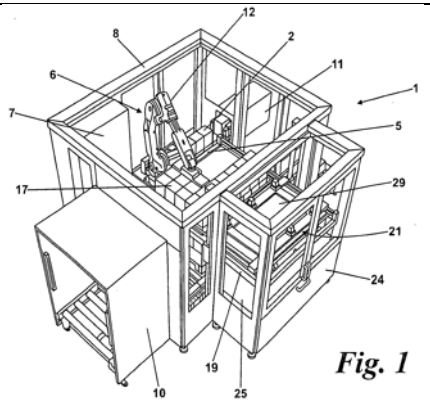
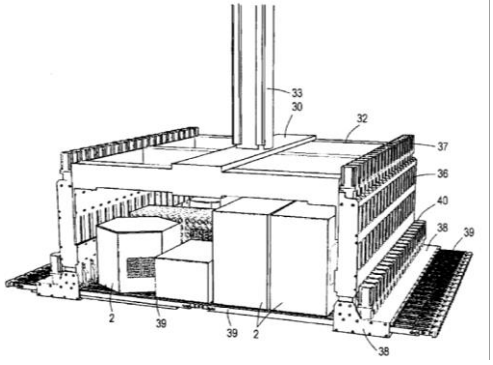
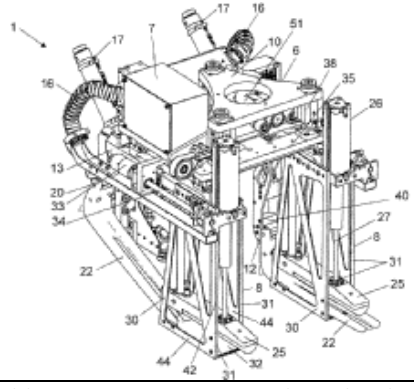
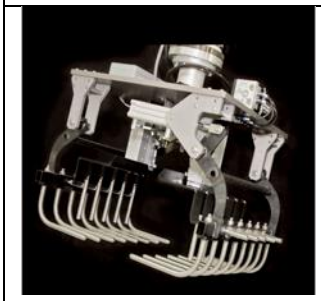
2432717: A palletizer and a method of palletizing ítems	20120070263: Apparatus and method for stacking objects
	
2009149444: Package gripper for palletizing machine and method for palletizing package	
	

Tabla 4: Patentes encontradas sobre los gripper o mecanismos relacionados con el paletizado.

IMAGEN	OBSERVACIONES	NOMBRE
	Sujeción lateral, enganche superior. Posee ventosas para colocar capas de protección antes de la colocación de cajas	Side-clamp EOAT
	Sujeción por base y ajuste superior. Posee ventosas, para la colocación de de capa protectora entre cajas y pallet. Base "enrejada" y retráctil. Deja caer la carga de una distancia mínima.	Retracting fork-style EOAT
	Sujeción superior por ventosas. Sólo sirve para caja de un cuerpo y cerrada en la parte superior.	Vacuum place end-of-arm tools

	Sujeción lateral y adaptable a culaquier forma. Pinzas demasiado grande, por lo cual solo se podria dejar caer la caja.	SE Patent No 9800945-9, US Patent No 6260902, EU Community Design
	Gripper tipo tenedor. Sirve para la movilización de bolsas o contenedores amorfos. Demasiado grande e impediria un paletizado compacto	Angular gripper / pneumatic / 2-jaw / for heavy loads HDBG
	Adaptable a cualquier tipo de caja pero no sirve para cajas abiertas en la parte superior.	SPZ Packaging. Palletizing and de-palletizing of cardboard boxes, beverage trays etc.

	Combinación de tenedor con paleta lateral. Apto para mutiples tipos y formas de embalajes. Tenedor se adapta a cinta de rodillos y en caso de exceso de peso, empuja la caja. Permite la colocación de múltiples cajas a la vez, si están en la misma orientación.	Fork Style

Tabla 5: Grippers existentes en el mercado. Tabla descriptiva que indica las características de los productos existentes en el mercado, como también su imagen y nombre.

A partir de la tabla 5 es que se pueden observar y categorizar diferentes tipos de gripper, según su configuración, mecanismo y funcionalidad. A continuación se describen las características y clasificaciones de los gripper que surgen a partir de la investigación de los productos disponibles en el mercado.

6.1.7 Características y clasificaciones de los gripper:

Tras el análisis realizado en la tabla anterior (Tabla 5), es que dentro de las herramientas de brazos robóticos para el paletizado de cajas y objetos, es que se distinguen 4 categorías de estas. Estas son: i) herramientas tipo pinzas ii) herramientas tipo tenedor, iii) herramientas de ventosas (o vacío) y por último, combinados, iv) categoría que combina las 3 anteriores.

Estas categorías se definen según su uso y por ello es su configuración física. A continuación se describen características y usos de cada una de las categorías de los grippers utilizados para el paletizado de objetos (tabla 6).

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Pinzas	esta herramienta se caracteriza por tener un par de pinzas, las cuales se pueden ubicar de manera lateral con respecto al objeto a levantar o se pueden ubicar en su base y parte superior. El uso que se le da a este tipo de herramienta es para mover objetos de paredes rígidas y paralelas a las pinzas.
Tenedor	esta herramienta se caracteriza por tener secciones opuestas con forma de tenedor que se cruzan para recoger, alzar y movilizar objetos. Esta herramienta se la de uso para la movilización de objetos con formas amorfas, es decir, con empaques o cubiertas que cambian de forma debido a la configuración de su interior.
Ventosas(o vacío)	esta herramienta se caracteriza por poseer ventosas que al utilizar el vacío permite mover distintos objetos. Estas ventosas pueden estar en variedad de posiciones con respecto al objeto que se movilizará. Para la utilización de esta herramienta, el objeto a mover debe poseer ciertas características, las cuales deben ser: con envoltorio o cuerpo rígido y de una sola pieza o en caso de tener más de una pieza, estas deben estar firmemente aseguradas.
Combinadas	esta herramienta se caracteriza por combinar características de las herramientas anteriormente descritas. Este tipo de herramientas permite movilizar una mayor variedad de objetos con variadas características.

Tabla 6: Clasificación de grippers. Esto a partir del estudio realizado de patentes y benchmarking.

Es por la no existencia de algún producto que cumpla a cabalidad con las necesidades descritas y desarrolladas anteriormente es que surge la necesidad de buscar una solución que cumpla con los requerimientos y el uso de las tecnologías existentes.

Para el correcto desarrollo del producto que se desea realizar, se vuelve necesario especificar el tamaño de las cajas a utilizar y las condiciones de las tecnologías a disposición para el desarrollo del proyecto.

En la tabla 7.1 y 7.2 se describe a modo de resumen, las cajas, sus dimensiones y observaciones a tener en cuenta. Para observar cada tipo de caja con más detalle, se sugiere revisar el Anexo 3. Sin más, en el Anexo 4 se encuentra la distribución y configuración del paletizado de cajas ya que con esta se tiene mayor información de los requerimientos a cumplir, como por ejemplo, que el gripper sea capaz de generar la misma configuración al momento de paletizar las cajas.

MANZANA QUALITY	DAVID DEL CURTO 1
Alto: 249mm Ancho: 330mm Largo: 503mm Caja cerrada de dos piezas	Alto: 154mm Ancho: 308mm Largo: 513mm Caja con apertura en el centro
DAVID DEL CURTO 2	**ROYAL**
Alto: 133mm Ancho: 300mm Largo: 400mm Caja abierta	Alto: 151mm Ancho: 300mm Largo: 508mm Caja con apertura en el centro

Tabla 7.1: Resumen Cajas. Se indican las siluetas laterales, las dimensiones de las cajas utilizadas por la empresa Rucaray, como también observaciones de los tipos de aperturas.

CEREZAS RUCARAY	DAMASCO
 Alto: 90mm Ancho: 250mm Largo: 307mm Caja cerrada de dos piezas	 Alto: 95mm Ancho: 300mm Largo: 500mm Caja cerrada de dos piezas
CEREZAS OPPY	**NEGRA**
 Alto: 91mm Ancho: 297mm Largo: 503mm Caja cerrada de dos piezas	 Alto: 165mm Ancho: 400mm Largo: 595mm Caja abierta

Tabla 7.2: Resumen Cajas. Se indican las siluetas laterales, las dimensiones de las cajas utilizadas por la empresa Rucaray, como también observaciones de los tipos de aperturas.

Por otro lado, existe a disposición de este proyecto el uso de tecnologías como es el brazo robótico marca Yaskawa, modelo MOTOMAN-MH50 II-35 (revisar figura 3). Dentro de las características de este brazo robótico, destaca que puede levantar como máximo 10kg, cuando este esta en su máxima extensión, y 35kg cuando se encuentra en el punto más cercano al eje de la base. En la figura 4 se encuentra un diagrama descriptivo de los pesos que el brazo robótico puede alzar según su extensión. Es por esto que se solicita que inicialmente, el producto a diseñar, sólo mueva las cajas estando vacías, de la cinta transportadora al pallet.

(a) (b)

Figura 3: fotografía del brazo robótico Yaskawa Motoman- MH50 II-35. (a) Vista frontal. (b) Vista lateral.

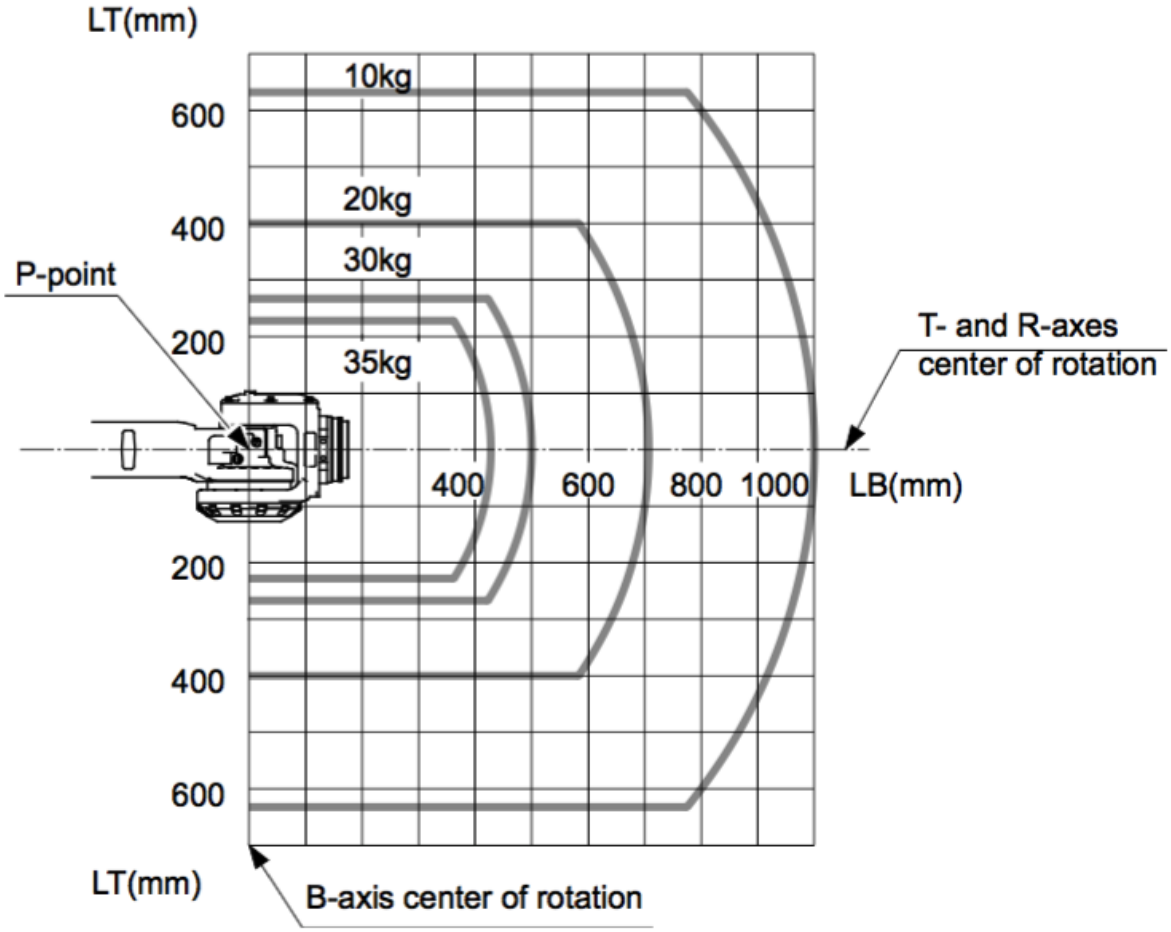


Figura 4: Robot Yaskawa. Representación gráfica del peso que sostiene el robot utilizando como referencia el punto de anclaje de este. Imagen obtenida del manual específico del modelo del brazo robótico descrito anteriormente.

Con los requerimientos definidos, información del contexto donde se ve envuelto la problemática, la incorporación de la descripción de limitantes y recursos, como también de la información de patentes y soluciones alternativas presentes en el mercado, es que se procede a continuar con la segunda etapa. Esta segunda etapa del desarrollo del producto busca definir las funciones generales y elementales de este para resolver la problemática del proceso de paletizado automatizado.

Finalmente, se presenta a modo resumen, en la figura 5, un análisis de OTSM-TRIZ. Esto con el objetivo de organizar los requerimientos para tener una mayor claridad de estos, además de poder establecer algunos parámetros para el posterior análisis de resultados.

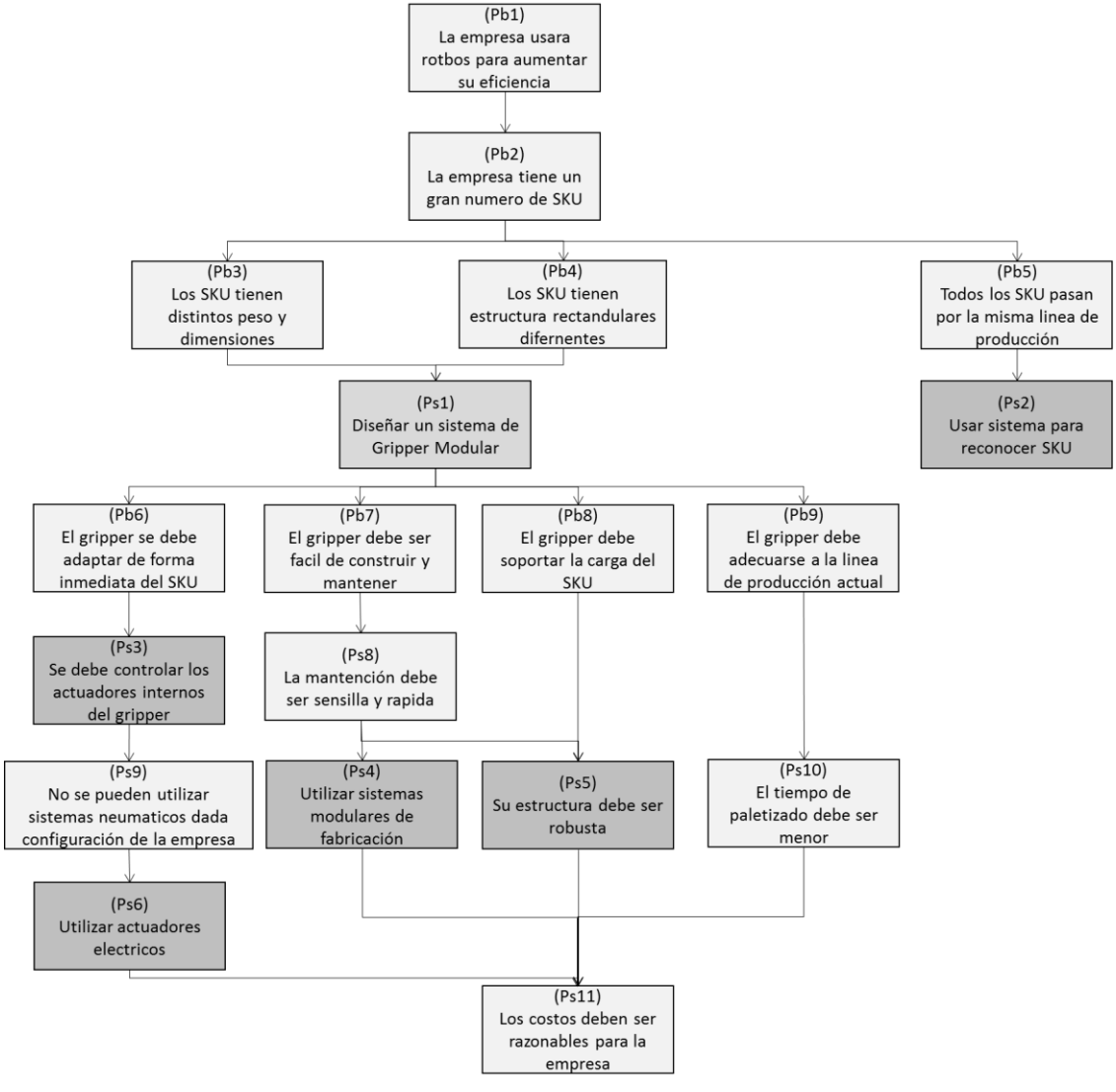


Figura 5: Red de Problemas para la identificación de parámetros y sus relaciones a través de OTSM-TRIZ

6.2 Segunda etapa: Definición de funciones

El objetivo de esta etapa es desarrollar de forma detallada el funcionamiento del producto, permitiendo así un desglose de las funciones en procesos aun más elementales, admitiendo realizar los cambios desde una base profunda, ahorrando tiempo en el proceso de diseño.

Por otro lado se busca enfocar el diseño conceptual al desarrollo de un gripper para la industria agrícola acorde a los requerimientos que desea la empresa como también se específica en la primera etapa.

Para ello se desglosaran el funcionamiento del gripper a diseñar, para luego detallar las funcionamientos elementales.

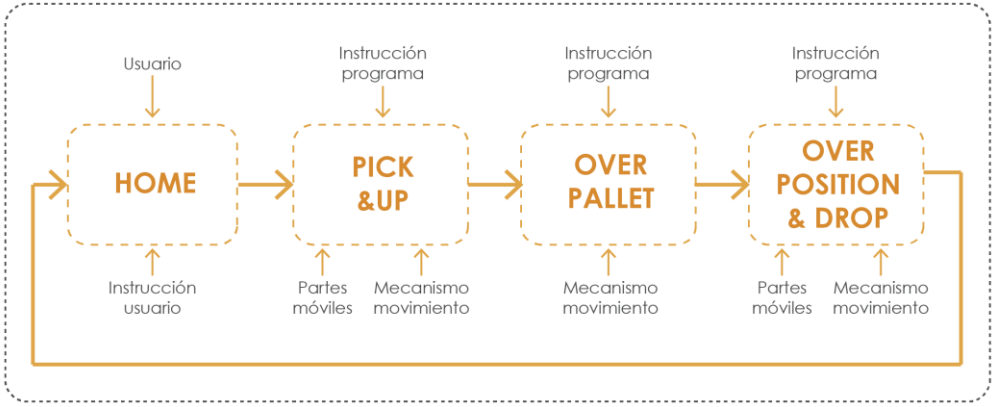


Figura 6: Funcionamiento del gripper. Esta imagen grafica el funcionamiento general esperado del gripper. Partes móviles hace referencia a las partes del gripper que pueden movilizarse para sujetar como movilizar la caja estando sobre el gripper. Mecanismo de movimiento describe a cualquier mecanismo que permita mover el gripper de un lugar a otro para cumplir su función. En este caso es el brazo robótico. Instrucción programa significa que las instrucciones que reciben tanto el gripper como el brazo robótico provienen de un programa computacional, mientras que instrucción usuario la genera el usuario, en este caso el operario.

A partir de la figura 6 se desglosan gráficamente las funciones principales que debe cumplir el gripper para desarrollar el objetivo principal de este, que es la movilización de las cajas desde la cinta transportadora a la posición correcta en el pallet. Para la descripción de estas etapas, se sugiere revisar la tabla 8, la cual se presenta a continuación.

ETAPA	DESCRIPCIÓN
Home	es el estado de reposo del brazo robótico, como también del gripper. En ella, tanto el brazo robótico como el gripper se encuentra listo para recibir cualquier instrucción para dar inicio al proceso de paletizado.
Pick & Up	es la etapa que moviliza el brazo robótico como también el gripper, preparando las partes de este para recoger, asegurar y alzar las cajas establecidas en la cinta transportadora. Además da inicio al movimiento en dirección al pallet correspondiente.
Over Pallet	hace referencia al movimiento y posicionamiento del producto sobre el pallet. Mientras este proceso se lleva a cabo, el programa que dirige el brazo robótico, contabiliza la cantidad de cajas que se han apilado ya sobre el pallet para no desestibar la configuración de este, establecido por la empresa.
Over position & drop	Este paso hace referencia a los movimientos necesarios para establecer la posición exacta del gripper sobre el pallet para luego dejar caer, gentilmente (para evitar cualquier tipo de daño al contenido que este tendría), la caja sobre la posición correspondiente.

Tabla 8: Descripción de las etapas funcionales

Posterior a esta etapa, tanto el brazo robótico como el gripper, se vuelven a posicionar en su estado de reposo, para dar inicio nuevamente a la detección y proceso de paletizado de la caja.

Posteriormente al desarrollo de la descripción de las funciones principales que se busca tener en el gripper ha desarrollar, es que se describen los funcionamientos elementales de las partes de este. Para la realización de esto, es que se sugiere revisar las Figuras 7, 8, 9 y 10 las cuales representan de manera gráfica el funcionamiento de cada una de las etapas del funcionamiento general.

Figura 7: Ciclo de funcionamiento HOME del gripper.

Figura 8: Ciclo de funcionamiento PICK & UP del gripper.

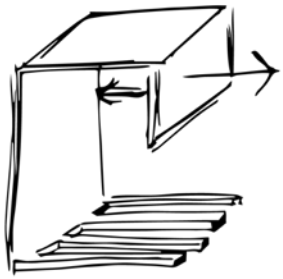
Figura 9: Ciclo de funcionamiento OVER PALLET del gripper.

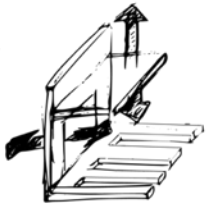
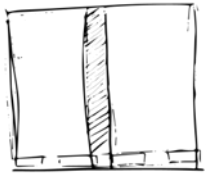
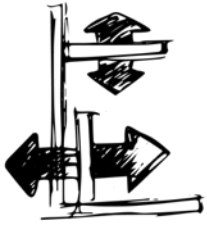
Figura 10: Ciclo de funcionamiento OVER POSITION & DROP del gripper.

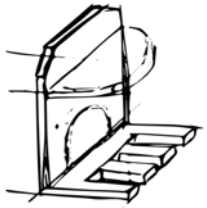
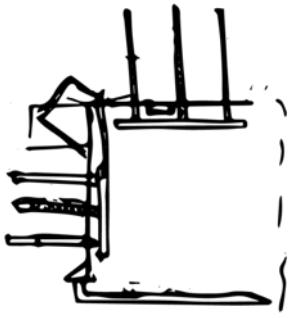
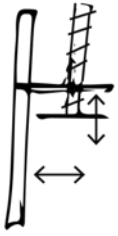
6.3 Tercera Etapa: Análisis de bosquejos basados en diseño conceptual

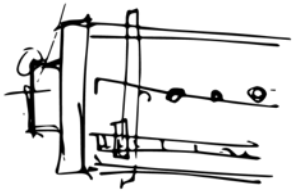
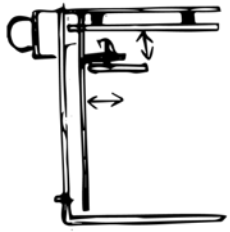
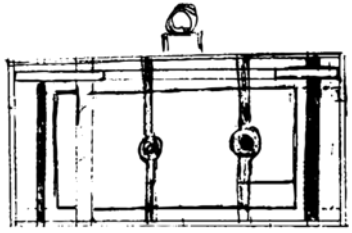
La contextualización visual se vuelve necesaria para esta etapa, por lo que a continuación se detallarán los bosquejos del producto, basado en los requerimientos descritos en etapas anteriores. Para ello se desarrolla una tabla descriptiva (Tabla 9) donde se encontrará el bosquejos y sus debidas observaciones. Esto con el objetivo de dar a entender el proceso creativo y desarrollo tanto del producto en general como también de sus funciones.

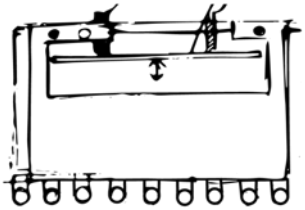
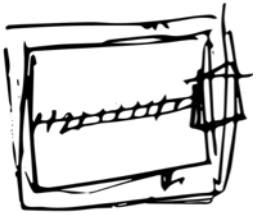
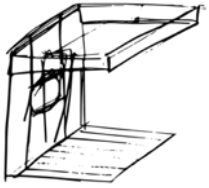
Las imágenes que se presentan en la tabla a continuación, representan el proceso creativo del diseño conceptual del gripper a partir de los requerimientos establecidos en los pasos anteriores. Este, es en orden cronológico. Paralelo a la imagen se encuentra una descripción de esta, la cual indica características y decisiones que nacen a partir de ellas.

Nº	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
1		En una primera instancia, se propone la geometría básica y algunas características que este debe tener. Por ejemplo, que la parte baja que sostendría la caja, tiene que ser tipo tenedor ya que la línea transportadora a utilizar se compone de rodillos y estos se insertarían entremedio de los rodillos para poder alzar la caja posteriormente. Por otro lado, esta una placa superior que se mueve lateralmente (se indica con flechas cual es esta pieza) para poder asegurar y empujar la caja una vez que el gripper se encuentre en la posición correcta sobre el pallet. Como observación de esta imagen, nace que la placa superior impediría sujetar o empujar la caja y no se adaptaría a las diferentes alturas de estas. Es por eso que se mantiene el mecanismo de empuje pero no en la parte superior.
2		El propósito de este bosquejo es ilustrar una segunda posibilidad de sujeción para la caja, esta vez de forma lateral. Manteniendo una placa en la parte trasera (recuadro en la parte central izquierda de la imagen) que permitiría empujar las cajas una vez que este esté en la posición correcta. En este caso se deja pendiente el análisis de la sujeción lateral de las cajas ya que aun no se tenían las medidas de todas las cajas.
3		Esta dibujo ilustra los movimientos que tendrían los mecanismos laterales que permitirían la sujeción de la caja por parte del gripper. Es en este paso, que teniendo todas las medidas de las cajas, se decide no utilizar este formato ya que sería largo y poco estable. Esto teniendo en cuenta que el anclaje estaría en el centro de la parte trasera del gripper.

4		En esta ilustración se sigue analizando la posibilidad de utilizar una placa en la parte trasera, esta adosada a un mecanismo, que permita empujar las diversas cajas en la posición que corresponde en el pallet.
5		Esta imagen, describe una nueva posibilidad de sujeción de las cajas. Esta vez desde la parte superior y en dirección vertical. Esto permite dejar los costados del gripper libres, en caso de que se diversifique la cantidad y dimensiones de las cajas que maneja la empresa.
6		Esta imagen, muestra una vista frontal del gripper. Las flechas tienen como objetivo, indicar el movimiento de la placa que sujetaría las cajas mientras estas son movilizadas por el gripper hacia su posición en el pallet.
7		Posterior a definir la forma de sujeción, se procedió a evaluar el mecanismo a utilizar para realizar el movimiento de la placa que sujetaría las cajas desde su parte superior. Para ello se definió que se utilizaría un mecanismo tipo “sin fin” que permitiría un movimiento fluido de la parte móvil y que ejerciera una fuerza suficiente para mantener la caja segura pero sin dañar su contenido (en el caso de las cajas que son abiertas en la parte superior).
8		Luego, se procedió a analizar el conjunto de los movimientos de las partes móviles. En ello se observó que la coordinación de las partes móviles sería fundamental para un proceso de automatizado eficiente y para evitar daños en el mecanismo. Es por esto que se procede a buscar una solución que permita un uso de este formato pero que el movimiento de un parte no interrumpa el funcionamiento del otro, es decir, que estos sean independientes uno de otro.

9		En este dibujo se busca definir una nueva geometría que sea estéticamente agradable para quien lo observa, pero esta idea prontamente se desecha, ya que en paralelo a este proceso, se solicita como requerimiento la utilización de perfiles de aluminios específicos, lo que impide la geometría propuesta. Esto a su vez, disminuye características esenciales de los productos de procesos automatizados, los cuales son: la robustez, la autonomía de funcionamiento, el mantenimiento sencillo y económico, como también la escalabilidad o el uso de estándares comerciales.
10		Esta ilustración (vista lateral del gripper) muestra una nueva propuesta de mecanismos, similar a la propuesta en la imagen nº8. En este caso los movimientos de las partes son dependientes una de la otra y nuevamente la sincronización es esencial para el buen funcionamiento de estas. Además en este dibujo se propone colocar el anclaje al brazo robótico en el vértice superior izquierdo, lo que permite utilizar este tipo de mecanismo para mover las piezas móviles del gripper, pero a su vez, lo hace inestable para sostener el peso propio del gripper además de que dificulta el proceso de construcción y programación de los controladores que permiten el manejo tanto del brazo robótico como del gripper debido a los puntos de referencia que se deben definir.
11		Esta imagen representa una nueva opción de mecanismo de la sujeción vertical. En ella se ilustra una manera en la cual las partes funcionan independiente una de la otra. Esto se debe a que el mecanismo que se mueve de manera vertical, está adosado a la placa que empuja la caja fuera del gripper. Estando uno adosado al otro evita que los mecanismo y partes móviles choque entre ellos, haciendo el proceso de paletizado más eficiente que las alternativas propuestas con anterioridad.

12		Este bosquejo, representa la vista superior del gripper, donde se propone la forma de sujeción de las partes que permiten empujar hacia fuera la caja cuando este se encuentra sobre el pallet, permitiendo posicionar la caja en la ubicación que corresponde según la estiva de los pallets.
13		Este dibujo es de la vista lateral del gripper, donde se puede observar las partes móviles (con flechas que indican el sentido y dirección del movimiento de estas). Además, se observa que la vinculación al brazo robótico se genera, en la parte superior izquierda del dibujo, pero no en el vértice del gripper. Esto permitiendo una vinculación firme además de permitir que la programación y calibración tanto del brazo robótico y del gripper se más fácil.
14		La vista superior del gripper que esta imagen representa, muestra tanto el mecanismo que permite que la placa que empuja la placa se mueva (franjas blanca (hilo métrico) y negra (guía, para una mayor seguridad del mecanismo) a los costados del dibujo). Además se observa unas franjas con secciones circulares en el centro, esta es la vista superior de las partes que se mueven de manera vertical en el gripper permitiendo la sujeción de las cajas. Una de las perforaciones permite que la guía se desplace libremente mientras que la otra regula el paso del hilo métrico. Por otro lado, se observa una sección rectangular con una sección circula sobre ella en el centro superior del dibujo, este es una representación grafica del anclaje entre el brazo robótico y el gripper.

15		Esta ilustración, de la vista frontal del gripper, muestra las piezas que entregan al gripper la función tipo tenedor para poder introducirse en la línea transportadora de las cajas. Esto en la parte inferior del dibujo, representadas por secciones circulares. Además, junto a la flecha, se encuentra la placa de sujeción vertical de las cajas. En esta imagen, la cantidad de secciones circulares no es representativa de la cantidad de "dientes" que tendrá el tenedor, ya que en esta parte del proceso aun no se obtenían los datos de las distancias entre los rodillos de la línea transportadora a utilizar.
16		Este bosquejo, representa una visión superior de cómo deberá verse el hijo métrico adosado al motor (recuadro al centro del costado derecho del dibujo). En este caso se propone al centro del gripper, pero posterior a este dibujo se decide que este no debe de ser solo un hilo métrico que permite el movimiento de las placas de empuje sino que dos. Distribuyendo así el esfuerzo que los motores deben de realizar para generar el movimiento.
17		En esta imagen, se busca representar, de una manera simplificada, la geometría que debe de tener el gripper.
18		Esta bosquejo representa el proceso de búsqueda de una manera de anclaje entre la placa de empuje y lo que posteriormente se denomina armazón del gripper. Esto ya que al ser partes móviles deben de estar ancladas pero no fijas al armazón permitiendo el libre movimiento de la placa de empuje del gripper. Posteriormente, es que se decide buscar otro método de anclaje, ya que las características de los perfiles requeridos para la construcción del gripper, son incompatible con la idea propuesta.

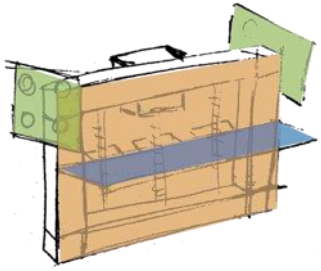
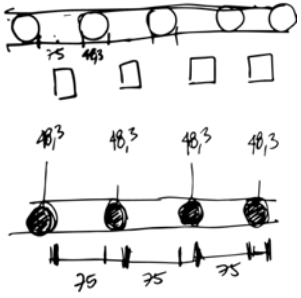
19		En este dibujo se ilustra tanto la placa móvil de empuje (en naranjo) de caja, como una representación del carro (en verde) que permite anclar esta placa al armazón del gripper. Además se visualiza la placa de sujeción (en azul) adosada a la placa de movimiento lateral como también el mecanismo que permite los movimiento verticales.
20		Estos bosquejos, son los que permitieron, una vez que se obtuvo la información sobre la distancia entre los rodillos de la línea transportadora, calcular la cantidad de “dientes” necesario para generar la parte tipo tenedor del gripper. Teniendo las medidas del gripper como esta distancia, se define que la cantidad de dientes que tendrá el gripper es de 4, con una distancia de 75mm entre cada uno. Este cálculo, consideró las dimensiones de los perfiles de aluminio requeridos como parte del diseño.

Tabla 9: Proceso de desarrollo de diseño conceptual.

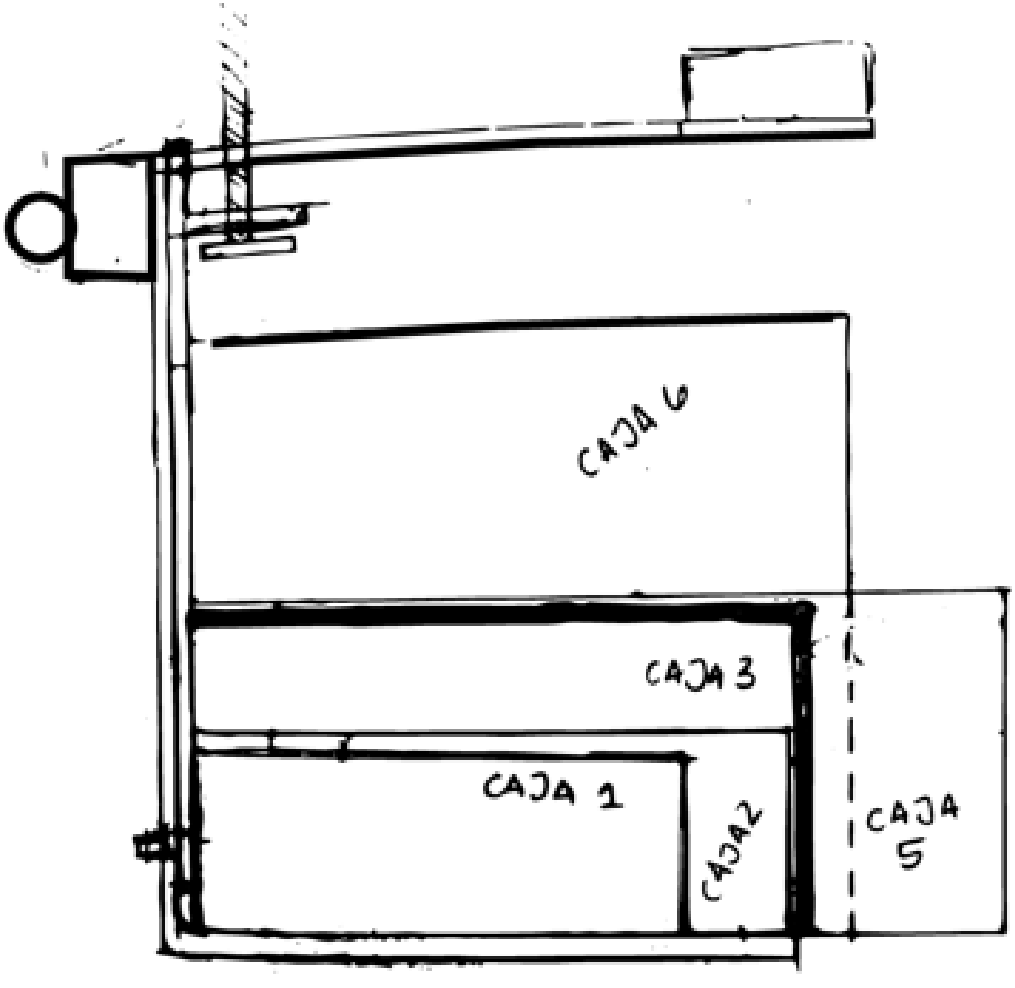


Figura 11: representación del gripper con cajas.

Posterior a todos los esquemas representado anteriormente, es que se procede a realizar un dibujo a representativo tanto las dimensiones de las cajas como del gripper. Esto para poder observar y proponer dimensiones del gripper adecuadas a las cajas.

Nuevamente, la sección rectangular junto a una sección circular, representan de manera gráfica el anclaje del gripper al brazo robótico.

Es la Figura 11, se da inicio a la inclusión de representación, mediante una caja rectangular, del motor de paso que permitirá el movimiento de las piezas y mecanismos del gripper. En este caso es la sección rectangular que se encuentra en la parte superior derecha del dibujo.

Las ventajas de estas propuestas, es que permiten cumplir gran parte de los requerimientos asociados a la empresa RUCARAY, es decir, que se adapte a cualquier tipo de caja que utiliza la empresa solicitante del producto. Por otro lado, esta aminora la cantidad de movimientos y mecanismos necesarios para realizar las tareas que se proponen. Asimismo se presenta la automatización del proceso de paletizado, caso contrario que se realiza en la actualidad. Además disminuye el esfuerzo realizado por los trabajadores y reduciendo los tiempos de los distintos procesos.

Paralelamente, este desarrollo permite esclarecer el proceso de tomas de decisiones a partir de los bosquejo. Esto, a futuro, permite que se pueda revisar entendiendo de donde viene el diseño conceptual para facilitar el proceso de rediseño, en el caso de ser necesario.

Por otro lado, el desarrollo de bosquejos y esquemas, permite definir y entender requerimientos propios del gripper, lo que

da paso a la próxima (cuarta) etapa del proceso de diseño del caso aplicado.

6.4 Cuarta etapa: Desarrollo de modelo de requerimientos asociados al diseño conceptual

Esta etapa busca definir los distintos parámetros necesarios para la evaluación del producto final. Para ello se describen a continuación los requerimientos y parámetros que se definieron para la realización de los diseños conceptuales. Estos son:

REQUERIMIENTO	DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO
Movilización	Este requerimiento define que las cajas deben ser trasladadas de un lugar a otro con el brazo robótico que dispone el Centro Científico Tecnológico de Valparaíso.	Cajas sin daños estructurales
Alzado	Correcto proceso de alzado de las cajas desde las líneas transportadoras.	Entre 5mm y 15mm de distancia del rodillo de la línea transportadora.
Posicionamiento	Se busca colocar correctamente las cajas según la estiva de los pallets entregados por Rucaray.	< 30mm de la posición según la estiva
Adaptabilidad	La meta es que el gripper adapte y asegure su funcionamiento a las distintas dimensiones de las cajas utilizadas por la empresa.	Levantar cajas de alto entre 90mm y 250mm.
Tiempo	Se busca que la movilización y colocación de las cajas en los pallets sea menor que lo actual.	< tiempo actual
Funcionalidad	Que los mecanismos, para la realización de las tareas solicitadas, se lleven a cabo correcta y fluidamente.	90% de eficiencia

Tabla 10: Definición de requerimientos

6.5 Quinta etapa: definición del diseño conceptual basado en requerimientos

La meta que busca cumplir esta etapa es generar un modelo visual que permita a los distintos entes evaluadores y decidores, tener una visión general del producto que se fabricará. Para ello se propone el bosquejo final del producto (Figura 12) con sus principales características. Este es el paso previo para la modelación 3D del producto, el cual se utiliza para evaluar y simular el funcionamiento de los mecanismos y del proceso automatizado de paletizado.

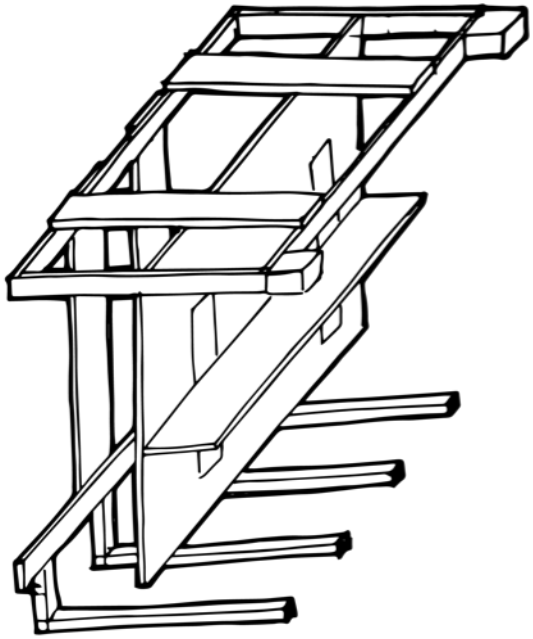


Figura 12: bosquejo gripper.

6.6 Sexta etapa: Diseño y modelo CAD del diseño conceptual esperado

El desarrollo de un modelo CAD permite visualizar digitalmente un resultado realista del producto diseñado en las etapas anteriores. A continuación se presenta el modelo CAD del gripper con sus partes. Su plano general correspondiente se encuentra en el anexo 5.

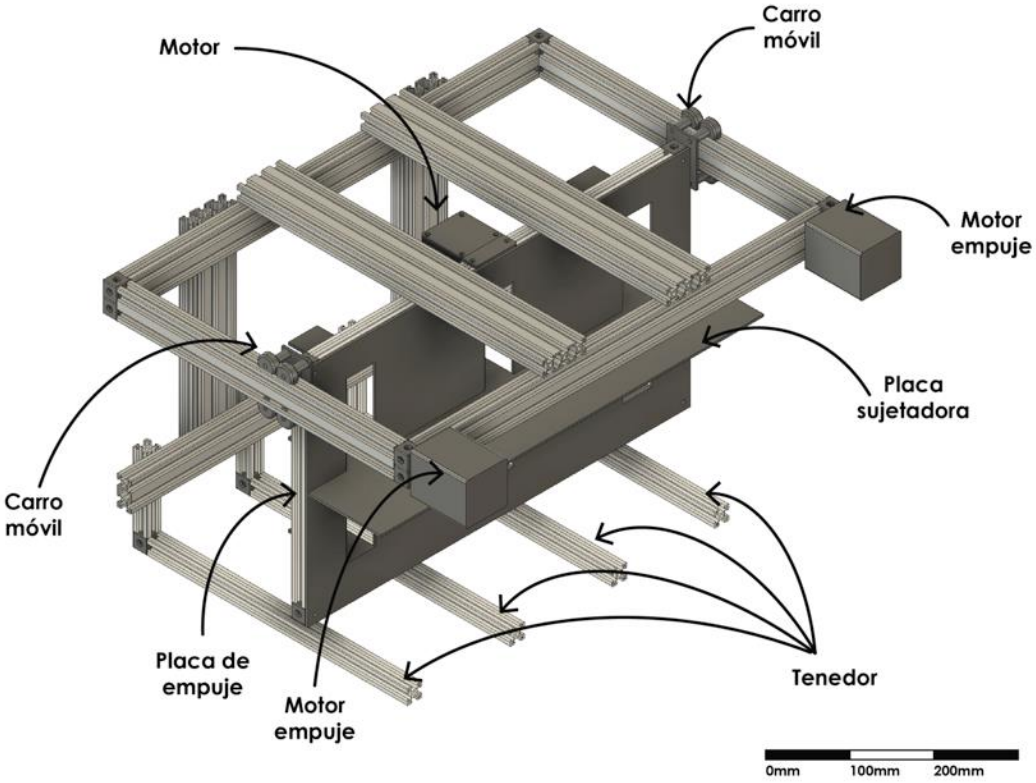


Figura 13: Modelo CAD con sus partes.

A continuación, en la Tabla 11, se encuentra el nombre de las diferentes partes del gripper y una descripción de cada una de estas.

PARTE	DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO DE EVALUACIÓN
Carro móvil	Es el mecanismo que permite que la placa de empuje se mueva.	Velocidad = 0.1 m/seg max;
Placa empuje	Sistema móvil (horizontal) que permite empujar las cajas fuera del gripper.	Empuje = max 5 kg
Motor empuje	Motor, que moviliza un hilo métrico permitiendo que el carro móvil mueva el sistema de empuje del gripper.	Rpm = 300 máx.
Tenedor	Serie de perfiles cuadrados que se introducen entre los rodillos de la línea transportadora permitiendo el alza de cajas.	Peso a la flexión = min 10 kg.
Placa sujetadora	Placa que se moviliza (verticalmente) por medio de un hilo métrico y un motor para asegurar las cajas que se transportan en el gripper.	Fuerza = 1,16 Nm máx.
Motor	Motor que moviliza un hilo métrico que permite el movimiento vertical de la placa sujetadora.	Rpm = 300 máx.

Tabla 11: Descripción de partes del gripper.

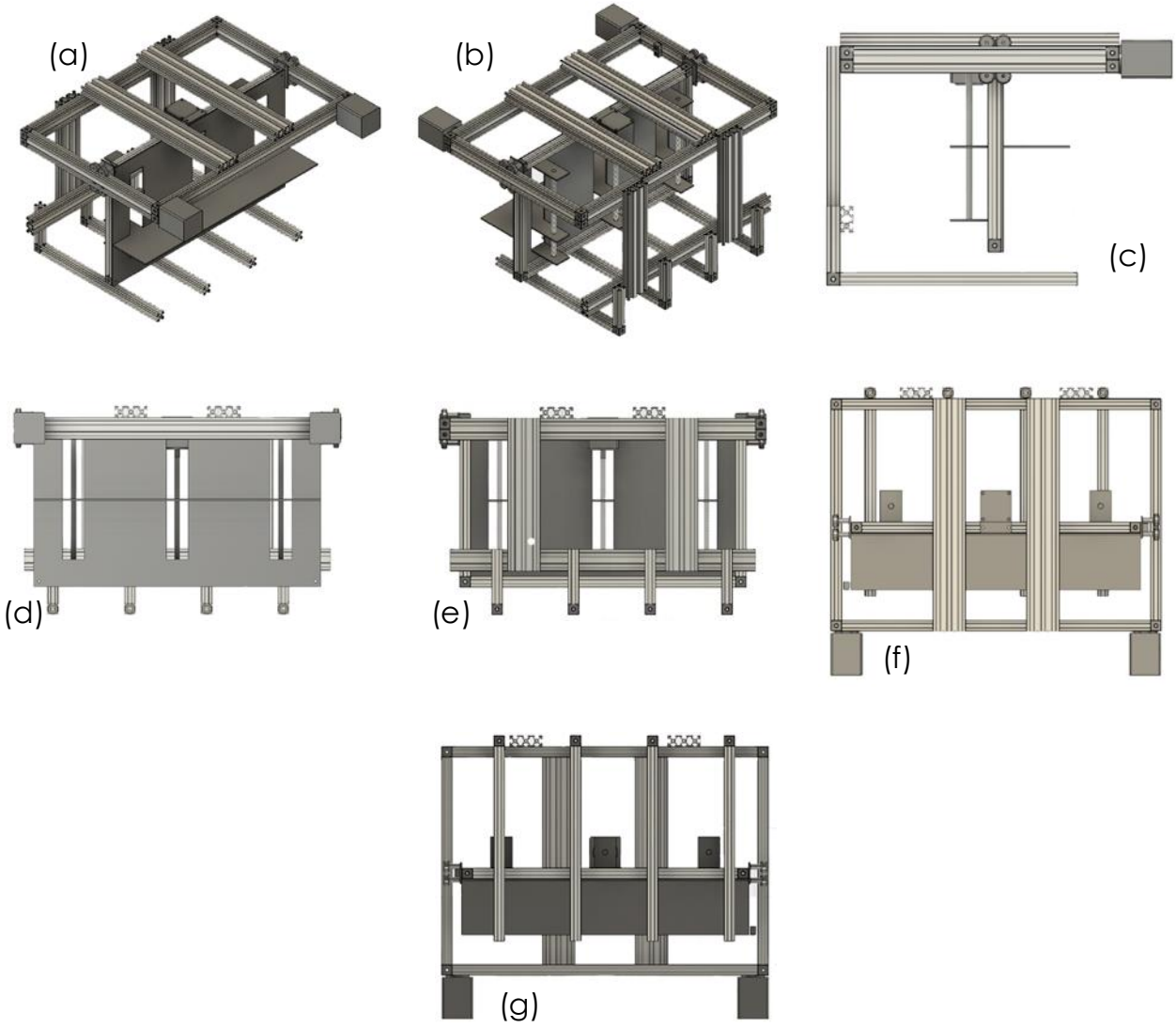


Figura 14. Modelo CAD de gripper. (a) Vista isométrica frontal. (b) Vista isométrica trasera. (c) Vista lateral. (d) Vista frontal. (e) Vista trasera. (f) Vista superior. (g) Vista inferior.

Con el modelo CAD ya realizado es que se procedió a realizar una simulación virtual del proceso de paletizado. Esto, con el objetivo de encontrar errores que en el proceso creativo se vieron evadidos.

6.7 Séptima Etapa: Simulaciones digitales del producto.

El objetivo de esta etapa es desarrollar simulaciones computacionales del producto generado a lo largo de este proceso para poder detectar errores. Para ello, se presentan imágenes de la simulación de los movimientos del brazo robótico con el gripper en su extremo, haciendo el recorrido desde la posición inicial de la caja al pallet. Cabe destacar que esto se realizó con cada una de las diferentes dimensiones de las cajas.

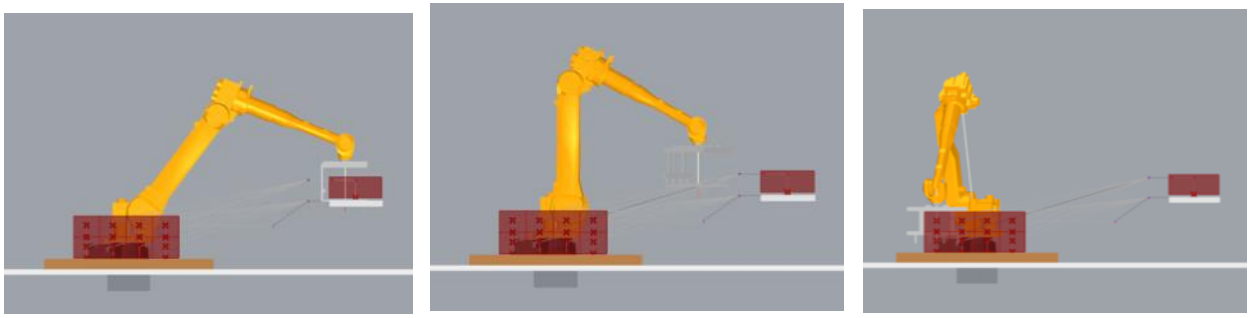


Figura 15: secuencia de simulación del gripper y brazo robótico en funcionamiento.

A partir de este proceso de simulación del funcionamiento del gripper, es que se encuentra un error en las dimensiones del gripper, lo cual impide que todas las cajas sean palletizadas. Posterior a esto es que se corrigen y adaptan las medidas para que se ajuste correctamente a estas. Este error se produjo por dos variables, error de

cálculo, y debido a que al exportar los archivos a un formato que permitiese la simulación, hizo que las medidas se vieran alteradas. Dado que es un archivo CAD y este es virtual, los cambios y correcciones de dimensiones, son de realización simple, y al ser desarrollado de manera encadenada, las distintas partes se adaptan adecuadamente a los cambios.

Por otro lado, al analizar la simulación, se encuentran limitantes del labor que cumple el brazo robótico, en particular del modelo utilizado en este caso. Estas limitantes se ven asociadas al peso que el brazo soporta (máximo 10 kg en su máxima extensión o 35kg cuando se encuentra sobre el eje de rotación de la base). Esto limita la investigación debido a que no se podría simular en la realidad ya que el gripper junto con las cajas llenas de frutas sobrepasan los limites de peso a soportar.

Luego de las correcciones, revisiones y aprobaciones del modelo CAD, es que se procede a la siguiente etapa, la cual busca realizar la definición de los materiales y sus cantidades a utilizar, para la construcción de este.

6.8 Octava Etapa: análisis de resultados a partir de las simulaciones.

El análisis de resultados de un proceso, se vuelve de vital importancia para poder establecer diferentes observaciones. Esto, entregando información vital para el futuro desarrollo de este. Es por esto, que el objetivo de esta etapa es analizar los resultados a partir de los requerimientos descritos a lo largo de las distintas etapas del desarrollo del producto.

Este proceso de análisis se desarrolla a través del chequeo de cada uno de los

requerimientos y entregando un valor a través de una tabla. Esta se compone de: el requerimiento, su descripción, las ventajas y/o desventaja que surge a partir del análisis y su justificación.

La información que entrega este análisis permite interpretarlo de diversas maneras, pero principalmente permite definir si las decisiones tomadas en etapas anteriores fueron correctas o no, además de poder decidir si algún elemento del diseño será rediseñado.

A continuación, se presenta el análisis propio del producto diseñado y desarrollado a lo largo de este caso. Entregando el indicador por cada uno de los requerimientos y su justificación.

REQUERIMIENTO	DESCRIPCIÓN	Ventaja/ desventaja	JUSTIFICACIÓN
Movilización	Este requerimiento define que las cajas deben ser trasladadas de un lugar a otro con el brazo robótico que dispone el Centro Científico Tecnológico de Valparaíso.	Ventaja: la movilización de las cajas es fluida. Desventaja: el robot utilizado realiza la tarea pero con limitantes de peso a cargar.	A partir de la simulación computarizada, se comprueba que el gripper moviliza los distintos tipos de cajas.
Alzado	Correcto proceso de alzado de las cajas desde las cintas transportadoras	Ventaja: el gripper se adapta adecuadamente a las cajas. Desventaja: si se cambia el tipo de línea transportadora, este no seria capaz de adaptarse debido a las diferentes configuraciones de estas.	A partir de la simulación se permite observar el correcto alzado de las diferentes cajas.

Posicionamiento	se busca colocar correctamente las cajas según la estiva de los pallets entregados por Rucaray.	Ventaja: en la simulación computarizada permite ver donde se encuentran los errores. Desventaja: la programación se puede realizar con exactitud, pero en la realidad siempre se encuentra un margen de error.	La simulación computarizada permite visualizar y posicionar las cajas correctamente en el pallet.
Adaptabilidad	la meta es que el gripper adapte y asegure su funcionamiento a las distintas dimensiones de las cajas utilizadas por la empresa.	Ventaja: si se introduce un nuevo tipo de caja que tenga dimensiones entre las ya existentes, el gripper será capaz de adaptarse adecuadamente. Desventaja: si se incluye una caja que escape las dimensiones establecidas en los requerimientos, este no será capaz de adaptarse.	Dada la programación y simulación computarizada, este requisito se cumple a cabalidad.

Tiempo	se busca que la movilización y colocación de las cajas en los pallets sea menor que lo actual.	No Aplica	No aplica esta evaluación debido a que no se tienen los datos de tiempo de paletizado.
Funcionalidad	Que los mecanismo, para la realización de las tareas solicitadas, se lleven a cabo correcta y fluidamente.	Ventaja: los materiales para la construcción permiten un funcionamiento fluido. Desventaja: el gripper tiene la capacidad de adaptarse a los diversos tamaños de caja y ser modular, pero si se cambia la configuración de los rodillos de las líneas transportadoras, este no se adaptaría.	La fluidez en la simulación computarizada, permite evaluar positivamente este requisito.

Tabla 12: Análisis cualitativo de resultados.

6.9 Novena etapa: Análisis técnico-económico & construcción

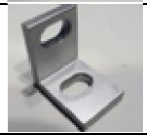
La meta principal de esta etapa es establecer, definir y cuantificar los materiales necesarios para la construcción del producto propuesto y diseñado en el modelo CAD. A continuación se presenta un listado de los materiales y sus características.

La decisión de utilizar este tipo de materiales para la fabricación, se debe a la

facilidad de ensambles que este entrega, ya que al presentar piezas como conectores entre las partes, se puede prescindir de procesos como lo es el soldar piezas.

Además, al ser piezas de aluminio, estas son fáciles de mecanizar o procesar con herramientas disponibles en talleres o en casa. Por otro lado, la estructura que poseen lo perfiles lo hacen resistente y liviano, cumpliendo así con características requeridas en este proceso.

Por otro lado, cumple con los requisitos planteados en la primera etapa, donde se especificaba que un proceso automatizado debe de cumplir con las características de ser escalable, cumplir con estándares comerciales, fácil de mantener, que sea autónomo y de piezas robustas.

ITEM	CANTIDAD	IMAGEN	ITEM	CANTIDAD	IMAGEN
V-slot linear rail 20x40x1500mm	2		6mm Eccentric Spacer	10	
V-slot linear rail 20x60x1500mm	1		8mm Lock Collar	10	
V-slot linear rail 20x20x1500mm	3		8mm Ball Bearing	6	
L bracket double	8		NEMA 23 Threaded Rod Plate	5	
L bracket simple	8		1/4" x 8mm Flexible Coupling	5	
L bracket triple	8		Anti-Backlash Nut Block (for 8mm MALS)	5	
low profile screw M5 (pack) 10mm	6		V-Slot™ Gantry Plates	3	
slot cover/ panel holder yellow 1000mm	2		Spacer block	6	
slot cover/ panel holder red 1000mm	2		8mm Metric Acme Lead Screw (1000mm)	3	

slot cover/ panel holder grey 1000mm	2		Xtreme Solid V Wheel™ Kit	10	
Cube corner connector	48		12V 16.5A Power Supply	1	
M5 LPS 15mm	30		4A Stepper Motor Driver	4	
M5 LPS 40mm	20		Nema23 3Nm Stepper Motor	1	
M5 LPS 55mm	10		Nema23 1.9Nm Stepper Motor	2	
M5 hex locknut	40		Nema23 1.16Nm Stepper Motor	1	
8mm Shim	40		Stepper motor mounting plate (size 23)	2	
Self Tapping Screw	20		8mm bore GT2 pulley (6mm belt)	6	
40mm Aluminum spacers	8		6mm closed loop belt 930mm lenght	2	

6mm Aluminum spacers	10		6mm closed loop belt 1220mm lenght	2	
3mm Aluminum spacers	10		BF10 MALS support	6	

Tabla 13: Listado de piezas. Se definen: nombre, cantidades e imágenes de las piezas

A partir de este listado, es que se genera la cotización de estos materiales. Para poder observar estas cotizaciones, se sugiere revisar el Anexo 6.

A partir de la lista de materiales, es que se solicita la compra de los productos necesarios para construir el gripper. Posterior a la compra y recepción de los materiales, es que se da inicio al proceso de construcción del gripper (anexo 7) a partir de los planos generales disponibles en el anexo 5.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Actualmente existen metodologías y modelos de diseño o rediseño que han sido creados para generar un único método de desarrollos de productos. Sin embargo estos no son capaces de adecuarse a todos los casos ni a todas las necesidades a integrar.

La metodología propuesta busca generar un proceso general que permita encontrar oportunidades de mejoras a partir del entendimiento de los requerimientos del contexto o del encargo, como en el caso de estudio. Sin embargo, este no es un camino único para el diseño estructural del objeto, sino que permite ser utilizado desde las distintas aristas de este, electrónica por ejemplo.

Inicialmente, se presenta esta metodología como un proceso lineal, pero en la práctica, este no se llevo a cabo de esta manera debido que en el proceso de definición de formas y detalles, se iban encontrando

detalles que si se alteraban, debían alterarse las soluciones propuestas, ya que estas se adecuaban a ese detalle en particular. Esto hacía de la metodología un proceso iterativo pero eficiente ya que una vez que se tomaba la decisión esta no se cambiaba a menos que fuera estrictamente necesario o una arista distinta del proyecto dependiera de las otras. Por ejemplo cuando se definía el espacio entre las partes del tenedor del gripper, era necesario la información de la distancia de los rodillos de la línea transportadora.

Igualmente, se volvió necesario siempre tener presentes los requisitos que propone la automatización de procesos. En el proceso se vuelve de vital importancia, cumplir con ellos para un posterior avance, rediseño o nuevos proyectos que pueden surgir de este estudio. La robustez de un producto es necesario para que este perdure en el tiempo y en especial cuando las tareas a desarrollar son repetitivas, produciendo un desgaste importante en el material. Además, la autonomía del producto es importante ya que eso le da la posibilidad de adaptarse a distintos entornos. Sin más, el mantenimiento, el cumplimiento de estándares comerciales y escalabilidad de un producto en desarrollo son características importantes ya que estas permitirán las constantes mejoras y perfeccionamiento del diseño.

Paralelamente, el trabajo multidisciplinario toma importancia para no sólo el desarrollo de tecnologías, sino que del mercado también. En el caso en particular desarrollado en el actual documento, se evalúa y define el mercado disponible (industria agrícola) el cual puede verse afectado por este nueva variante de los gripper, permitiendo evaluar tanto la viabilidad como aplicabilidad de este.

Esto, a su vez, entrega nuevas oportunidades de continuación de

desarrollos, como lo sería un gripper con sensores que sea capaz de distinguir tanto las cajas como los pallets, para calcular los movimientos y trayectorias necesarias para cumplir la tarea solicitada. Además de poder incluir la capacidad del realizar varias tareas a la vez, permitiendo paletizar diversos pallets simultáneamente según la caja detectada en la línea transportadora.

Por otro lado, una nueva oportunidad de desarrollo se presenta por el hecho que en este caso tanto los materiales como los recursos robóticos limitan tanto el peso a cargar como la materialidad del producto. Esto abre la posibilidad de generar un nuevo producto a escalado con materiales más resistentes y con mayor capacidad de carga.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón Valero, F., Alemany Díaz, M. D. M., & JEANPIERRE, F. (2012). Metodología para la reingeniería basada en el modelado de procesos de negocio. In DYNA Ingeniería e Industria (Vol. 87, No. 5, pp. 566-573). Federación de Asociaciones de Ingenieros Industriales de España (FAIIE).

- Altshuller, G., & Shulyak, L. (1996). And suddenly the inventor appeared: TRIZ, the theory of inventive problem solving. Technical Innovation Center, Inc..

- Becattini, N., Cascini, G., & Nikulin, C. (2015a). Modelling the dynamics of products and processes requirements. Procedia Engineering, 131, 661-671.

- Becattini, N., Cascini, G., Petrali, P., & Pucciarini, A. (2015b) Production

processes modeling for identifying technology substitution opportunities. Procedia Engineering 131, 14-29.

- Breton, R., & Bossé, É. (2003). The cognitive costs and benefits of automation. DEFENCE RESEARCH AND DEVELOPMENT CANADAVALCARTIER (QUEBEC).

- Brown, F., & Domínguez, L. (1989). Nue, ra. s tecnologías en la industria maquiladora de exportación. Comercio exterior, 39(3).

- Buckham, A. (1976). La automatización en la agricultura. Agricultura: Revista agropecuaria, (525), 58-60.

- Bullón Vilchis, O. (2009). Automatización industrial (Doctoral dissertation

- Camp, Robert C. (1994). Business Process Benchmarking: Finding and Implementing Best Practices. ASQC Quality Press, Milwaukee.

- Canales, A. R., & Martínez, J. M. M. (2010). Automatización y telecontrol de sistemas de riego. Marcombo.

- Cascini, G. (2012) TRIZ-based Anticipatory Design of Future Products and Processes. Journal of Integrated Design and Process Science, 16 (3), 29-63.

- Cascini, G., Becattini, N., Kaikov, I., Koziolek, S., Kucharavy, D., Nikulin, C., ... & Vanherck, K. (2015). FORMAT–Building an Original Methodology for Technology Forecasting through Researchers Exchanges between Industry and Academia. Procedia Engineering, 131, 1084-1093.

- Choi, H., & Koc, M. (2006). Design and feasibility tests of a flexible gripper based on inflatable rubber pockets. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 46(12), 1350-1361.

- Colciencias. (2005), Plan Estratégico de Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico, Industrial y Calidad. Bases para una Politica de Promoción de la Innovación y el Desarrollo Tecnológico en Colombia 2005 - 2015., Bogotá

- Córdoba Nieto, E. (2006). Manufacturing and automation. Ingeniería e Investigación, 26(3), 120-128.

- De automatización, f. D. L. A., los sistemas, e. N., & Agronegocios, d. E. (2008). Role of automation agents in agribusiness decision support systems. Agrociencia, 42(8), 913-923.

- Do, E. Y. L., & Gross, M. D. (1996, June). Drawing as a means to design reasoning. In AI and Design.

- Foster, E., Valdés, A., (2013), ¿cuál es el tamaño económico del sector silvoagropecuario en Chile? Cálculo para el año 2008 considerando sus encadenamientos., Ministerio de Agricultura.

- Gutiérrez, J.A, Infante, M.A, y Córdoba Nieto, E., (1994) Significado Económico - Social y Técnico de Automatización.

- Hassan, A., & Abomoharam, M. (2014). Design of a Single DOF Gripper based on Four-bar and Slider-crank Mechanism for Educational Purposes. Procedia CIRP, 21, 379-384.

- Kühn, W. (2006, December). Digital factory: simulation enhancing the product and production engineering process. In Proceedings of the 38th conference on Winter simulation (pp. 1899-1906). Winter Simulation Conference.

- Navarro, E. (2009). Gestión y reingeniería de procesos. El Cid Editor.

- Nikulin, C., Graziosi, S., Cascini, G., & Stegmaier, R. (2013a) Integrated Model for Technology Assessment and Expected Evolution: A Case Study in the Chilean Mining Industry. Journal of Integrated Design and Process Science.

- Nikulin, C., Becattini, N., Cascini, G. (2013c) Modelling the dynamics of products and processes requirements. TRIZ Future Conference-2013, France.

- Nikulin, C., Becattini, N., (work in progress), An approach for identifying and exploring technological alternatives.

- Pahl, G., & Beitz, W. (2013). Engineering design: a systematic approach. Springer Science & Business Media.

- Patente nº 204473862: Adaptive grip of robot

- Patente nº 203077290: Multifunctional mechanic gripper

- Patente nº 872255 (A1): industrial robot adaptive gripper

- Patente nº 204149166: Conveying line dedicated stacking robot gripper

- Patente nº 2899149: A depalletizing device for unloading charges from a palette and a method for unloading charges from a palette

- Patente nº WO/2014/181285: Method and appliance for repalletizing shrink-wrapped packs of plastic bottles

- Patente nº 2432717: A palletizer and a method of palletizing ítems

- Patente nº 20120070263: Apparatus and method for stacking objects

- Patente nº 2009149444: Package gripper for palletizing machine and method for palletizing package

- Robles-Ortiz, C. (2009). Agrarian Capitalism and Rural Labour: The Hacienda System in Central Chile, 1870–1920. Journal of Latin American Studies, 41(03), 493-526.

- Rodríguez, S., (2015), Uso de metodologías para el desarrollo del diseño conceptual, de un equipo para la detección de la ley de mineral en los botaderos de material estéril asociado a nuevas tecnologías en la industria minera. Trabajo de titulo para la obtención del titulo de Ingeniero Civil Mecánico.

- Sdahl, M., & Kuhlenkoetter, B. (2006). CAGD-computer aided gripper design for a flexible gripping system. arXiv preprint cs/0601058.ST Derby, (2005), Design of Automatic Machinery., Edit M., Dekken

- Seegräber, L(1993). Greifsysteme für Montage, Handhabung und Industrieroboter. Expert-Verlag, Ehningen 1993

- Torres, I. B. (2000). Presente y futuro en la automatización de la horticultura. Horticultura: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas,

hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros, (1), 106.

- Vilaboa, J. (2004). Gestión de la automatización de plantas industriales en Chile. Revista Facultad de Ingeniería-Universidad de Tarapacá, 12(1), 33-41.

- Watson, G. H. (1993). Strategic benchmarking: How to rate your company's performance against the world's best. Wiley.

- Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE) & Fundación para la Innovación Agraria (FIA), (2001), Investigación sobre la innovación tecnológica en la agricultura: Resultados generales I, INE.

9. ANEXOS

En esta sección podrá encontrar la información complementaria para la realización de este trabajo, los cuales se encuentran en orden en el cual se mencionan en el texto.

Anexo 1: Ley 20.001 – Regula el peso máximo de carga humana.

Teniendo presente que el H. Congreso Nacional ha dado su aprobación al siguiente

Proyecto de Ley: "Artículo 1º: Incorpórese en el libro II del Código del Trabajo, el siguiente Título V, nuevo:

"Título V: DE LA PROTECCION DE LOS TRABAJADORES DE CARGA Y DESCARGA DE MANIPULACION MANUAL

Artículo 211-F.- Estas normas se aplicarán a las manipulaciones manuales que impliquen riesgos a la salud o a las

condiciones físicas del trabajador, asociados a las características y condiciones de la carga.

La manipulación comprende toda operación de transporte o sostén de carga cuyo levantamiento, colocación, empuje, tracción, porte o desplazamiento exija esfuerzo físico de uno o varios trabajadores.

Artículo 211-G.- El empleador velará para que en la organización de la faena se utilicen los medios adecuados, especialmente mecánicos, a fin de evitar la manipulación manual habitual de las cargas.

Asimismo, el empleador procurará que el trabajador que se ocupe en la manipulación manual de las cargas reciba una formación satisfactoria, respecto de los métodos de trabajo que debe utilizar, a fin de proteger su salud.

Artículo 211-H.- Si la manipulación manual es inevitable y las ayudas mecánicas no pueden usarse, no se permitirá que se opere con cargas superiores a 50 kilogramos.

Artículo 211-I.- Se prohíbe las operaciones de carga y descarga manual para la mujer embarazada.

Artículo 211-J.- Los menores de 18 años y mujeres no podrán llevar, transportar, cargar, arrastrar o empujar manualmente, y sin ayuda mecánica, cargas superiores a los 20 kilogramos.".

Artículo 2º.- Las normas de protección de los trabajadores de carga y descarga de manipulación manual, contenidas en el nuevo Título V que se incorpora al LIBRO II del Código del Trabajo, comenzarán a regir seis meses después de la publicación de esta ley.

Artículo transitorio.- Dentro del plazo de ciento ochenta días, contado desde la fecha de publicación de esta ley, deberá dictarse un reglamento relativo a la normativa que por el artículo 1º de la presente ley se incorpora al Código del Trabajo.".

Y por cuanto he tenido a bien aprobarlo y sancionarlo; por tanto promúlguese y llévese a efecto como ley de la República.

Santiago, 28 de enero de 2005.- RICARDO LAGOS ESCOBAR, Presidente de la República.- Ricardo Solari Saavedra, Ministro del Trabajo y Previsión Social.

Lo que transcribo a usted, para su conocimiento.- Saluda a usted, Felipe Sáez Carlier, Subsecretario del Trabajo (S).

Anexo 2: Parámetros de Becattini.

Los Parámetros de Becattini son los que se utilizan para desarrollar los requerimientos necesarios para el desarrollo y diseño de un producto. En este caso, la Tabla 6 que describe estos parámetros, se extrae de la traducción libre a partir del texto original "Production processes modeling for identifying technology substitution opportunities" de Becattini et al., del trabajo realizado por Rodríguez (2015).

CARACTERÍSTICAS DE LA NECESIDAD DEL OBJETO	**Popularidad de la necesidad:** Cada necesidad se puede expresar por medio de valores objetivo para uno o más tipos. Entonces, cada uno de estos tiene un valor deseado de características que describe el umbral que deben alcanzarse con el fin de permitir la satisfacción deseada. Se refieren a la proporción de la población interesada en el cumplimiento de una necesidad específica con valores específicos.(por ejemplo .: para la función "limpiar la ropa" se examina en qué parte de la población considerada tiene tal necesidad).
	Urgencia de la necesidad: se relacionan con el nivel de urgencia de las necesidades. Parámetros de este tipo están destinados a describir la importancia de una cierta función como un medio para producir un resultado deseado que es crítico para la supervivencia (de un individuo , así como una industria, ...). Mientras más importante la petición de cumplimiento de una necesidad, mayor es el nivel de urgencia (por ejemplo .: para la función " limpiar la ropa " se evalúa la urgencia de llevar ropa limpia).
LOGRO UMBRAL	**Calidad del producto:** Cada función cambia o se estabiliza, a mínimo una de las características de un objeto dado, con el fin de transformarlo en un producto deseado. El parámetro " calidad

	del producto " se pretende describir de este modo: la capacidad del sistema para ofrecer la función requerida en términos de calidad. En otras palabras, este parámetro está destinado a evaluar " cuan bien " la función produce sus resultados en referencia a los resultados deseados (por ejemplo : la cantidad de manchas residuales , los olores, los patógenos en la ropa después de un ciclo de lavado , así como el tipo de manchas que se pueden o no se puede quitar ...).
	Cantidad del producto: Cada función tiene la capacidad de transformar el objeto en el producto deseado. Por lo tanto, este parámetro evalúa la cantidad de esta transformación en términos de productividad máxima teórica del sistema técnico existente (por ejemplo : PC / hora) . Mientras que el parámetro relacionado con la calidad quiere evaluar " lo bien " se lleva a cabo la función, este parámetro quiere estimar "cuánta" cantidad del objeto se transforma en el producto (por ejemplo : la cantidad de ropa que una lavadora puede tratar a la vez con un ciclo de lavado).
ADAPTABILIDAD	**Versatilidad:** Toma en cuenta algunas de las variaciones de las condiciones de trabajo en las que el sistema técnico lleva a cabo la función. En detalle, se centra en la capacidad del sistema para producir salidas estándar sin tener en cuenta si el objeto de entrada ha cambiado voluntariamente alguna de sus propiedades. Por lo tanto, este parámetro describe la capacidad del sistema para trabajar con diferentes objetos de acuerdo a diversas exigencias, produciendo salidas de cantidad / calidad estándar. (por ejemplo, la capacidad de una máquina lavadora para llevar a cabo ciclos con diferentes tipos de textiles tales como lana, algodón, ...).

	Robustez: Toma en cuenta algunas de las variaciones de las condiciones de trabajo en las que el sistema técnico lleva a cabo la función. Se trata de la capacidad del sistema para producir salidas estándar incluso si el flujo de entrada (el objeto) tiene características no estándar debido a las fluctuaciones impredecibles en el lote a tratar. Este parámetro describe la capacidad del sistema para trabajar con diferentes entradas, produciendo salidas de cantidad / calidad estándar. (por ejemplo, la capacidad de una máquina lavadora para llevar a cabo un ciclo con la ropa de diferente dimensión , tales como manteles y servilletas , o con un tipo diferente de decoración, tales como impreso o bordado , ...).
SENSIBILIDAD	**Sensibilidad a las perturbaciones externas (cantidad):** Describe cómo las perturbaciones externas pueden afectar los resultados de la función. En detalle, está dirigido a medir la cantidad de cambios en un entorno de sistema, que pueden afectar a la cantidad de flujo que la función procesa con éxito con el fin de obtener el producto deseado . Para hacer esta evaluación / valoración es necesario tener en cuenta las características de los flujos no - cambiante de entrada. (por ejemplo .: la capacidad de lavar la misma cantidad de ropa a pesar de determinadas perturbaciones externas que pueden alterar las condiciones de trabajo).
	Sensibilidad a las perturbaciones externas (de calidad): Describe cómo las perturbaciones externas pueden afectar los resultados de la función. En detalle, que está dirigido a la medición de la cantidad de los cambios en el entorno del sistema pueden afectar a la calidad del flujo de procesos resultantes con éxito por la función con el fin de obtener las características deseadas del producto (ya que cambia al menos uno de sus parámetros). Para hacer esta evaluación / valoración es necesario tener en cuenta características del flujo no

	cambiante de entrada (por ejemplo, la capacidad de una máquina de lavado para mantener la temperatura de lavado requerido sin tener en cuenta la condición externa a fin de eliminar la misma cantidad o tipo de manchas).
CONTROLABILIDAD	**Controlabilidad de la calidad**: Dirigido a la evaluación de la capacidad del sistema que se establece y se regula de acuerdo a las normas y valores específicos con el fin de obtener un producto con características dadas. Por lo tanto, se trata de la oportunidad de controlar el sistema con el fin de producir un resultado particular. Debe evaluarse considerando características no cambiante del flujo de entrada. Este parámetro se puede dividir en parámetros más detallados, uno por cada característica del producto de la función. (por ejemplo: la capacidad de una máquina de lavado para ajustarse con el fin de limpiar la ropa obtención de características diferentes al final del proceso, tales como ajuste de la velocidad de hilatura o de la temperatura de ciclo).
	Controlabilidad de la cantidad: Dirigido a la evaluación de la capacidad del sistema, que se establece y regula de acuerdo a las normas y valores específicos con el fin de obtener una cantidad determinada del producto. Por lo tanto, este parámetro también se ocupa de la oportunidad de controlar el sistema con el fin de producir un resultado particular. Debe evaluarse considerando características del flujo no cambiante de entrada. (por ejemplo : la capacidad de una lavadora para ajustarse con el fin de llevar a cabo un ciclo de lavado con una carga completa o media carga).

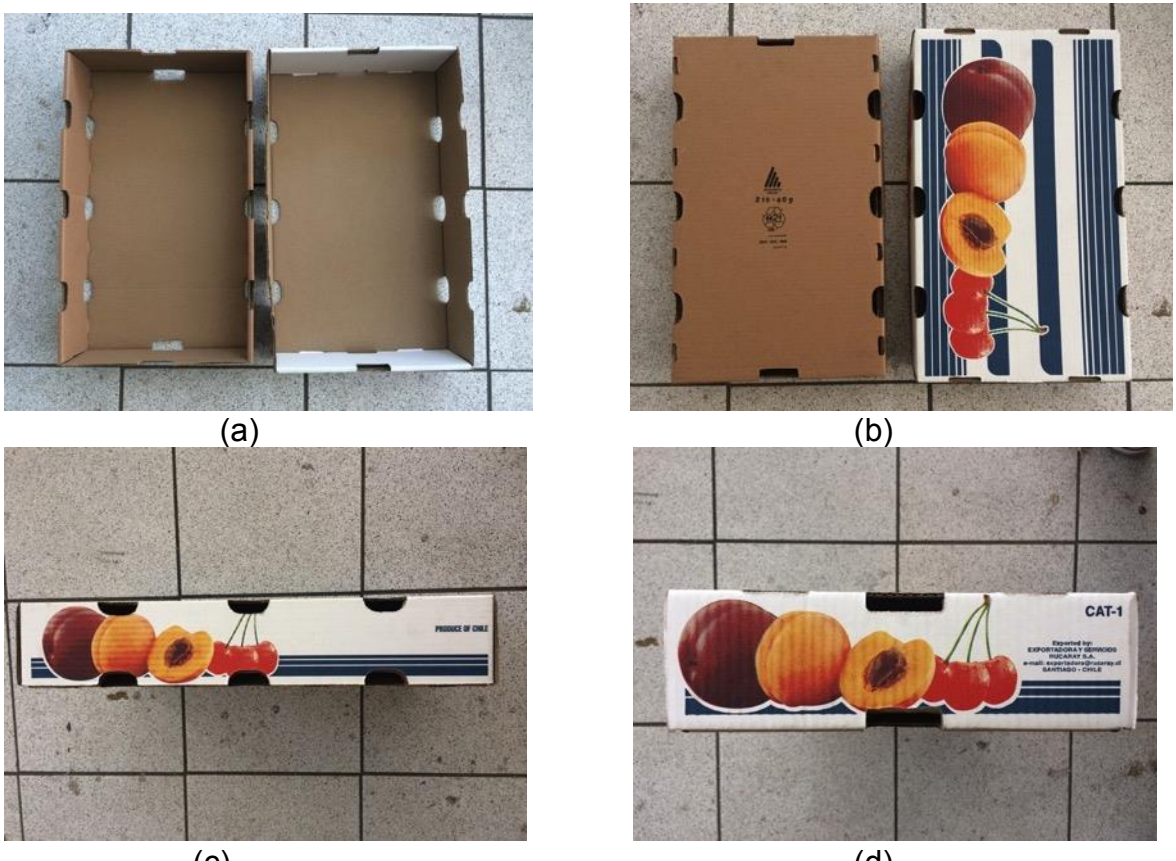
Tabla 14: Parámetros del Modelo de Becattini.

Anexo 3: Tipos y dimensiones de cajas empresa Rucaray.

A3.1: Caja Damasco

Dimensiones caja cerrada: 95x300x500 mm.

Caja que consiste de dos piezas que se unen para contener y proteger la fruta.



(a) (b) (c) (d)

Figura 16: Caja Damascos. (a) Vista interior de caja. (b) Vista exterior de caja. (c) Vista lateral del largo de la caja. (d) Vista lateral del ancho de la caja.

Caja de una sola pieza sin tapa.

A3.2: Caja Negra

Dimensiones caja: 165x400x595mm.

(a)

(b)

(c)

(d)

Figura 17: Caja Negra. (a) Vista interior de caja. (b) Vista lateral del largo de la caja. (c) Vista de la base de caja. (d) Vista lateral del ancho de la caja.

A3.3 Caja Royal

Dimensiones caja cerrada: 151x300x508 mm.

Caja de una sola pieza con apertura en el centro de esta.

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

(f)

Figura 18: Caja Royal. (a) Vista exterior cerrada de caja. (b) Vista lateral del largo de la caja. (c) Vista de la base de la caja. (d) Vista lateral del ancho de la caja cerrada. (e) Vista superior de la caja abierta. (f) Vista lateral del ancho de la caja abierta.

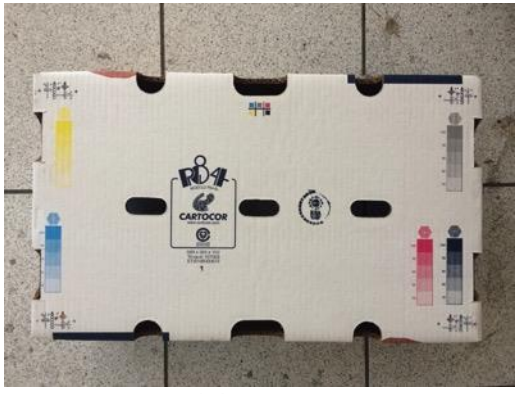
A3.4 Caja David del Curto

Dimensiones caja cerrada: 154x308x513 mm.

Caja de una sola pieza con apertura en el centro.

(a)

(b)



(c) (d)

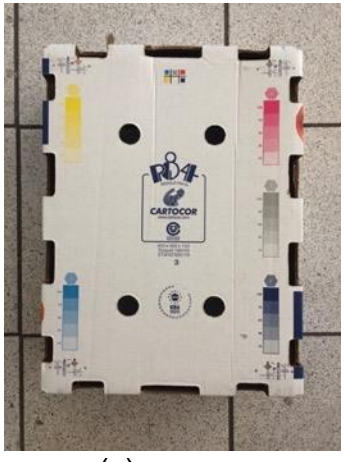
Figura 19: Caja David del Curto. (a) Vista exterior cerrada de caja. (b) Vista lateral del largo de la caja. (c) Vista de la base de la caja. (d) Vista superior de la caja abierta.

Caja de una pieza, sin tapa.

A3.5 Caja David del Curto 2

Dimensiones caja: 133x300x400 mm.

(a) (b)



(c) (d)

Figura 20: Caja David del Curto 2. (a) Vista superior de caja. (b) Vista lateral del largo de la caja. (c) Vista de la base de la caja. (d) Vista lateral del ancho de la caja.

A3.6 Caja Manzanas Quality

Dimensiones caja cerrada: 294x330x503 mm.

Caja de dos piezas que se unen para contener y proteger su contenido

(a) (b)

(c) (d)

Figura 21: Caja Manzana Quality. (a) Vista del interior de la caja. (b) Vista de la base de la caja. (c) Vista lateral del ancho de la caja. (d) Vista lateral del largo de la caja cerrada.

A3.7 Cerezas Rucaray

Dimensiones caja cerrada: 90x250x307 mm.

Caja de dos piezas que se unen para contener y asegurar su contenido.

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

Figura 22: Caja Cereza Rucaray. (a) Vista interior de caja. (b) Vista lateral del ancho de la caja. (c) Vista del exterior de la caja. (d) Vista lateral del largo de la caja cerrada. (e) Vista superior de caja cerrada.

A3.8 Cerezas Oppy

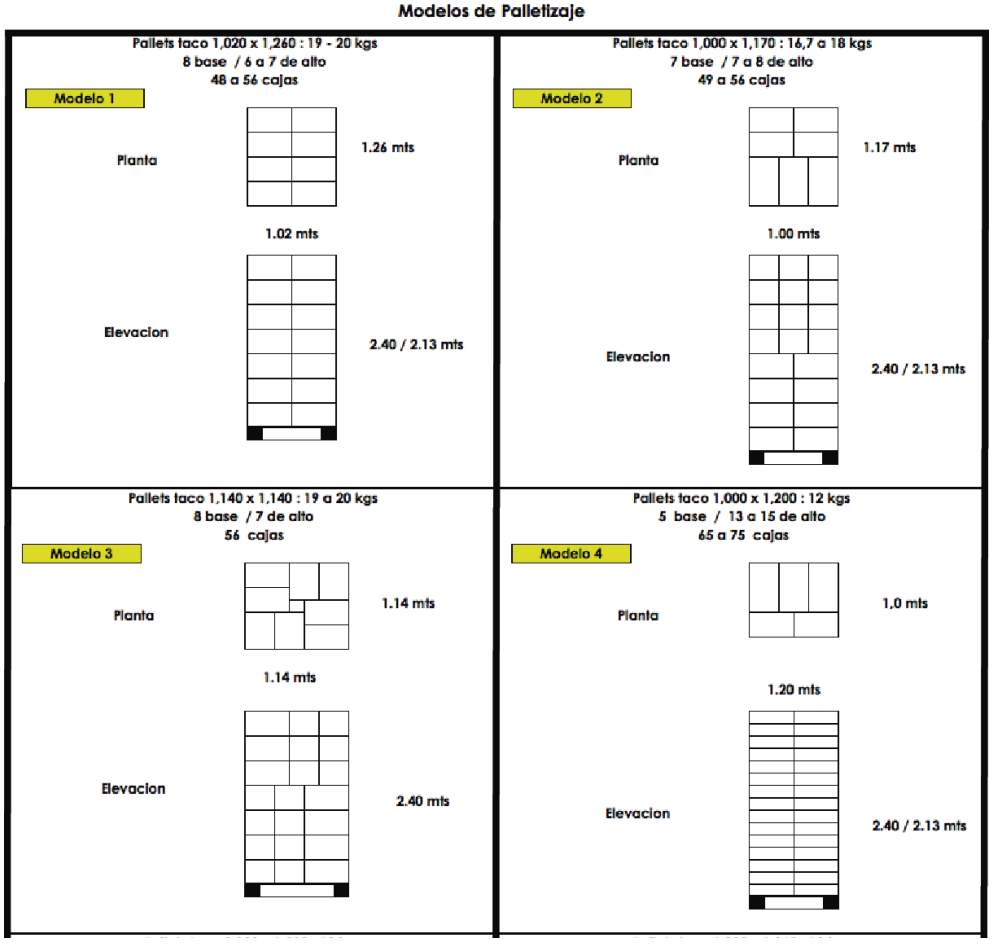
Dimensiones caja cerrada: 91x297x503 mm.

Caja de dos piezas las cuales se unen para contener y asegurar el contenido de estas.

Figura 23: Caja Cerezas Oppy

Anexo 4: Estiva pallets.

La estiva de los pallets representan gráficamente, cuales son las dimensiones tanto de la base como de la base con las cajas sobre ellas.



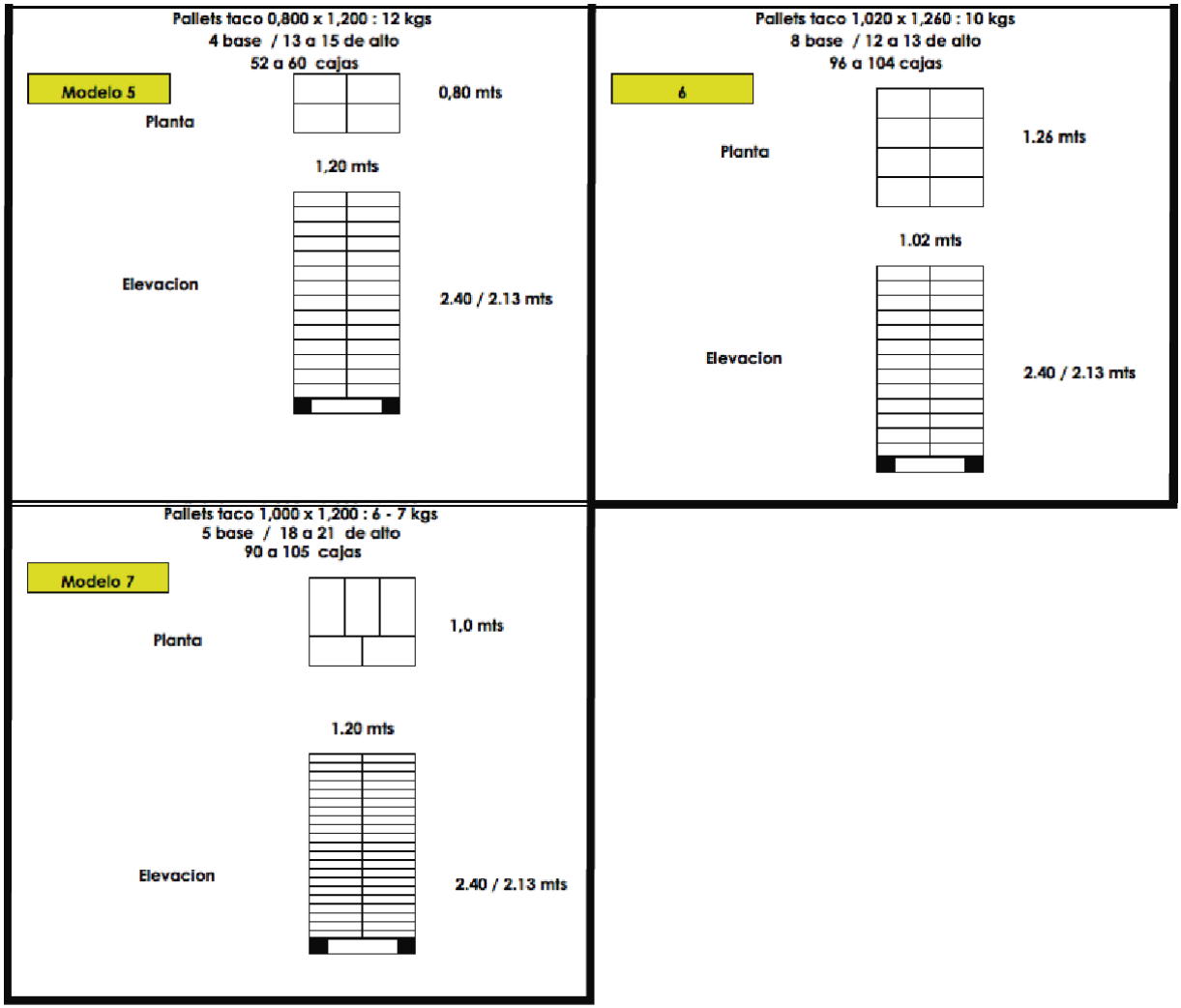


Tabla 15: Estiva de pallets Rucaray.

Anexo 5: Modelo CAD gripper

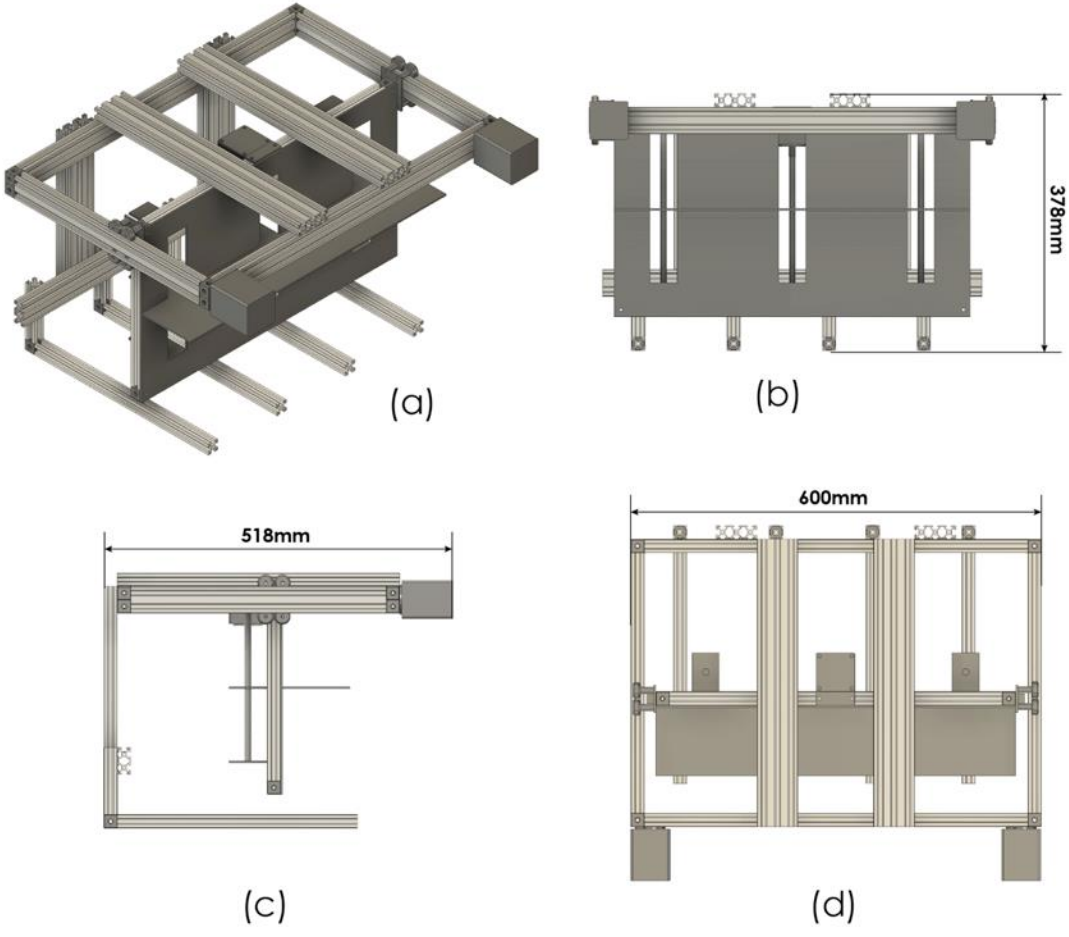


Figura 24: Vistas generales del gripper con dimensiones. (a) Vista isométrica. (b) Vista frontal. (c) Vista lateral. (d) Vista superior.

Anexo 6: Cotizaciones de materiales.

En esta sección se presenta la información correspondiente a la cotización de materiales. Estos son los utilizados para la construcción del gripper propuesto en el desarrollo del caso aplicado de este trabajo.

Se presenta tanto una tabla a modo de resumen de los elementos como también imágenes de los carros de compra de los sitios web en los cuales posteriormente se adquirieron.

ITEM	SKU	CANTIDAD	PPU (USD)	SUBTOTAL (USD)
V-slot linear rail 20x40x1500mm	215-LP	5	19,50	97,50
V-slot linear rail 20x60x1500mm	220-LP	3	23,00	69,00
V-slot linear rail 20x20x1500mm	210-LP	6	15,00	90,00
L bracket double	485	8	1,25	10,00
L bracket simple	545	8	1,00	8,00
L bracket triple	785	8	1,50	12,00
low profile screw M5 (pack) 10mm	120-pack	6	3,15	18,90
slot cover/ panel holder yellow 1000mm	105-LP-Y	2	4,00	8,00
slot cover/ panel holder red 1000mm	105-LP-R	2	4,00	8,00
slot cover/ panel holder grey 1000mm	105-LP-G	2	4,00	8,00
Cube corner connector	510	48	3,25	156,00
			TOTAL (USD)	485,40

Tabla 16: Resumen de cotización de materiales para la estructura

Item	SKU	Cantidad	PPU (USD)	Subtotal(USD)
M5 LPS 15mm	154	30	0.15	4.50
M5 LPS 40mm	135	20	0.20	4.00
M5 LPS 55mm	110	10	0.25	2.50
M5 hex locknut	10	40	0.15	6.00
8mm Shim	835	40	0.25	10.00
Self Tapping Screw	720	20	0.25	5.00
40mm Aluminum spacers	95	8	0.55	4.40
6mm Aluminum spacers	90	10	0.20	2.00
3mm Aluminum spacers	175	10	0.15	1.50
6mm Eccentric Spacer	226	10	2.00	20.00
8mm Lock Collar	480	10	1.10	11.00
8mm Ball Bearing	780	6	1.00	6.00
NEMA 23 Threaded Rod Plate	920	5	7.95	39.75
1/4" x 8mm Flexible Coupling	155	5	6.85	34.25
Anti-Backlash Nut Block (for 8mm MALS)	1055	5	9.85	49.25
V-Slot™ Gantry Plates	590	3	12.00	36.00
Spacer block	580	6	3.95	23.70
8mm Metric Acme Lead Screw (1000mm)	Lead	3	31.50	94.50
Xtreme Solid V Wheel™ Kit	465	10	6.75	67.50
12V 16.5A Power Supply	194	1	17.92	17.92
4A Stepper Motor Driver	246	4	19.65	78.60
Nema23 3Nm Stepper Motor	385	1	30.54	30.54
Nema23 1.9Nm Stepper Motor	25	2	21.38	42.76
Nema23 1.16Nm Stepper Motor	68	1	16.00	16.00
Stepper motor mounting plate (size 23)	SMMP	2	1.20	2.40

8mm bore GT2 pulley (6mm belt)	GT2-32T-8B-6	6	2.10	12.60
6mm closed loop belt 930mm lenght	930-2GT-6	2	1.70	3.40
6mm closed loop belt 1220mm lenght	1220-2GT-6	2	1.95	3.90
BF10 MALS support	BF10	6	9.00	54.00
			TOTAL (USD)	**656.97**

Tabla 17: Resumen de cotización de materiales para los mecanismos.

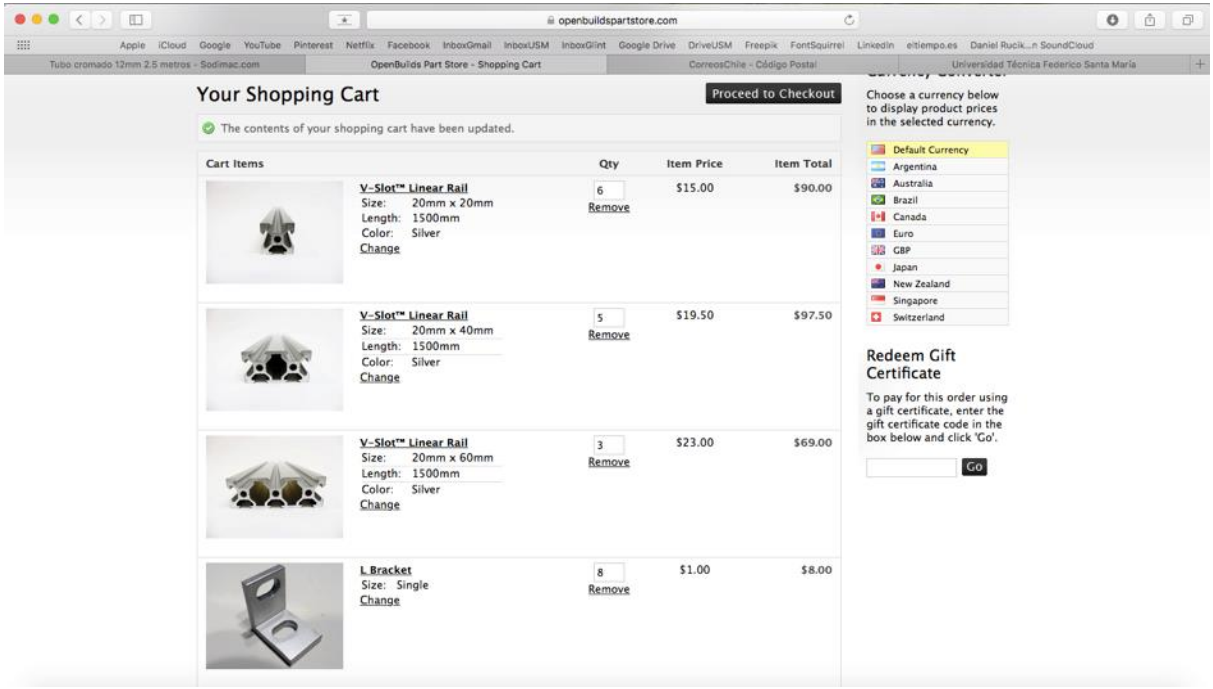
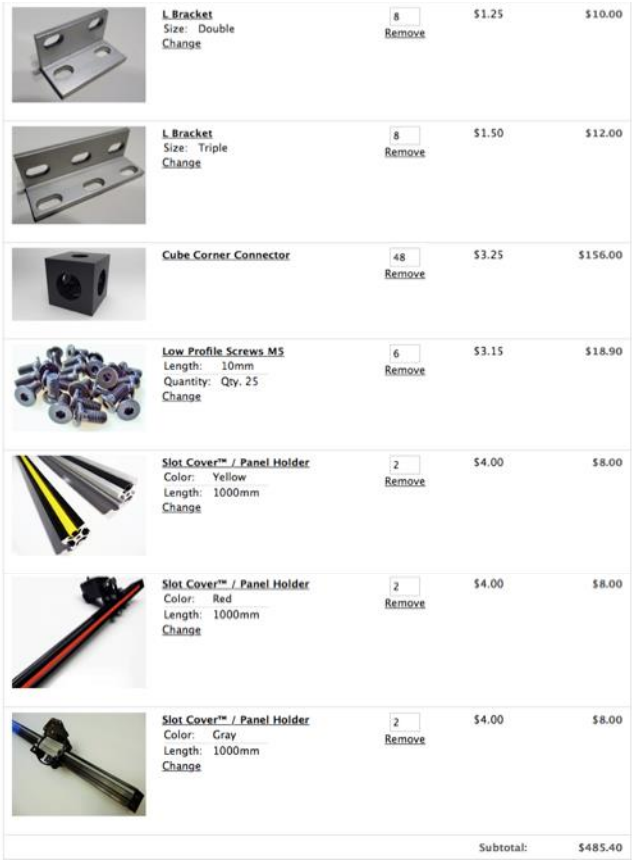


Figura 25: Carro de compra de productos adquiridos en OpenBuild para la estructura del gripper



	L Bracket Size: Double Change	8 Remove	$1.25	$10.00
	L Bracket Size: Triple Change	8 Remove	$1.50	$12.00
	Cube Corner Connector	48 Remove	$3.25	$156.00
	Low Profile Screws M5 Length: 10mm Quantity: Qty. 25 Change	6 Remove	$3.15	$18.90
	Slot Cover™ / Panel Holder Color: Yellow Length: 1000mm Change	2 Remove	$4.00	$8.00
	Slot Cover™ / Panel Holder Color: Red Length: 1000mm Change	2 Remove	$4.00	$8.00
	Slot Cover™ / Panel Holder Color: Gray Length: 1000mm Change	2 Remove	$4.00	$8.00
			Subtotal:	$485.40

Figura 26: Carro de compra de productos adquiridos en OpenBuild para la estructura del gripper

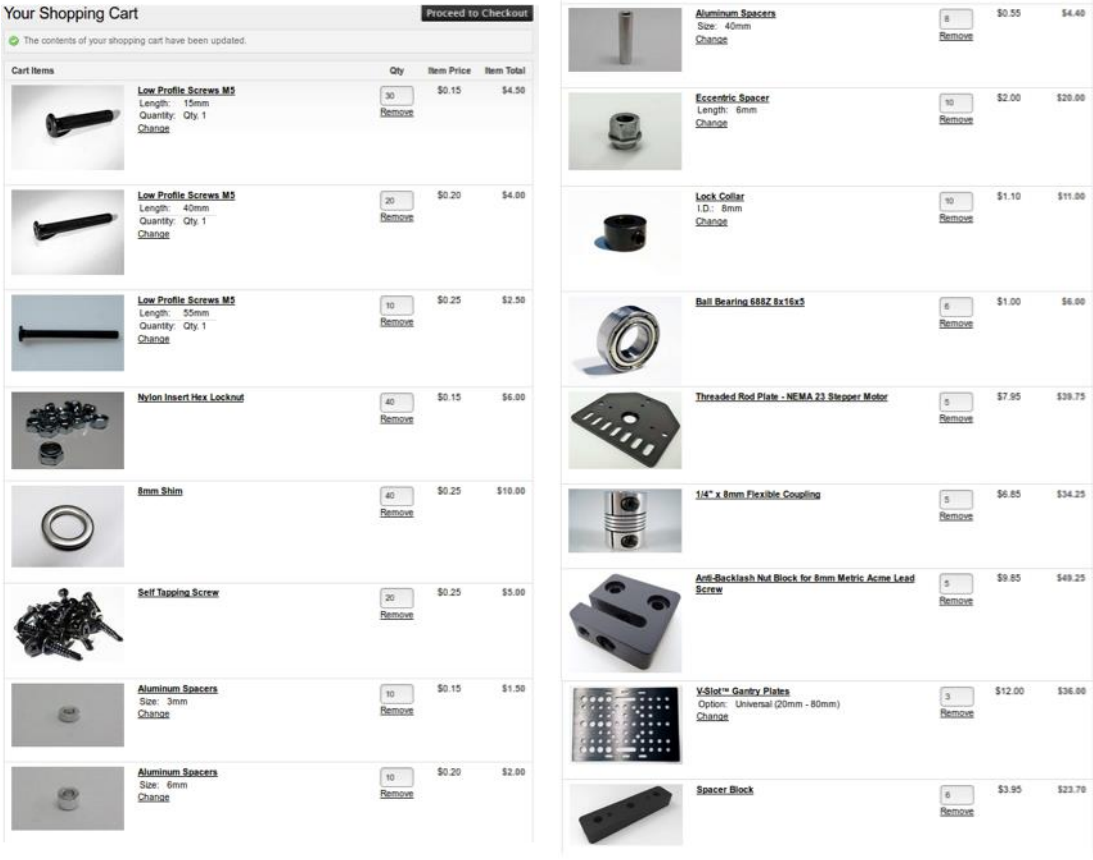


Figura 27: Carro de compra de productos adquiridos para los mecanismos del gripper en OpenBuilds.

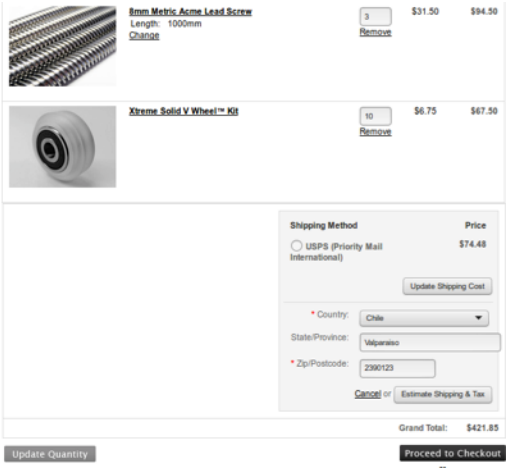


Figura 28: Carro de compra de productos adquiridos para los mecanismos del gripper en OpenBuilds.

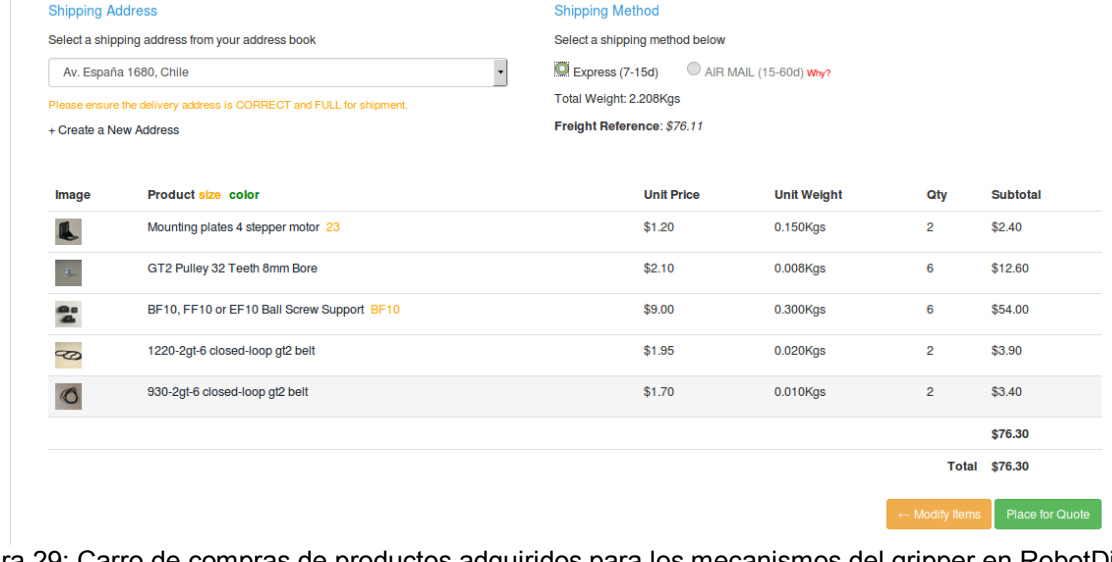
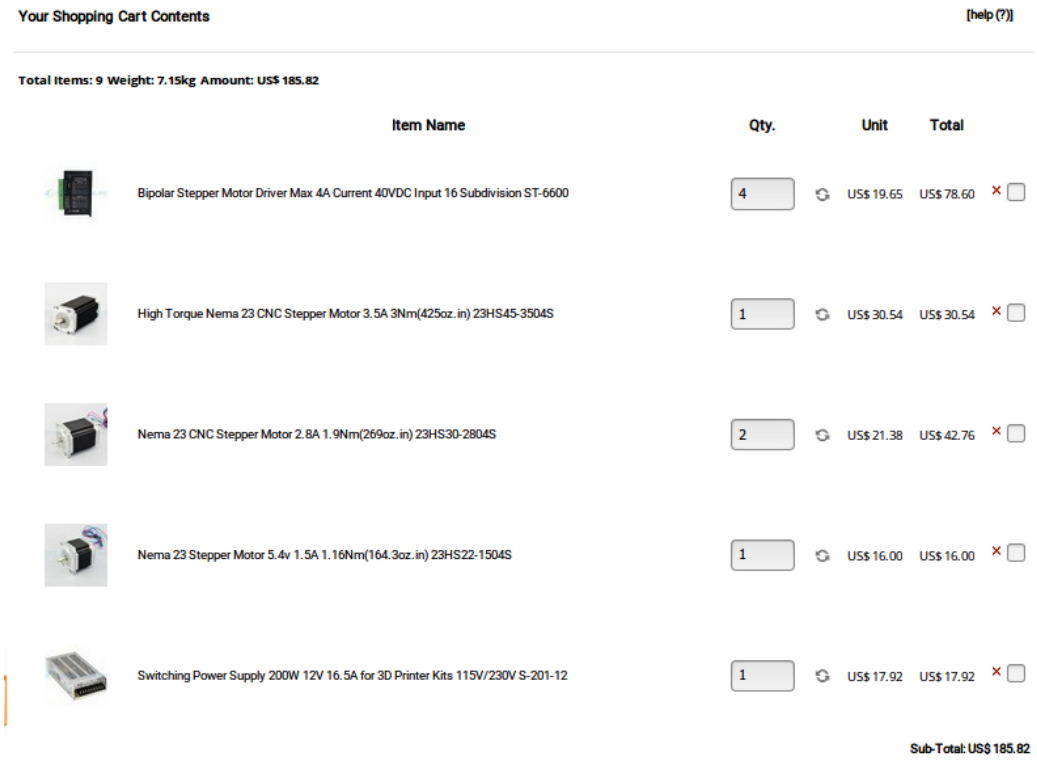


Figura 29: Carro de compras de productos adquiridos para los mecanismos del gripper en RobotDig.



Your Shopping Cart Contents [help (?)]

Total Items: 9 Weight: 7.15kg Amount: US$ 185.82

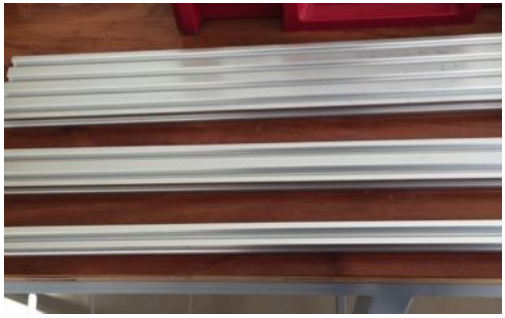
Item Name	Qty.	Unit	Total
Bipolar Stepper Motor Driver Max 4A Current 40VDC Input 16 Subdivision ST-6600	4	US$ 19.65	US$ 78.60
High Torque Nema 23 CNC Stepper Motor 3.5A 3Nm(425oz.in) 23HS45-3504S	1	US$ 30.54	US$ 30.54
Nema 23 CNC Stepper Motor 2.8A 1.9Nm(269oz.in) 23HS30-2804S	2	US$ 21.38	US$ 42.76
Nema 23 Stepper Motor 5.4v 1.5A 1.16Nm(164.3oz.in) 23HS22-1504S	1	US$ 16.00	US$ 16.00
Switching Power Supply 200W 12V 16.5A for 3D Printer Kits 115V/230V S-201-12	1	US$ 17.92	US$ 17.92

Sub-Total: US$ 185.82

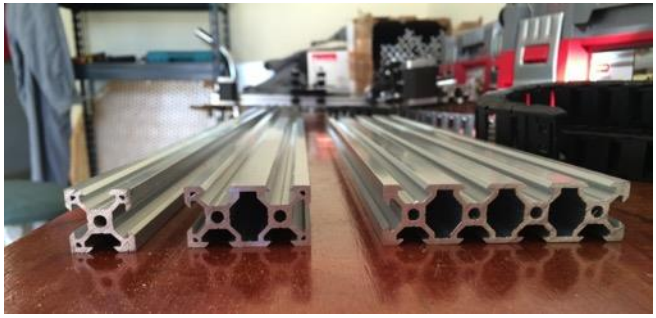
Figura 30: Carro de compras de productos adquiridos para los mecanismo del gripper en StepperOnline.

Anexo 7: Proceso de construcción.

En este anexo, podrá observar el proceso de construcción del gripper diseñado utilizando la metodología propuesta en este trabajo. Estas se presentan en orden cronológico.



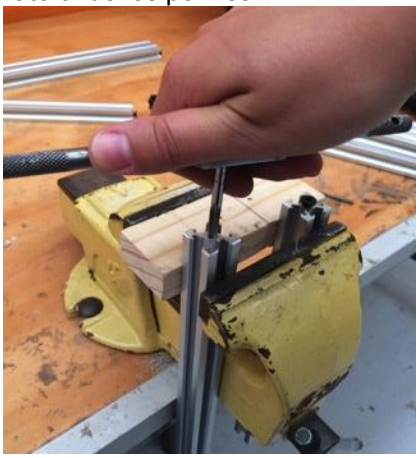
(a)



(b)

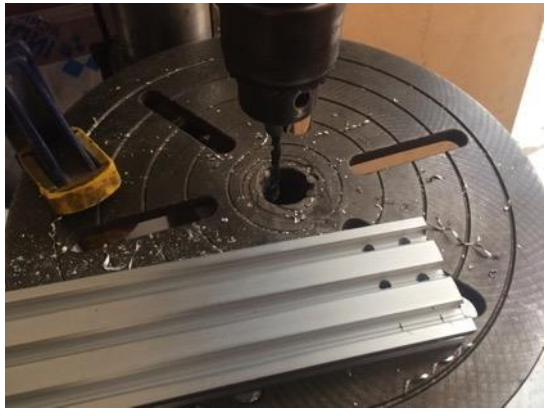
Figura 31: perfiles utilizados. (a) vista superior. (b) Vista lateral de los perfiles

(a)



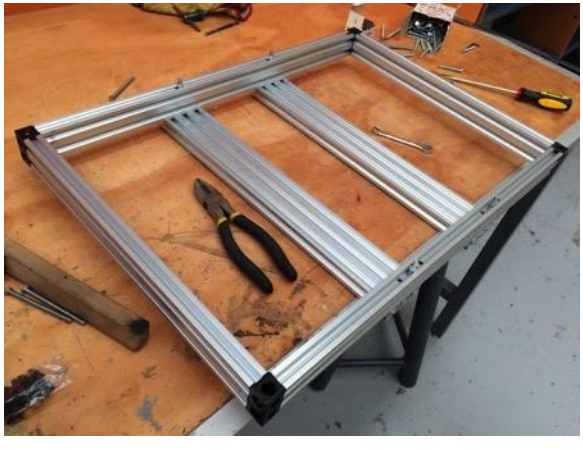
(b)

Figura 32: Mecanizado de perfiles. (a) Marca para cortes. (b) Realización de hilos al interior de los perfiles.



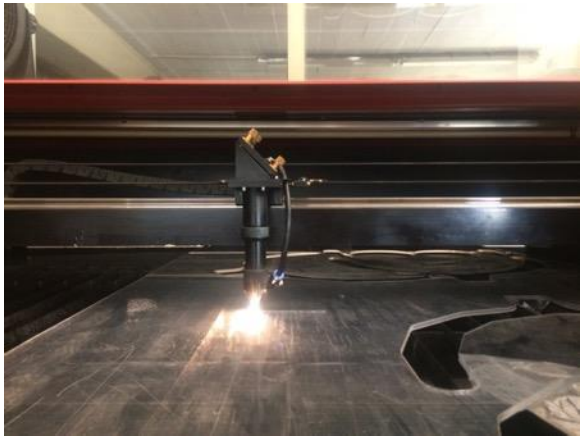
(a) (b)

Figura 33: Perforación de perfiles. (a) Perforación de perfil 20x60. (b) limpieza de broca para continuar con las perforaciones.

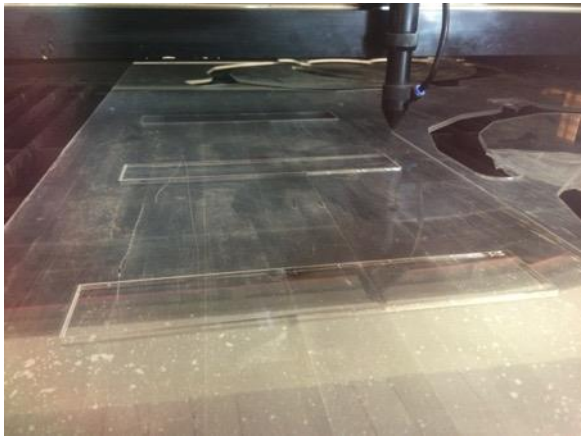


(a) (b)

Figura 34: Ensamble de piezas. (a) Parte superior del gripper. (b) Ensamble de parte superior con parte lateral del gripper

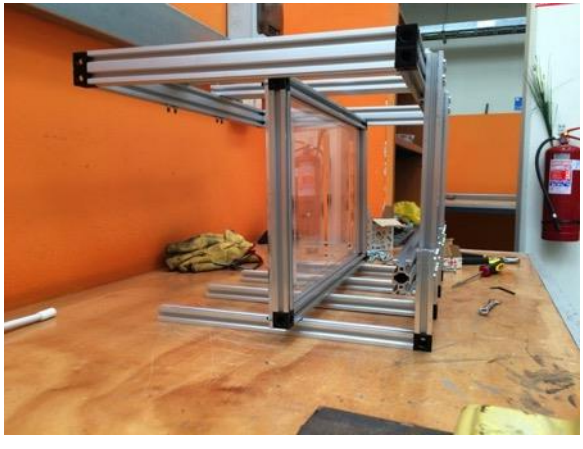


(a)



(b)

Figura 35: Corte laser de placas. (a) Corte de placa sujetadora. (b) Corte de placa de empuje.



(a)

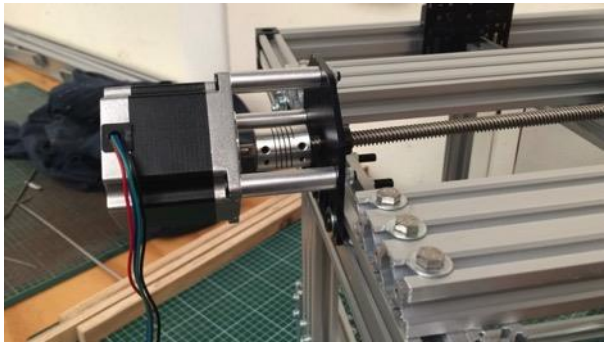
(b)

Figura 36: Ensamble de placas con estructura. (a) Vista lateral del gripper. (b) Vista trasera del gripper.

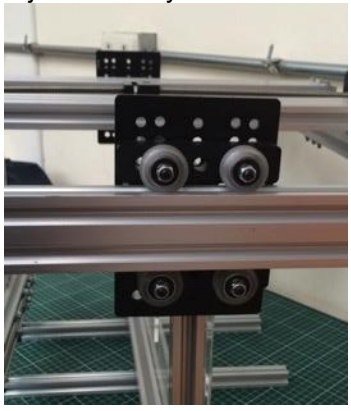
(a)

(b)

Figura 37: Montaje de carros y motores. (a) Montaje de carro. (b) Montaje de rieles y motores.

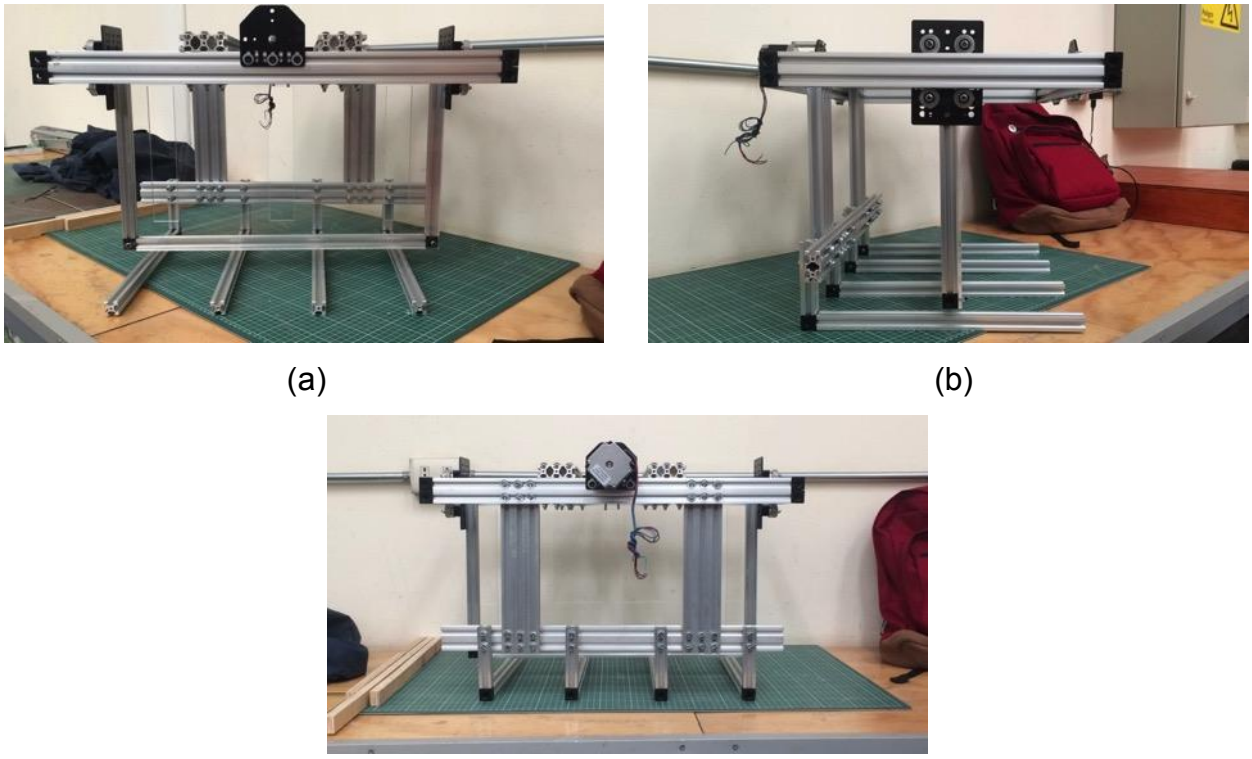


(a)



(b)

Figura 38: Detalles de montajes. (a) Detalle de montaje de motor. (b) Detalle de montaje de carro.



(a) (b)

(c)

Figura 39: Vistas del gripper construido. (a) Vista frontal. (b) Vista lateral. (c) Vista trasera.

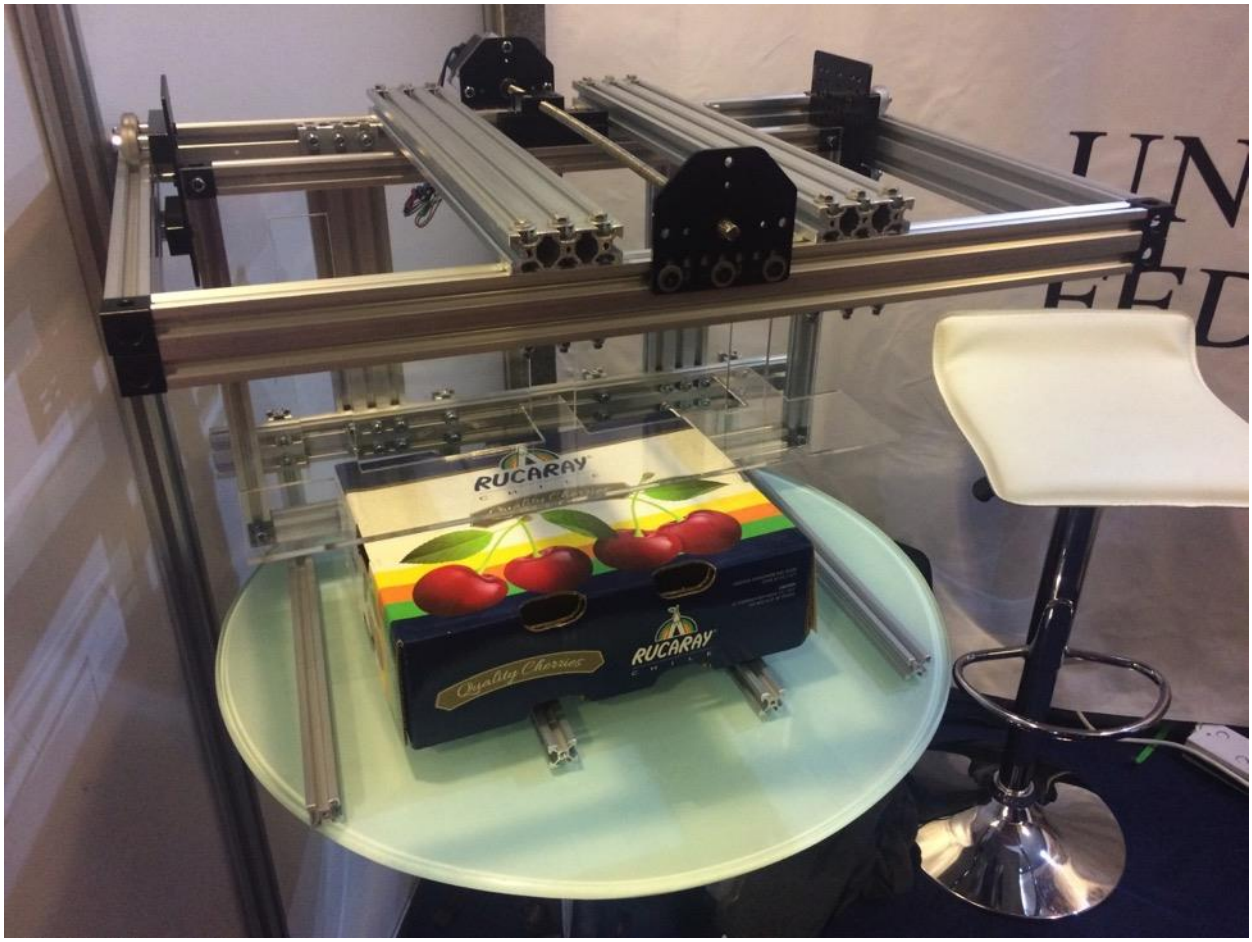


Figura 40: Gripper construido siendo exhibido en Congreso USM SUMMIT 2016.