

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

Diseño de un sistema para la identificación y clasificación de encomiendas

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Mecatrónica

Presentado por:

Darly Lissette Guerrero Galvez

Jesus Fabricio Capelo Garcia

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación se lo dedico a mis padres, Marcos Guerrero y Germania Galvez, quienes siempre me han brindado su amor y apoyo incondicional. Sin duda, este logro también es suyo.

A mis hermanos y a mi abuela, por el apoyo que me brindaron día a día en el transcurso de mi carrera.

Darly Guerrero

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a Dios, por darme la fuerza de voluntad y sabiduría para seguir en mi vida profesional.

A mis padres, quienes siempre me han apoyado y ayudado en mi camino para formarme como persona.

A mis profesores, por enseñarme y guiarme para ser una mejor persona y profesional.

En la memoria de mi abuela, Celia, a quien siempre recordaré y siempre fue mi pilar para seguir adelante.

Jesus Capelo

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios, por su infinita bondad, por darme la fuerza y sabiduría a lo largo de mi vida para lograr cumplir con mis metas.

A mis padres, Marcos y Germania, porque sin ellos nada de esto fuera posible, han guiado mis pasos y hasta en lo mínimo siempre han estado conmigo. Gracias por ayudarme a construir mis sueños.

A mis hermanos Barbara, Madeley, Margoth, Carlos y Shani y a mi abuela Margarita porque sin duda han hecho este viaje conmigo, gracias por su amor y apoyo.

A mis amigos, compañeros, profesores y a cada una de las personas que conocí a lo largo de este camino y han sido como un escalón en mi vida.

Al M.Sc. Efraín Terán y al M.Sc. Bryan Puruncajas, por su colaboración y guía en este proyecto.

Darly Guerrero

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la sabiduría para poder concluir este proyecto, a mis padres por apoyarme tanto en el estudio como en el trabajo, dándome fuerzas cada día.

A mis compañeros que me dieron fuerza para continuar con mi carrera profesional, a mi amiga Darly Guerrero con quien he llevado a cabo esta tesis.

Al M.Sc. Efraín Terán, por darme la oportunidad y aceptarme en la carrera de mecatrónica y por ser un gran profesor y tutor.

Al M.Sc. Bryan Puruncajas, por brindarnos su guía a lo largo del proyecto y porque sus enseñanzas me han ayudado a desenvolverme en el ámbito laboral.

Jesus Capelo

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Darly Lissette Guerrero Galvez* y *Jesus Fabricio Capelo Garcia* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Darly Lissette Guerrero
Galvez



Jesus Fabricio Capelo
Garcia

EVALUADORES



Firmado electrónicamente por:
**EFRAIN
ANDRES TERAN**

Efraín Terán, M.Sc.

PROFESOR DE LA MATERIA



Firmado electrónicamente por:
**BRYAN JOAO
PURUNCAJAS
MAZA**

Bryan Puruncajas, M.Sc.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La logística ocupa un papel fundamental en la economía de cada país. Según el informe estadístico anual del sector postal ecuatoriano, solo el 9.28% de las empresas de este sector utilizan sistemas de automatización en procesos de clasificación de encomiendas. Es decir, la mayoría de los procesos logísticos suelen ser manuales, lo cual es una deficiencia en la calidad del servicio. La mala identificación y clasificación de las encomiendas son factores que influyen directamente. Por tal motivo el presente proyecto plantea el diseño de un sistema de identificación y clasificación de encomiendas a base de lectoras QR y una mesa clasificadora de ruedas, cuyo objetivo es lograr optimizar estos procesos, eliminar tiempos perdidos y mejorar la calidad del servicio.

El diseño final del sistema fue modelado y simulado en Autodesk Inventor. Los materiales seleccionados para la construcción del sistema de identificación son perfiles de aluminio y para el sistema de clasificación acero galvanizado, ambos se ajustan a las propiedades mecánicas requeridas, aparte que se encuentran a nivel local y su costo no es elevado. Por otro lado, el sistema eléctrico y de control fue diseñado considerando como controlador una Raspberry Pi 4 y haciendo uso de componentes eléctricos y electrónicos se realizó tanto el circuito de potencia como de control. Por medio de un pseudo código se plantea cómo sería la comunicación entre todo el sistema.

Con el sistema diseñado se prevé aumentar hasta un 80% la eficiencia de los procesos, dado que el sistema puede identificar y clasificar hasta 10 cajas por minuto.

Palabras Clave: Logística, sistema semi automatizado, diseño y modelado, encomiendas.

ABSTRACT

Logistics plays a fundamental role in the economy of each country. According to the annual statistical report of the Ecuadorian postal sector, only 9.28% of companies in this sector use automation systems in parcel sorting processes. In other words, most of the logistics processes tend to be manual, which is a deficiency in the quality of service. Poor identification and sorting of parcels are direct influencing factors. For this reason, this project proposes the design of a system of identification and classification of parcels based on QR readers and a wheel sorter, whose objective is to optimize these processes, eliminate wasted time and improve the quality of service. The parameters for the selection of the belt were identified based on the dimensions of the parcels.

The final design of the system was modeled and simulated in Autodesk Inventor. The materials selected for the construction of the identification system are aluminum profiles and galvanized steel for the sorting system, both of which meet the required mechanical properties and are available locally at a low cost. On the other hand, the electrical and control system was designed considering as controller a Raspberry Pi 4 and making use of electrical and electronic components, both the power and control circuits were made. By means of a pseudo code it is proposed how the communication between the whole system would be.

With the designed system it is expected to increase up to 80% the efficiency of the processes, since the system can identify and classify up to 10 boxes per minute.

Keywords: *Logistics, semi-automated system, design and modeling, orders.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Justificación del problema	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Marco teórico	3
1.4.1 Lector de código de barra	3
1.4.2 Código QR.....	5
1.4.3 Mesa clasificadora	5
1.4.4 Raspberry Pi.....	7
1.4.5 Banda transportadora	7
1.4.6 Rodillos.....	9
1.4.7 Estado del arte.....	10
CAPÍTULO 2	12
2. Metodología.....	12
2.1 Alternativas de solución	12

2.2	Proceso de diseño.....	13
2.3	Requerimientos de diseño.....	14
2.4	Especificaciones técnicas.....	15
2.5	Diseño conceptual.....	15
2.6	Parámetros de diseño mecánico	16
2.6.1	Parámetros de diseño de banda transportadora	16
2.6.2	Selección de rodillos para mesa clasificadora.....	18
2.6.3	Selección de motor de la mesa clasificadora	20
2.6.4	Sistema de transmisión de potencia	27
2.6.5	Diseño de las ruedas	29
2.6.6	Selección del motor a pasos	30
2.6.7	Selección de rodamientos para la mesa clasificadora.....	33
2.7	Parámetros de control	34
2.7.1	Parámetros de diseño de control	34
2.7.2	Selección del lector QR	35
2.8	Parámetros de diseño eléctrico	36
CAPÍTULO 3.....		38
3.	Resultados y análisis	38
3.1	Diseño mecánico.....	39
3.2	Mesa clasificadora	41
3.3	Diseño del tablero eléctrico	46
3.4	Diseño del circuito eléctrico.....	48
3.4.1	Esquema eléctrico general.....	48
3.4.2	Esquema de fuerza.....	51
3.4.3	Esquema de control.....	52
3.5	Análisis de costos.....	56

CAPÍTULO 4	59
4. Conclusiones y recomendaciones	59
4.1 Conclusiones.....	59
4.2 Recomendaciones	60
BIBLIOGRAFÍA	62
APÉNDICES	65

ABREVIATURAS

QR	Quick Response
UPC	Universal de producto
EAN	European Article Number
CCD	Charge Coupled Device
URL	Uniform Resource Locator
PCK	Corporación postales de Kenia
RFID	Identificación por radiofrecuencia
PYME	Eficacia de las pequeñas y medianas empresas
PVC	Policloruro de vinilo
USB	Universal serial bus
VAC	Voltage Alternative Current
VDC	Voltage Direct Current
GPIO	General Purpose Input Output

SIMBOLOGÍA

kg	Kilogramo
g	Gramos
mg	Miligramo
N	Newton
Nm	Newton-metro
MPa	Mega pascales
m	Metro
cm	Centímetro
mm	Milímetro
P	Potencia
T	Torque
M	Momento
w	Velocidad angular
V	Voltio
mV	Milivoltio
A	Amperios
W	Watts
kW	Kilowatts
HP	Horse power
Rpm	Revolución por minuto
P _s	Potencia corregida
F _s	Factor de servicio
Hz	Hertz
s	Segundos
ms	Milisegundos
Ω	Ohmio
I _r	Relación de velocidad

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Estructura genérica de un código QR	5
Figura 1.2 Estructura genérica de una Raspberry Pi 4	7
Figura 1.3 Banda transportadora de caucho.....	8
Figura 1.4 Rodillos de banda transportadora.....	9
Figura 2.1 Proceso de diseño.....	14
Figura 2.2 Diseño conceptual del sistema de identificación y clasificación de encomiendas. Adaptado de.....	16
Figura 2.3 Capacidades de carga de la serie 3500 en montaje atornillado.....	19
Figura 2.4 Dimensiones del rodillo serie 3500	20
Figura 2.5 Vista isométrica (izq.) y frontal (drcha.) del sistema de transmisión de la mesa clasificadora	21
Figura 2.6 Representación de la relación de transmisión	22
Figura 2.7 Vista frontal del sistema de transmisión de la mesa clasificadora.....	23
Figura 2.8 Tipos de reductores familia R marca AOKMAN	27
Figura 2.9 Reductor RC01 marca AOKMAN.....	27
Figura 2.10 Diseño del tren de poleas y correa: (1) Polea del motor, (2) Polea 1 del rodillo 1, (3) Polea 2 del rodillo 1 y (4) Polea 1 del rodillo 2.....	28
Figura 2.11 Dimensiones de la rueda y capacidad de carga.....	29
Figura 2.12 Rueda de núcleo de nylon con banda superlast de poliuretano	30
Figura 2.13 Vista isométrica del conjunto de ruedas de la mesa clasificadora.....	30
Figura 2.14 Fuerzas que se presentan en el sistema	31
Figura 2.15 Motor a pasos Nema 52 Fase 3 20Nm	33
Figura 2.16 Aplicación de los rodamientos en la mesa clasificadora	33
Figura 3.1 Figura 3D del sistema de identificación y clasificación: (1) Sistema de identificación, (2) Mesa clasificadora.....	39
Figura 3.2 Mesa clasificadora de ruedas giratorias: (1) Ruedas giratorias, (2) Motor impulsor, (3) Motor a pasos.....	40
Figura 3.3 Vista superior de la mesa clasificadora.....	41
Figura 3.4 Vista frontal de eje cuadrado sosteniendo los conjuntos de ruedas	42
Figura 3.5 Análisis de elementos finitos a eje cuadrado, Tensión de Von Mises	42

Figura 3.6 Análisis de elementos finitos a eje cuadrado, Tensión de Von Mises	43
Figura 3.7 Análisis de elementos finitos a eje cuadrado, Desplazamiento	43
Figura 3.8 Análisis de elementos finitos a eje de la rueda, Tensión de Von Mises	44
Figura 3.9 Análisis de elementos finitos a eje de la rueda, Desplazamiento	44
Figura 3.10 Vista superior de la mesa clasificadora: Giro de los conjuntos de ruedas	45
Figura 3.11 Cantidad de grados necesarios para lograr el desvió de las encomiendas	46
Figura 3.12 Vista interior (izq.) y exterior (dcha.) de tablero de control con detalle de componentes eléctricos.....	47
Figura 3.13 Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema de clasificación	48
Figura 3.14 Esquema eléctrico general con sus respectivas conexiones.....	50
Figura 3.15 Esquema de fuerza	51
Figura 3.16 Entradas de los sensores fotoeléctricos al controlador	52
Figura 3.17 Señal de salida del controlador al servomotor	53
Figura 3.18 Esquema del controlador con las señales de salida y entrada.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Tipos de lectores de códigos	4
Tabla 1.2 Ventajas y desventajas de los clasificadores más comunes	6
Tabla 2.1 Evaluación del peso específico de cada criterio	13
Tabla 2.2 Matriz de decisión.....	13
Tabla 2.3 Requerimientos del sistema.....	15
Tabla 2.4 Especificaciones técnicas de las lectoras QR.....	15
Tabla 2.5 Clasificación de cintas transportadoras según su material.....	17
Tabla 2.6 Requisitos para bandas transportadoras usadas en el sector logístico	17
Tabla 2.7 Anchos de banda normalizados (mm).....	18
Tabla 2.8 Factor de servicio	25
Tabla 2.9 Tipos de motor monofásico W22 con condensador de arranque o arranque permanente (60 Hz) marca WEG	26
Tabla 2.10 Características técnicas del motor a pasos seleccionado	32
Tabla 2.11 Características de los rodamientos	34
Tabla 2.12 Componentes usados en el diseño de control.....	35
Tabla 2.13 Lectores cotizados.....	36
Tabla 2.14 Componentes eléctricos usados en el diseño eléctrico	37
Tabla 3.1 Especificaciones de la mesa clasificadora	41

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La logística ocupa un papel fundamental en la economía de cada país, y más en la actualidad en donde los efectos de la globalización han interconectado los mercados de diversos modelos económicos [1]. El sector postal durante el 2020 mostró ser durante la pandemia por COVID 19 uno de los pilares para reactivar la economía no solo del país, sino a nivel mundial, evidenciándose como un sector estratégico para todos los sectores como la salud, educación, producción, y en el caso de este último tanto para pymes, pequeñas empresas, medianas y grandes [2]. A pesar que, durante los últimos años el sector logístico se ha dinamizado y ha logrado trascender pese a la pandemia por COVID 19 [2], sigue enfrentando retos fundamentales, uno de ellos, dar una respuesta efectiva al nivel de servicio exigido por las empresas consumidoras [3].

Al ser un sector bastante tradicional, las principales tecnologías que se aplican están asociadas a la automatización de sistemas y procesos. Esta última es donde existen más atrasos tecnológicos, en parte porque los empresarios desconocen de las nuevas tecnologías, su aplicación y los beneficios que tendrían al utilizarlas, según comenta Felipe Tobar, presidente ejecutivo de la Asociación Logística del Ecuador, Asolog [4].

Aunque en la actualidad si existe un aumento en el uso de tecnologías en el proceso postal, este solo se ve reflejado en procesos como: facturación electrónica (30.94%) o entregas a domicilio (24%) [2]. Mientras que, solo el 9.28% de estas empresas utilizan sistemas de automatización en procesos de clasificación de encomiendas. En el presente proyecto se realiza un diseño semi automático que permita identificar y clasificar encomiendas, basado en lectores de código QR industriales, los cuales tendrán la capacidad de transmitir datos a una Raspberry Pi 4 y una mesa clasificadora que permitirá desviar los paquetes a su respectivo destino.

1.1 Descripción del problema

En la actualidad los servicios de mensajería y paquetería tienen mucha rivalidad en el mercado; el éxito de toda empresa que quiere cumplir con un cliente exigente radica en la calidad del servicio de entrega de sus productos, por lo tanto, el cumplimiento de plazos de entrega, la disminución de los tiempos de proceso, la calidad de despacho y el servicio asociado a todo el proceso hacen la diferencia.

En Ecuador, la mayoría de los procesos logísticos que se llevan a cabo en este tipo de empresas suelen ser manuales, lo cual es una deficiencia en la calidad del servicio. La mala identificación y clasificación de las encomiendas son factores que influyen; en el primer caso se debe a la falta de información o información errónea que se manifiesta en la etiqueta que va adjunta al paquete, esto da lugar a retrasos ya que el operario debe verificar en el sistema, corregir, imprimir de nuevo la etiqueta y re empaquetar la encomienda [5]. Por otro lado, al momento de clasificar los paquetes, el operario suele ser interrumpido por consultas o requerimientos de personal lo cual genera distracción, desenfoco en la actividad y una inadecuada manipulación de las encomiendas [5]. Esto afecta tanto a los consumidores, como a la imagen empresarial, pública o privada.

1.2 Justificación del problema

En la ciudad de Quito existen alrededor de 100 empresas de servicios de mensajería y paquetería; dado que el mercado empresarial crece cada día más, estas empresas se encuentran en la necesidad de automatizar sus procesos con el fin de optimizar los tiempos de entrega. Actualmente, el servicio que brindan ciertas empresas no satisface por completo a los clientes, ya que las entregas no se realizan de manera oportuna. Debido a esto, se busca implementar un sistema que permita identificar y clasificar las encomiendas con el propósito de eliminar tiempos perdidos, disminuir costos, optimizar espacio y recursos en el proceso de carga y descarga de encomiendas, obteniendo un

máximo rendimiento en las entregas de paquetes, mínimos paros en el proceso y una mayor productividad.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un sistema semiautomático de identificación y clasificación de encomiendas, basado en lectoras de código QR y una mesa clasificadora automática para una banda transportadora.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar el método de identificación y clasificación óptima de las encomiendas verificando condiciones y dimensionamiento del paquete.
2. Seleccionar las lectoras de código QR en base a los requerimientos establecidos para el desarrollo del sistema.
3. Diseñar una mesa clasificadora automática que permita mejorar el proceso de clasificación de las encomiendas.
4. Implementar un circuito de control mediante el uso de sensores y actuadores que permita la semi automatización del sistema.
5. Diseñar un tablero eléctrico que permita el control y monitoreo adecuado del proceso del equipo.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Lector de código de barra

Un lector de código de barras es un dispositivo electrónico que permite escanear los códigos de barras por medio de un láser 1D; lecturas unidireccionales (en una sola dirección), o utilizando tecnología *imager*; escaneo omnidireccional (reconoce códigos en cualquier posición).

Su función principal es escanear los códigos y enviar los datos, mediante una antena WiFi, Bluetooth o cable, a un terminal u ordenador que gestione y almacene la información obtenida mediante las lecturas realizadas [6]. Debido a la creciente adopción de códigos 2D como QR, Data Matrix y Shotcode, los lectores *imager* han adquirido mayor popularidad. Sin embargo, los escáneres 1D son ampliamente reconocidos por leer códigos 39, 128, UPC y EAN, (entre otros de uso común) en alta velocidad [7].

Existen varios tipos de lectores de código de barras, pensados para diversos usos y con funciones y características distintas.

Tabla 1.1 Tipos de lectores de códigos [8]

	Uso	Funciones	Conectividad	Portabilidad
Lápiz óptico	Pequeño comercio, oficinas	Pocas funciones, uso difícil, frágiles, poco fiables	Cable	Manual
Lector CCD (Dispositivo de carga acoplada)	Supermercados	Fiables, rápidos, algunos tipos requieren el contacto con el código.	Cables	Manuales o fijos
Lector láser de pistola	Industria, logística, oficinas	Fiables, resistentes, leen incluso superficies irregulares, de fácil manejo.	Cable, bluetooth, radiofrecuencia, wifi	Manuales
Lector láser omnidireccional	Supermercados, industria	Fiables, rápidos, precisos, leen en cualquier posición.	Cable	Fijo
Lector láser autónomo	Industria, normalmente para cintas transportadoras	Rápidos y precisos	Cable	Fijo
Lector láser 2D	Industria, logística, oficinas	Lee códigos 2D, que contienen mucha más información.	Cable, bluetooth, radiofrecuencia, wifi	Fijo o manuales

1.4.2 Código QR

Un código QR es un tipo de código de barras matricial o código bidimensional que puede almacenar información de datos y está diseñado para ser leído por dispositivos inteligentes. QR significa "Respuesta rápida", lo que indica que el contenido del código debe decodificarse muy rápidamente [9]. El código consta de módulos negros dispuestos en un patrón cuadrado sobre un fondo blanco y su información codificada puede ser texto, una URL u otros datos. El código consta de un codificador y un decodificador. El codificador es el responsable de cifrar los datos y generar el código QR y el decodificador es el encargado de descifrar los datos [10].

Esta simbología en 2D tiene su origen en 1994 en Japón, cuando la empresa Denso Wave, subsidiaria de Toyota, la desarrolla para mejorar la trazabilidad del proceso de fabricación de vehículos. Actualmente tiene mucha popularidad alrededor de todo el mundo.

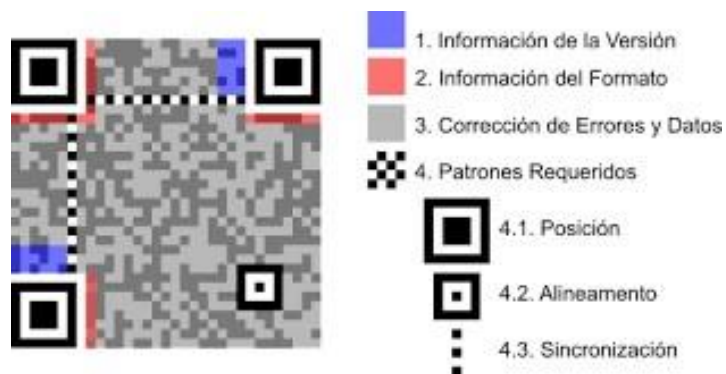


Figura 1.1 Estructura genérica de un código QR [10]

1.4.3 Mesa clasificadora

Las mesas clasificadoras o transportadores de clasificación permiten transportar y desviar el producto a diferentes destinos en instalaciones de fabricación, centros de distribución, aeropuertos y en muchas otras aplicaciones [11].

Existen muchas variedades de mesas clasificadoras, las más comunes son: desvío de rueda orientable o pivotante, transferencias en ángulo recto, clasificador de zapato deslizante y clasificador de bandeja basculante.

En la Tabla 1.2. se presentan las ventajas y desventajas de las mesas clasificadoras más comunes.

Tabla 1.2 Ventajas y desventajas de los clasificadores más comunes

	Funcionalidad	Ventajas	Desventajas
<p>Desvió de rueda orientables</p> 	<p>Generalmente funcionan con correas y clasifican utilizando juegos de ruedas que giran por separado y en secuencia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Flexibles - Fáciles de implementar - Espacio reducido 	<ul style="list-style-type: none"> - Los tipos de artículos que puede manejar son limitados.
<p>Transferencia en ángulo recto</p> 	<p>Consiste en ruedas o rodillos incrustados en una cinta transportadora que se "levantan" para levantar o transferir artículos en ángulo recto a otra cinta transportadora posterior.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Inversión de capital baja - Modular 	<ul style="list-style-type: none"> - Clasificación baja - Los tipos de artículos que puede manejar son limitados.
<p>Zapato deslizante</p> 	<p>Consiste en una "zapata" fijada a la superficie del transportador que desvía positivamente los artículos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Clasificación media - Maneja una amplia gama de artículos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inversión de capital alta - Flexibilidad limitada - Produce bastante ruido
<p>Bandeja basculante</p> 	<p>Consta de bandejas montadas en carros que se desplazan por un transportador de bucle continuo. Estas bandejas se "inclinan" y transfieren los productos a una rampa cuando han llegado a su destino de clasificación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Alta clasificación - Maneja una amplia gama de artículos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inversión de capital alta

1.4.4 Raspberry Pi

Raspberry Pi [12] es un ordenador de placa reducida, simple y de bajo costo. En todas sus versiones, incluye un procesador Broadcom, memoria RAM, GPU, puertos USB, HDMI, Ethernet, 40 pines GPIO (desde la Raspberry Pi 2) y un conector para cámara.

Se puede usar un pin GPIO [13] como entrada o salida digitales, y ambos funcionan a 3.3V. A diferencia del Arduino, Raspberry Pi no tiene entradas analógicas, por lo que se debe usar un convertidor analógico-digital (ADC) externo.

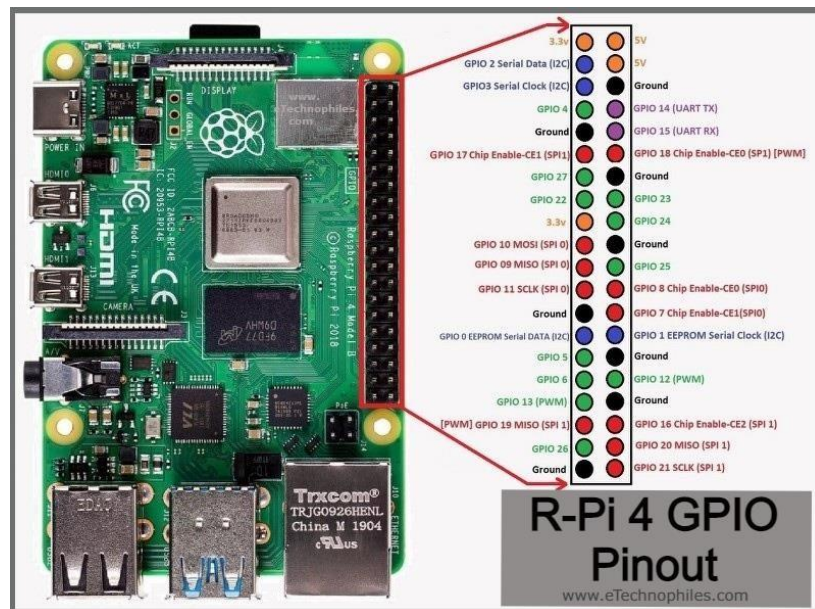


Figura 1.2 Estructura genérica de una Raspberry Pi 4 [12]

1.4.5 Banda transportadora

Una banda o cinta transportadora es un sistema de transporte continuo cuya misión es la de recibir un producto de manera continua o regular para conducirla a otro punto. En cualquier tipo de operación, las bandas transportadoras son prácticamente la columna vertebral del sistema de producción, permitiendo transportar desde objetos sólidos hasta materiales a granel, con gran velocidad y cubriendo grandes dimensiones. Por lo general, la banda es arrastrada por la fricción de sus tambores, los cuales son accionados por un motor [14].

Existen distintos tipos de bandas transportadoras y su clasificación puede darse [15]:

1. Según el tipo de tejido y la disposición del mismo:

- ❖ De algodón
- ❖ De tejidos sintéticos
- ❖ De cables de acero

Pudiendo ser de varias telas, capas o simplemente el tejido sólido.

2. Según el aspecto de la superficie:

- ❖ Lisas
- ❖ Rugosas
- ❖ Con nervios, tacos o bordes

3. Según la posición:

- ❖ Horizontal
- ❖ Inclinada
- ❖ Combinación entre horizontal e inclinada

4. Según el tipo de banda:

- ❖ Bandas de caucho
- ❖ Bandas termoplásticas
- ❖ Bandas modulares
- ❖ Bandas de malla metálica
- ❖ Bandas de teflón, entre otras.



Figura 1.3 Banda transportadora de caucho [13]

1.4.6 Rodillos

Los rodillos son uno de los componentes principales de una banda transportadora, de su calidad depende en gran medida el buen funcionamiento de la misma. Su función principal es soportar la banda y el material a transportar por el ramal superior y soportar la banda en el ramal inferior. Si el giro de los rodillos no es bueno, aumentara la fricción lo que conlleva a un aumento de energía y desgaste en el recubrimiento de la banda, con la consiguiente reducción de vida de esta. La separación del rodillo se establece en función de la anchura de la banda y la densidad del material transportado. El diámetro del rodillo se elige según sea el ancho de la cinta, su velocidad de movimiento, tipo de carga y en particular de las dimensiones de los trozos [16].



Figura 1.4 Rodillos de banda transportadora [15]

1.4.7 Estado del arte

Con el rápido desarrollo de la economía de materias primas, el avance de la tecnología y la competencia del mercado, las empresas de mensajería necesitan mejorar el grado de automatización de sus procesos. En China, las empresas suelen usar tecnología de identificación por radiofrecuencia de los códigos de barras como medio para transmitir la información [17], pero su costo es excesivo y los códigos de barras no almacenan mucha información; Huang & Li [17], presentan el diseño y la aplicación de un sistema de clasificación exprés basado en el reconocimiento de códigos bidimensionales, dado su bajo costo y la capacidad de autocorrección del código. Los dispositivos mecánicos y los sistemas de control diseñados para la identificación y clasificación automática merecen una mayor promoción e investigación, ya que son muy escalables y flexibles, aumentando en gran medida la operación, la eficiencia y la precisión de la empresa.

El combinar diferentes tecnologías también parece ser una excelente idea, Nyiendo & Namuye [18], presentan un estudio de investigación sobre el diseño y desarrollo de un dispositivo de seguimiento combinando la identificación por radiofrecuencia (RFID) y la codificación de respuesta rápida (QR) para optimizar la prestación de servicios de las Corporaciones Postales de Kenia (PCK), mediante el seguimiento del paradero de los paquetes mientras están en tránsito. El estudio se centró en los sistemas que ayudaron a determinar la eficacia y los límites de una RFID simplificada y el sistema de gestión de datos QR, y cómo los datos capturados se enviaban automáticamente del Punto A al Punto B a través de Internet con sólo pulsar un botón. En conclusión, al combinar estas tecnológicas es posible mejorar la eficiencia y la eficacia de las pequeñas y medianas empresas (PYME), reducir costos de operación y garantizar un estado preciso y seguro de los correos y paquetes en tránsito.

Actualmente en Ecuador, ya se han propuesto varios sistemas para automatizar algunos de los procesos que se llevan a cabo en las empresas de mensajería y paquetería, Mera Ángel [19], propone un sistema automatizado de distribución de artículos de paquetería con microcontrolador y generación de base de datos, el cual permite el adecuado traslado de artículos con regulación de las velocidades de transmisión dependiendo del tipo de carga a desplazar, posteriormente mediante la emisión de un código de barra y un software personalizado se obtiene la información del paquete, dicha información será analizada por una estación de lectura que movilizará el paquete hasta el punto de acopio correspondiente.

La implementación de estos sistemas que proveen el análisis y control de estos procesos, brindan una herramienta económica, sostenible, accesible y óptima para las empresas que buscan la mejora continua de este servicio, el cual se perfila a la excelencia y satisfacción de los consumidores [19].

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Alternativas de solución

Para seleccionar la solución óptima se utilizó el método ordinal corregido de criterios ponderados mostrado en el libro de Diseño concurrente de Carles Riba [20]. Se plantearon 3 soluciones diferentes:

Solución A: Sistema automatizado controlado por visión multicámara para clasificar paquetes en base al color y por medio de rodillos omnidireccionales.

Solución B: Sistema semiautomático basado en lectoras QR y clasificador de ruedas omnidireccionales mediante una Raspberry Pi 4 y sensores de proximidad.

Solución C: Sistema de accionamiento neumático para clasificar paquetes marcados con un código de barras mediante un sistema de visión.

Como primer paso de este método es necesario realizar una evaluación del peso específico de cada criterio mostrado en la Tabla 2.1, donde se muestra el rango de importancia, es decir, qué criterios predominan por sobre los demás para la selección. A continuación, se describe brevemente cada criterio.

- **Costo de montaje:** Dado que es un primer prototipo el cliente no desea invertir en algo costoso.
- **Costo de mantenimiento:** Bajo costo de mantenimiento, ya que se busca minimizar gastos en recursos.
- **Fiabilidad:** Que el sistema sea capaz de desarrollar adecuadamente la identificación y clasificación bajo las condiciones fijadas y durante un periodo determinado.
- **Robustez:** Debe ser un sistema duradero y con buen rendimiento.
- **Estética:** Similar a los sistemas que se encuentran en el mercado.

Tabla 2.1 Evaluación del peso específico de cada criterio

Criterio	Costo de montaje	Costo de mantenimiento	Fiabilidad	Robustez	Estética	Σ	Ponderación
Costo	1	1	0	0	1	3	0,2 → 20%
Costo de mantenimiento	0	1	0	0	1	2	0,13 → 13%
Fiabilidad	1	1	1	0,5	1	4,5	0,30 → 30%
Robustez	1	1	0,5	1	1	4,5	0,30 → 30%
Estética	0	0	0	0	1	1	0,07 → 7%
					Suma	15	

Como segundo paso se realiza una evaluación de los pesos específicos de las distintas soluciones para cada criterio, la cual se muestra en Apéndices.

Tabla 2.2 Matriz de decisión

Conclusiones	Costo	Costo Mant.	Fiabilidad	Robustez	Estética	Σ	Prioridad
Sol A	0,33	0,50	0,42	0,33	0,25	1,83	0,48
Sol B	0,50	0,33	0,42	0,50	0,25	2,00	0,52
Sol C	0,17	0,17	0,17	0,17	0,50	1,17	0,30
					Suma	3,83	1

Por último, se realiza la conclusión de la evaluación de las soluciones mostrada en la Tabla 2.2. Se concluye que la Solución B es la mejor situada siendo la más óptima para la problemática presente, ya que desde el punto de vista de simplicidad constructiva y de funcionamiento, es superior cumpliendo la mayoría de los criterios.

2.2 Proceso de diseño

En la figura 2.1 se presenta las etapas a seguir para el desarrollo del proyecto. Se inicia con conocer el problema, proponer alternativas y elegir una solución para posteriormente seleccionar elementos, realizar el modelo y análisis con el fin de cumplir con el diseño del sistema.

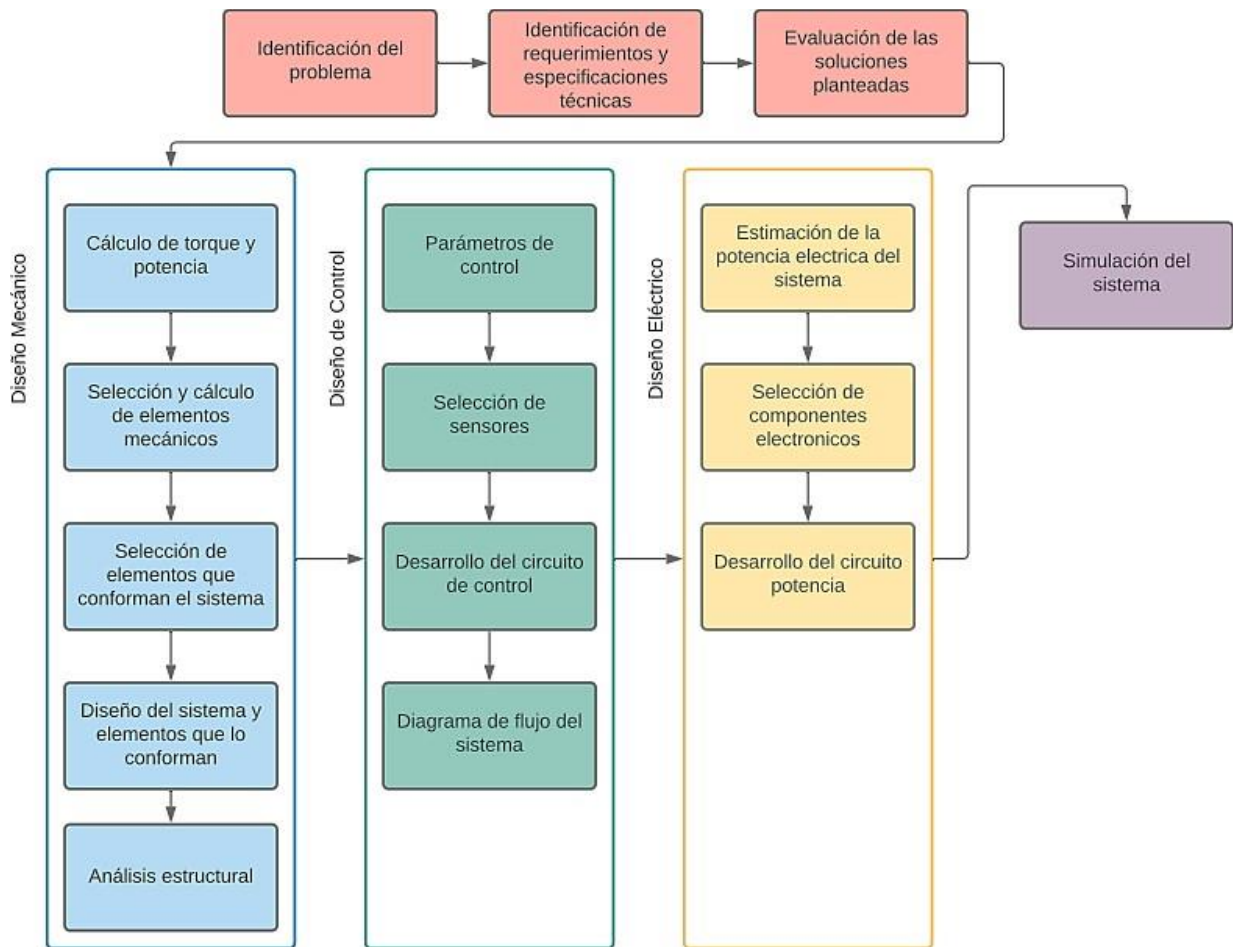


Figura 2.1 Proceso de diseño

2.3 Requerimientos de diseño

Para realizar el diseño del sistema de identificación y clasificación de encomiendas fue necesario conocer los requerimientos por parte del cliente. Por lo cual, en la Tabla 2.3 se detallan las características de diseño.

Tabla 2.3 Requerimientos del sistema

Costo	Su precio no debe ser elevado, ya que este sistema forma parte de un primer prototipo
Costo de mantenimiento	Bajo costo de mantenimiento
Periodo de operación	Jornada ordinaria diurna de 8 horas diarias
Control del sistema	Electrónica de potencia
Funcionalidad principal del sistema	Identificar por medio de lectoras QR el destino de los paquetes y clasificarlos mediante una mesa clasificadora
Funcionalidad secundaria del sistema	Debe contar con una zona llamada "Hospital", de modo que si la identificación falla la caja se redirija allá
Tamaño del sistema	Adaptable a la banda transportadora que se implementara
Carga máxima soportada por la mesa clasificadora	50 kg
Funcionalidad de la mesa clasificadora	Desviar las encomiendas hacia un lado

2.4 Especificaciones técnicas

En base a los requerimientos del cliente, se establecieron las siguientes especificaciones técnicas para la selección de las lectoras QR, las cuales se detallan en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Especificaciones técnicas de las lectoras QR

Rango de lectura de las lectoras	10 – 150 cm
Interfaz de comunicación	USB, RS232, RS48, SR485
Compatibilidad sistema operativo	Linux
Capacidad de decodificación	Códigos de barra 1D y 2D

2.5 Diseño conceptual

En la Figura 2.2 se observa el diseño conceptual del sistema de identificación y clasificación de encomiendas. Para abordar asertivamente la problemática planteada fue necesario seccionar el proyecto, en primer lugar, se tiene el proceso de identificación, en donde por medio de lectoras de código QR se identifica el lugar de destino de la encomienda. Las lectoras estarán distribuidas estratégicamente en una estructura que irá encima de una banda transportadora; esta banda será la encargada de desplazar las encomiendas

desde la entrada hasta la mesa clasificadora pasando por el sistema de identificación.

El segundo proceso es la clasificación de los paquetes, el cual se basa en una mesa clasificadora de ruedas. Una vez que la encomienda llega a la mesa, las ruedas omnidireccionales se pondrán a disposición dependiendo del código, de modo que si la encomienda va a una ciudad A girará hacia un lado, y si no logra identificar de manera correcta el código la encomienda seguirá de largo hacia la zona hospital.

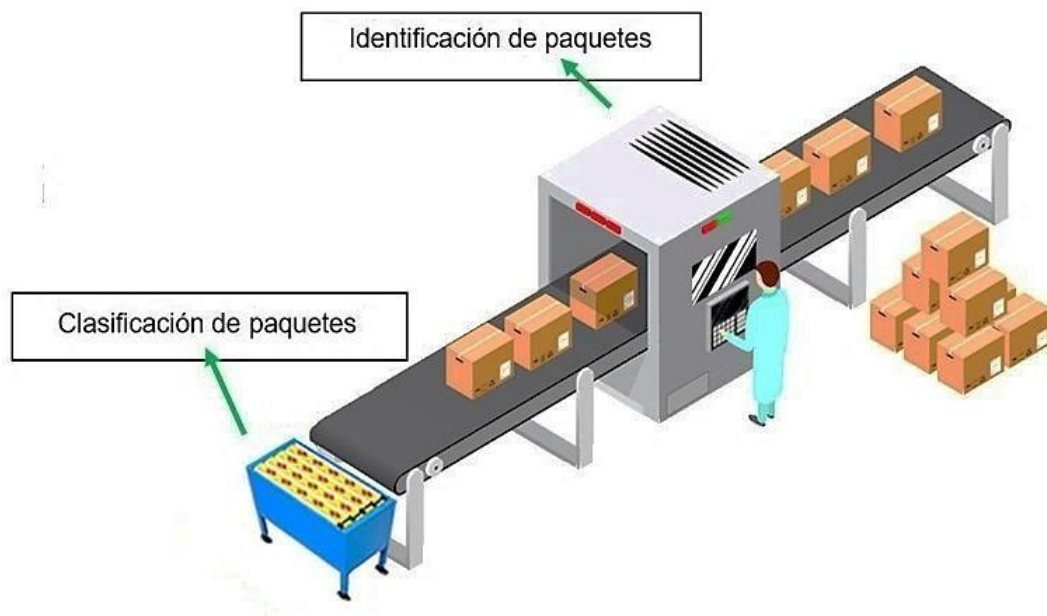



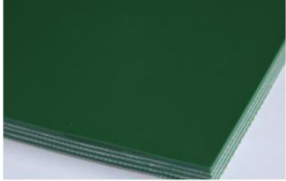

Figura 2.2 Diseño conceptual del sistema de identificación y clasificación de encomiendas. Adaptado de [27]

2.6 Parámetros de diseño mecánico

2.6.1 Parámetros de diseño de banda transportadora

Como parte del desarrollo del proyecto fue necesario escoger un tipo de cinta transportadora, en la Tabla 2.5 se presentan diferentes tipos de cintas ofertadas nacionalmente, las cuales generalmente se usan en los centros de distribución y almacenaje.

Tabla 2.5 Clasificación de cintas transportadoras según su material [21]

Cintas trasportadoras	Características
<p>Cinta transportadora EP</p> 	<p>La cinta transportadora de poliéster o cinta EP consta de dos a seis capas de tela EP, intercaladas entre capas de goma desnatada para la adherencia y el soporte de la carga. Entre sus características se tiene: alta eficiencia, alta seguridad, resistencia a los impactos, la corrosión y a la tracción con poco peso. Dependiendo de su composición puede ser aplicada en diferentes sectores industriales.</p>
<p>Cinta transportadora de PVC</p> 	<p>La cinta transportadora de PVC consta de más capas, esto para garantizar su fuerza, estabilidad y resistencia al corte. Tiene una buena elasticidad, proporciona una buena resistencia química y no es fácil de deformar. La cinta de PVC es la más adecuada para trabajos en líneas de producción, selección, ensamble, empaclado, codificado y etiquetado.</p>
<p>Cinta transportadora modular</p> 	<p>La cinta transportadora modular es un conjunto de diferentes módulos de plástico individuales (polipropileno, de polietileno y de acetal) que se unen entre ellos mediante varillas. Cuentan con multitud de aplicaciones en la industria, especialmente en la industria alimentaria y en logística, al ser muy resistentes.</p>

Las bandas transportadoras utilizadas en estos centros deben cumplir los siguientes requisitos:

Tabla 2.6 Requisitos para bandas transportadoras usadas en el sector logístico

Antiestáticas
Ignífugo
Resistencia a la abrasión
Tejido silencioso en la cara inferior para reducir el ruido
Estabilidad dimensional y buena alineación
Empalmes resistentes y duraderos
Fácil mantenimiento

Se seleccionó la cinta transportadora PVC debido a que cumple con los requisitos mencionados, además de ser adecuada para transportar materiales en condiciones de media y larga distancia.

Ancho mínimo de la banda

El ancho mínimo de la banda está determinado por la dimensión máxima de las encomiendas, el cual es: 60x40x40 cm. De esta manera, para el diseño se decidió que el ancho mínimo de la banda debe ser la dimensión mayor de la encomienda más un tercio de dicha dimensión.

$$b_o = 60 \text{ cm} + 20 \text{ cm}$$

$$b_o = 80 \text{ cm}$$

$$b_o = 800 \text{ mm}$$

Como se logra observar en la Tabla 2.7 según la norma DIN 22102, existen anchos normalizados para todo tipo de banda.

Tabla 2.7 Anchos de banda normalizados (mm)

300	400	500	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------

Dado que el ancho mínimo calculado está dentro de los valores normalizados, se seleccionó un ancho de 800 mm para la banda transportadora.

2.6.2 Selección de rodillos para mesa clasificadora

La longitud de los rodillos debe ser igual al ancho que tendrá la mesa clasificadora, el cual se determina en base al ancho de la banda transportadora que se encuentra antes del sistema de clasificación. Por lo tanto, la longitud de los rodillos será de 800 mm.

Para la selección del rodillo se buscó en los catálogos de la marca Interroll, considerando que debe ser para transporte de carga semipesada y con un accionamiento fijo silencioso.

El rodillo de la serie 3500 cumple los parámetros antes mencionados aparte de presentar una construcción robusta y modular. En los datos técnicos, se

tiene una capacidad de carga máxima de 2000 N y una velocidad máxima de transporte de 2.0 m/s.

Material del tubo	Ø de tubo/grosor [mm]	Elemento de accionamiento	Ø de eje [mm]	Carga estática máxima [N] para una longitud de montaje [mm]							
				200	400	600	800	1000	1200	1400	
Acero	50 x 1,5	Cabezal de plástico para piñón de cadena 1/2", T14	12	1320	975	915	885	870	830	600	
		Doble cabezal de plástico para piñón de cadena 1/2", T14		935	770	685	655	640	630	620	
		Cabezal de accionamiento PolyVee		350	350	350	350	350	350	350	
		Cabezal de accionamiento para correa redonda		350	350	350	350	350	350	350	
		14	Cabezal de accionamiento de plástico para correa plana 38 mm	2000	1510	1405	1360	1220	830	601	
	Cabezal de plástico para piñón de cadena 1/2", T9 y T11		300	300	300	300	300	300	300		
	Cabezal de plástico para piñón de cadena 1/2", T13 y T14		1500	1500	1450	1405	1215	825	600		
	Doble cabezal de plástico para piñón de cadena 3/8", T20		1500	1500	1450	1405	1215	825	600		
	Cabezal de accionamiento de plástico para correa dentada 8, T18		1500	1500	1450	1405	1215	825	600		
	Doble cabezal de plástico para piñón de cadena 1/2", T14		1485	1222	1090	1040	1015	860	620		
	Cabezal de accionamiento PolyVee		350	350	350	350	350	350	350		
	Cabezal de accionamiento para correa redonda		350	350	350	350	350	350	350		

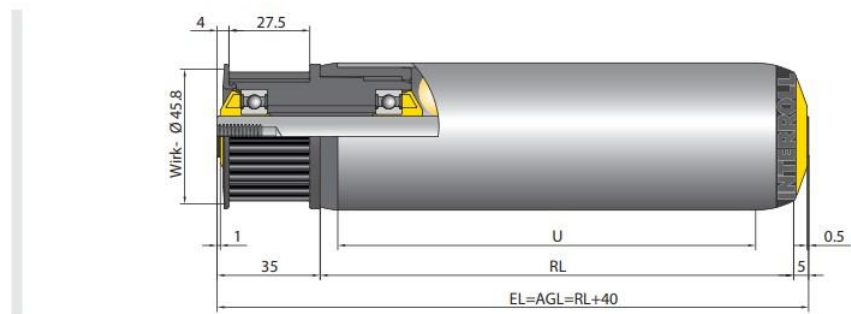
Figura 2.3 Capacidades de carga de la serie 3500 en montaje atornillado [22]

Dentro de los distintos materiales que se presentan para esta serie, se escogió el acero, ya que es el material más resistente para la fabricación tanto del eje como del tubo exterior. El diámetro del tubo exterior será de 50 mm.

En la Figura 2.3 se puede observar las distintas capacidades de carga para diferentes longitudes de montaje. Con una longitud de 800 mm y cabezal de accionamiento de plástico para correa dentada se obtiene una capacidad de carga estática de 1405 N, obteniendo una mayor transmisión de potencia y par.

Con los datos mencionados se puede determinar ciertos aspectos mecánicos de la máquina y propiedades del motor que se utilizaría.

Cabezal de accionamiento para correa dentada (paso 8 y 18 dientes)



Interroll recomienda un ancho de correa de máx. 12 mm y un dentado de correa Poly-Chain-GT.

Figura 2.4 Dimensiones del rodillo serie 3500 [22]

En la Figura 2.4 se presentan las dimensiones del rodillo, donde:

- RL = Longitud de referencia/longitud de pedido
- EL = Longitud de montaje, ancho nominal entre los perfiles laterales
- AGL = Longitud total del eje
- U = Longitud útil de tubo: Longitud sin tapas de cierre y con tubo metálico rebordeado sin longitud del rebordeado

2.6.3 Selección de motor de la mesa clasificadora

Uno de los parámetros importantes para determinar la potencia del motor es el peso máximo que transporta la mesa clasificadora, el cual es una encomienda de 50 kg. Además del peso máximo, el torque ejercido debe ser capaz de hacer girar las ruedas y los rodillos; para lo cual se aplica la siguiente formula de potencia (Ecuación 2.1).

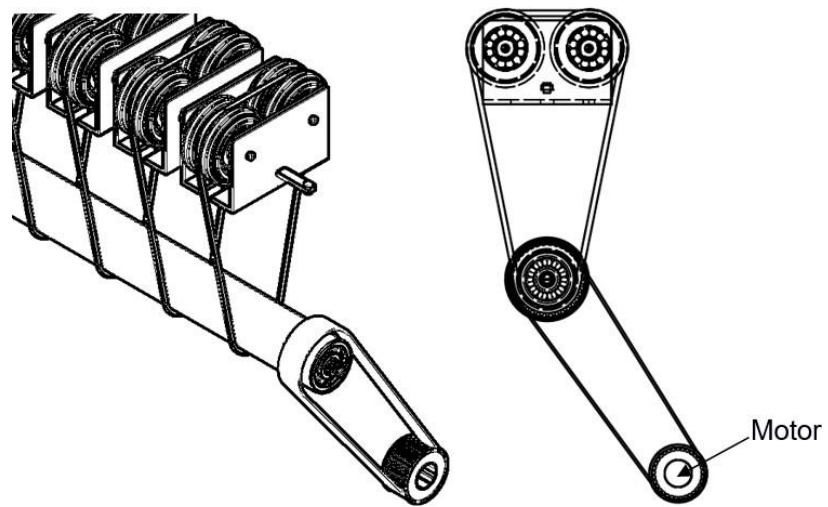


Figura 2.5 Vista isométrica (izq.) y frontal (drcha.) del sistema de transmisión de la mesa clasificadora

$$P = T * w \quad (2.1)$$

Donde:

T: torque

w: velocidad angular de rodillo

Cabe mencionar que la velocidad lineal o de avance (velocidad de transporte) de las ruedas será de 0.4 m/s, dos veces la velocidad de la banda (0.2 m/s).

Siendo v la velocidad lineal, la relación de transmisión también se puede definir con la ecuación 2.2, por lo que velocidad lineal de los rodillos también será 0.4 m/s.

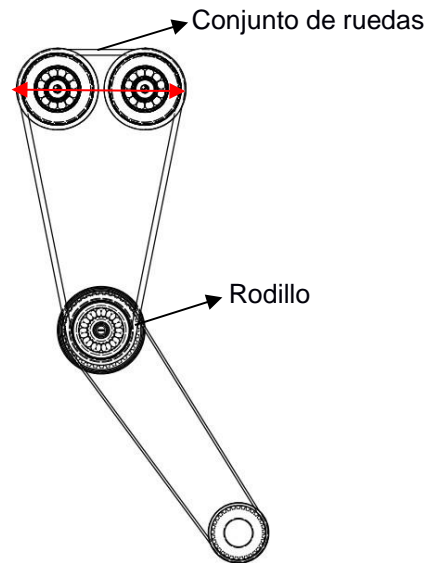


Figura 2.6 Representación de la relación de transmisión

$$v = w \frac{d}{2} = w_D \frac{D}{2} \quad (2.2)$$

$$\frac{w_d}{w_D} = \frac{D}{d}$$

Donde:

D: Diámetro del conjunto de las ruedas

d: Diámetro del rodillo

w_d : Velocidad angular del rodillo

w_D : Velocidad angular del conjunto de las ruedas

Para el cálculo de la velocidad angular de los rodillos se tiene la siguiente ecuación:

$$w_{\text{rodillo}} = \frac{\text{velocidad lineal del}}{\text{radio del rodillo}} \quad (2.3)$$

El radio del cilindro se lo obtiene de los datos técnicos del rodillo seleccionado, detallados en la Figura 2.3, por lo que en base a la Ecuación 2.3 la velocidad angular del rodillo será:

$$w = \frac{0.4 \text{ m/s}}{0.025 \text{ m}}$$

$$w = 16 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 153 \text{ rpm}$$

Para obtener el torque que debe ejercer el motor, primero se debe calcular la fuerza necesaria para mover la encomienda.

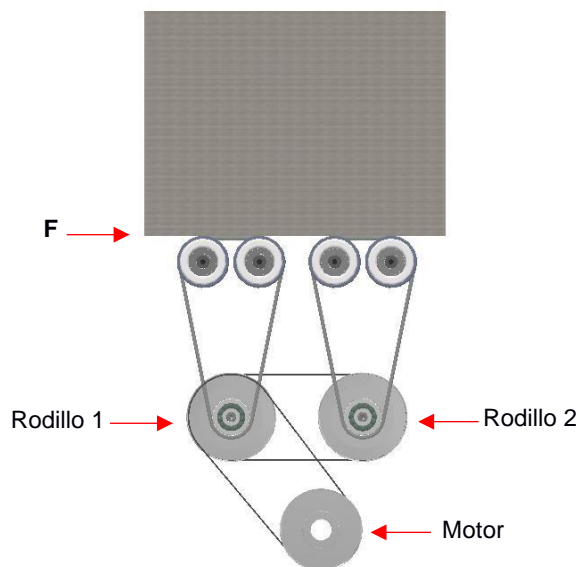


Figura 2.7 Vista frontal del sistema de transmisión de la mesa clasificadora

$$F_t = m * a \quad (2.4)$$

Esta fuerza deberá ser la fuerza tangencial que se genera en las ruedas, la cual se obtiene con la Ecuación 2.4, dado que la encomienda viene con una velocidad inicial desde la banda transportadora y a lo que entra a la mesa clasificadora varía su velocidad, se genera una aceleración.

Haciendo uso de las ecuaciones del movimiento rectilíneo uniformemente variado, se tiene:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} \quad (2.5)$$

$$x = \frac{v_i + v_f}{2} * t \quad (2.6)$$

Donde:

x: Distancia recorrida de la mesa clasificadora

v_i : Velocidad inicial

v_f : Velocidad final

t: tiempo

La distancia recorrida será el largo de la mesa clasificadora, el cual es de 0.4 m, por lo que con la Ecuación 2.6 se obtiene el tiempo en el cual se presenta dicha aceleración y con la Ecuación 2.5 se obtiene la aceleración que se busca.

$$0.4 = \frac{(0.2 + 0.4)}{2} * t$$

$$t = 1.33 \text{ s}$$

$$a = \frac{(0.4 - 0.2)}{(1.33)}$$

$$a = 0.15 \text{ m/s}^2$$

Una vez obtenida la aceleración se aplica la ecuación 2.4 para calcular la fuerza tangencial; la masa es la encomienda de 50 kg.

$$F_t = m * a$$

$$F_t = 50 \text{ kg} * 0.15 \text{ m/s}^2$$

$$F_t = 7.5 \text{ N}$$

La fuerza que se requiere para mover la encomienda sobre la mesa clasificadora será aproximadamente 7.5 N, con este dato es posible encontrar el momento torsional que deberá ejercer el motor (Ecuación 2.7).

$$T = F_t * d_t \quad (2.7)$$

Donde:

d_t : Distancia del torque (mitad de la longitud del rodillo) = 0.4 m

$$T = 7.5 * 0.4$$

$$T = 3 Nm$$

Por último, se aplica la Ecuación 2.1 para encontrar la potencia requerida por el motor para el correcto funcionamiento del sistema de clasificación.

$$P = T * w$$

$$P = 3 Nm * 16 rad/s$$

$$P = 48 Watts$$

$$P = 48 Watts/746$$

$$P = 0.06 HP$$

Se obtiene una potencia de 0.06 HP, a partir de este valor se procede a determinar la potencia corregida (P_s), la cual depende del tipo de trabajo que se va a realizar, la carga, la hora de trabajo y otros aspectos más.

Para calcular la potencia corregida se debe multiplicar por un factor de servicio, el cual se muestra a continuación en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8 Factor de servicio

Tipo de motor que acciona el reductor	Horas/Día	Tipo de carga		
		Uniforme	Media	Con choques
Motor eléctrico entrada constante	2	0.90	1.10	1.50
	10	1.00	1.25	2.75
	24	1.25	1.50	2.00
Medianamente impulsiva	2	1.00	1.35	1.75
	10	1.25	1.50	2.00
	24	1.50	1.75	2.50

$$P_s = P * F_s \quad (2.8)$$

$$P_s = 0.06 \text{ HP} * 1.25$$

$$P_s = 0.08 \text{ HP}$$

Para la potencia corregida se aplica la Ecuación 2.8, de la cual se obtiene 0.08 HP, dado que este valor no es estándar y no se encuentra en el mercado se debe seleccionar un motor que tenga el valor más próximo a la potencia calculada, el cual se establece de 0.25 HP (1/4 HP), lo cual resulta factible, ya que si se incrementa la capacidad de carga de la mesa clasificadora a largo plazo el motor puede brindar una mayor potencia. Dado que los rodillos presentan una velocidad angular de 153 rpm, el motor seleccionado debe tener una velocidad de giro baja. Por lo que las opciones consideradas fueron: un motor con su respectivo reductor o un motorreductor, pero en base a lo que se encuentra disponible en el mercado, lo más factible es seleccionar el motor con su respectivo reductor. Lo cual también es una ventaja dado que si se desea aumentar o disminuir la velocidad de giro se cambiaría el reductor.

Tabla 2.9 Tipos de motor monofásico W22 con condensador de arranque o arranque permanente (60 Hz) marca WEG [23]

Potencia		Carcasa	Par nominal Tn (kgfm)	Corriente con rotor trabado I _T /I _n	Par con rotor trabado T _T /T _n	Par Máximo T _b /T _n	Momento de Inercia J (kgm ²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)	Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	RPM	% de la potencia nominal						Corriente nominal I _n (A)	
kW	HP											Rendimiento			Factor de potencia			220 V	440 V
												50	75	100	50	75	100		
0.12	0.16	63	0.068	5.0	2.3	2.0	0.0007	7	9.8	47	1730	32.5	40.0	44.2	0.50	0.58	0.66	1.87	0.935
0.18	0.25	71	0.101	5.0	2.8	2.1	0.0008	15	12.7	55	1730	49.6	55.2	60.4	0.43	0.51	0.61	2.22	1.11
0.25	0.33	71	0.141	5.0	2.6	2.2	0.0009	18	13.2	55	1725	45.1	51.0	56.2	0.46	0.53	0.64	3.16	1.58
0.37	0.5	80	0.207	6.8	2.1	2.5	0.0030	10	17.8	55	1740	51.7	61.0	66.1	0.76	0.83	0.88	2.89	1.45
0.55	0.75	80	0.308	5.8	2.1	2.2	0.0034	9	18.5	55	1740	54.0	63.5	68.0	0.71	0.81	0.87	4.23	2.12
0.75	1	90S	0.414	8.5	2.3	2.4	0.0055	7	24.0	58	1765	55.8	65.1	70.3	0.82	0.87	0.91	5.32	2.66
1.1	1.5	90L	0.607	9.5	2	2.3	0.0069	6	28.0	58	1765	61.0	69.5	74.0	0.88	0.93	0.95	7.12	3.56
1.5	2	100L	0.837	7.2	2.5	2.2	0.0093	10	37.0	58	1745	66.0	73.0	77.0	0.87	0.90	0.93	9.51	4.76
2.2	3	112M	1.23	7.7	2.9	2.7	0.0156	8	46.0	60	1745	65.0	74.0	77.0	0.79	0.87	0.90	14.4	7.22
3	4	112M	1.68	8.0	2.7	2.4	0.0184	6	49.0	60	1740	69.5	75.0	77.0	0.96	0.97	0.98	18.1	9.04
3.7	5	132S	2.06	7.3	3.4	2.5	0.0329	6	65.0	63	1750	71.0	77.9	80.5	0.84	0.91	0.93	22.5	11.3
5.5	7.5	132M	3.06	7.7	3.2	2.5	0.0457	6	80.0	63	1750	75.6	81.0	83.0	0.88	0.92	0.94	32.0	16.0
7.5	10	132M*	4.20	6.7	2.6	2.4	0.0486	6	82.0	63	1740	77.9	82.5	84.0	0.92	0.94	0.95	42.7	21.3
9.2	12.5	132M*	5.15	6.5	2.2	2.3	0.0543	6	88.0	63	1740	78.0	83.2	84.0	0.85	0.91	0.93	53.6	26.8

La Tabla 2.9 presenta la opción seleccionada, un motor eléctrico AC W22 de marca WEG y funcionamiento a 60 Hz de 0.25 HP y velocidad angular de 1730 RPM.



P_{10} [kW]	n_2 [r/min]	M_{20} [Nm]	i			Page	
0.18	26.3	63	53.33	RC01	63B5	6324	21
	30.5	54	45.89	RCF01	63B5	6324	21
	34.9	47	40.10	RCZ01	63B5	6324	21
	39.5	42	35.47				
	49.1	34	28.50				
	59.4	28	23.56				
	70.6	23	19.83				
	78.4	21	17.86				
	95.8	17.2	14.62				
	101	16.3	13.80*				
	118	14	11.9				
	143	11.6	9.81				
	153	10.8	9.17				
	181	9.1	7.72				
	246	6.7	5.69				
302	5.5	4.63					

Figura 2.8 Tipos de reductores familia R marca AOKMAN. Adaptado de [24]

Para el reductor del motor, se escogió uno ofertado en Alibaba de marca AOKMAN, en la Figura 2.8 se presentan algunos de estos reductores R de eje coaxial. El seleccionado fue el RC01 con una velocidad de salida de 181 RPM (Figura 2.9).



Figura 2.9 Reductor RC01 marca AOKMAN [24]

2.6.4 Sistema de transmisión de potencia

Como sistema de transmisión de potencia se escogió un tren de poleas con correa, el motivo de utilizar este tipo de transmisión se debe a que es la más común en estos mecanismos, ya que resulta una transmisión sencilla y económica en cuanto a su instalación. Por lo tanto, se requiere el diseño y la selección de un tren de poleas y correa que transmita la potencia del motor a los dos rodillos del sistema, de modo que giren a una velocidad angular constante.

Para el diseño se prevé acoplar dos poleas en el rodillo principal, una polea en el eje del motor y otra en el segundo rodillo, como se muestra en la Figura 2.10.

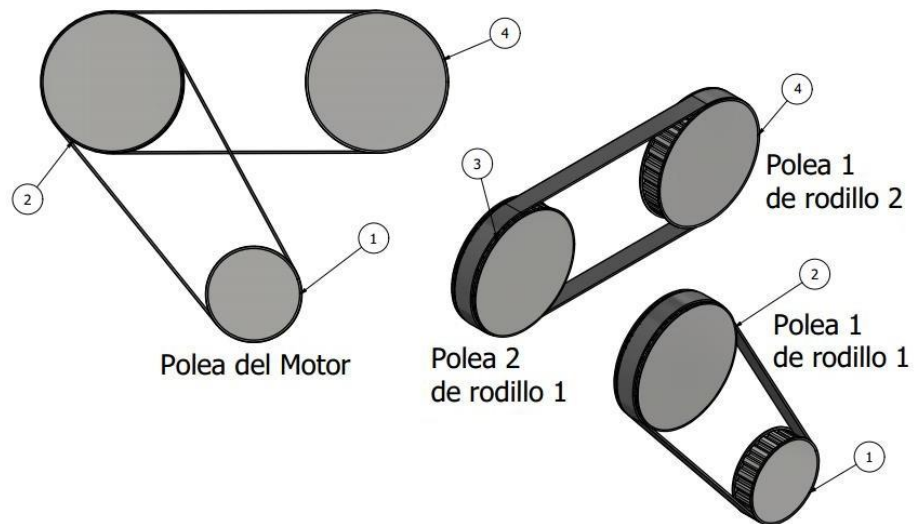


Figura 2.10 Diseño del tren de poleas y correa: (1) Polea del motor, (2) Polea 1 del rodillo 1, (3) Polea 2 del rodillo 1 y (4) Polea 1 del rodillo 2.

Para la selección del tipo de correa se hizo uso del manual “Manual técnico Optibelt OMEGA”, en el cual se detalla una serie de pasos e incluye información sobre los diversos cálculos y factores que influyen en la selección de una correa.

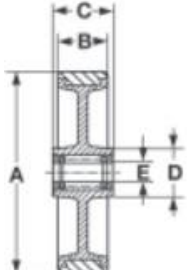
Tras definirse la relación de velocidad entre las poleas y la potencia transmitida, así como también la separación entre el motor y el primer rodillo y luego entre ambos rodillos, fue necesario considerar otros parámetros de diseño, como, por ejemplo: las condiciones bajo las que el sistema operaría, el ambiente y tipo de trabajo que realizaría, al igual que factores geométricos como diámetros de paso, número de dientes tanto de la correa como la polea y el material de fabricación, a fin de seleccionar factores de sobrecarga adecuados. En el Apéndice C se describen en detalle los cálculos para seleccionar la correa y las poleas.

2.6.5 Diseño de las ruedas

Para el diseño de las ruedas que son las encargadas de desviar la encomienda dependiendo de su destino, se consideró como diseño un cilindro hueco de modo que, a través del mismo pase un eje y a sus lados se ubiquen rodamientos, con el fin que la rueda pueda rotar sin problema. Dado que el ancho de la mesa clasificadora es de 800 mm aproximadamente, se prevé usar 40 ruedas.

Para la selección del material se considera la carga máxima que deben soportar las ruedas, la cual es de 50 kg. Debido a que en el mercado no existen ruedas específicamente para mesas clasificadoras, se buscó dentro de catálogos de ruedas industriales para diferentes cargas, un modelo el cual describa el material que podría ser útil para el sistema.

Dentro del catálogo Sitasa [25], se escogió la rueda 100 NSL4 núcleo de nylon color blanco traslúcido y banda de superlast, poliuretano color azul (Figura 2.11). Esta rueda soporta una carga de 140 a 400 kg, debido a la calidad del material y su menor dureza son más elásticas, silenciosas y resistentes al desgaste que otras ruedas de poliuretano.



Código	Referencia	A	B	C	D	E	E'	Tipo de cojinete	Kg	Montar en soporte categoría
16-30/10	100 NSL4	100	33	45	32	12,2		■	140	4
16-30/14	100 NSR4		33	45	34	12,0		■	140	4
16-31/10	125 NSL4		35	45	30	15,2		■	200	4
16-31/14	125 NSR4	125	35	45	40	15,0		■	200	4
16-31/18	125 NSL5		40	56	40	20,2		■	250	5
16-31/22	125 NSR5		40	56	48	20,0		■	250	5
16-32/10	150 NSL5		40	59	40	20,2		■	300	5
16-32/14	150 NSR5	150	40	59	51	20,0		■	300	5
16-33/10	200 NSL5		50	58	38	20,2		■	350	5
16-33/14	200 NSR5	200	50	58	53	20,0		■	350	5
16-33/18	200 NSB5		50	50	70	20,0		■	400	5

Figura 2.11 Dimensiones de la rueda y capacidad de carga [25]

En base a la investigación, se seleccionó el material poliuretano para el diseño de las ruedas. Aparte de las características mencionadas, este material permitirá que en conjunto las ruedas no se sobre esfuerce, incrementando la vida útil de estas.



16-31/22
125 NSR5

Figura 2.12 Rueda de núcleo de nylon con banda superlast de poliuretano [25]

2.6.6 Selección del motor a pasos

El motor a pasos será el encargado de realizar el giro de los conjuntos de ruedas, con el fin que se logre el desvío de las encomiendas. Como se logra observar en la Figura 2.13, este giro se realiza por medio de un mecanismo de acople entre el motor a pasos y uno de los conjuntos, el cual es un sistema biela-manivela. Dado que, al girar el eje del motor ciertos grados la biela también girará empujando la manivela, lo cual al mismo tiempo empujará la base del conjunto de ruedas, haciéndola girar.

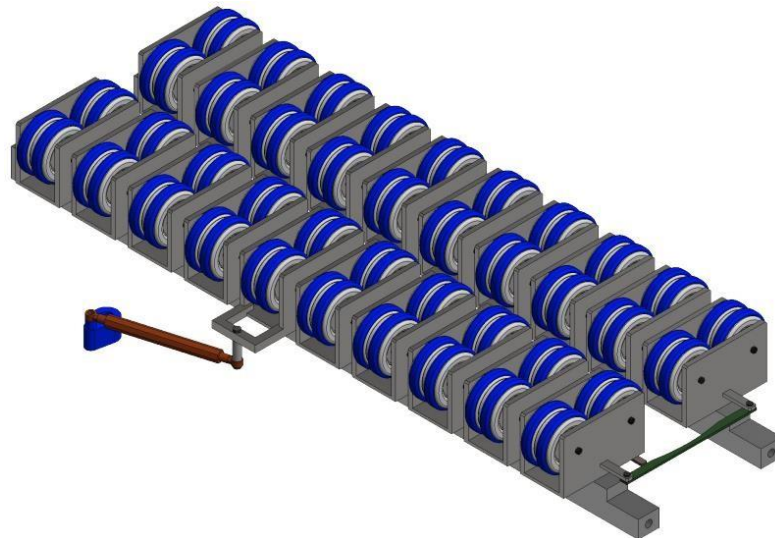


Figura 2.13 Vista isométrica del conjunto de ruedas de la mesa clasificadora

Para calcular el torque que deberá tener el motor a pasos, es necesario obtener la fuerza que deberá mover la manivela, esta fuerza (F) debe ser el peso de la estructura a mover (ruedas, bases de las ruedas, eje de las ruedas y rodamientos) y la tensión que se genera de las correas. En la Figura 2.14 se puede observar estas fuerzas en el sistema.

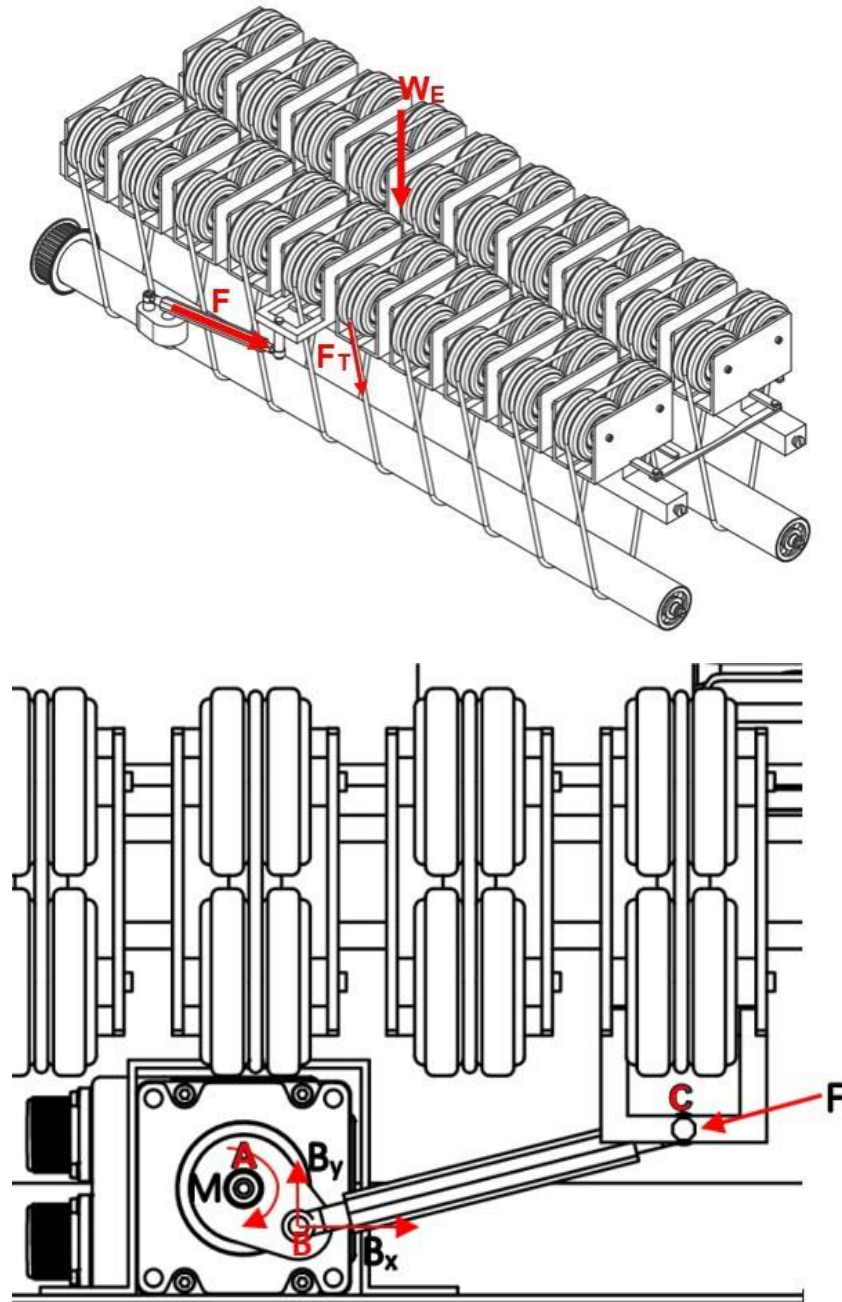


Figura 2.14 Fuerzas que se presentan en el sistema

- ❖ W_E : Peso de la estructura = 460.60 N
- ❖ F_T : Tensión de las correas = 265.20 N
- ❖ F : Fuerza total = 460.60 + 265.20 = 725.80 N
- ❖ d : Longitud AB = 25 mm = 0.025 m

En el Apéndice D, se detalla el cálculo de la tensión de las correas.

$$M = F * d \quad (2.9)$$

$$M = 725.80 * 0.025 = 18.15 \text{ Nm}$$

Como se logra observar en la Ecuación 2.9 el torque que debería tener el motor es de 18.15 Nm. Por lo que se seleccionó el motor a pasos Nema 52 de 20Nm ofertado en ebay, el motor incluye su propio driver (Figura 2.15). En la Tabla 2.10 se detalla el modelo y las características técnicas del motor a pasos seleccionado.

Tabla 2.10 Características técnicas del motor a pasos seleccionado

Model	Step angle (deg)	Holding torque (N.m)	Current/phase (A)	Resistance phase(ohms)	inductance/phase(mH)	Detent torque (gcm)	Rotor inertia (g-cm ²)	Insulation class	lead wire numbers	Weight (kg)	Length (mm)
86J12126EC-1000	1.2	6	2.9	4.0	17	700	3000	B	3	4.8	161
86J12156EC-1000	1.2	7.8	2.9	4.7	24	1300	4000	B	3	5.3	187
110J12160EC-1000	1.2	16	6.0	1.28	19	2000	5500	B	3	9.0	189
110J12190EC-1000	1.2	20	6.8	1.24	22	2500	6800	B	3	11	223
130J12206EC-2500	1.2	28	6.8	0.8	11.3	4000	16000	B	3	17	257
130J12225EC-2500	1.2	35	6.8	0.92	13.8	3000	24000	B	3	19	277



Figura 2.15 Motor a pasos Nema 52 Fase 3 20Nm

2.6.7 Selección de rodamientos para la mesa clasificadora

Para la mesa clasificadora se consideró el uso de rodamientos para dos casos: Primero, para que la rueda pueda rotar sin problema sobre el eje y segundo, para que el conjunto pueda rotar sobre el eje cuadrado.

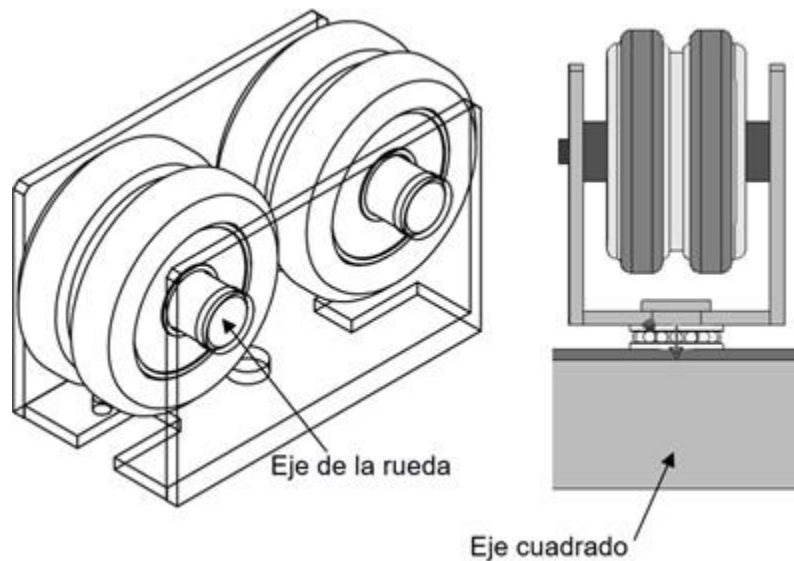




Figura 2.16 Aplicación de los rodamientos en la mesa clasificadora

Dentro de los diferentes tipos de rodamientos que existen en el mercado local se escogió para el primer caso un rodamiento rígido de bolas, dado que debe soportar cargas radiales y para el segundo caso, un rodamiento axial de bolas. En la Tabla 2.11 se presentan las características de ambos.

Con respecto a la lubricación que deben recibir estos rodamientos, se hizo uso de las herramientas de ingeniería que brinda SKF, en el cual se recomienda la grasa NLGI 2, para uso general en la industria. En el Apéndice E se describe en detalle el proceso de selección de estos rodamientos.

Tabla 2.11 Características de los rodamientos

	Rodamiento rígido de bolas	Rodamiento axial de bolas
		
Capacidad de carga	Bueno para carga radial Bueno para carga axial	Bueno para carga axial
Disposición	Flotante	De un lado fijo
Apto para	Larga vida útil de la grasa Alta velocidad Baja variación Baja fricción	Larga vida útil de la grasa Alta rigidez Baja fricción

2.7 Parámetros de control

Los parámetros a monitorear en el sistema de identificación y clasificación de encomiendas son: la velocidad y el correcto desvío de las ruedas, el control del encendido y apagado de la mesa clasificadora usando botoneras con sus respectivas protecciones para el motor, además del estado de los sensores de proximidad y lectoras QR. En el Apéndice F se presenta la arquitectura de comunicación del sistema.

2.7.1 Parámetros de diseño de control

Como protocolo de comunicación serial entre las lectoras y la Raspberry Pi se utiliza el módulo Max485 para la transferencia de datos a la Raspberry Pi. Además, se hace uso de los puertos GPIO para las entradas, salidas de

los sensores y actuadores para el debido control de giro de las ruedas de la mesa clasificadora.

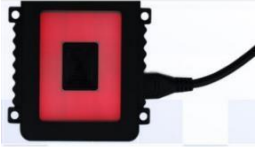


Tabla 2.12 Componentes usados en el diseño de control

Componente	Característica	Función
Botón de paro	Botón color rojo	Detiene el sistema de fuerza
Botón de marcha	Botón color verde	Inicia el funcionamiento del circuito de fuerza
Optoacoplador 4N35	Interruptor electrónico	Es utilizado para el control en etapas de potencia tanto para la señal de entrada y de salida al controlador
Regulador Mean Well AC 110V-220v	Regulador de voltaje de 5VDC - 6A 12VDC – 2A	Regular el voltaje a 12V con un consumo de amperaje de 2A, además tiene una salida de 5V con un consumo de amperaje de 6A para la conexión de sensores, lectora y controlador
M12JG-30N1	Interruptor fotoeléctrico	Sensor fotoeléctrico usado para la verificación de las encomiendas
Raspberry Pi 3	Controlador del sistema	Comunicación entre los sensores y actuadores para realizar la clasificación.
Motor a pasos Nema 52	Motor a pasos	Da la dirección de las encomiendas dependiendo de la señal que envía de su driver.
3HSS2208H	Driver del motor a pasos	Realiza la comunicación de la Raspberry hacia el motor de pasos para realizar el giro de 30 grados.

2.7.2 Selección del lector QR

En la Tabla 2.13 se muestran los lectores cotizados con las características más relevantes, cada uno de ellos cumple los parámetros técnicos establecidos. La tabla fue presentada al cliente y se concluyó que el escáner BT980 era el más adecuado para el desarrollo del sistema, ya que aparte de cumplir con los requerimientos, es el más económico.

Tabla 2.13 Lectores cotizados

	Escáner BT980	Escáner ARGOS AS1000	Escáner DP8560
Precio	\$65	\$555	\$650
Interfaz del sistema	USB, TTL-232, RS232, RS485	RS232, USB 2.0, Ethernet, 2xI/Os	Entrada y salida con aislamiento optoacoplador de 3 vías, entrada y salida RS-232 de 1 vía.
Rango de lectura	10-150 cm	10-150 cm	10-150 cm
Capacidad de decodificación	Código 1D, 2D: QR/DM, PDF417	Código 1D: code39, code93, code128 2D: Micro QR, QR, Data Matrix	Código 1D: code39, code93, code128, EAN8, UPCA, ITF14, entre otros. 2D: QR, Data Matrix
Compatibilidad sistema operativo	Linux	Windows 7 y 10 (32/64 bit), Linux	Windows 7 y 10 (32/64 bit), Linux
Velocidad máxima de lectura	50 ms	15 ms	0.09 ms
Temperatura de trabajo	-20° C – 70° C	0 – 50° C	0 – 50° C
			

2.8 Parámetros de diseño eléctrico

Para el diseño eléctrico de la mesa clasificadora se utiliza una alimentación alterna 220V para la alimentación de un motor AC seleccionado en la Tabla 2.9 además en la siguiente Tabla 2.14 se muestra los componentes que se utilizan para la protección del sistema.

Para la elección de los componentes eléctricos y electrónicos en la parte de control se debe considerar la información del fabricante el cual nos da las especificaciones de los componentes para conocer la demanda de corriente que pueden soportar y así evitar que un integrado o equipo eléctrico se dañe.

Tabla 2.14 Componentes eléctricos usados en el diseño eléctrico

Componente	Característica	Función
Breaker	Breaker riel din 2 polos 20 amperios	Es un interruptor que protege de sobrecargas que puede afectar al motor
Guardamotor	Guarda motor CHINT NS2-25 20 a 25 Amperios	Protección al motor de sobrecargas térmicas
Contactador	Contactador de 2 polos CHINT 20 amperios	Sirve para función de inicio o paro del motor
Luz piloto verde	Luz verde	Identifica que el sistema está en funcionamiento
Luz piloto roja	Luz roja	Identifica que el sistema está fuera de servicio
Motor	Motor eléctrico AC W22 0.25 HP 220V	Motor eléctrico con una salida de velocidad de 1730 rpm
Reductor	Reductor AOKMAN	Reductor de velocidad para el motor aumentando el par de salida a 9.1 Nm a una velocidad de 181 rpm

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En el presente capítulo se presentará el diseño 3D del sistema de identificación y clasificación de encomiendas, conformada por una banda de ingreso de las encomiendas, la estructura del sistema de identificación y la mesa clasificadora, así como el tablero de control. De igual forma se presenta el análisis de elementos finitos para las piezas más importantes de la mesa clasificadora.

Con respecto al sistema eléctrico y de control, se muestra los esquemas de control y fuerza del sistema con las respectivas conexiones. Por último, se detalla el análisis de costos del proyecto.

3.1 Diseño mecánico

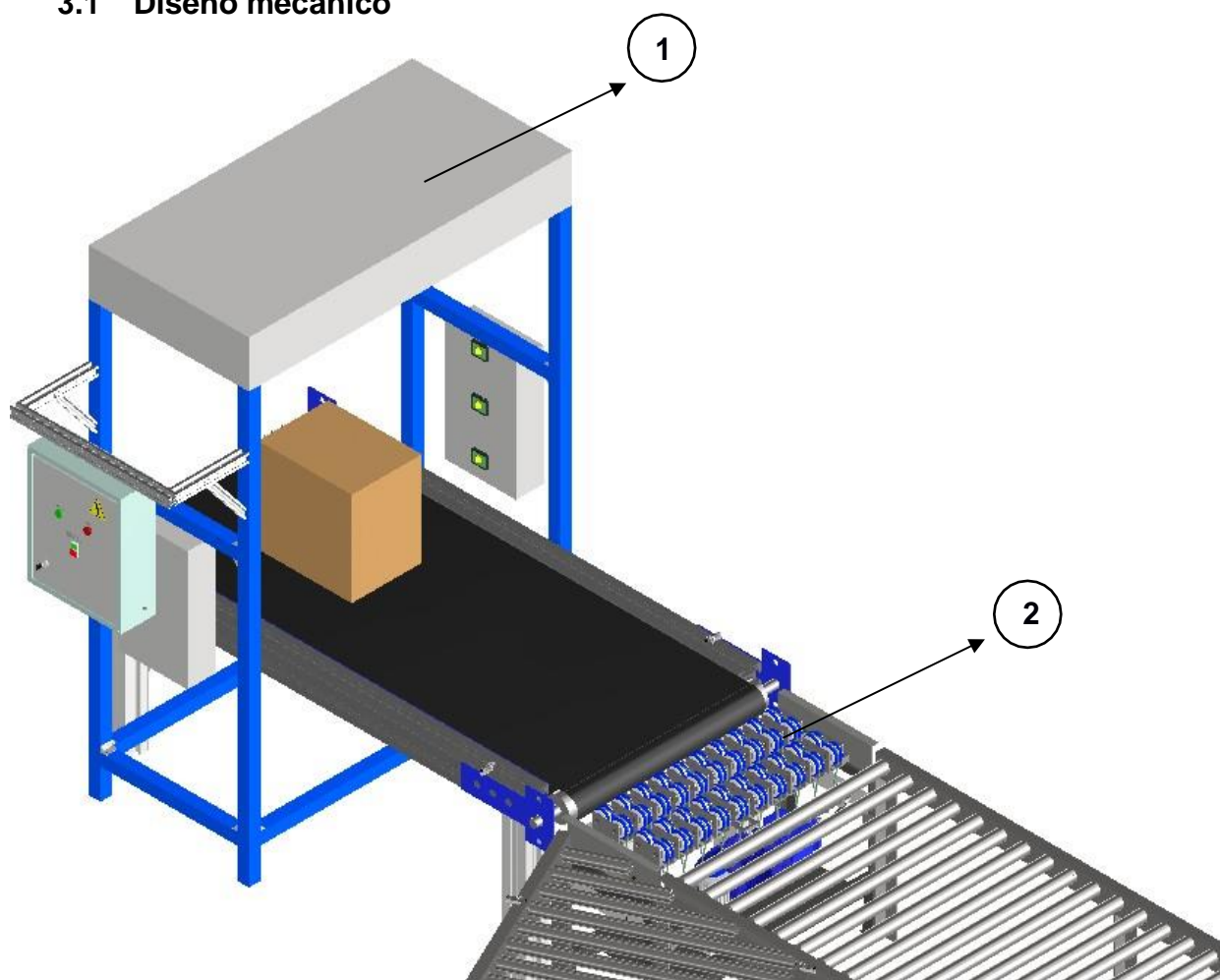


Figura 3.1 Figura 3D del sistema de identificación y clasificación: (1) Sistema de identificación, (2) Mesa clasificadora.

En la Figura 3.1 se ilustra el sistema propuesto en el presente proyecto, el cual fue diseñado en el software Autodesk Inventor. Este software además permitió realizar un análisis de elementos finitos para los componentes mecánicos, mismos que serán presentados en los siguientes puntos.

El sistema diseñado cuenta con una banda transportadora al ingreso, por la cual se prevé que los operadores coloquen las encomiendas para que sean trasladadas hasta el sistema de identificación, en el cual se identifica la ciudad a la que se dirigirá la encomienda. En total, se tienen 8 lectoras que se encuentran ubicadas en la estructura y son las encargadas de esta

identificación, acto seguido las encomiendas se desplazan hacia la mesa clasificadora donde dependiendo de la ciudad las ruedas desviarán el paquete o seguirá de largo. En el Apéndice B se detalla cómo se determinó la cantidad de las lectoras QR en el sistema.

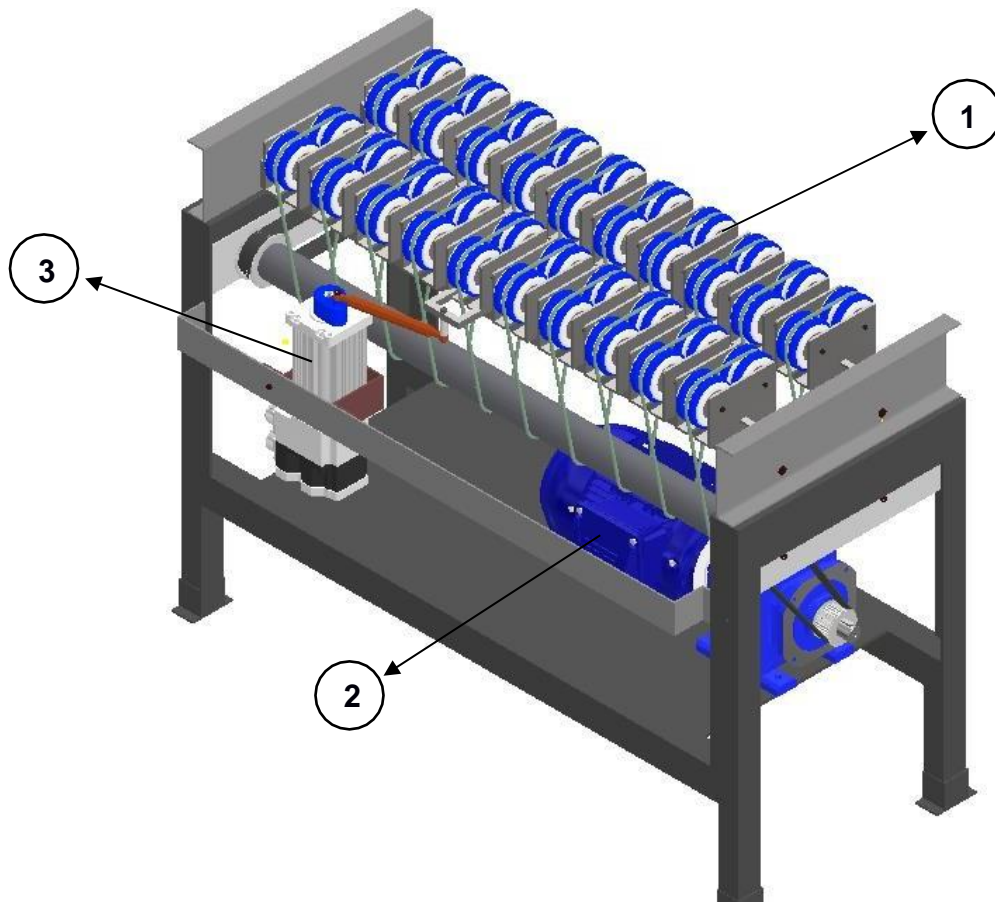


Figura 3.2 Mesa clasificadora de ruedas giratorias: (1) Ruedas giratorias, (2) Motor impulsor, (3) Motor a pasos.

El diseño que presenta la mesa clasificadora es un desvío de ruedas giratorias, se compone principalmente de las ruedas de poliuretano, un motor impulsor, correas para la transmisión, un motor a pasos y de otros componentes. Utiliza un motor a pasos, un sistema biela manivela y dos varillas para suministrar la fuerza que cambia la dirección de las ruedas (Figura 3.3), de forma que las encomiendas puedan ser clasificadas.

Por otro lado, las ruedas y las correas redondas suministran la fuerza impulsora recta que permite que la encomienda avance.

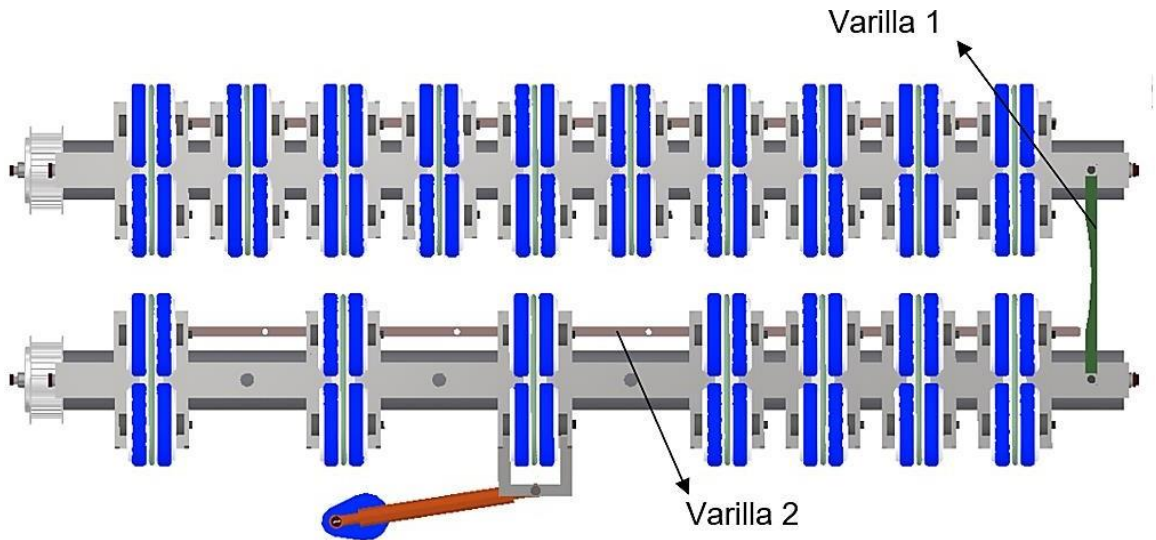


Figura 3.3 Vista superior de la mesa clasificadora

Tabla 3.1 Especificaciones de la mesa clasificadora

Angulo de desvío	30°
Motores	Motor eléctrico AC de 1/4 HP y motor a pasos de 20 Nm
Velocidad	24 m/min
Tasa	Hasta 40 cajas por minuto
Capacidad de carga	Max. 50 kg
Tamaño mínimo de la caja	140*140 (Largo*ancho) mm

3.2 Mesa clasificadora

Para la validación de la mesa clasificadora se realizó un análisis de fatiga por esfuerzos combinados de Von Mises a dos de las piezas más críticas del sistema: el eje de las ruedas y al eje cuadrado que sostiene las ruedas (Figura 3.4).

Como punto importante a recalcar es que el material escogido para la fabricación de la mayoría de las piezas de la mesa es de acero galvanizado.

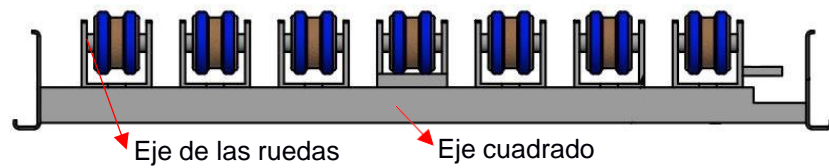


Figura 3.4 Vista frontal de eje cuadrado sosteniendo los conjuntos de ruedas

El análisis se lo llevo a cabo en el software Autodesk Inventor, en la Figura 3.5 y 3.6 se observa la simulación realizada al eje cuadrado, en el cual se aplicó la carga máxima que el sistema deberá soportar. Como resultado se obtuvo una tensión máxima de 7.44 MPa, comparando ese valor con el límite de elasticidad del acero galvanizado, el cual es de 207 MPa, se puede concluir que el diseño es adecuado lo que implica que, bajo las cargas sometidas, el eje no fallará por fatiga.

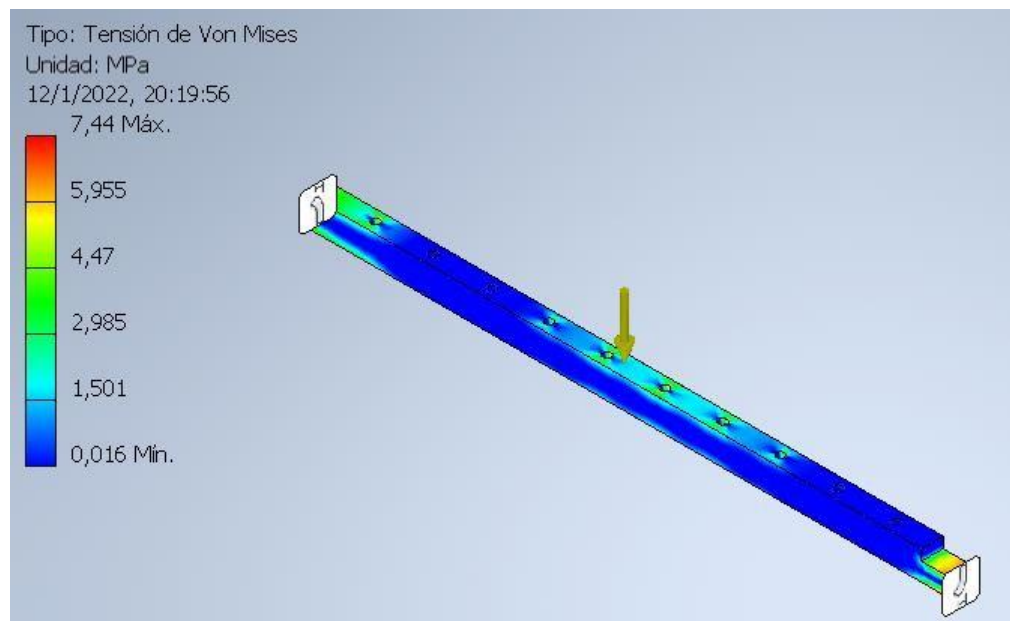


Figura 3.5 Análisis de elementos finitos a eje cuadrado, Tensión de Von Mises

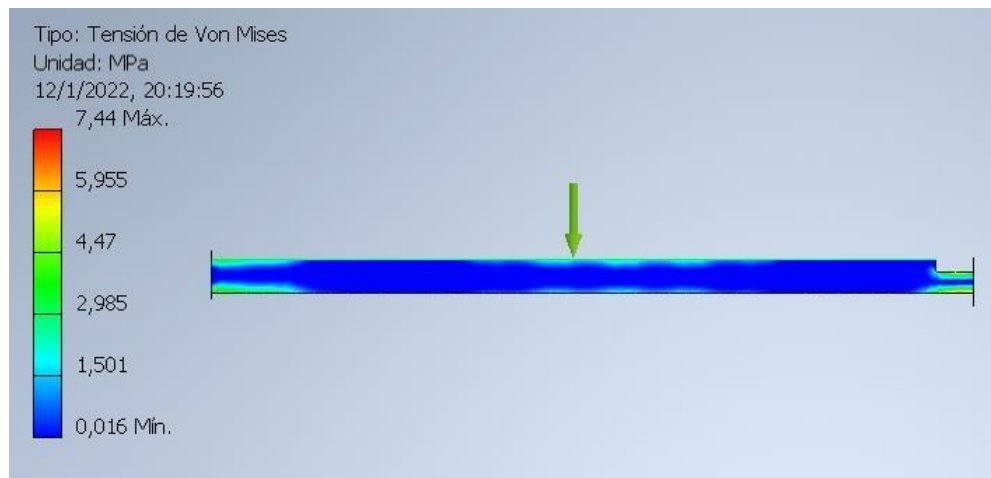


Figura 3.6 Análisis de elementos finitos a eje cuadrado, Tensión de Von Mises

En la Figura 3.7 se puede observar el desplazamiento que sufre el eje cuadrado tras experimentar la carga máxima, el cual es menos de 1 mm (0.043 mm) y sucede en la parte media del eje, lo cual tiene sentido debido a que es un eje largo y está sujeto en ambos extremos. En el sistema real esta carga máxima solo la experimenta alrededor de 1 a 1.5 segundos, pero se puede analizar que realmente presenta deformaciones muy pequeñas.

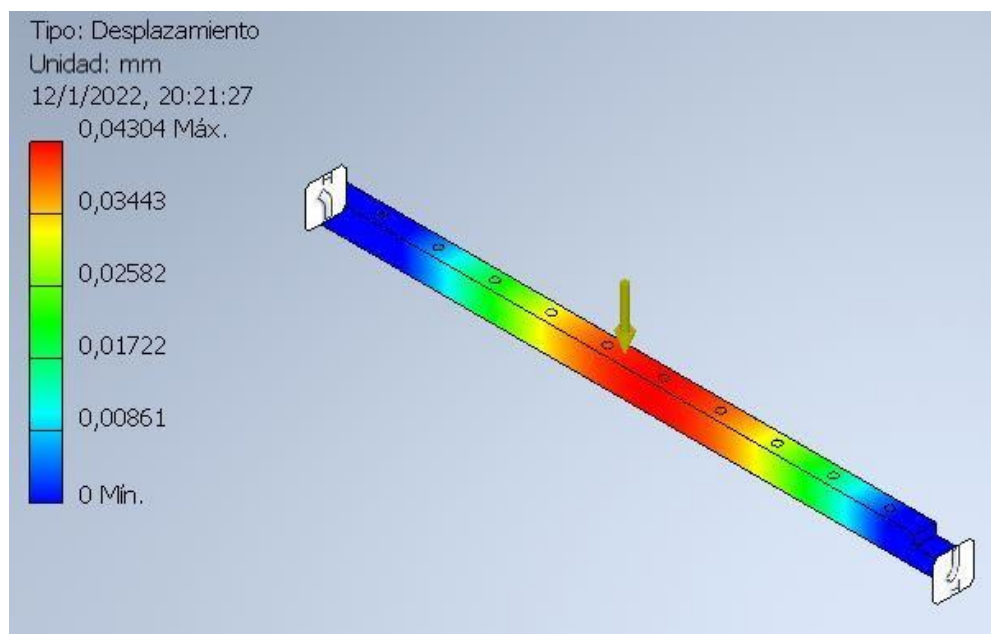


Figura 3.7 Análisis de elementos finitos a eje cuadrado, Desplazamiento.

En la Figura 3.8 se observa el análisis de elementos finitos al eje de la rueda, el cual presenta una tensión de Von Mises de 0.1519 MPa, y al igual que el eje cuadrado al no superar el límite elástico del acero galvanizado, se puede concluir que el diseño no sufrirá falla, es decir, el diseño es adecuado.

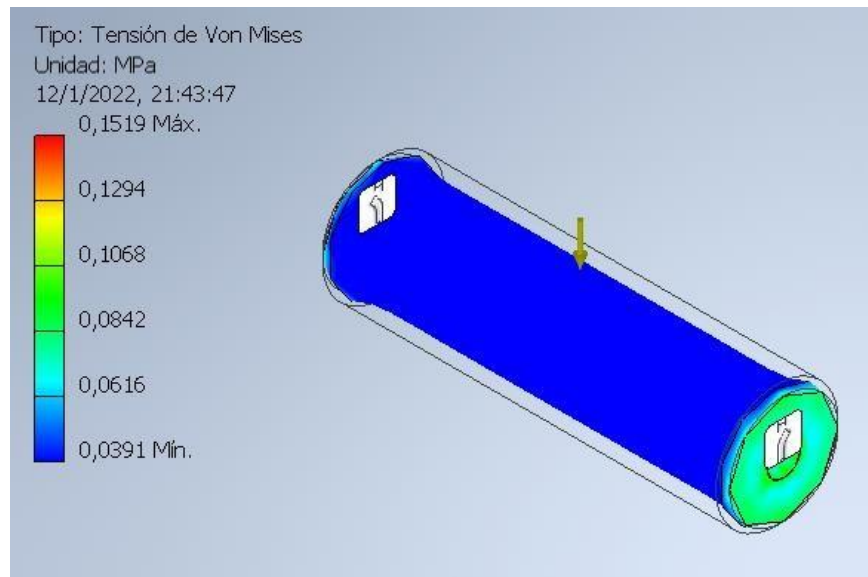


Figura 3.8 Análisis de elementos finitos a eje de la rueda, Tensión de Von Mises

En el análisis de su desplazamiento, se puede observar en la Figura 3.9 que la deformación sería a lo largo de todo el eje, pero dado que el eje es corto este desplazamiento es muy pequeño.

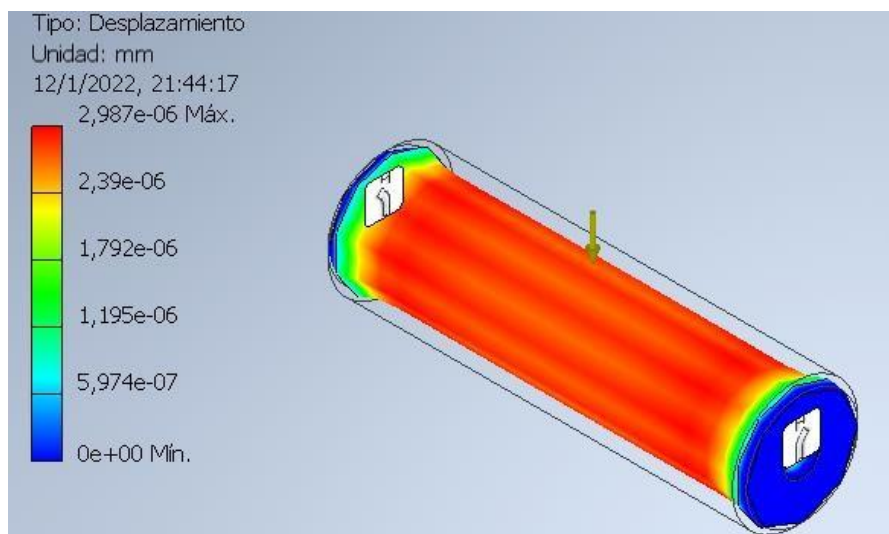


Figura 3.9 Análisis de elementos finitos a eje de la rueda, Desplazamiento

Otro punto importante por validar en la mesa clasificadora es los grados que debe girar la biela para lograr que los conjuntos de ruedas se desvíen 30° , por lo cual haciendo uso de Inventor se simuló el giro de la biela hasta encontrar el grado óptimo.

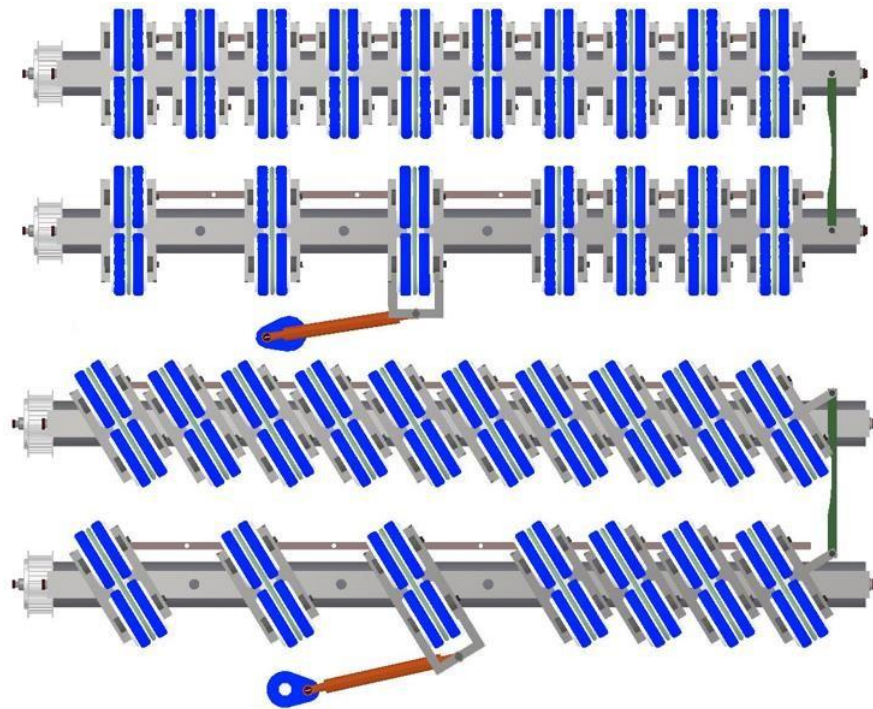


Figura 3.10 Vista superior de la mesa clasificadora: Giro de los conjuntos de ruedas

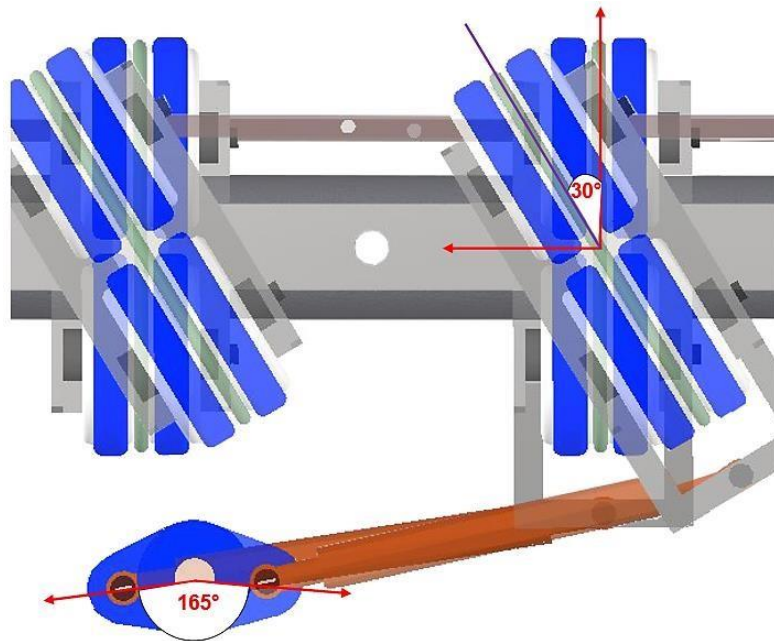


Figura 3.11 Cantidad de grados necesarios para lograr el desvío de las encomiendas

Como se puede observar en la Figura 3.11 es necesario que la biela gire aproximadamente 165° para que los conjuntos de ruedas roten 30°.

3.3 Diseño del tablero eléctrico

En la Figura 3.12 se muestra el tablero de control, diseñado para el accionamiento de la mesa clasificadora y las lectoras, cuenta con sus respectivas protecciones para el motor AC 220v, además tiene luces pilotos y su respectiva botonera de marcha y paro de forma que pueda monitorear la activación del sistema.

Este tablero debe colocarse en un lugar preferentemente seco y bien ventilado, con suficiente espacio que permita la accesibilidad y maniobra de quienes lo operan.

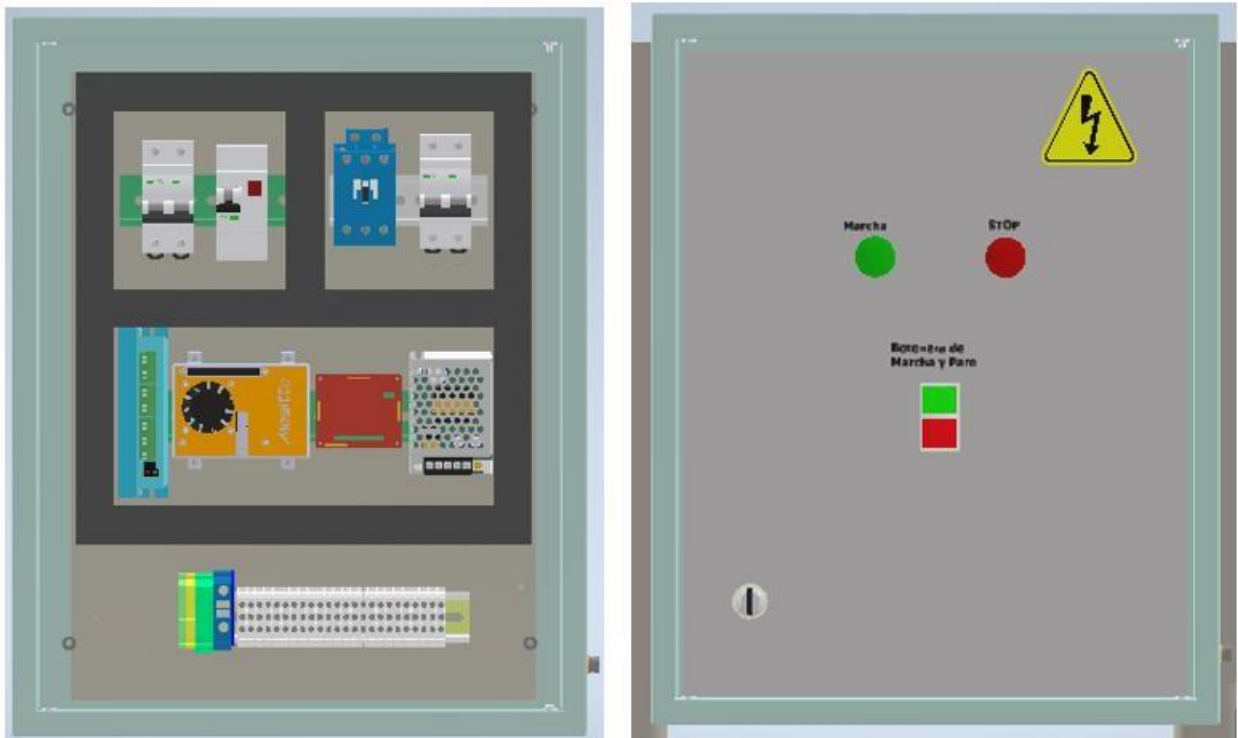


Figura 3.12 Vista interior (izq.) y exterior (dcha.) de tablero de control con detalle de componentes eléctricos

En la figura 3.13 se explica mediante un diagrama de flujo el funcionamiento del sistema de identificación y clasificación, según el correcto estado de los componentes eléctricos, comportamiento de estos y accionamiento de la botonera del tablero de control.

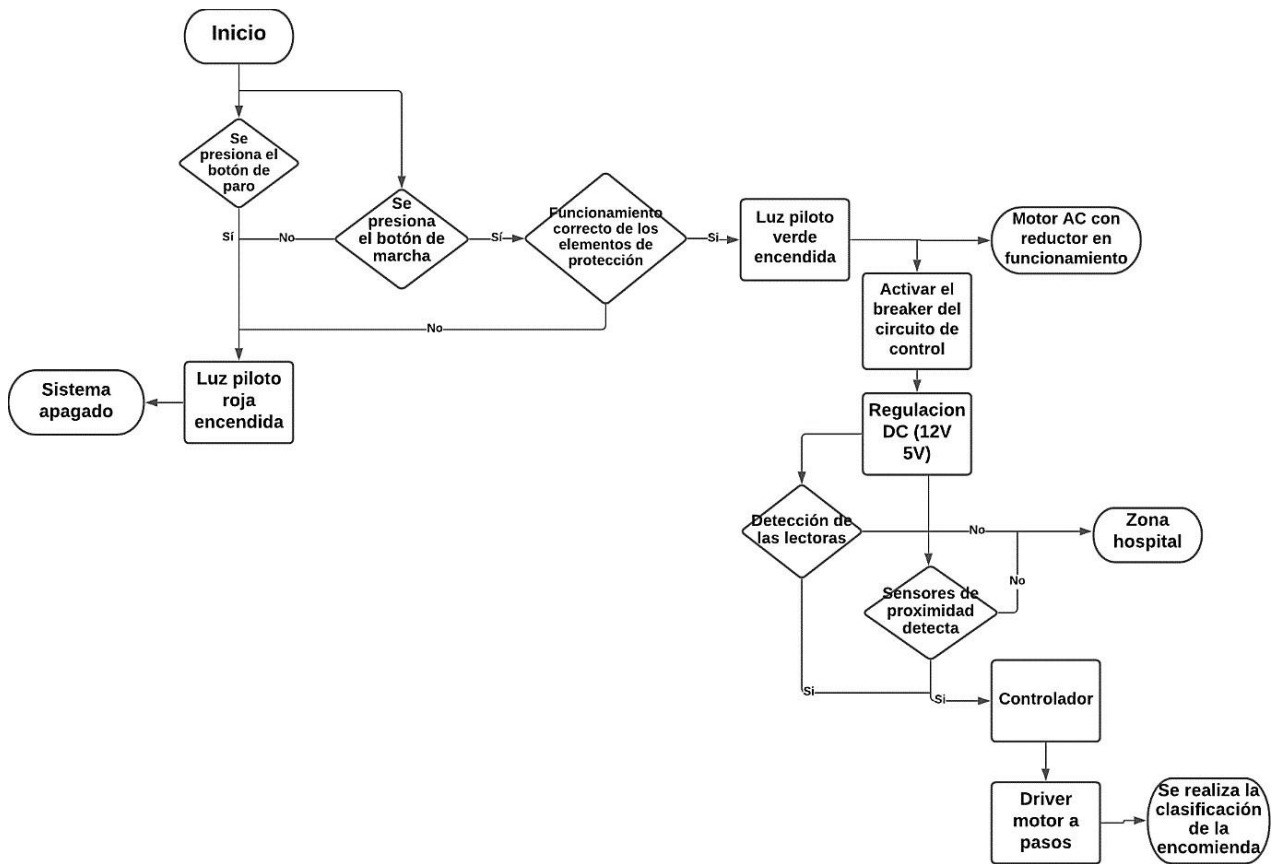


Figura 3.13 Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema de clasificación

3.4 Diseño del circuito eléctrico

3.4.1 Esquema eléctrico general

En la Figura 3.14 se explica mediante un esquema eléctrico general el funcionamiento del sistema de identificación y clasificación, el cual está constituido por un sistema de control y fuerza, la parte del circuito fuerza es la encargada de suministrar energía a todo el sistema eléctrico y electrónico del sistema, además de alimentar un motor AC 220V con su respectivo reductor.

Por otro lado, se tiene el circuito de control en el cual están los sensores alimentados por una fuente DC, un controlador Raspberry Pi 4 que realiza la interacción con varias lectoras y un driver, de forma que se pueda controlar el motor a pasos realizando el respectivo giro de las ruedas para la clasificación de encomiendas.

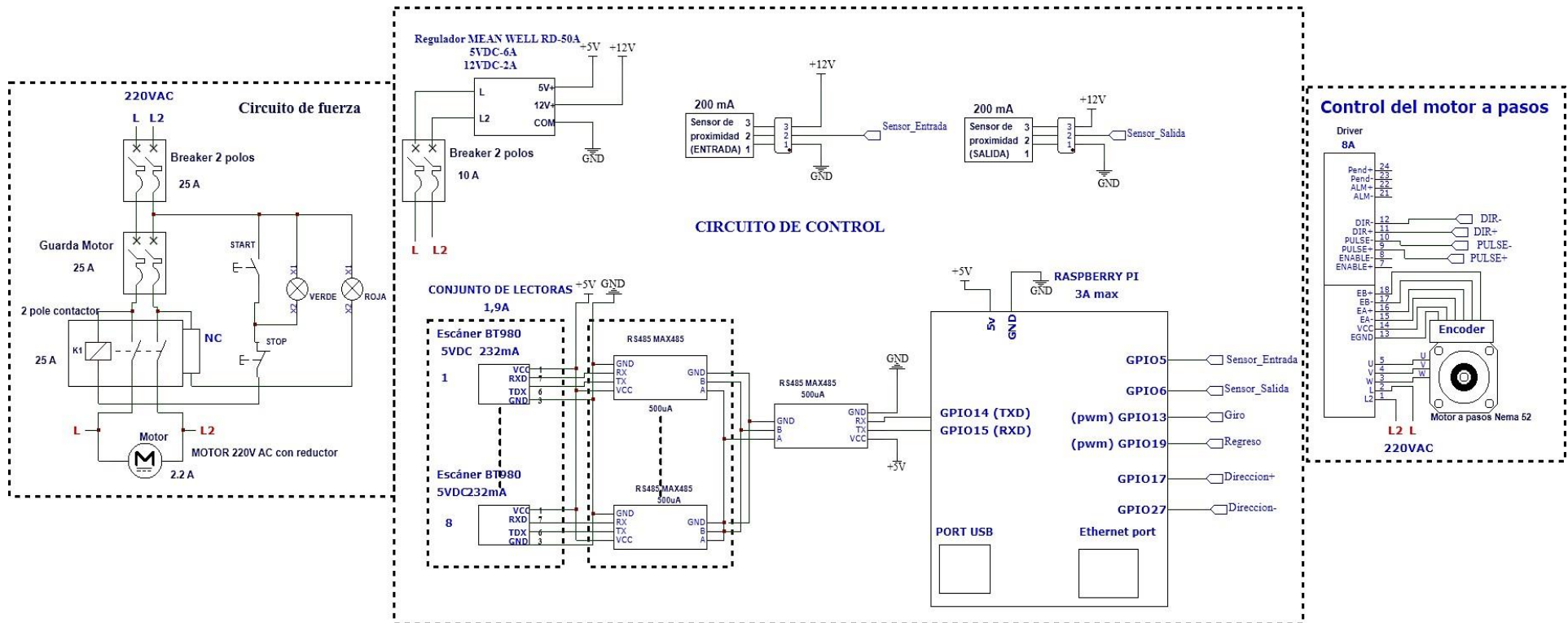


Figura 3.14 Esquema eléctrico general con sus respectivas conexiones

3.4.2 Esquema de fuerza

En la Figura 3.15 se presenta el esquema de fuerza, el cual está constituido por protecciones como Breaker de 2 polos de 25 A, por lo que si el sistema supera este consumo este dispositivo de manera automática interrumpe el flujo de corriente del circuito para proteger la instalación, además consta con un guarda motor que nos ayuda a proteger al motor de sobrecargas y disparos térmicos que se generan en los arranques de los motores, cuenta también con un contactor auxiliar NC (normalmente cerrado) este elemento electromecánico nos ayuda a poner en marcha al sistema con una botonera de marcha y paro en donde al presionar el botón de marcha este alimenta la bobina del contactor realizando la conmutación entre sus terminales, dejando así pasar el flujo de corriente al sistema y encendiendo la luz piloto verde, por el contrario si se presiona el botón de paro el sistema se detiene y la luz piloto roja se activa indicando que el sistema se detuvo.

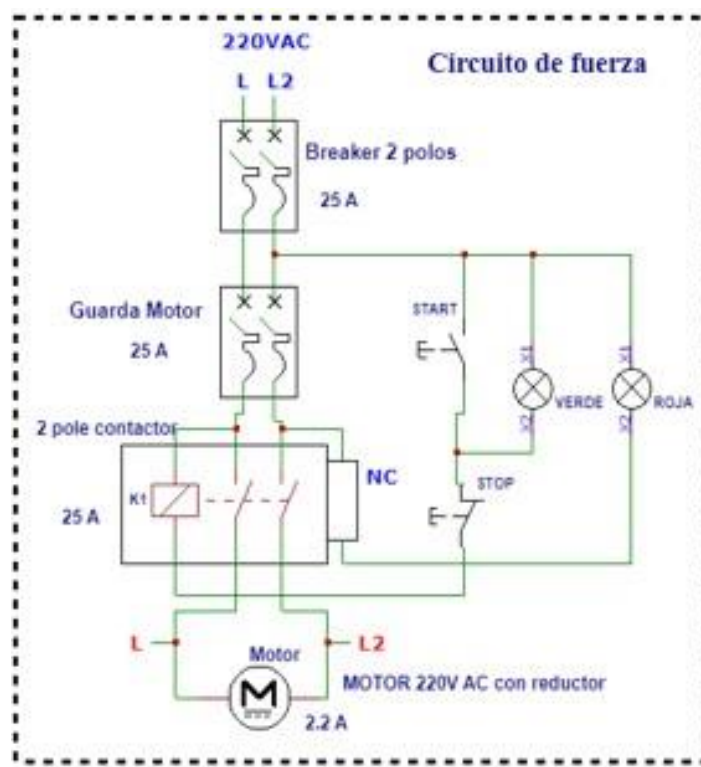


Figura 3.15 Esquema de fuerza

3.4.3 Esquema de control

En la Figura 3.16 es posible notar como en el sistema de control se utiliza un regulador de voltaje con dos fuentes una de 5VDC – 6A y 12VDC – 2A, los sensores de proximidad son alimentados con 12VDC en donde al recibir una señal de alto, dicha señal se dirige al optoacoplador realizando una conmutación con el voltaje de 3.3V (obtenido del divisor de voltaje de la fuente de 5V), este voltaje de 3.3V es indispensable ya que el controlador solo recibe este voltaje en sus pines para la lectura de las señales, dichas señales van dirigidas a los pines GPIO5 y GPIO6 las cuales se deben configurar como entradas.

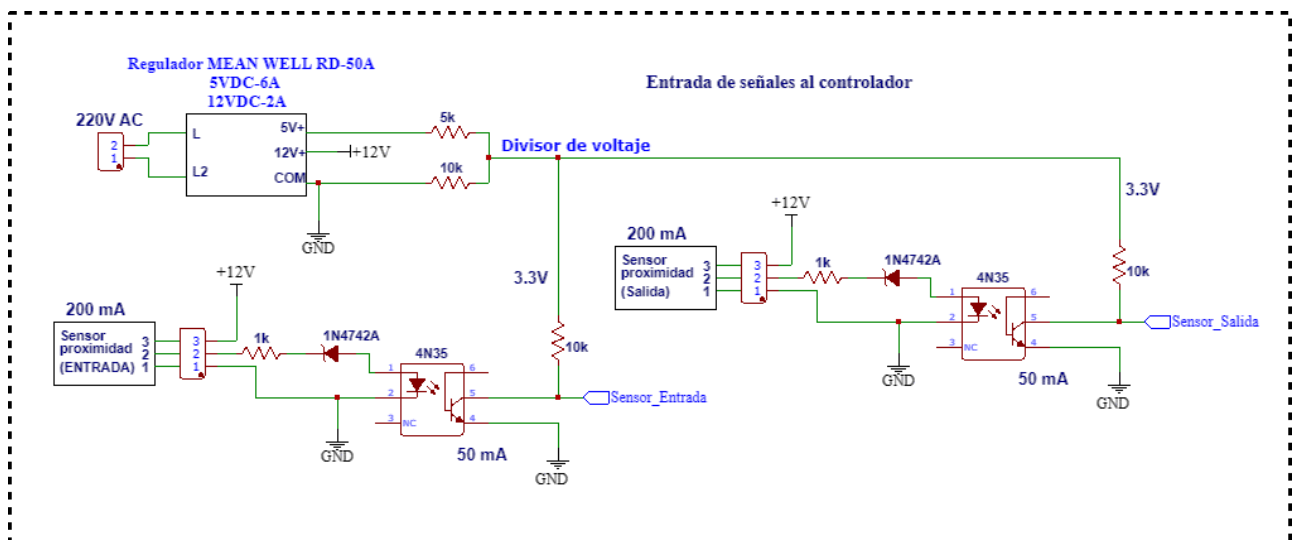


Figura 3.16 Entradas de los sensores fotoeléctricos al controlador

En la Figura 3.17 se presenta la etapa de salida del controlador en donde se tiene señales de salida de pulso (pwm) (GPIO13 y GPIO19) y señales de salida digitales (GPIO17 y GPIO27). Tanto las señales digitales como las de pulso (pwm) se dirigen a un optoacoplador (4N25), el cual realiza un puente con el voltaje de 5VDC hacia el driver (3HSS2208H) del motor de paso, las señales digitales dan el sentido de giro del motor, mientras que las de pulso (pwm) dan los grados de giro del motor de pasos realizando la clasificación de las encomiendas.

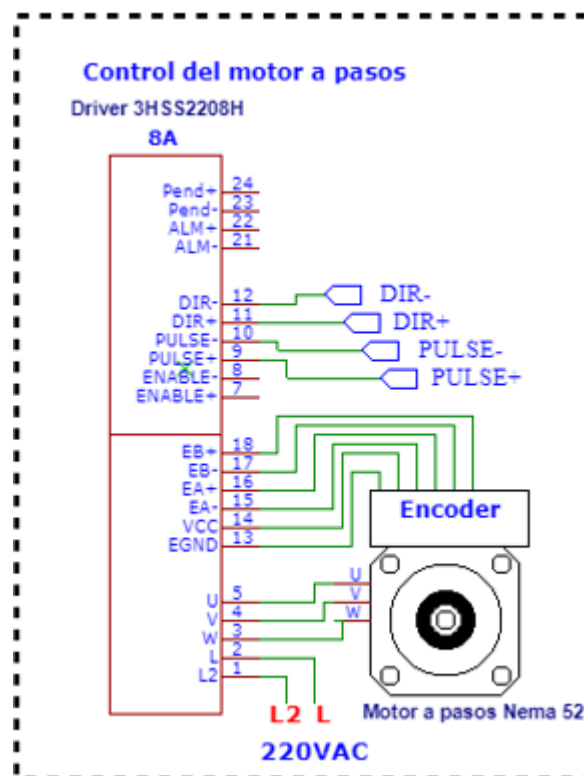
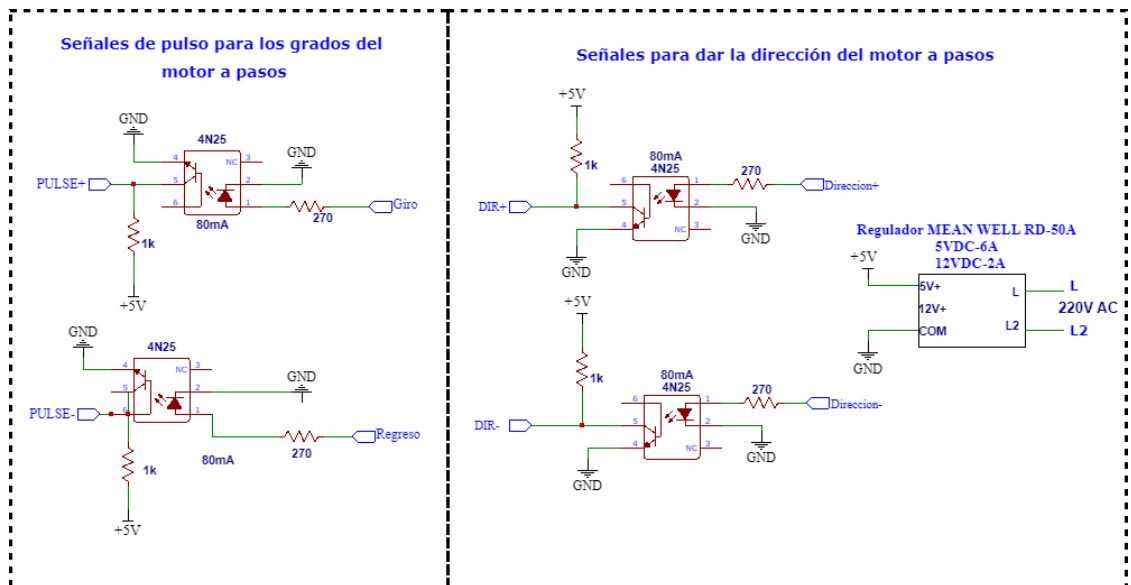


Figura 3.17 Señal de salida del controlador al servomotor

Finalmente, en la Figura 3.18 se tiene la etapa del control del circuito donde se puede observar tanto las entradas como salidas del controlador, se tiene las 8 lectoras conectadas al módulo max485, por el cual se transfieren los datos.

La Raspberry Pi será el maestro y coordinará la comunicación para los esclavos (lectoras) llegando la información en serie al controlador. Además, las entradas del sensor de proximidad (puertos GPIO5 y GPIO6) son configurados como entradas para detectar si el objeto o encomienda fue clasificado, también se tiene las salidas (GPIO13 y GPIO19) para el driver del motor a pasos, estas salidas son puertos pwm que tienen la función de hacer girar al motor de pasos los grados requeridos para la clasificación y por ultimo las señales de salida GPIO17 y GPIO27 dando el sentido de giro del motor a pasos.

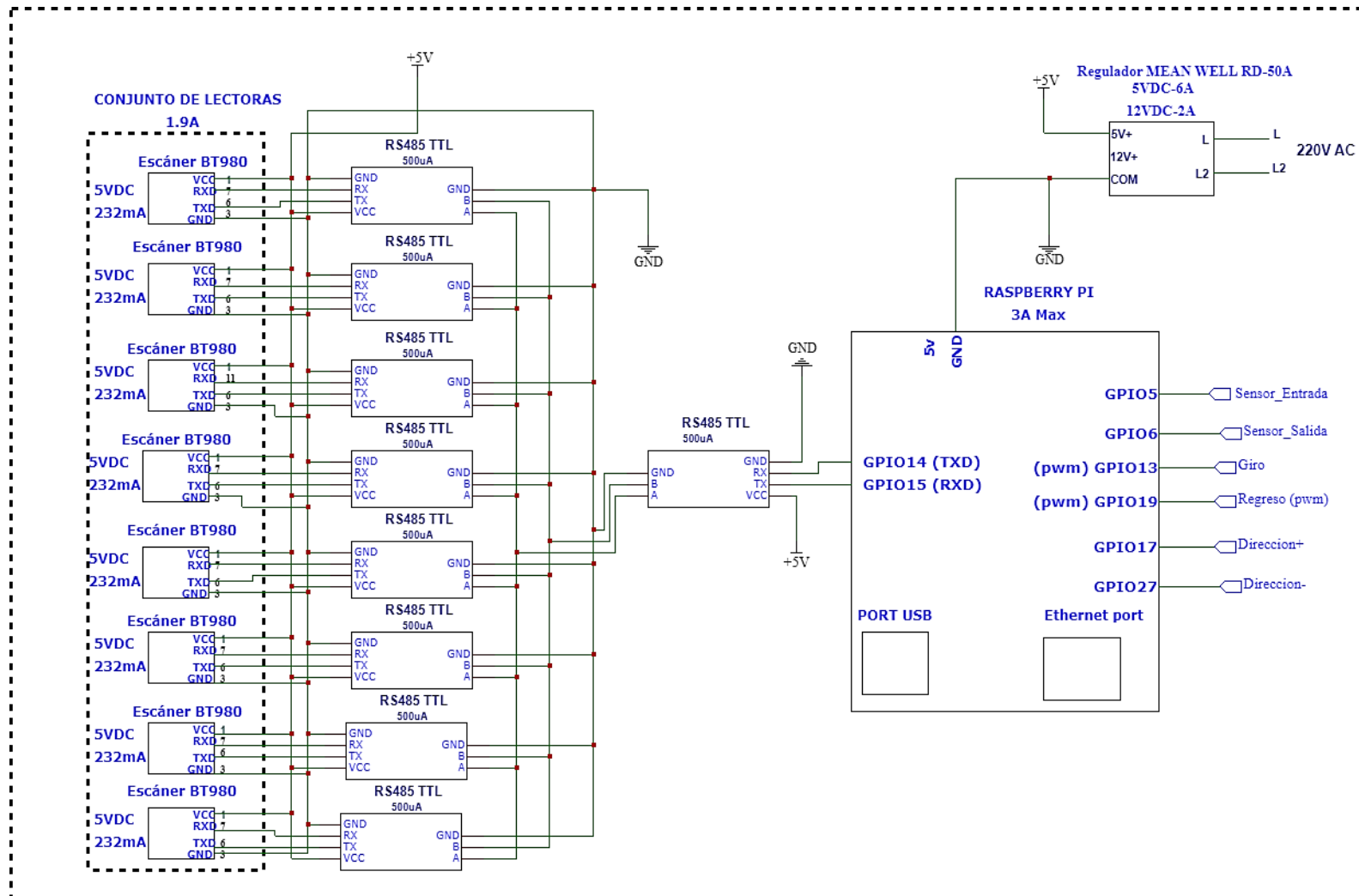


Figura 3.18 Esquema del controlador con las señales de salida y entrada

3.5 Análisis de costos

En la Tabla 3.1 se detallan los costos de los rubros considerados para el diseño de cada una de las partes: mecánica, eléctrica y de control; así como también un costo por diseño e instalación y puesta en marcha del sistema.

Tabla 3.1 Cotización de rubros

Parte Mecánica			
Descripción	Cantidad	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)
Motor WEG ¼ HP 220VAC	1	\$ 117.79	\$117.19
Reductor 181 RPM	1	\$150.00	\$150.00
Rodillo transportador Interroll 50mm, long. 800 mm	2	\$25.87	\$51.74
Sistema de transmisión (correas y poleas)	1	\$80.00	\$80.00
Correas redondas	1	\$70.00	\$70.00
Rodamientos de bolas	40	\$1.59	\$127.20
Rodamientos axiales	20	\$2.80	\$56.00
Fabricación de ruedas	40	\$21.63	\$865.20
Fabricación de la estructura del sistema de identificación	1	\$447.00	\$447.00
Fabricación de base de la mesa clasificadora	1	\$150.30	\$150.30
Fabricación de bases laterales, bases de las ruedas, ejes cuadrados, ejes de las ruedas y demás piezas de la mesa clasificadora	1	\$396.96	\$396.96
Armado de la mesa clasificadora	1	\$80.00	\$80.00
Elementos de sujeción y soporte (Pernos, tornillos, soportes de esquina triangular)	1	\$80.00	\$80.00
Subtotal	-	-	\$2671.59

Tabla 3.1 Cotización de rubros

Parte Eléctrica y de Control			
Escáner BT980	8	\$65.00	\$520.00
Breaker riel din 2 polos 20A	2	\$8.00	\$16.00
Raspberry Pi 4	1	\$150.00	\$150.00
Guardamotor CHINT NS2-25	1	\$25.00	\$25.00
Contactador CHINT 2 polos 20A	1	\$8.60	\$8.60
Contacto auxiliar CHINT NC	1	\$3.90	\$3.90
Botón de paro y marcha	2	\$4.50	\$9.00
Optoacoplador 4N35	4	\$1.00	\$4.00
Regulador de voltaje de 5VDC - 6A 12VDC – 2A	1	\$8.00	\$8.00
Diodo Zener 1N4742A	2	\$0.33	\$0.66
Interruptor fotoeléctrico M12JG- 30N1	2	\$7.39	\$14.78
Convertidor de interface: Modulo Max485	9	\$1.50	\$13.50
Tablero eléctrico + estructura de soporte	1	\$150.00	\$150.00
Subtotal	-	-	\$923.44
Gastos Varios			
Diseño y mano de obra	2	\$1200.00	\$2400.00
Instalación y puesta en marcha	1	\$1000.00	\$1000.00
Subtotal	-	-	\$3400.00
		TOTAL	\$6995.03

Como se puede observar en la Tabla 3.1, el costo de la parte mecánica es lo más elevado dado que, está la fabricación de cada una de las piezas y estructuras que conforman los dos sistemas. Es importante mencionar que la fabricación de las ruedas es algo que aumenta significativamente esta parte, esto se debe a que es un diseño personalizado. La mayoría de las ruedas de arrastre presentan una forma uniforme y en el diseño presentado se contempla una ranura.

Asimismo, se tomó en cuenta un costo de diseño y mano de obra, a partir del sueldo de un Ingeniero Mecatrónico el cual es de \$1.200 al mes. Adicionalmente, se incluyó un costo de instalación y puesta en marcha de \$1000.

Un punto importante por mencionar para este análisis de costos es que estos tipos de sistemas no se venden en Ecuador y es necesario comprarlos en otros países, los precios en el mercado internacional para una mesa clasificadora, sin contar el aumento de precio por transporte e impuestos, rondan entre los \$2000 hasta los \$10000 dependiendo de las dimensiones, capacidad de carga, parámetros de control, entre otras características. Y para un sistema de identificación los valores van desde los \$3000 hasta los \$6000 dependiendo de que tan avanzado es el sistema y el tipo de escáneres que se use.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

El diseño del sistema propuesto cumple con el objetivo de identificar y clasificar las encomiendas de manera óptima, a través del uso de lectoras de código QR y una mesa clasificadora automática, de forma que se eliminen tiempos perdidos, se reduzcan tanto costos como recursos y se mejore la calidad del servicio.

Para la selección de los materiales de ambas estructuras, se escogió para la mesa clasificadora el acero galvanizado. Entre los diferentes tipos de aceros que se venden en el mercado nacional éste es mucho más económico que el acero inoxidable, con el cual por lo general son fabricadas estas mesas. El acero galvanizado presenta resistencia a la corrosión atmosférica, debido a que tiene una capa de recubrimiento de zinc en la superficie para evitar la oxidación, aparte de su alta resistencia y durabilidad ante daños mecánicos. Por otro lado, se escogió perfiles de aluminio para la estructura del sistema de identificación. Esta selección de materiales permite que el sistema en total sea mucho más económico, aparte de que las propiedades que brindan son buenas.

El diseño de la estructura del sistema de identificación y clasificación se lo realizó en el *software* Autodesk Inventor. Para la mesa clasificadora se realizó la simulación de análisis de elementos finitos, validando que las piezas más críticas son capaces de soportar la carga a la cual serán sometidas y no presentan deformaciones estáticas considerables ni fallan por fatiga. Esto permite concluir que los elementos diseñados y seleccionados son válidos para la aplicación.

Por medio del tablero eléctrico es posible controlar el accionamiento del sistema y monitorear su estado por medio de luces piloto. El circuito de fuerza y control fue diseñado considerando parámetros de seguridad y haciendo uso de diferentes componentes eléctricos, de modo que si se presentara alguna sobrecarga no se dañe el sistema.

Se considera que la implementación del sistema diseñado sería rentable dado que su costo es hasta un 45% más económico que los sistemas que se venden en el mercado internacional. Además, al semi automatizar estos procesos se elimina el gasto de usar servicios de mensajería externos, por lo que el capital invertido se recuperaría a mediano plazo.

4.2 Recomendaciones

En el caso de que las encomiendas sean de dimensiones muy pequeñas como por ejemplo sobres con muy poco peso, se recomienda utilizar un recipiente con el fin de evitar atascamiento en las ruedas o que la encomienda se vaya por las ranuras.

En el caso de requerir mayores velocidades para la mesa clasificadora se recomienda seleccionar un reductor con mayores revoluciones o cambiar el juego de correas y poleas seleccionadas. Esto aumentará el proceso de clasificación y al mismo tiempo la capacidad de carga del sistema.

Para que el sistema de clasificación e identificación funcione de manera óptima y no presente fallos se recomienda evitar operaciones bajo las siguientes condiciones: lugares húmedos o mojados, no superar su carga nominal (50kg) lo que afectaría al funcionamiento de la máquina, además que la máquina este instalada correctamente, nivelada y estable para evitar fallos en su proceso.

Para un mejor funcionamiento del sistema de identificación y clasificación se recomienda probar las lectoras y sensores de proximidad antes de arrancar con los paquetes para verificar que las señales lleguen al controlador y garantizar una correcta funcionalidad del sistema.

Se recomienda tomar en cuenta la realización de una interfaz gráfica donde se brinde información de las encomiendas, además de guardar dicha información en una base de datos como respaldo.

Para futuros trabajos se recomienda implementar la programación en el controlador, con respecto al algoritmo propuesto en el presente proyecto, con el fin de validar el funcionamiento de todo el sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. Capurro-Tapia, "Impacto económico de la logística en el Ecuador y su afectación en la pandemia," *Rev. Científica Dominio las Ciencias*, vol. 6, no. 2477–8818, pp. 1610–1625, 2020, [Online]. Available: <https://www.dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/download/1571/2967>.
- [2] Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información (MINTEL), "Informe anual estadístico del sector postal ecuatoriano año 2020," 2020. Accessed: Feb. 28, 2022. [Online]. Available: https://regulacion.mintel.gob.ec/wp-content/uploads/2021/07/Informe_estadístico_anual_2020.pdf.
- [3] A. Moreno and E. Saldaña, "Revista digital IT Ahora - La Revista del Líder de Tecnología," *Digitalizando la planificación de operaciones en el sector de logística y distribución*, Quito, pp. 15–16, Jun. 2020.
- [4] "Panorama Logístico en Ecuador," *DATA Bus. Innov.*, vol. 343, no. Abril, pp. 72–73, Apr. 2021, Accessed: Nov. 05, 2021. [Online]. Available: <http://revista.datta.com.ec/publication/64e54a24/mobile/>.
- [5] H. Caiminagua and L. Alberto, "Análisis y propuesta de mejoras al proceso de clasificación y distribución de envíos postales en DHL Express, sucursal Guayaquil," Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, 2016.
- [6] R. Rivas, "LECTOR DE CÓDIGOS DE BARRAS ¿Qué es? Tipos ¿Cómo funciona?" https://intelectouniversal.com/dispositivos-electronicos/lector-de-codigos-de-barras/#Que_es_un_lector_de_codigo_de_barras (accessed Nov. 02, 2021).
- [7] K. Garza, "Laser vs Imager ¿Cuál es mejor?," Jan. 17, 2020. <https://vexinstore.com/blogs/news/laser-vs-imager-cual-es-mejor> (accessed Nov. 09, 2021).
- [8] "Escáner de código de barras: ¿Cuál es el mejor del 2021?," *Artículo*, Sep. 23, 2020. <https://www.monederosmart.com/escaner-de-codigo-de-barras/> (accessed Nov. 02, 2021).
- [9] J. Luque Ordóñez, "Códigos QR," *Man. Form. ACTA*, no. 63, pp. 9–28, 2012, [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5738116>.
- [10] S. Tiwari, "An Introduction to QR Code Technology," *2016 Int. Conf. Inf. Technol.*, vol. 1, pp. 39–44, 2017, doi: 10.1109/icit.2016.021.
- [11] "Mesa de rodillos Tipo – Omnidireccional." http://storemove.de/viomatrix/html/rollenbahn_nicht_angetrieben_roellchentisch_51_15_es.html (accessed Nov. 04, 2021).
- [12] Raspberry Pi Foundation, "¿Qué es una Raspberry Pi?" <https://www.raspberrypi.org/help/what-is-a-raspberry-pi/> (accessed Nov. 04, 2021).
- [13] S. Monk, *Raspberry Pi Cookbook, Software and Hardware problems and solutions*,

First Edition. Sebastopol: O'Reilly Media, 2014.

- [14] Departamento de Ingeniería Mecánica, "BANDAS TRANSPORTADORAS," Madrid. Accessed: Dec. 05, 2021. [Online]. Available: http://ocw.uc3m.es/cursos-archivados/ingenieria-de-transportes/material-de-clase-1/bandas_transportadoras.pdf.
- [15] E. Iglesias and M. Lozano, "SELECCIÓN DE BANDAS TRANSPORTADORAS," Bogota. Accessed: Dec. 05, 2021. [Online]. Available: <https://slideplayer.es/slide/10634381/>.
- [16] J. C. López, "Bandas," Guatemala, Sep. 2013. Accessed: Dec. 06, 2021. [Online]. Available: <http://biblio3.url.edu.gt/Libros/2013/ing/pim/3.pdf>.
- [17] M. Huang and Y. Li, "Express sorting system based on two-dimensional code recognition," *Proc. - 2018 Int. Conf. Sens. Networks Signal Process. SNSP 2018*, pp. 356–360, 2019, doi: 10.1109/SNSP.2018.00075.
- [18] S. Nyiendo, Samuel; Namuye, "Optimization of Postal and Courier Business with RFID Tracking and Quick Response Technologies in Kenya," United States International University, 2018.
- [19] Á. Mera Cevallos, "Sistema de control y distribución de artículos de paquetería con microcontroladores y generación de base de datos," UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUI, 2020.
- [20] C. Riba Romeva, *Diseño concurrente*, Primera edición. Barcelona: Edicions UPC, 2002.
- [21] ORIENTFLEX, "Banda Transportadoras," *Catalogo de productos*. Accessed: Dec. 05, 2021. [Online]. Available: https://www.epbeltech.com/spanish/?gclid=CjwKCAiAwKyNBhBfEiwA_mrUMm_SEKLQ7EYo34uTRX_SdFVtzf1Wj_rMTzrt-yDAN44cPLhiT_iVxBoCAIkQAvD_BwE.
- [22] Interroll S.A., "Catálogo - Rodillos transportadores," 2017. https://www.interroll.es/fileadmin/user_upload/Downloads_PDF_/Rollers/Catalog_Conveyor_Rollers_ES_web.pdf.
- [23] WEG, "W22 Motor Eléctrico Monofásico," *Catálogo Comercial Mercado Latinoamericano*, Feb. 2020. <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h35/h2b/WEG-w22-motor-electrico-monofasico-50070884-brochure-spanish-web.pdf> (accessed Jan. 06, 2022).
- [24] "Reductor de velocidad de engranajes en línea helicoidal serie R." https://www.alibaba.com/product-detail/R-series-helical-inline-gear-speed_62528583147.html?spm=a2700.12243863.0.0.2ce85e2cshxSR7 (accessed Jan. 08, 2022).
- [25] SITASA, "CATALOGO DE RUEDAS PARA DIVERSAS CARGAS." www.sitasa.com (accessed Jan. 06, 2022).
- [26] Optibelt, "Soluciones de transmisión con Optibelt," *Manual técnico para correas dentadas*. Accessed: Feb. 28, 2022. [Online]. Available: <https://www.rodaunion.es/media/imagenes/Catalogos/Transmision/Optibelt/Manual tecnico Omega.pdf>.
- [27] "Ilustración 3d de la clasificación de paquetes.," *Ilustración*.

<https://es.dreamstime.com/ilustración-d-de-la-clasificación-paquetes-sistema-pedidos-y-su-en-el-correo-punto-recogida-gráficos-modelos-image213046846>
(accessed Feb. 12, 2022).

APÉNDICES

APÉNDICE A

SELECCIÓN DE ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

Evaluación de los pesos específicos de las distintas soluciones para cada criterio:

1. Evaluación del peso específico del criterio **Costo**

Costo	Sol A	Sol B	Sol C	$\Sigma + 1$	Ponderación
Sol A	1	0	1	2	0,33
Sol B	1	1	1	3	0,50
Sol C	0	0	1	1	0,17
			Suma	6	1,00

2. Evaluación del peso específico del criterio **Costo Mantenimiento**

Costo Mant.	Sol A	Sol B	Sol C	$\Sigma + 1$	Ponderación
Sol A	1	1	1	3	0,50
Sol B	0	1	1	2	0,33
Sol C	0	0	1	1	0,17
			Suma	6	1,00

3. Evaluación del peso específico del criterio **Fiabilidad**

Fiabilidad	Sol A	Sol B	Sol C	$\Sigma + 1$	Ponderación
Sol A	1	0,5	1	2,5	0,42
Sol B	0,5	1	1	2,5	0,42
Sol C	0	0	1	1	0,17
			Suma	6	1,00

4. Evaluación del peso específico del criterio **Robustez**

Robustez	Sol A	Sol B	Sol C	$\Sigma + 1$	Ponderación
Sol A	1	0	1	2	0,33
Sol B	1	1	1	3	0,50
Sol C	0	0	1	1	0,17
			Suma	6	1,00

5. Evaluación del peso específico del criterio **Estética**

Estética	Sol A	Sol B	Sol C	$\Sigma + 1$	Ponderación
Sol A	1	0,5	0	1,5	0,25
Sol B	0,5	1	0	1,5	0,25
Sol C	1	1	1	3	0,50
			Suma	6	1,00

APÉNDICE B

DISEÑO DE SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN

Para determinar cuántas lectoras y cuál sería su ubicación más óptima en el sistema de identificación, se partió desde los parámetros técnicos de la misma, según la información del fabricante:

Ángulo de visión: 36° horizontal y 23° vertical

Rango de trabajo: 10 a 150 cm

Otro dato a tomar en cuenta es la distancia que se tiene desde la banda hasta la lectora, la cual es 110 cm, y el ancho de la banda que es de 80 cm. Basados en esto y haciendo uso del teorema de Pitágoras, se analiza qué tan factible es que se tenga solo un sensor en la parte superior.

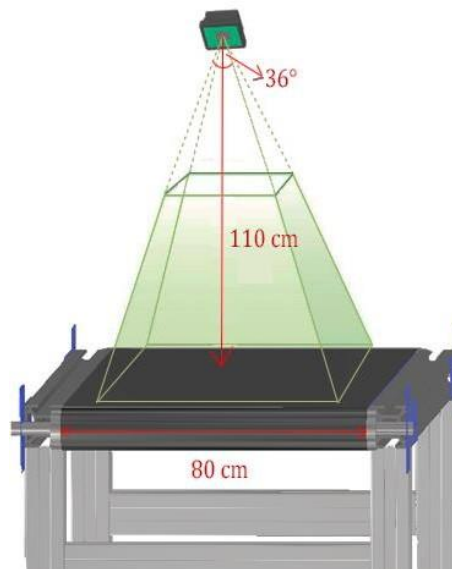
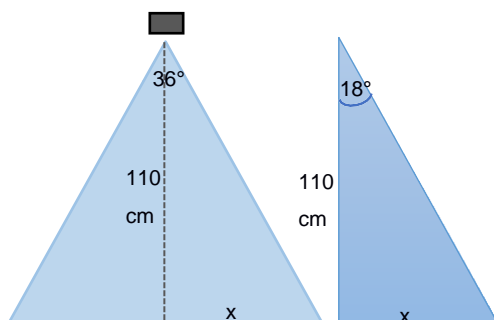


Figura B.1 Escenario donde se analiza el uso de un solo sensor en la parte superior



$$\tan(18^\circ) = \frac{x}{110} \quad (\text{B.1})$$

$$x = \tan(18^\circ) * 110 = 36 \text{ m}$$

Como se puede observar en la Ecuación B.1, este análisis se lo hace tomando en cuenta el ángulo de visión horizontal, por lo que a esa altura el sensor solo cubriría 72 cm de la banda, lo cual no resulta, ya que es necesario que se cubran los 80 cm. Por tal motivo, en la parte superior se ubicarán dos lectores, con una distancia de 45 cm entre ellos.

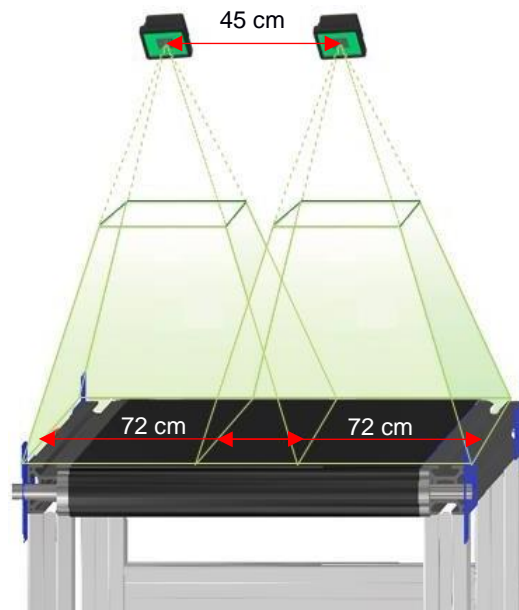


Figura B.2 Escenario donde se analiza el uso de dos sensores en la parte superior

Al igual que las lectoras de la parte superior, se analiza la cantidad de lectoras que se deben ubicar tanto en el lado derecho como izquierdo, se realiza un análisis con el ángulo de visión horizontal.

Para este caso, el área que analizará la lectora dependerá de la ubicación de la encomienda sobre la banda transportadora, se toma como ejemplo un rango de distancia horizontal desde 30 hasta 50 cm, siendo 30 la distancia mínima que hay entre el lector y la encomienda.

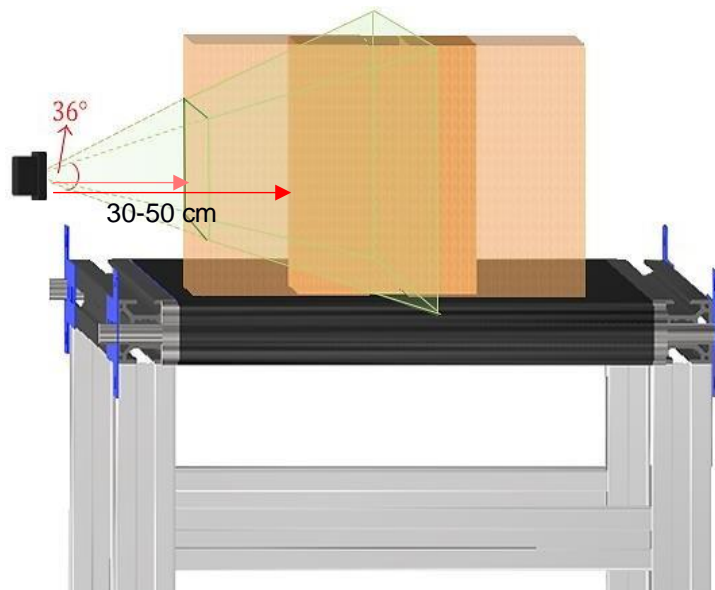
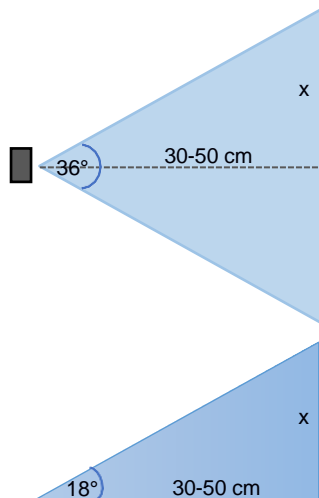


Figura B.3 Escenario donde se analiza el uso de un solo sensor en la parte lateral



$$\tan(18^\circ) = \frac{x}{30} \quad (\text{B.2})$$

$$x = \tan(18^\circ) * 30 = 10 \text{ m}$$

$$\tan(18^\circ) = \frac{x}{50} \quad (\text{B.3})$$

$$x = \tan(18^\circ) * 50 = 16 \text{ m}$$

Como se observa en la Ecuación B.2 y B.3, con las distancias horizontales establecidas el sensor cubriría desde 20 hasta 32 cm una encomienda por su lado lateral (derecha o izquierda), como la altura máxima que se tiene para una encomienda es de 60 cm, se deberían ubicar tres sensores con una distancia de 20 cm entre ellos para que se logre cubrir todos los 60 cm.

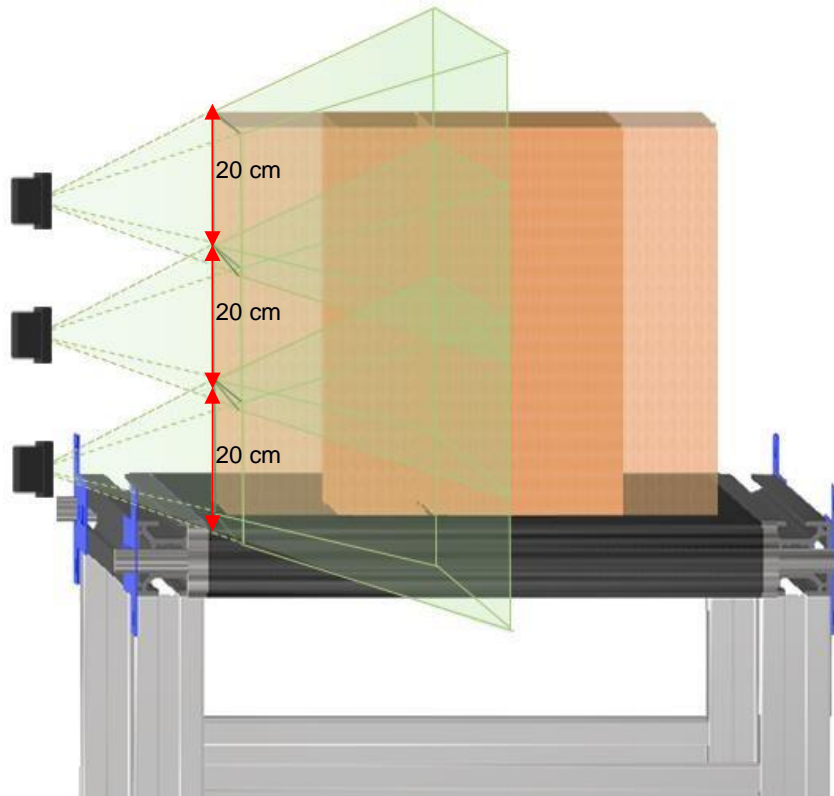


Figura B.4 Escenario donde se analiza el uso de tres sensores en la parte lateral

APÉNDICE C

SELECCIÓN DE CORREA Y POLEAS

Para empezar con la selección de la correa y p Polea es necesario definir inicialmente algunos parámetros. Según las especificaciones del motor seleccionado, se tienen los siguientes datos:

- ❖ Potencia: 0.25 HP = 0.18 kW
- ❖ Velocidad angular de entrada: 181 rpm
- ❖ Velocidad angular deseada de salida: 153 rpm
- ❖ Servicio: 8 horas al día
- ❖ Distancia deseada entre centros: 195 mm

Para selección de la correa y poleas se hará uso del manual técnico Optibel, marca disponible en el mercado local.

Como primer paso se debe seleccionar el factor de carga básico c_0 , el cual tiene en cuenta la duración diaria del funcionamiento y el tipo de máquina motriz y de máquina de trabajo:

Tabla C.1 Factor de servicio, según manual técnico Optibelt OMEGA [26]

Tipo de carga básica y ejemplos para máquinas de trabajo	Tipo de carga y ejemplos para máquinas motrices			
	Funcionamiento uniforme		Funcionamiento no uniforme	
	Factor de carga básico c_0 con duración diaria del funcionamiento			
	hasta 16 h	más de 16 h	hasta 16 h	más de 16 h
Transmisiones ligeras, funcionamiento uniforme libre de golpes Aparatos medidores Cámaras de filmación Máquinas de oficina Cintas transportadoras (para material ligero)	1,3	1,4	1,4	1,5
Transmisiones medianas, funcionamiento temporal con carga por golpes pequeña hasta mediana Mezcladoras Máquinas de cocina Impresoras Maquinaria textil Maquinaria de embalaje Cintas transportadoras (para material pesado)	1,6	1,7	1,8	1,9

Se corrige la potencia de diseño:

$$P_d = P_r C_0$$

Donde:

- ❖ Pd: Potencia de diseño [kW]
- ❖ Pr: Potencia absorbida por la carga [kW]
- ❖ C₀: Factor de servicio

$$P_d = 0.18 * 1.6$$

$$P_d = 0.29 \text{ [kW]}$$

Se determina la relación de velocidades:

$$I_r = \frac{r/\text{min (eje rapido)}}{r/\text{min (eje lento)}}$$

$$I_r = \frac{181}{153}$$

$$I_r = 1.18$$

En base al gráfico (Figura C.1), se selecciona la familia de correas según la potencia calculada y velocidad del motor.

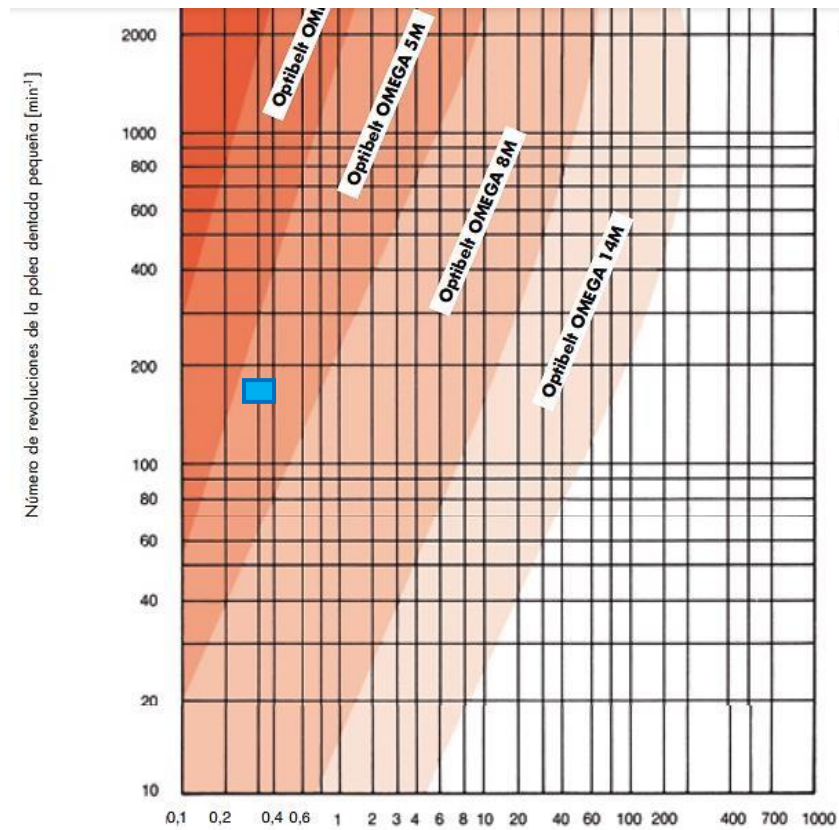


Figura C.1 Directrices para la preselección de la correa dentada optibelt OMEGA, según manual técnico Optibelt [26]

Dentro de los tipos de correa, se escogió el tipo dentada, la cual permite una alta transmisión de potencia con requisitos de espacio reducidos, por lo cual resulta acertada la selección dado el sistema. Para este caso la familia seleccionada es 5M.

Ahora se selecciona una combinación de poleas que ofrezcan la relación de velocidades requerida.

**Tabla C.2 Surtido estándar de poleas dentadas perfil 5M, según manual técnico Optibelt
OMEGA [26]**

Número de dientes	Diámetro efectivo [mm]	Diámetro exterior [mm]	Número de dientes	Diámetro efectivo [mm]	Diámetro exterior [mm]	Número de dientes
12	19,10	17,96	52	82,76	81,62	92
13	20,69	19,55	53	84,35	83,21	93
14	22,28	21,14	54	85,94	84,80	94
15	23,87	22,73	55	87,54	86,40	95
16	25,46	24,32	56	89,13	87,98	96
17	27,06	25,92	57	90,72	89,58	97
18	28,65	27,51	58	92,31	91,17	98
19	30,24	29,10	59	93,90	92,76	99
20	31,83	30,69	60	95,49	94,35	100
21	33,42	32,28	61	97,08	95,94	101
22	35,01	33,87	62	98,68	97,54	102
23	36,61	35,47	63	100,27	99,13	103
24	38,20	37,05	64	101,86	100,72	104
25	39,79	38,65	65	103,45	102,31	105
26	41,38	40,24	66	105,04	103,90	106

Debido a que el espacio donde se ubica el sistema de transmisión es reducido, los diámetros de las poleas no pueden ser grandes. Para la polea que se ubica en el eje del motor se establece como máximo un diámetro de 50 mm y un diámetro mínimo de 30 mm. En la Tabla C.2 se presentan varias opciones de número de dientes y diámetros a escoger.

Tabla C.3 Valores de potencia en base a la relación de las velocidades y número de dientes de la polea dentada pequeña, según manual técnico Optibelt OMEGA [26]

Valores de potencia

Correas dentadas **optibelt OMEGA**
perfil y versión 5M



Potencia nominal P_N [W] para perfil y tipo 5M y ancho de correa dentada de 9 mm															
Número de revoluciones de la polea dentada pequeña n_k [min ⁻¹]	Número de dientes de la polea dentada pequeña z_k														
	14	16	18	20	24	28	32	36	40	44	48	56	64	72	80
	Diámetro efectivo de la polea dentada pequeña d_{we} [mm]														
	22,28	25,46	28,65	31,83	38,20	44,56	50,93	57,30	63,66	70,03	76,39	89,13	101,86	114,59	127,32
20	3,7	4,9	5,8	6,9	8,9	11,0	13,0	15,0	17,0	19,9	22,8	26,8	30,8	34,0	38,0
40	8,9	11,0	11,8	13,8	17,9	21,0	25,9	30,0	34,9	40,1	45,0	53,9	61,1	68,9	76,9
60	13,0	15,9	17,9	21,0	25,9	32,0	38,0	45,0	51,9	59,9	68,0	80,1	91,9	103,2	115,0
100	21,9	25,9	30,0	34,9	44,1	53,9	64,0	74,9	87,0	100,0	113,0	134,3	153,3	172,3	192,2
200	45,0	53,0	61,1	68,9	88,2	107,2	128,2	150,1	174,4	199,4	226,2	268,6	306,6	345,5	383,9
300	61,0	72,0	83,0	94,0	119,0	145,0	172,0	202,0	233,0	266,0	300,0	356,0	407,0	458,0	509,0
400	76,0	90,0	103,0	117,0	147,0	179,0	213,0	249,0	286,0	326,0	368,0	436,0	498,0	561,0	623,0
500	91,0	106,0	122,0	139,0	174,0	211,0	251,0	292,0	336,0	382,0	430,0	510,0	583,0	656,0	728,0
600	104,0	122,0	140,0	159,0	199,0	241,0	286,0	334,0	383,0	435,0	489,0	580,0	662,0	745,0	827,0
700	117,0	137,0	158,0	179,0	223,0	271,0	321,0	373,0	428,0	485,0	545,0	646,0	738,0	829,0	921,0

Tabla C.4 Factor de corrección del ancho de la correa, según manual técnico Optibelt OMEGA [26]

Factor de corrección del ancho							
Perfil y ejecución 5M							
Ancho de correa [mm]	6	Estándar 9	12	Estándar 15	20	Estándar 25	30
Factor	0,61	1,00	1,44	1,87	2,63	3,40	4,15

Como se observa en la Tabla C.3, en base a las rpm de la polea dentada pequeña y el número de dientes o diámetro efectivo de la misma, se obtiene la potencia que será capaz de transmitir la correa 5M.

Con un diámetro efectivo de 44.56 mm y a 181 rpm la correa tendrá una potencia de 96.47 W, pero esto no es suficiente, por lo que se selecciona un ancho de correa de 25 mm, para lo cual es necesario multiplicar la potencia hallada por el factor de corrección de ancho (Tabla C.4).

$$\text{Potencia de correa: } 96.47 * 3.4$$

$$\text{Potencia de correa} = 0.32 \text{ kW}$$

Con un ancho de 25 mm, la correa será capaz de transmitir 0.32 kW.

Como siguiente paso se calcula el número de dientes que tendrá la segunda polea:

Z_1 = Número de dientes polea pequeña (polea conductora)

Z_2 = Número de dientes polea grande (polea conducida)

I_r = Relación de velocidad

$$Z_2 = Z_1 * I_r$$

$$Z_2 = 28 * 1.18 = 33$$

Como ese número de dientes no se encuentra en el manual se pasa al siguiente, por lo que la segunda polea tendrá 36 dientes y un diámetro efectivo de 57.30 mm.

Finalmente, se calcula un rango posible de distancia entre los ejes:

$$a > 0.5 (d_{w1} + d_{w2}) + 15 \text{ mm}$$

$$a < 2.0 (d_{w1} + d_{w2})$$

Donde:

$d_{w1} = d_{w2} = \text{diámetro efectivo de las poleas}$

$$a = 0.5 (44.56 + 57.30) + 15 \text{ mm} = 65.93$$

$$a = 2.0 (44.56 + 57.30) = 203.72$$

$$203.72 > a > 65.93$$

APÉNDICE D

SELECCIÓN DE CORREA REDONDA

Para la mesa clasificadora es necesario seleccionar correas que permitan transmitir la potencia desde los rodillos hasta las ruedas como se observa en la Figura D.1.

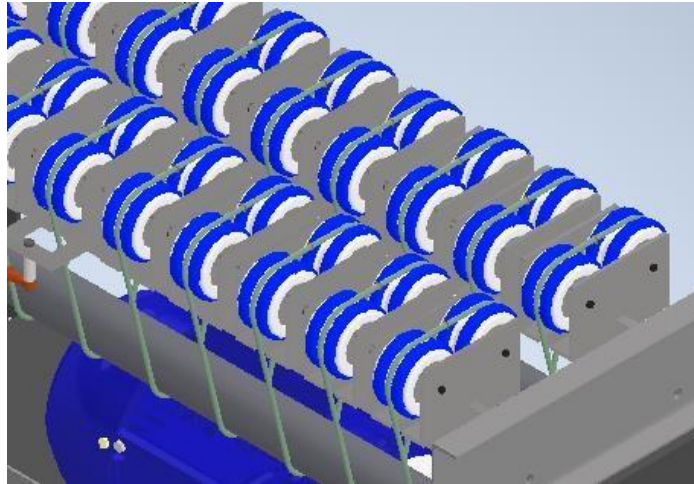


Figura D.1 Diseño de la mesa clasificadora

Dentro de los diferentes tipos de correas se seleccionó las correas redondas termosoldables del catálogo Optibelt, estas se emplean preferentemente en la industria del transporte, por ejemplo, para trasladar cartones en el sector del embalaje o logístico. Para escoger el diámetro necesario se debe calcular la fuerza de tracción de la correa.

La transmisión por correas establece una relación de transmisión entre los dos ejes conectados. Aunque por lo general las correas se montan en poleas de diámetro d (diámetro menor) y D (diámetro mayor), para este caso la correa irá en el rodillo y en cada conjunto de ruedas.

Partiendo de que la potencia se transmite íntegra entre ambos ejes, la relación de transmisión es:

$$P_{rodillo} = P_{ruedas}$$
$$T_{rodillo} * W_{rodillo} = T_{ruedas} * W_{ruedas}$$

Para obtener la velocidad angular de las ruedas, se aplica la ecuación 2.3.

Dado que no existe como tal un diámetro para el conjunto de ruedas, se establece como diámetro la distancia desde el extremo de la rueda 1 hasta el extremo de la rueda 2, por lo que se parte con un valor de 133 mm.

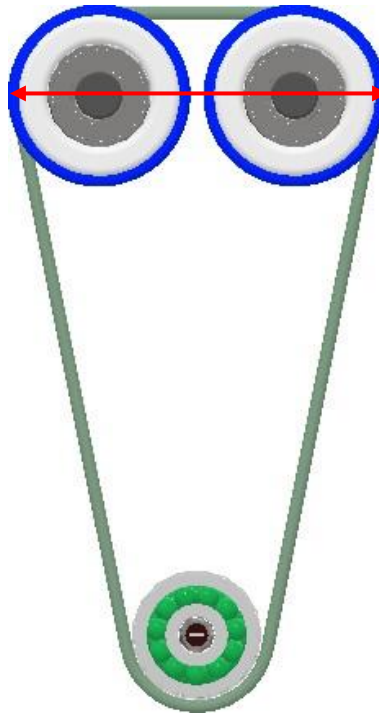


Figura D.2 Vista frontal del sistema de transmisión rodillo-conjunto de ruedas

$$\frac{16}{w_D} = \frac{0.133}{0.05}$$

$$w_D = 6.02 \text{ rad/s} = 57.5 \text{ rpm}$$

Este w_D será la velocidad angular a la que deberían girar las ruedas para obtener una velocidad de avance de 0.4 m/s.

En base a los cálculos realizados en la sección “2.6.3 Selección de motor” se procede a calcular el par torsor en la rueda:

$$T_{rodillo} * w_{rodillo} = T_{ruedas} * w_{ruedas}$$

$$3.37 * 16 = T_{ruedas} * 6.02$$

$$T_{ruedas} = 8.95 \text{ Nm}$$

Para que se desarrolle un par torsor T (ya sea T_{rodillo} o T_{ruedas}) en los ejes, es necesario que la correa tenga una tracción mayor en un ramal que en el otro ($F_1 > F_2$), tal y como se muestra en la Figura D.3. Así, se cumple que:

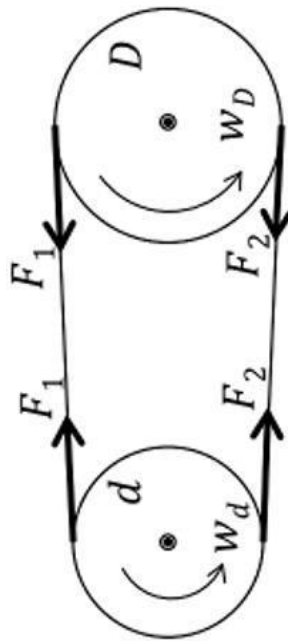


Figura D.3 Fuerzas F_1 y F_2 en los ramales de la correa

$$T_{\text{rodillo}} = (F_1 - F_2) \frac{d_{\text{rodillo}}}{2}$$

$$T_{\text{rueda}} = (F_1 - F_2) \frac{D_{\text{rueda}}}{2}$$

Donde: $(F_1 - F_2) = \text{Fuerza de tracción} = F_T$

$$\frac{T_{\text{rodillo}} * 2}{d_{\text{rodillo}}} = (F_1 - F_2) = F_T$$

$$F_T = \frac{T_{\text{rodillo}} * 2}{d_{\text{rodillo}}} = \frac{3.37 * 2}{0.05} = 134.8 \text{ N}$$

$$\frac{T_{\text{rueda}} * 2}{d_{\text{rueda}}} = (F_1 - F_2) = F_T$$

$$F_T = \frac{T_{\text{rueda}} * 2}{d_{\text{rueda}}} = \frac{8.95 * 2}{0.133} = 134.6 \text{ N}$$

Por lo que:

$$F_1 = 134.8 \text{ N}$$

$$F_2 = 134.6 \text{ N}$$

Dado que se prevé usar 10 conjuntos de ruedas por fila y estas se conectan a los rodillos, esta fuerza de tracción se reparte, por lo que cada correa debería tener una fuerza de tracción de 13.48 N.

Una vez calculada esta fuerza, se procede a seleccionar el tipo de correa y su diámetro:



Figura D.4 Correa redonda termosoldable 82 Shore A Amarillo

Se seleccionó la correa 82 Shore A Amarillo con un diámetro de 4 mm y fuerza con 6% de dilatación (Figura D.4), la cual indica una fuerza de tracción máxima de 20 N. Este tipo de correa se usa en todos los campos con cargas medias y transmisión de potencia reducida. En la Tabla D.1 se presentan los diferentes valores de tracción de la correa seleccionada para diferentes diámetros y fuerzas con % de dilatación.

Tabla D.1 Valores de tracción de las correas termosoldables 82 Shore A Amarillo

Diámetro (mm)	82 SHORE A AMARILLO		
	Tensión en (N/mm ²)		
	1	1,6	2
	Fuerza (N) con 3% de dilatación	Fuerza (N) con 6% de dilatación	Fuerza (N) con 8% de dilatación
2	3	5	7
3	7	11	14
4	12	20	25
4,8	18	29	36
5	20	31	39
6	28	45	57
6,3	31	50	62
7	38	62	76
8	50	80	100
9	64	102	128
9,5	71	113	142
10	79	126	158
12	113	181	226
12,5	123	196	246
15	177	282	354

TENSIÓN DE CORREA REDONDA

Dado que la fuerza de tracción que se genera en cada rueda es de 13.48 N, pero para el cálculo de la tensión de la correa solo es necesaria la fuerza generada en el plano "Y" se procede a descomponer la fuerza (13.48 N).

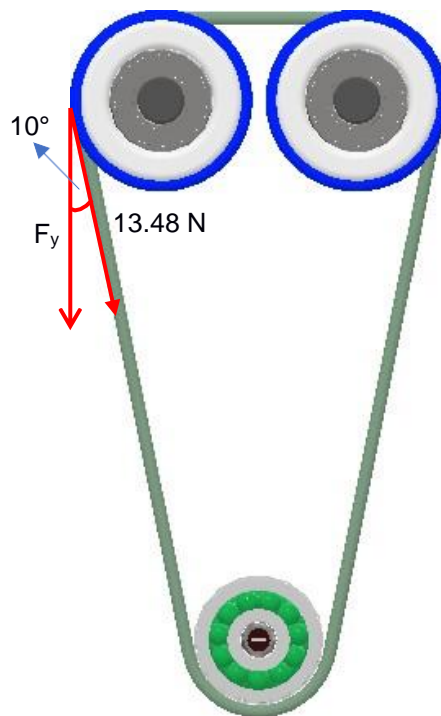


Figura D.5 Descomposición de la fuerza de tracción

El ángulo bajo el cual va a trabajar la correa es de 10° , por lo que, haciendo uso del teorema de Pitágoras, se calcula la fuerza en Y:

$$\cos(10^\circ) = \frac{x}{13.48 \text{ N}}$$
$$x = \cos(10^\circ) * 13.48 = 13.26 \text{ N}$$

Dado que en el sistema se tienen 20 conjuntos de ruedas, esta fuerza de tensión será de:

$$F_T = 13.26 \text{ N} * 20 = 265.20 \text{ N}$$

APÉNDICE E

SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

Para la selección de los rodamientos se realizó un análisis de cargas haciendo uso de la calculadora de SKF. En base a la aplicación que van a desarrollar, se seleccionó un rodamiento rígido de bolas y un rodamiento axial de rodillos, debido a que cumplen con las características necesarias.

Para el primer caso, el rodamiento rígido de bolas tendrá que soportar cargas radiales y el diámetro mínimo debe ser 17 mm, dado que es la medida del eje de las ruedas:

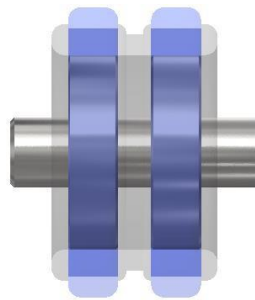


Figura E.1 Aplicación del rodamiento rígido de bolas

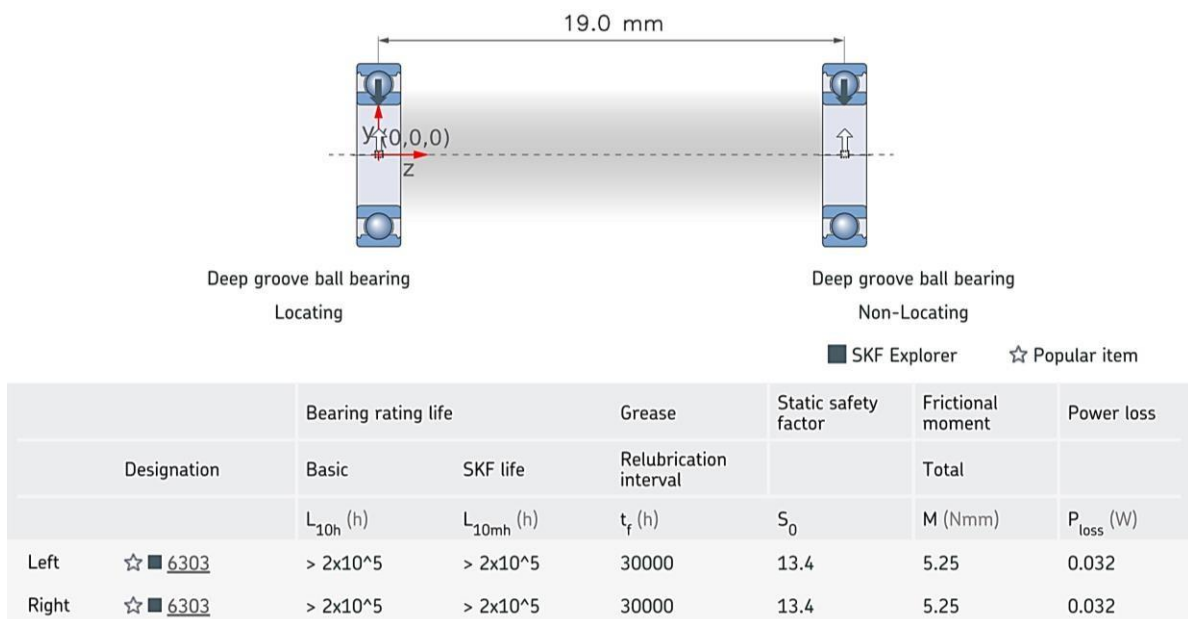
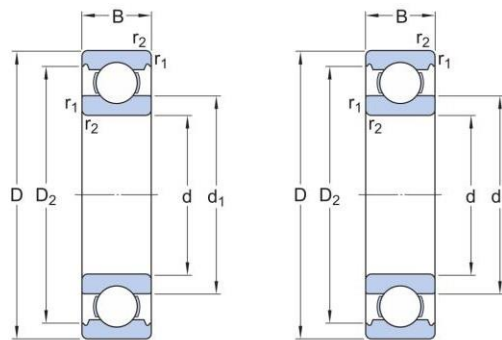


Figura E.2 Resumen del cálculo para el rodamiento de bolas rígido

Como se puede observar en la Figura E.2 el rodamiento seleccionado es el 6303, para su cálculo se estableció la distancia que hay entre los rodamientos y la carga radial (450 N) que van a experimentar. Algo importante a mencionar es la vida nominal del rodamiento, la cual es de más de doscientas mil horas.



Designation	Bearing type	Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit	Speed ratings		Clearance class
		d (mm)	D (mm)	B (mm)	Dynamic	Static		Reference	Limiting	
					C (kN)	C ₀ (kN)	P _u (kN)			
Left ☆ ■ 6303	Deep groove ball bearing	17.0	47.0	14.0	14.3	6.55	0.275	34000.0	22000.0	Normal
Right ☆ ■ 6303	Deep groove ball bearing	17.0	47.0	14.0	14.3	6.55	0.275	34000.0	22000.0	Normal

Figura E.3 Características del rodamiento escogido

En la Figura E.3 se presenta las dimensiones del rodamiento: 17 mm de diámetro interno y 47 mm de diámetro externo aparte presenta una capacidad básica de carga dinámica y estática de 14.3 kN y 6.55 kN respectivamente, más que la carga establecida, lo cual resulta excelente para la aplicación.

Para el segundo caso, es necesario un rodamiento axial dado que el conjunto de ruedas debe rotar sobre el eje cuadrado (Eje z) y soportar una carga axial, la cual será el peso de la encomienda más el peso del conjunto, en total 510 N. El rodamiento escogido es el 51101, en la Figura E.5 se muestran sus características, en las cuales se destaca su capacidad básica de carga dinámica y estática de 10.4 kN y 16.6 kN respectivamente.

La lubricación para ambos rodamientos será “Grasa LGMT2” la cual es de uso general y es adecuada para una amplia gama de aplicaciones industriales, aparte que presenta una excelente estabilidad a la oxidación y una buena estabilidad mecánica.

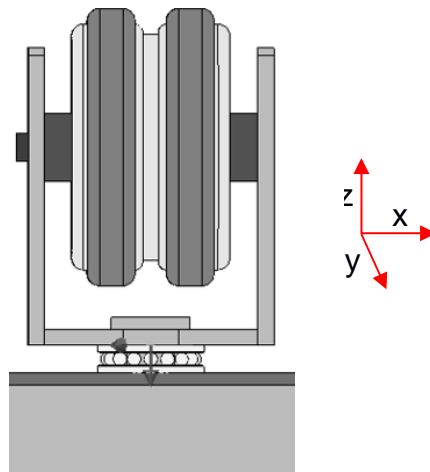
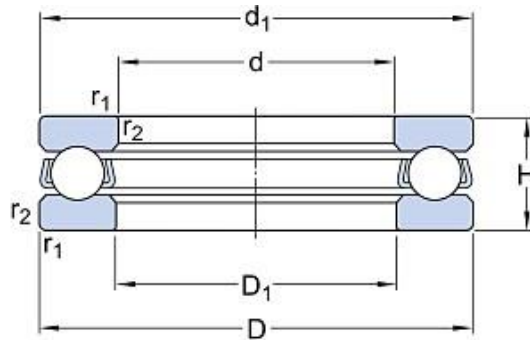


Figura E.4 Aplicación del rodamiento axial de bolas



Designation	Bearing type	Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit P_u (kN)	Speed ratings	
		d (mm)	D (mm)	B (mm)	Dynamic C (kN)	Static C_0 (kN)		Reference n_{ref} (r/min)	Limiting n_{lim} (r/min)
☆ 51101	Thrust ball bearing	12.0	26.0	9.0	10.4	16.6	0.62	9000.0	13000.0

Figura E.5 Características del rodamiento axial escogido

Lubricant		
Type	Method	Name
Grease	SKF grease	LGMT 2: all purpose industrial and automotive

Figura E.6 Lubricación recomendada para ambos rodamientos

APÉNDICE F

ARQUITECTURA DE COMUNICACIÓN

Para la adquisición de los datos de las lectoras se utilizó la Raspberry Pi 4 como controlador. Gracias al módulo rs485 se logra que el estándar de comunicación sea RS-485. Este estándar consiste en el modo half-duplex en donde un dispositivo hace el papel de maestro, el cual se encarga de coordinar la comunicación con el resto de los dispositivos (lectoras), los cuales son llamados esclavos y estarán a la espera de instrucciones provenientes del maestro para iniciar su comunicación. Cada esclavo tiene asignado un identificador único (trama) dentro del bus RS-485 para poder realizar la comunicación de manera unívoca. Para verificar que realmente una encomienda esta por pasar en la mesa clasificadora y que, además de ser el caso, logra su desvío se seleccionó sensores de proximidad. La señal enviada de los sensores va hacia el controlador y dependiendo de los datos obtenidos de las lectoras toma la decisión de desviar o no la encomienda, por lo cual el controlador envía las señales de dirección y posición al driver para el debido movimiento del motor a pasos. En la Figura F.1 se muestra un diagrama de la arquitectura de comunicación del sistema.

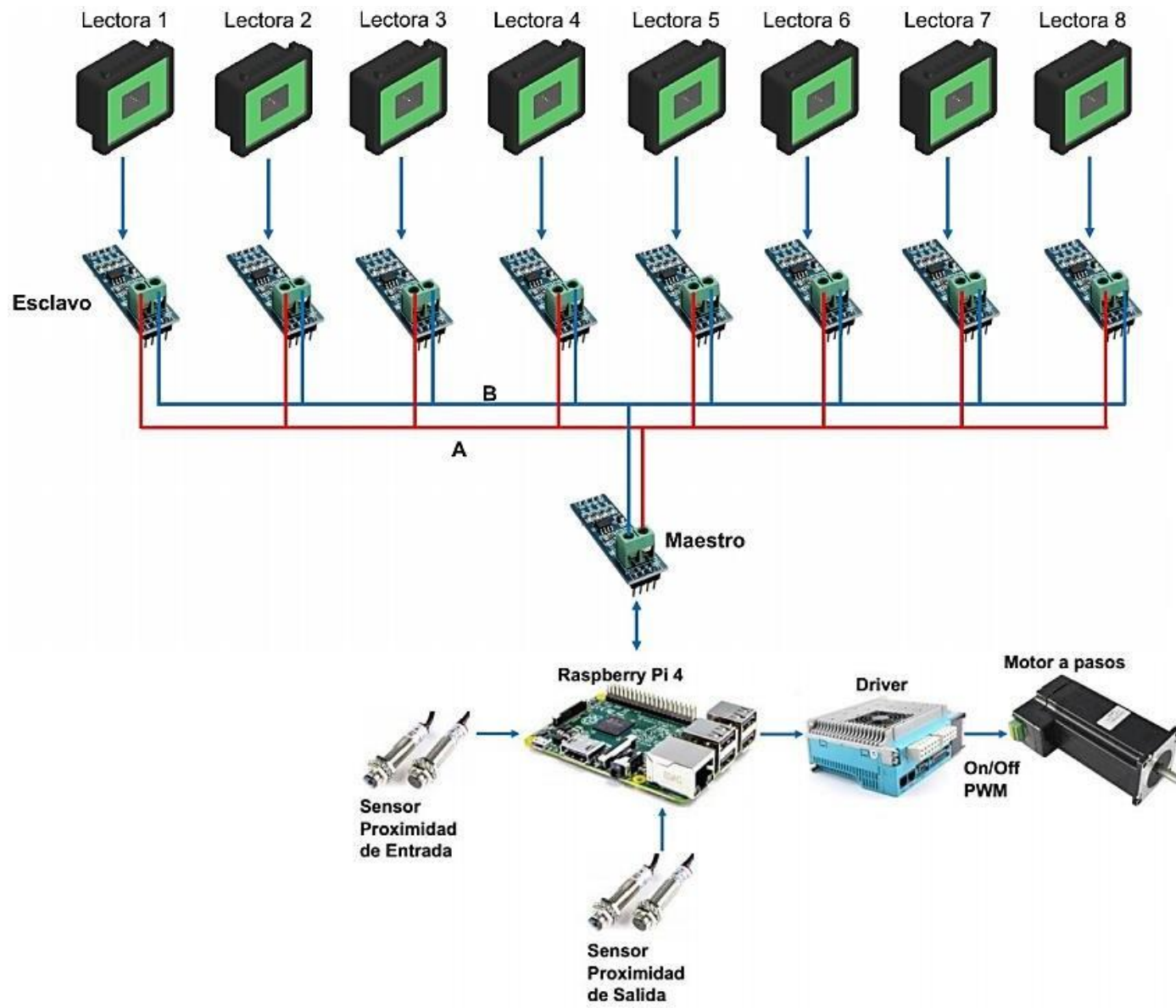


Figura F.1 Arquitectura de comunicación

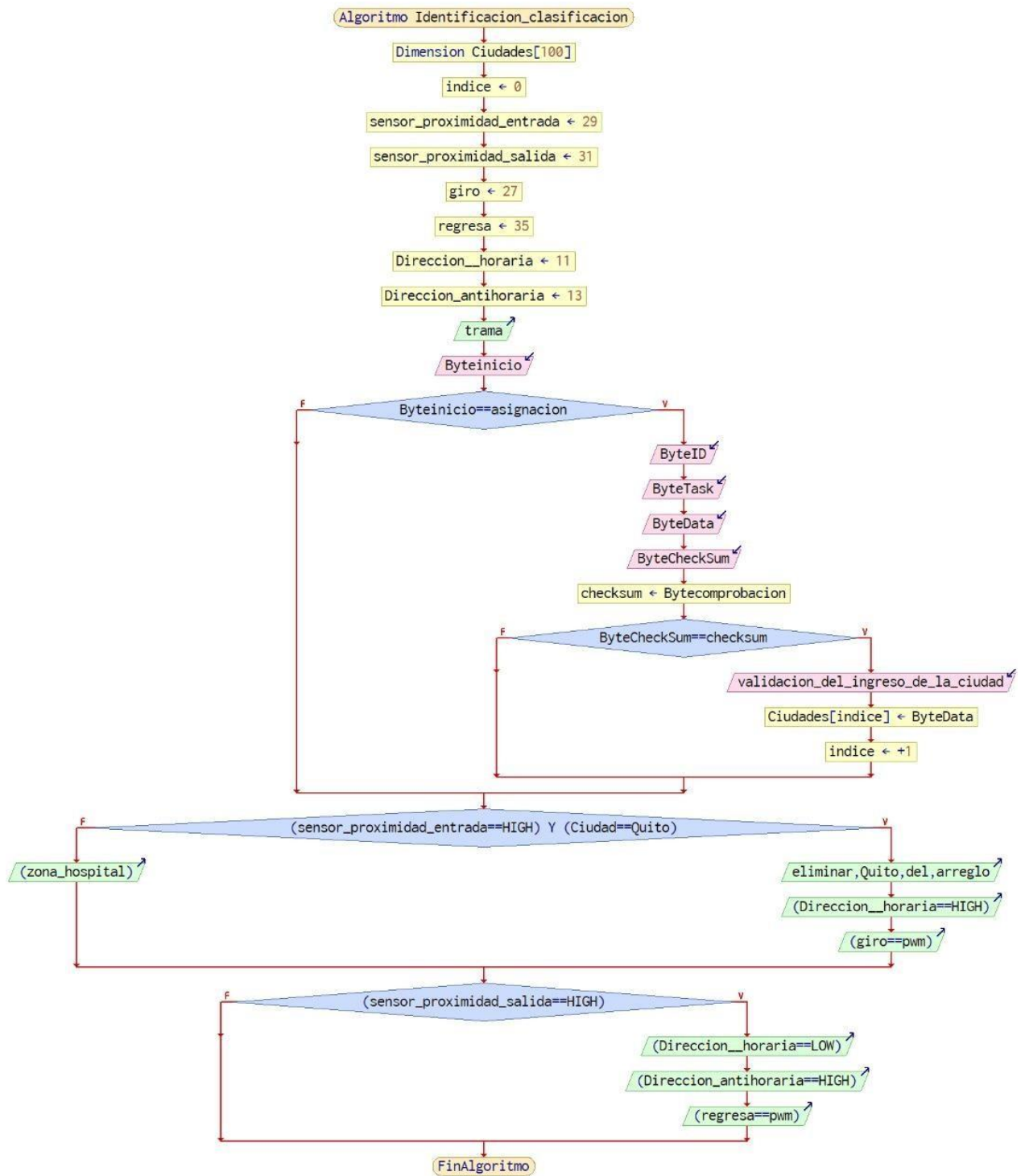
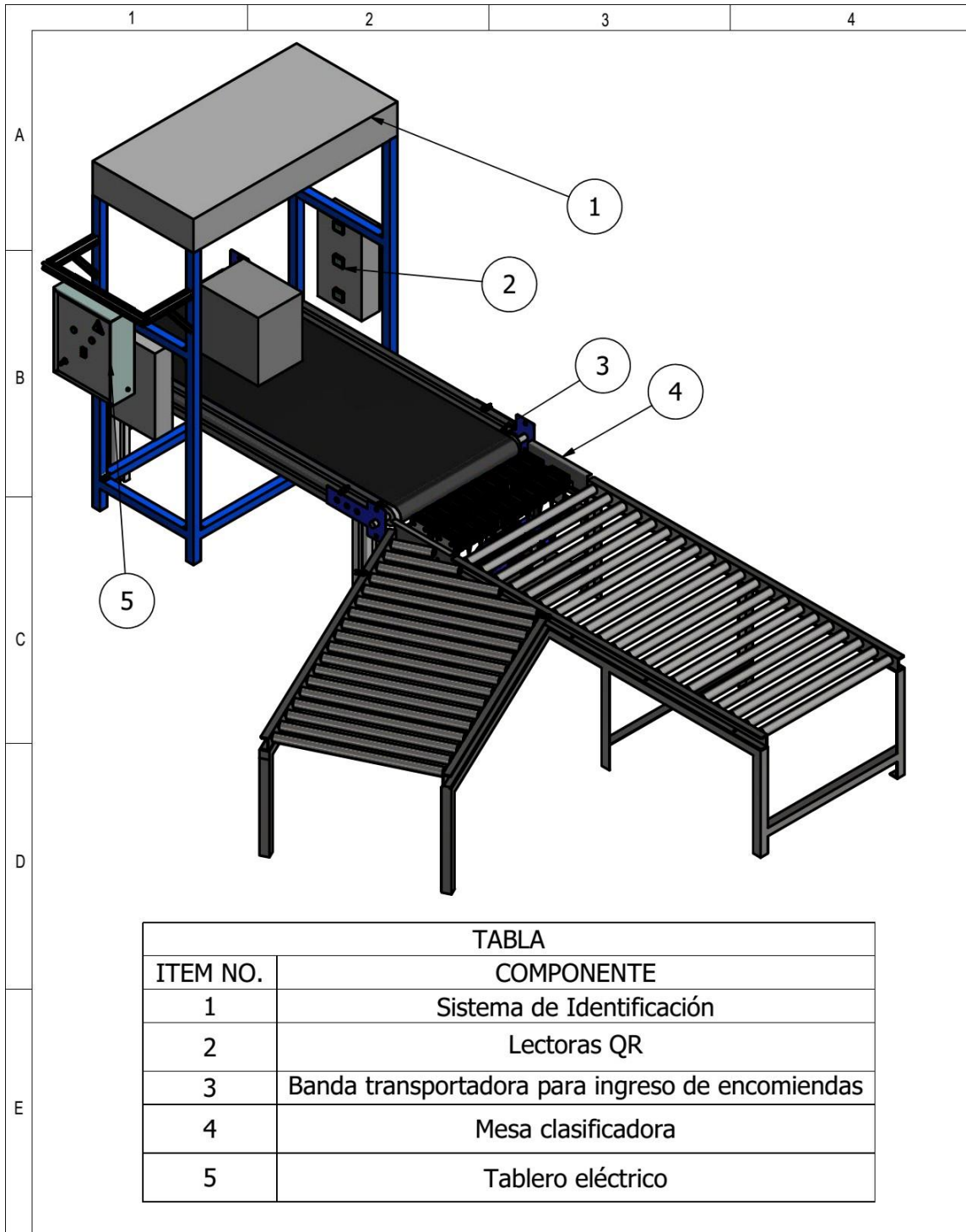
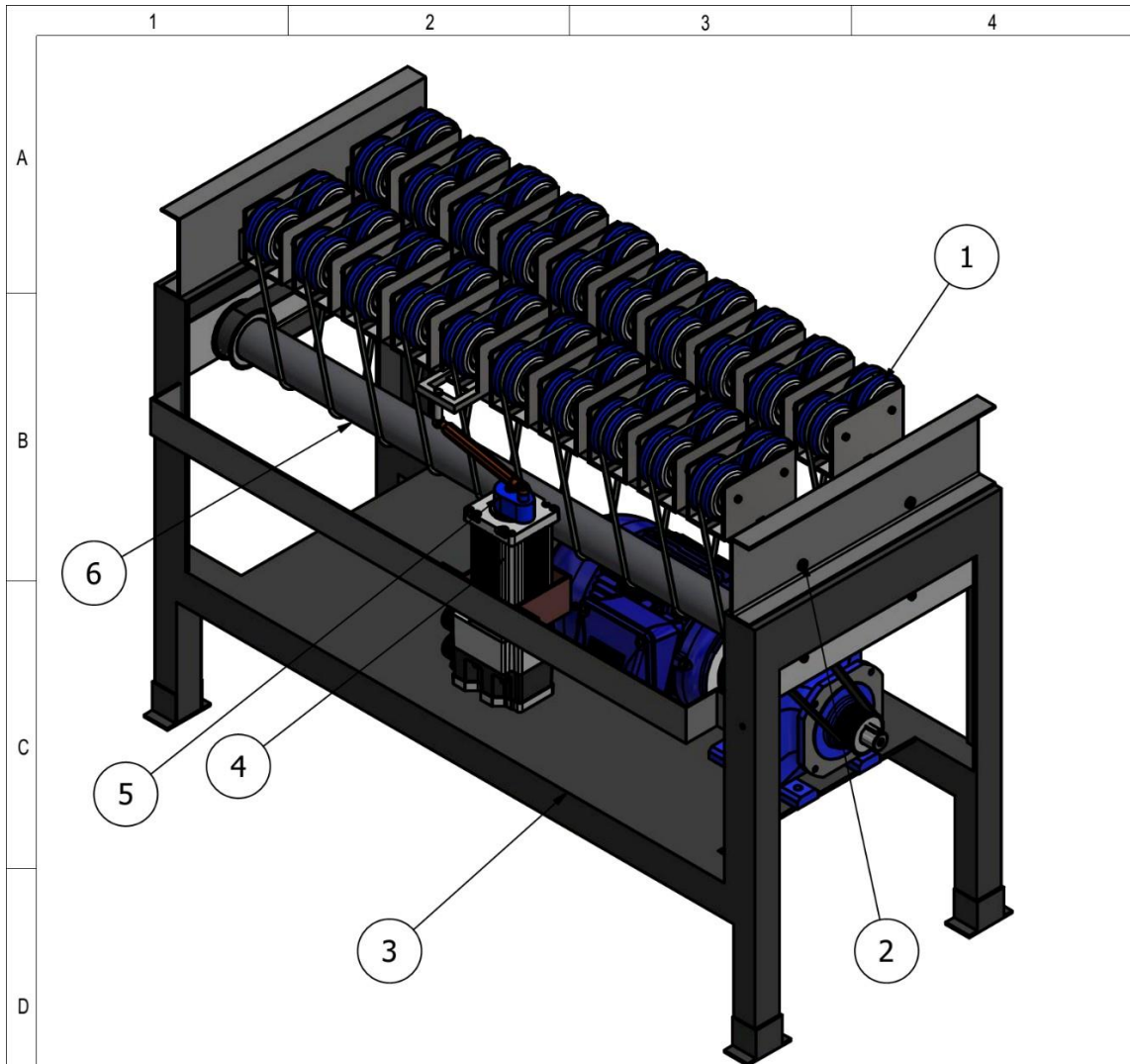


Figura F.2 Pseudo código para la comunicación del sistema

APÉNDICE G
PLANOS

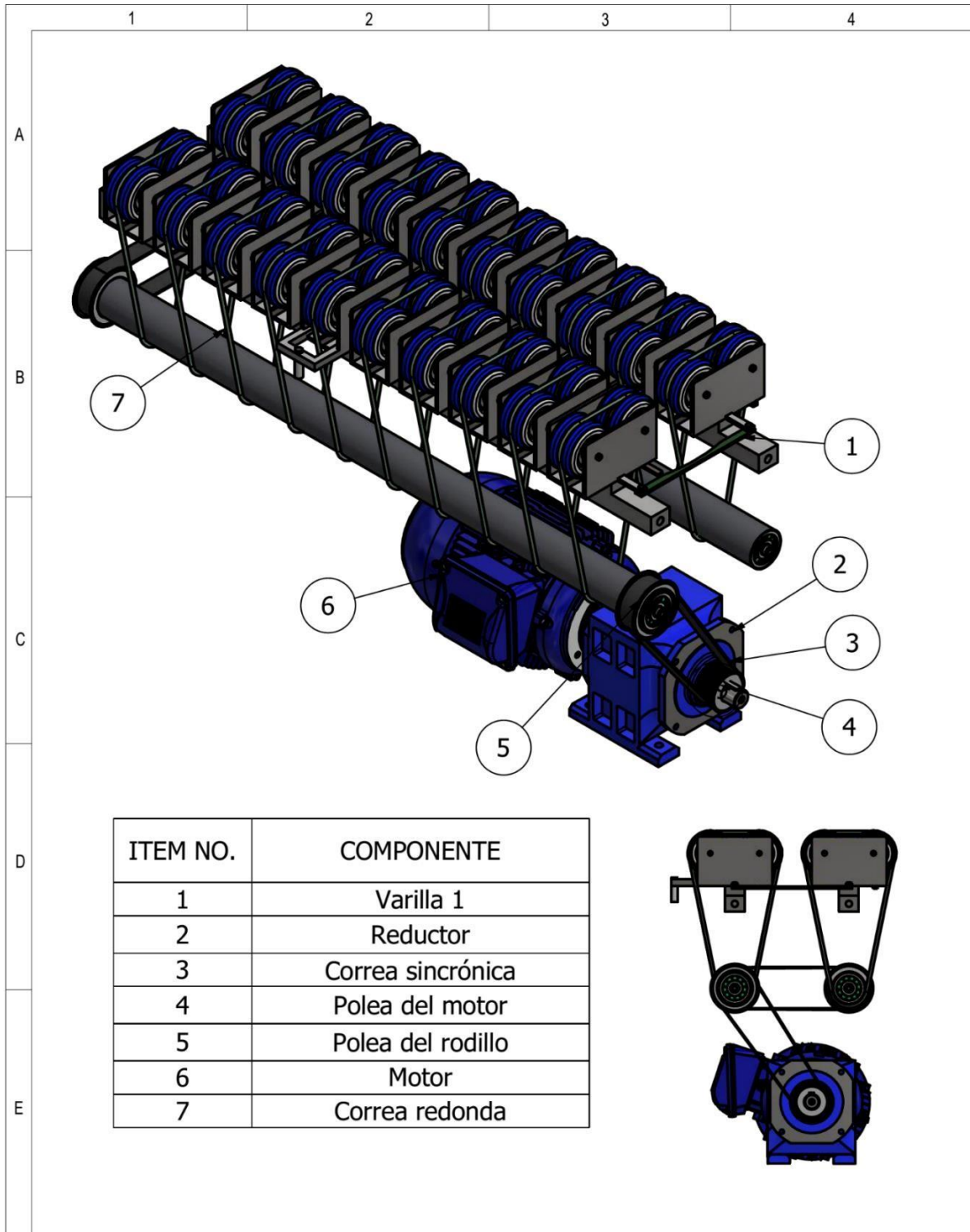


				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE ESPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: 12 TOLERANCIAS: LINEAL: 0.02 ANGULAR: 0.02	PESO	MATERIALES	
				FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN	ESCALA
				DIB. 08/02/22	CAPELO & GUERRERO	PARTES PRINCIPALES DEL SISTEMA	1:1
				REV. --/--			
				APROB. --/--			
						NÚMERO DEL DIBUJO	
						MCT-00	
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE			SUSTITUYE A:	

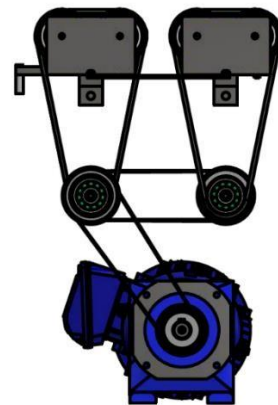


ITEM NO.	COMPONENTE
1	Conjunto de ruedas
2	Elementos de sujeción
3	Estructura de la mesa clasificadora
4	Motor a pasos
5	Sistema biela-manivela
6	Rodillo

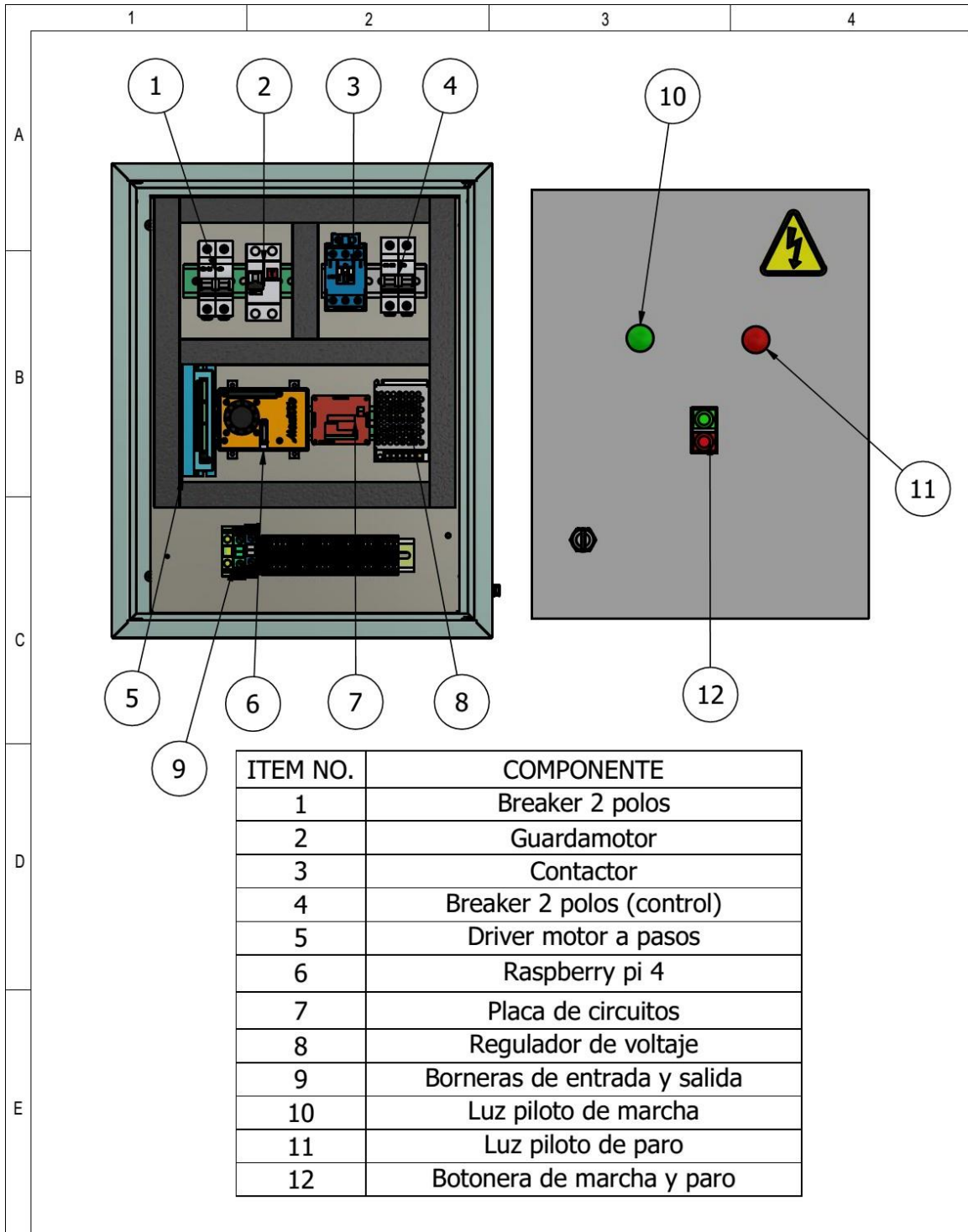
				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE SUPLEN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: 12.5 TOLERANCIAS: LINEAL: H9/D9 ANGULAR: H8	PESO	MATERIALES	
				FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN	ESCALA
				DIB.	08/02/22	CAPELO & GUERRERO	1:1
				REV.	-/-	PARTES PRINCIPALES DE LA MESA CLASIFICADORA	
				APROB.	-/-		
						NÚMERO DEL DIBUJO	
						MCT-01	
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE			SUSTITUYE A:	



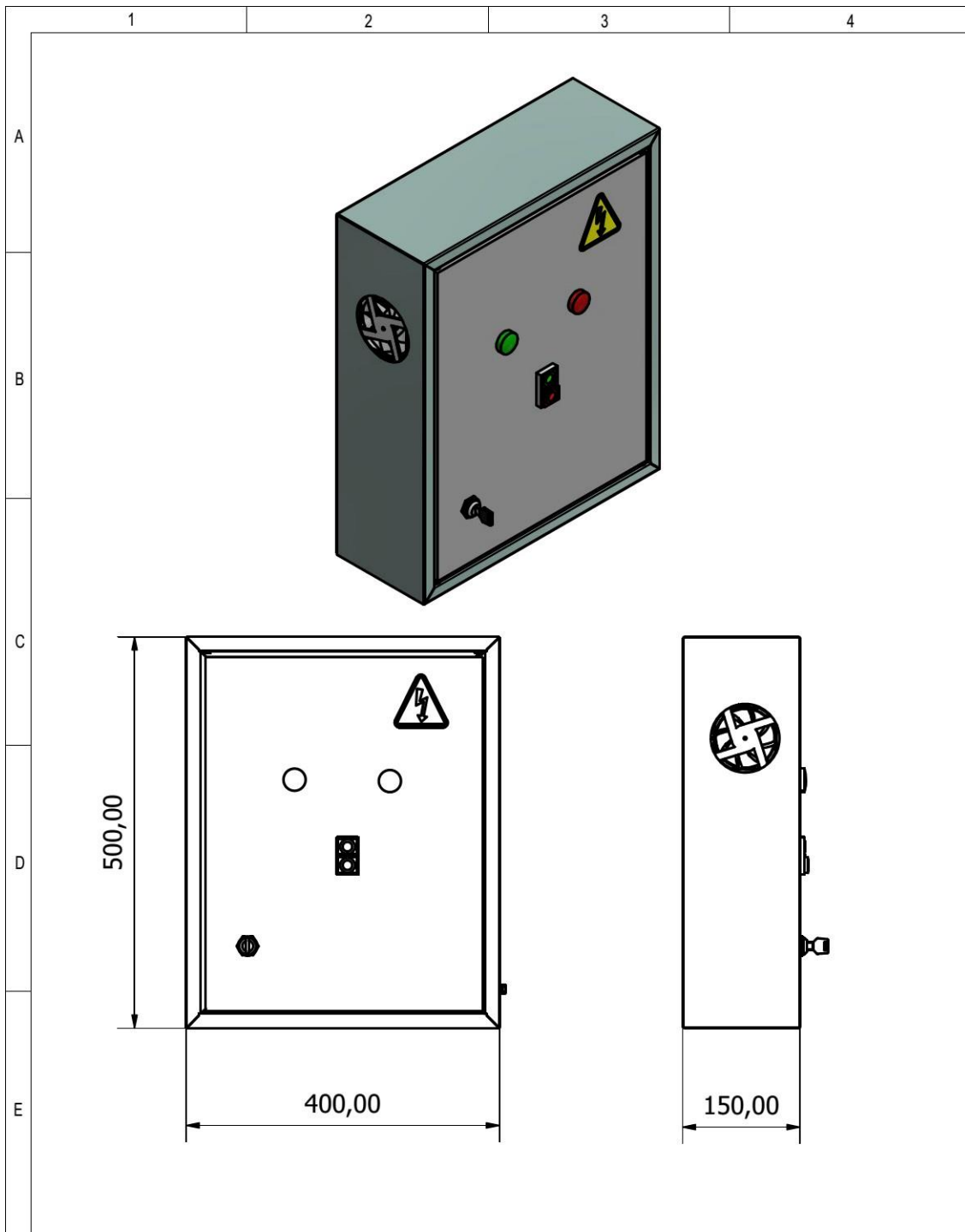
ITEM NO.	COMPONENTE
1	Varilla 1
2	Reductor
3	Correa sincrónica
4	Polea del motor
5	Polea del rodillo
6	Motor
7	Correa redonda



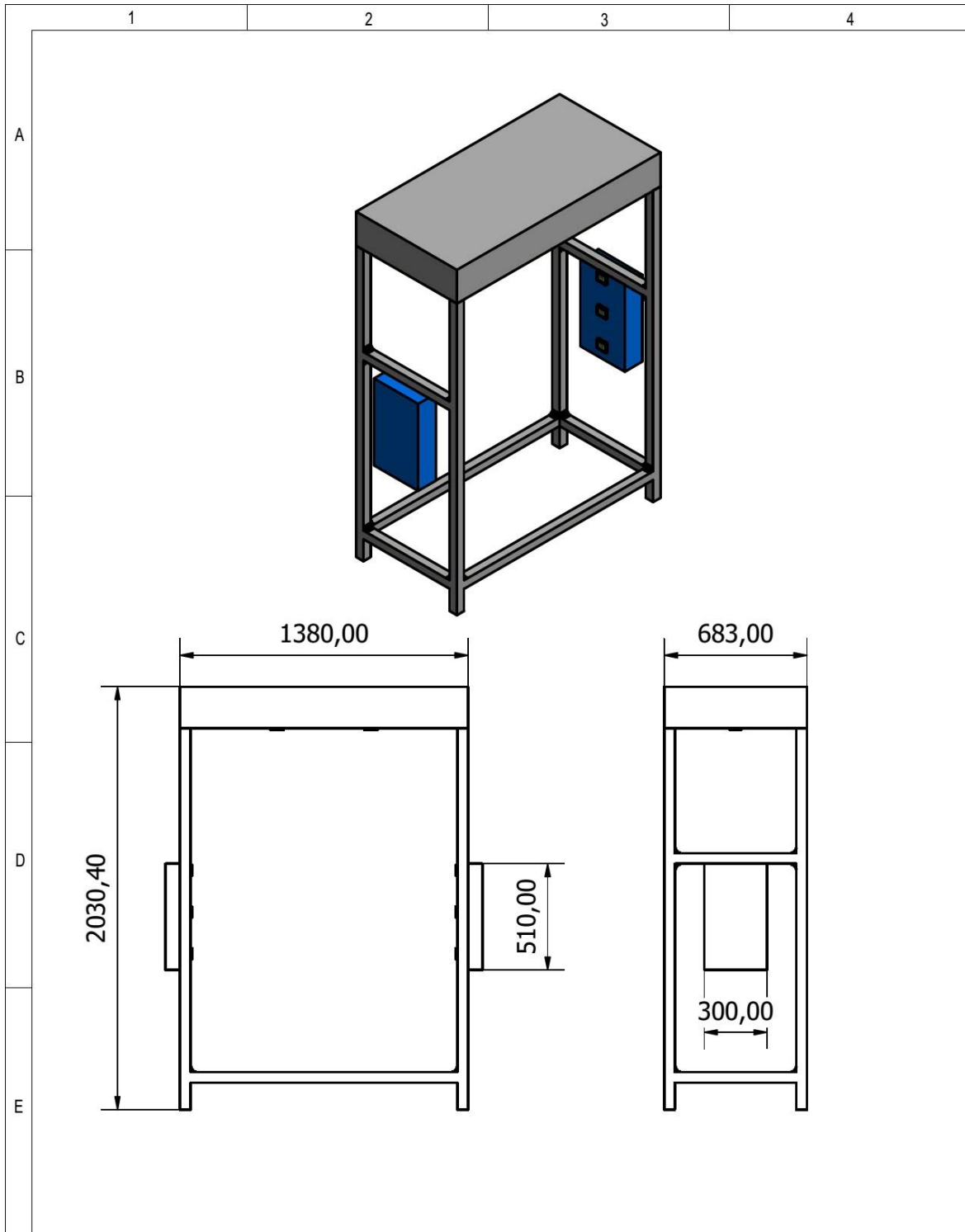
				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: 32 TOLERANCIAS: LINEAL: 0.02 ANGULAR: 0.02	PESO	MATERIALES	
				FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN	ESCALA
				DIB.	08/02/22	CAPELO & GUERRERO	1:1
				REV.	-/-/-	PARTES DE LA MESA CLASIFICADORA	
				APROB.	-/-/-		
						NÚMERO DEL DIBUJO	
						MCT-02	
EDI- CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE			SUSTITUYE A:	



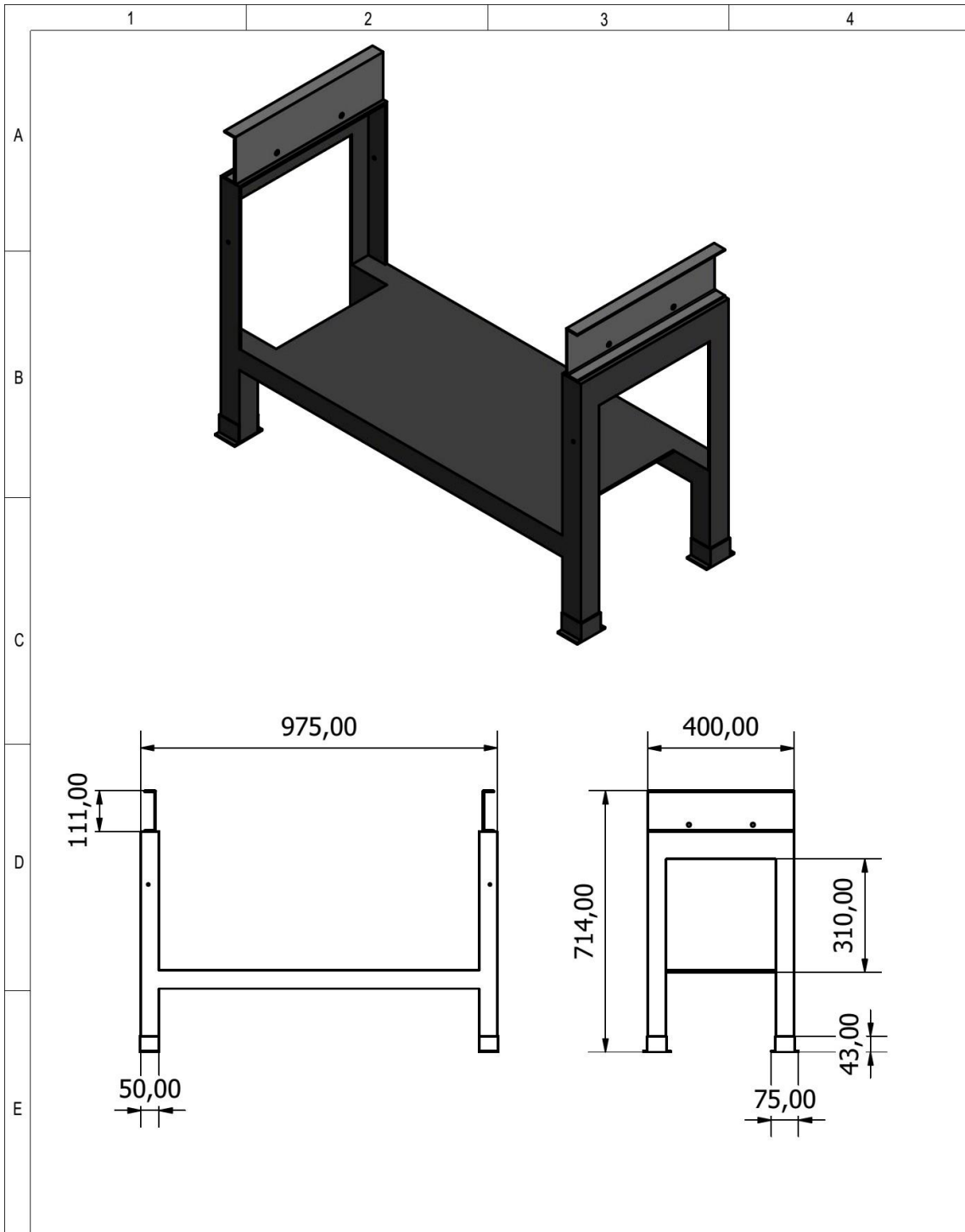
				TOLERANCIAS FINO DE BORDA LO CONTRARIO LAS OTRAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: N° TOLERANCIAS: LINEAL: 0.02 ANGULAR: 0.02	PESO	MATERIALES	
				FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN	ESCALA
				DIB. 08/02/22	CAPELO & GUERRERO	COMPONENTES DEL TABLERO ELÉCTRICO	1:1
				REV. -/-			
				APROB. -/-			
						NÚMERO DEL DIBUJO	
						MCT-03	
EDI- CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE			SUSTITUYE A:	



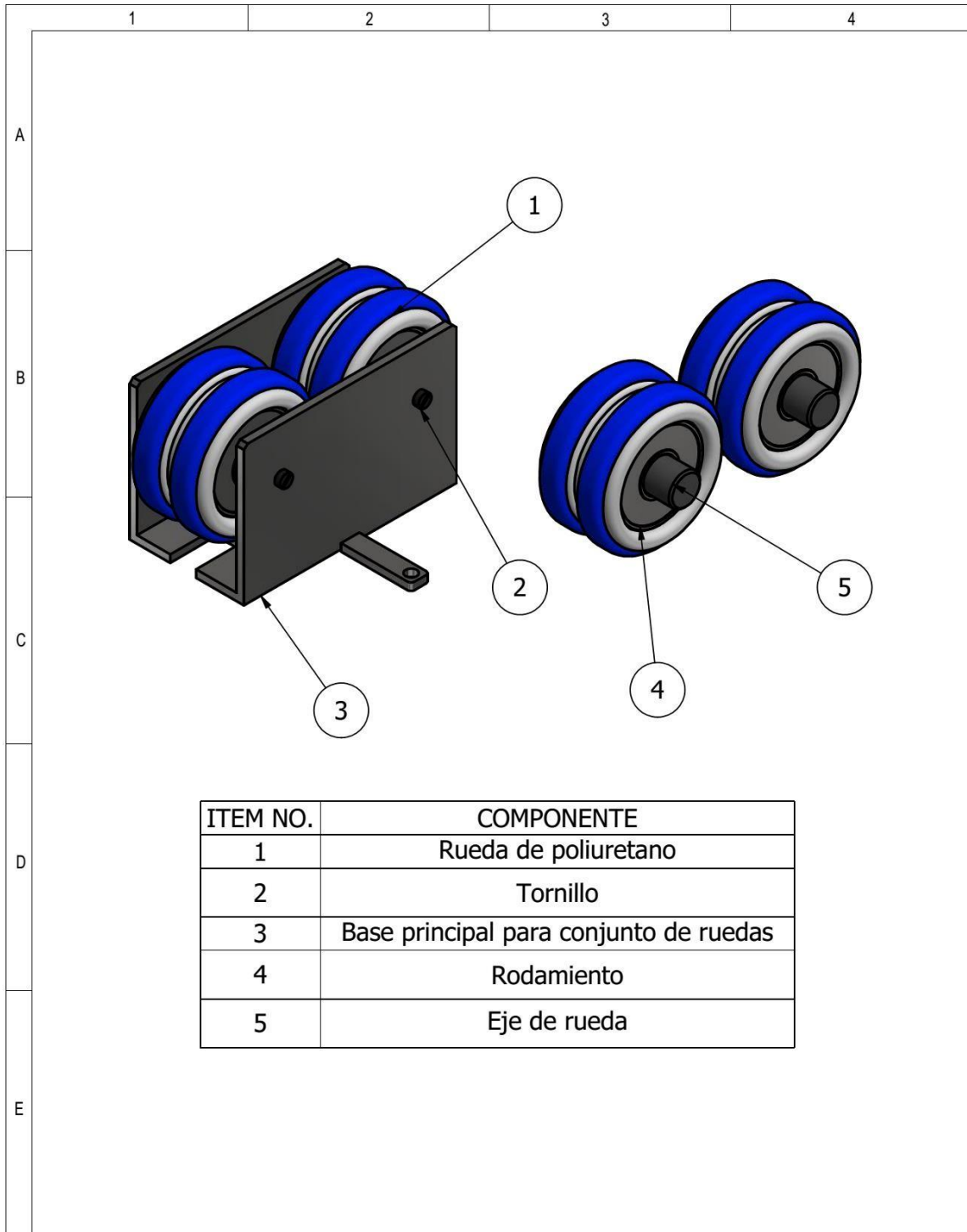
				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: 12' TOLERANCIAS: LINEAL: ±0,3 ANGULAR: 50'	PESO	MATERIALES	
				FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN	ESCALA
				DIB. 08/02/22	CAPELO & GUERRERO	TABLERO ELÉCTRICO	1:1
				REV. -/-			
				APROB. -/-			
						NÚMERO DEL DIBUJO	
						MCT-04	
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE			SUSTITUYE A:	



				TOLERANCIAS SINO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: N° TOLERANCIAS: LINEAL: 0/02 ANGULAR: 0/02	PESO	MATERIALES	
				FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN	ESCALA
				DIB.	08/02/22	CAPELO & GUERRERO	1:1
				REV.	-/-		
				APROB.	-/-		
						NÚMERO DEL DIBUJO	
						MCT-05	
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE			SUSTITUYE A:	

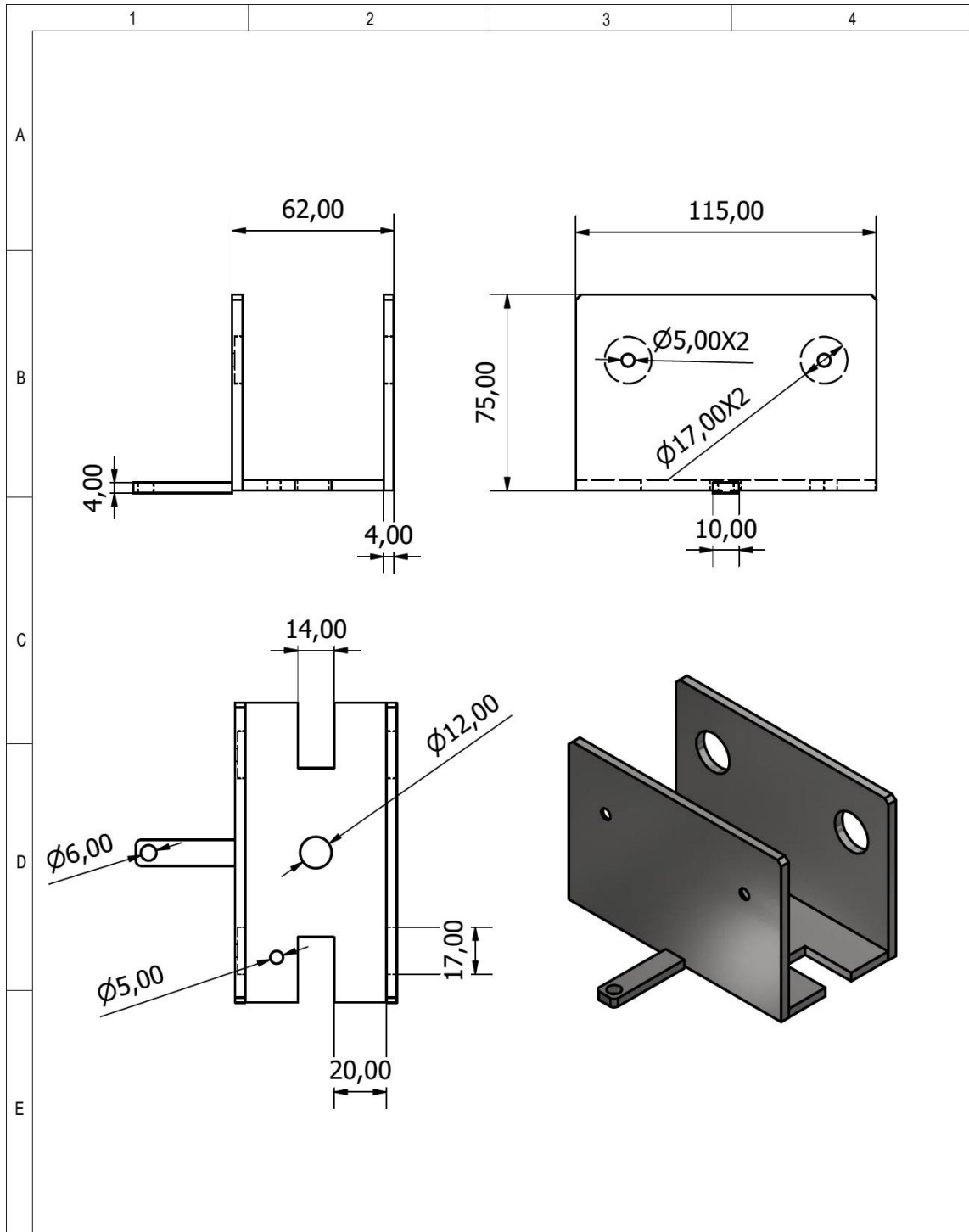


				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO. LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: 12 TOLERANCIAS: UNEAL 1:50 ANGULARES: 5:5	PESO	MATERIALES ACERO GALVANIZADO	
				FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN	ESCALA
				DIB.	08/02/22	CAPELO & GUERRERO	1:1
				REV.	-/-		
				APROB.	-/-		
						NÚMERO DEL DIBUJO MCT-06	
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE			SUSTITUYE A:	

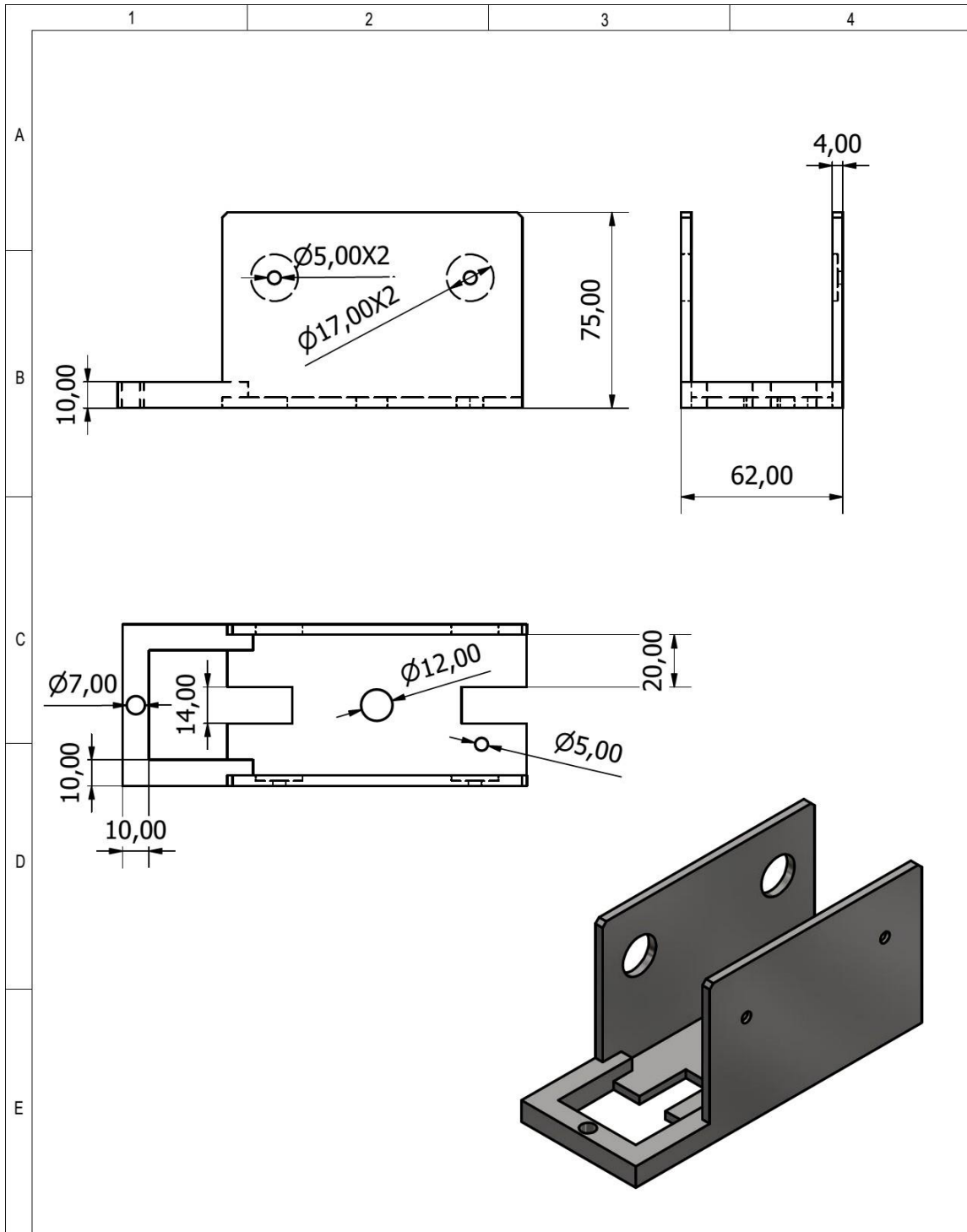


ITEM NO.	COMPONENTE
1	Rueda de poliuretano
2	Tornillo
3	Base principal para conjunto de ruedas
4	Rodamiento
5	Eje de rueda

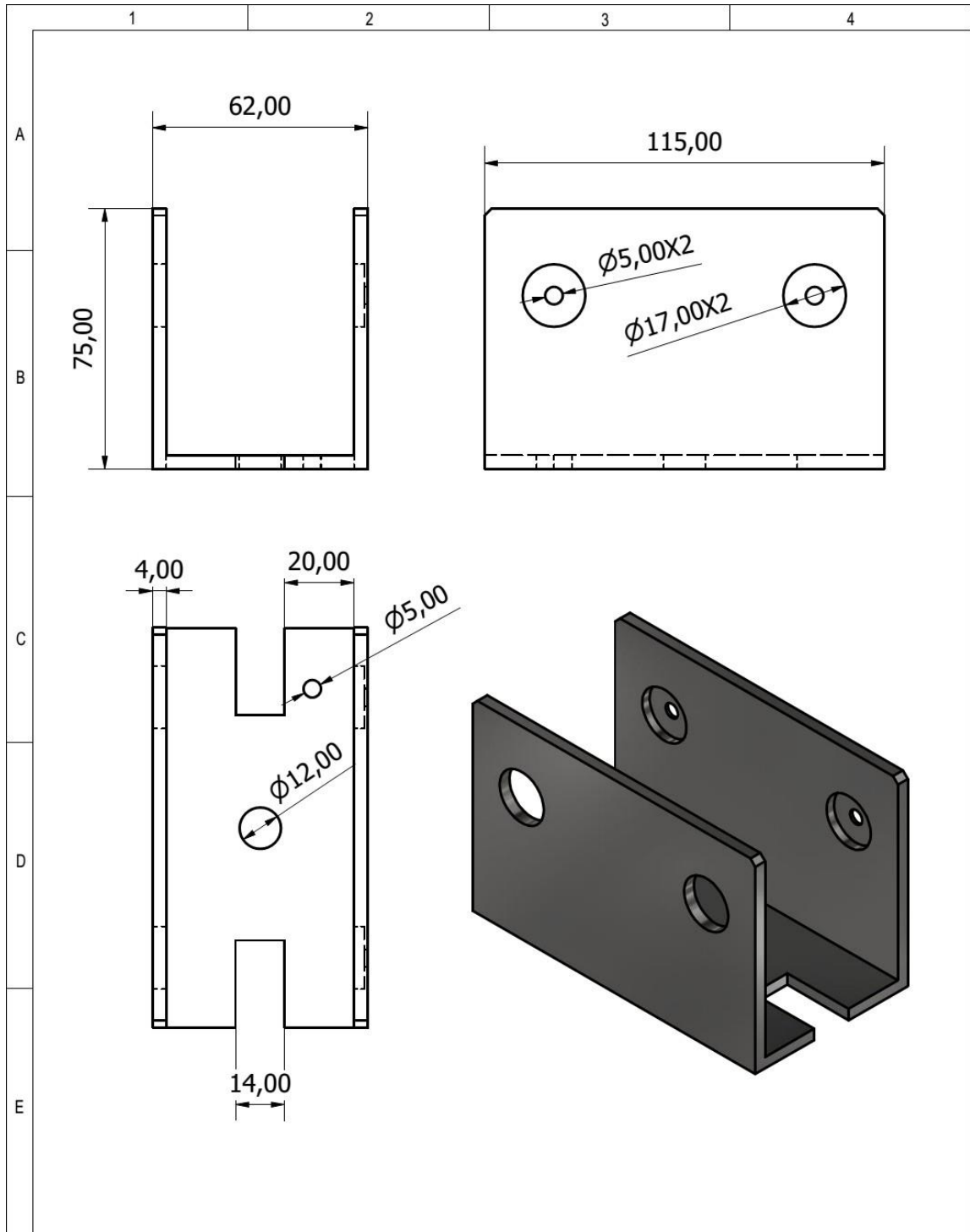
				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: 12.5 TOLERANCIAS: UNEAL: S92 ANGULAR: E10	PESO	MATERIALES		
					FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN	ESCALA
					DIB.	08/02/22	CAPELO & GUERRERO	1:1
					REV.	---		
					APROB.	---		
							NÚMERO DEL DIBUJO	
							MCT-07	
							SUSTITUYE A:	
EDI- CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE					



				TOLERANCIAS SIN SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS DE DIMENSIONES EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: 12 TOLERANCIAS: LINEAL: 0,20 ANGULAR: 0,10		PESO		MATERIALES ACERO GALVANIZADO	
				FECHA 08/02/22		NOMBRE CAPELO & GUERRERO		DENOMINACIÓN BASE PRINCIPAL	
				REV. -/-/				ESCALA 1:1	
				APROB. -/-/				NÚMERO DEL DIBUJO MCT-08	
EDICIÓN MODIFICACIÓN FECHA NOMBRE						SUSTITUYE A:			

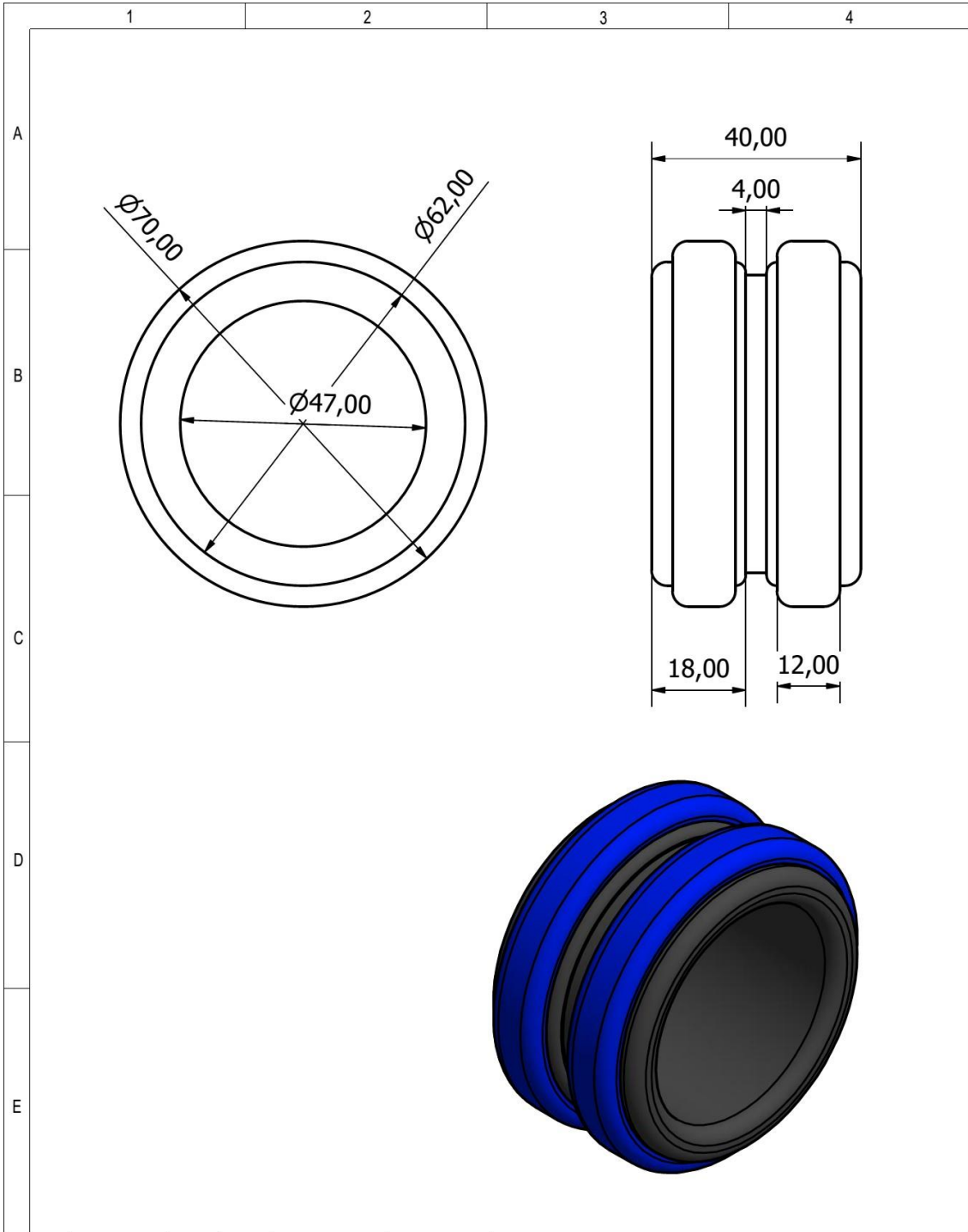


				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONSERVAR: LAS COTAS SE ESPESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: 12.5 TOLERANCIAS: LINEAL: 0.12 ANGULAR: 0.02	PESO	MATERIALES ACERO GALVANIZADO	
				FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN BASE DE EN MEDIO	ESCALA 1:1
			DIB.	08/02/22	CAPELO & GUERRERO		
			REV.	-/-			
				APROB.	-/-		
						NÚMERO DEL DIBUJO MCT-09	
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE			SUSTITUYE A:	

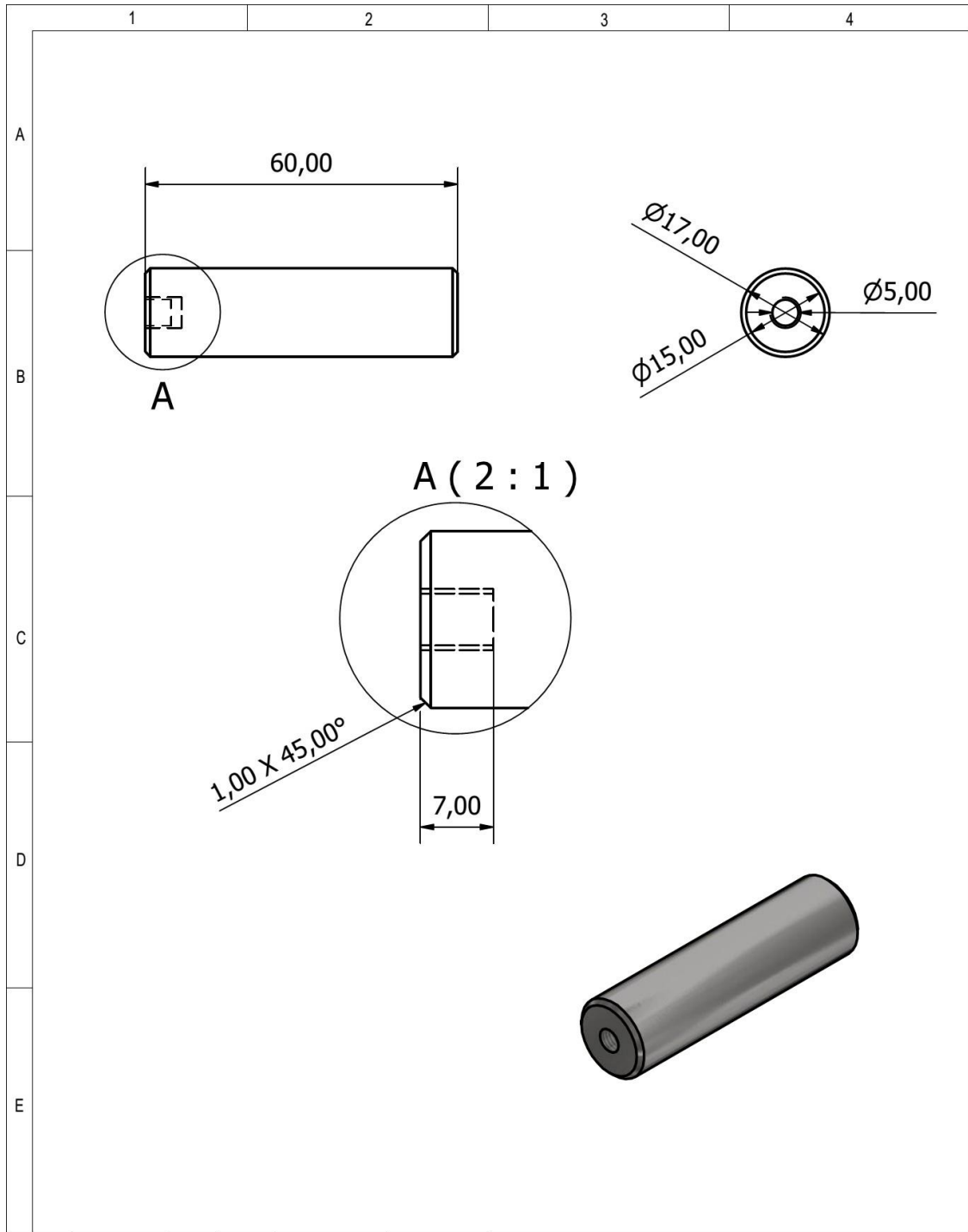


				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS DE ESPESORES EN MILÍMETROS Y COTAS DE RENDIDOS: 0,10 TOLERANCIAS: LINEAL: 0,10 ANGULAR: 0,10		PESO		MATERIALES ACERO GALVANIZADO	
				FECHA 08/02/22		NOMBRE CAPELO & GUERRERO		DENOMINACIÓN BASE COMÚN	
				REV. -/-				ESCALA 1:1	
				APROB. -/-				NÚMERO DEL DIBUJO MCT-10	
EDICIÓN MODIFICACIÓN				FECHA		NOMBRE		SUSTITUYE A:	

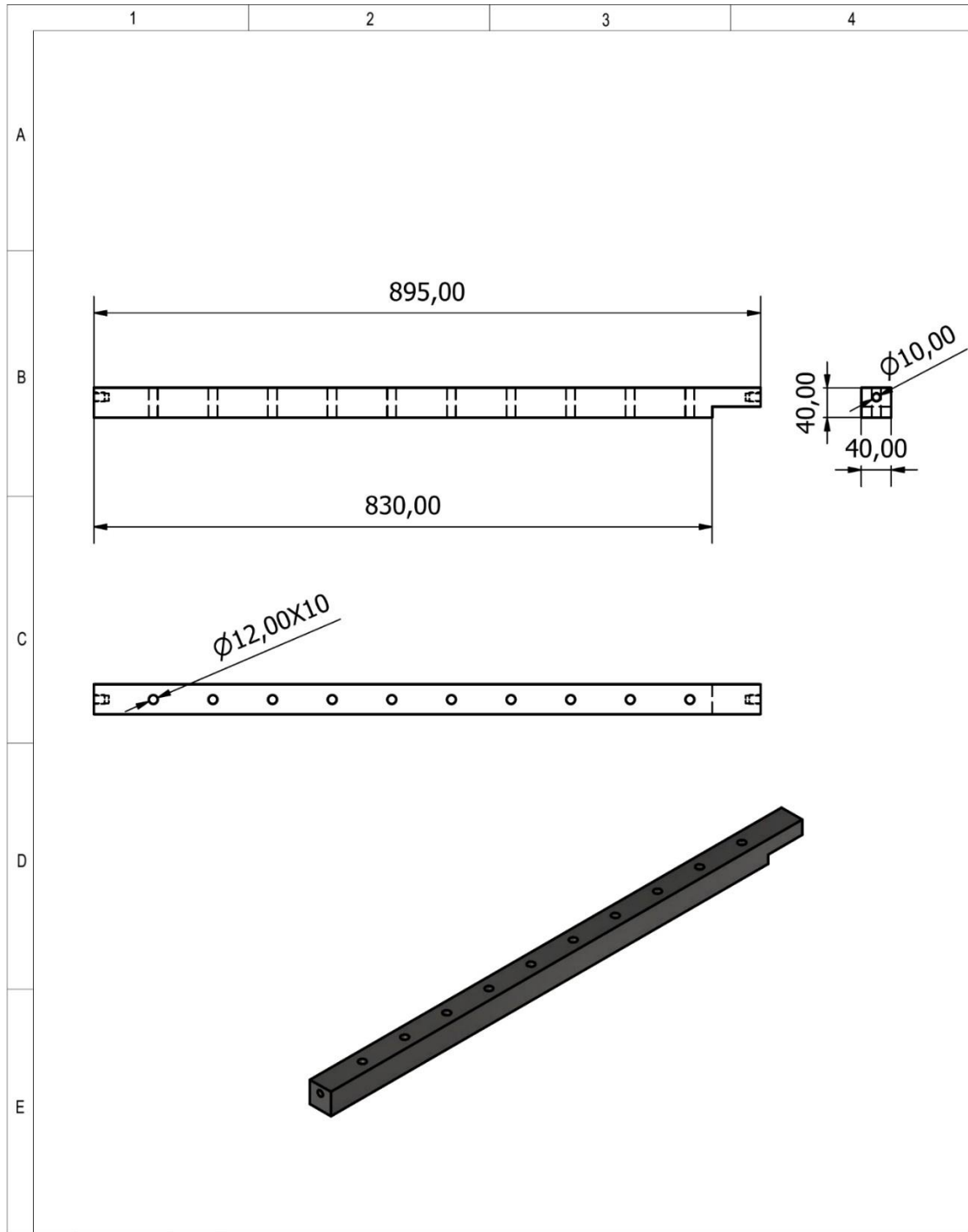




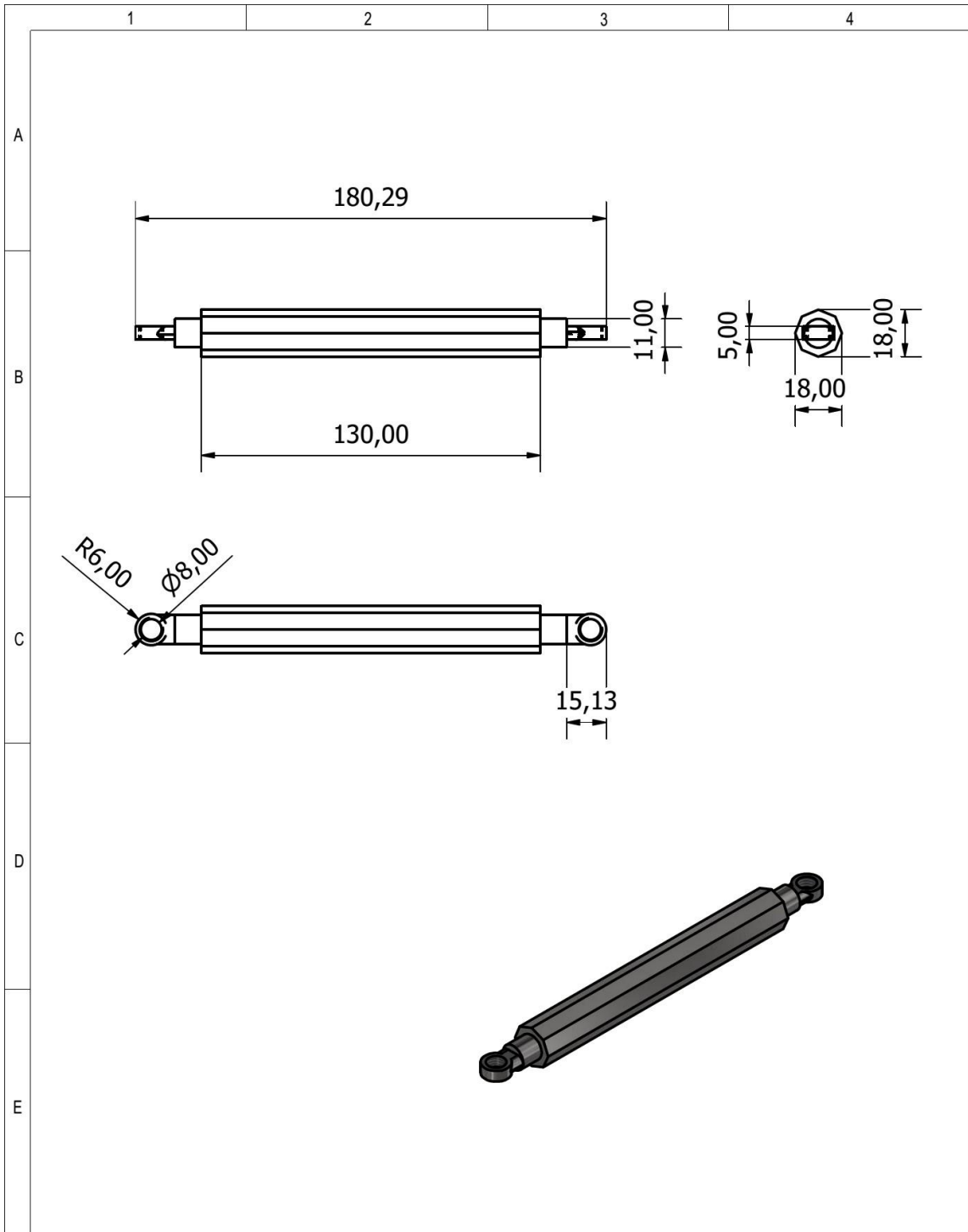
				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: 127 TOLERANCIAS: LINEAL: ISO ANGULAR: ISO	PESO	MATERIALES POLIURETANO	
				FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN	ESCALA
				DIB.	08/02/22	CAPELO & GUERRERO	1:1
				REV.	-/-/-	RUEDA	
				APROB.	-/-/-		
						NÚMERO DEL DIBUJO	
						MCT-11	
EDI- CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE			SUSTITUYE A:	



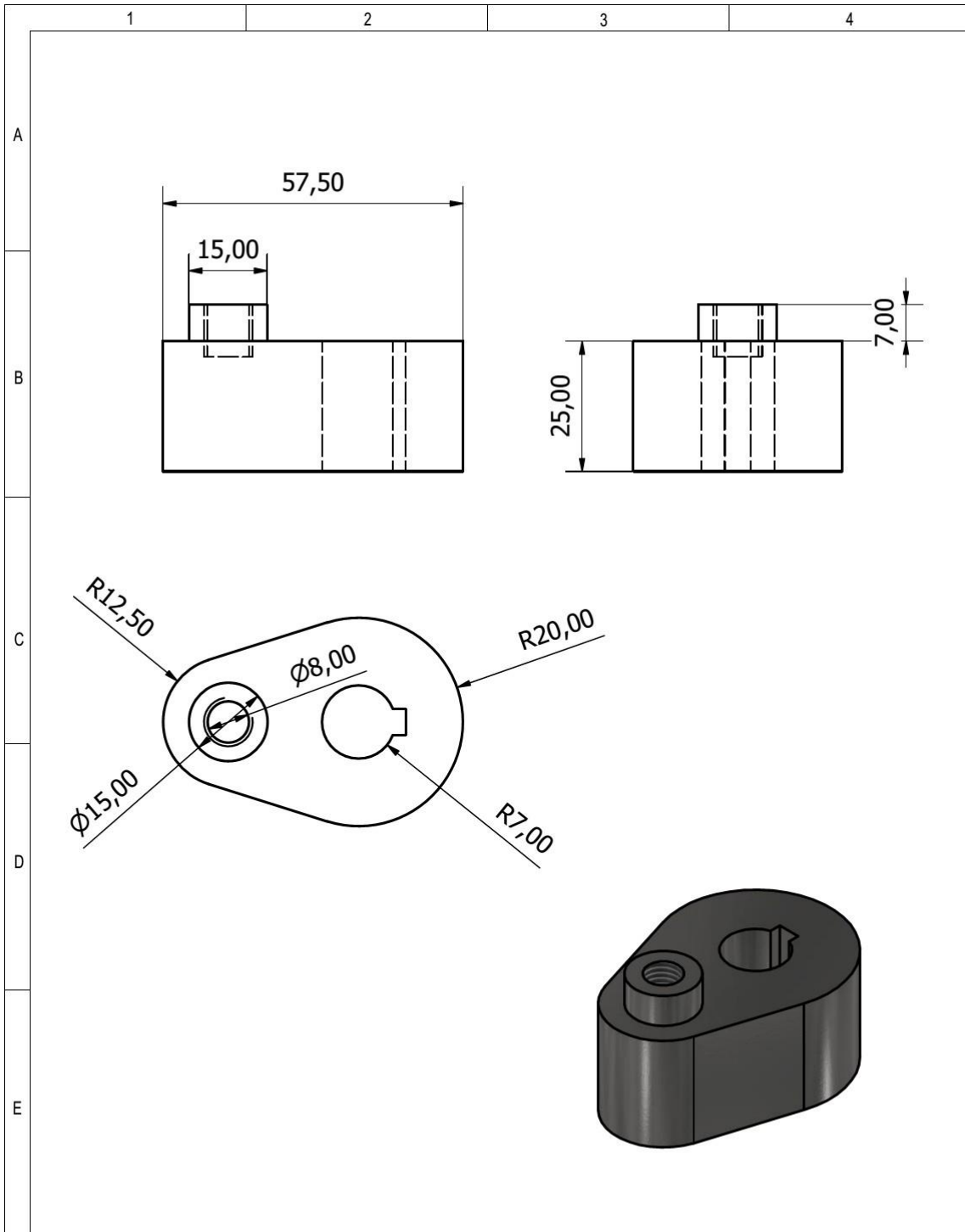
				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: 127 TOLERANCIAS: LINEAL: 0,12 ANGULAR: 0,50	PESO	MATERIALES ACERO GALVANIZADO	
				FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN	ESCALA
				DIB.	08/02/22	CAPELO & GUERRERO	1:1
				REV.	-/-	EJE DE RUEDA	
				APROB.	-/-		
						NÚMERO DEL DIBUJO	
						MCT-12	
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE			SUSTITUYE A:	



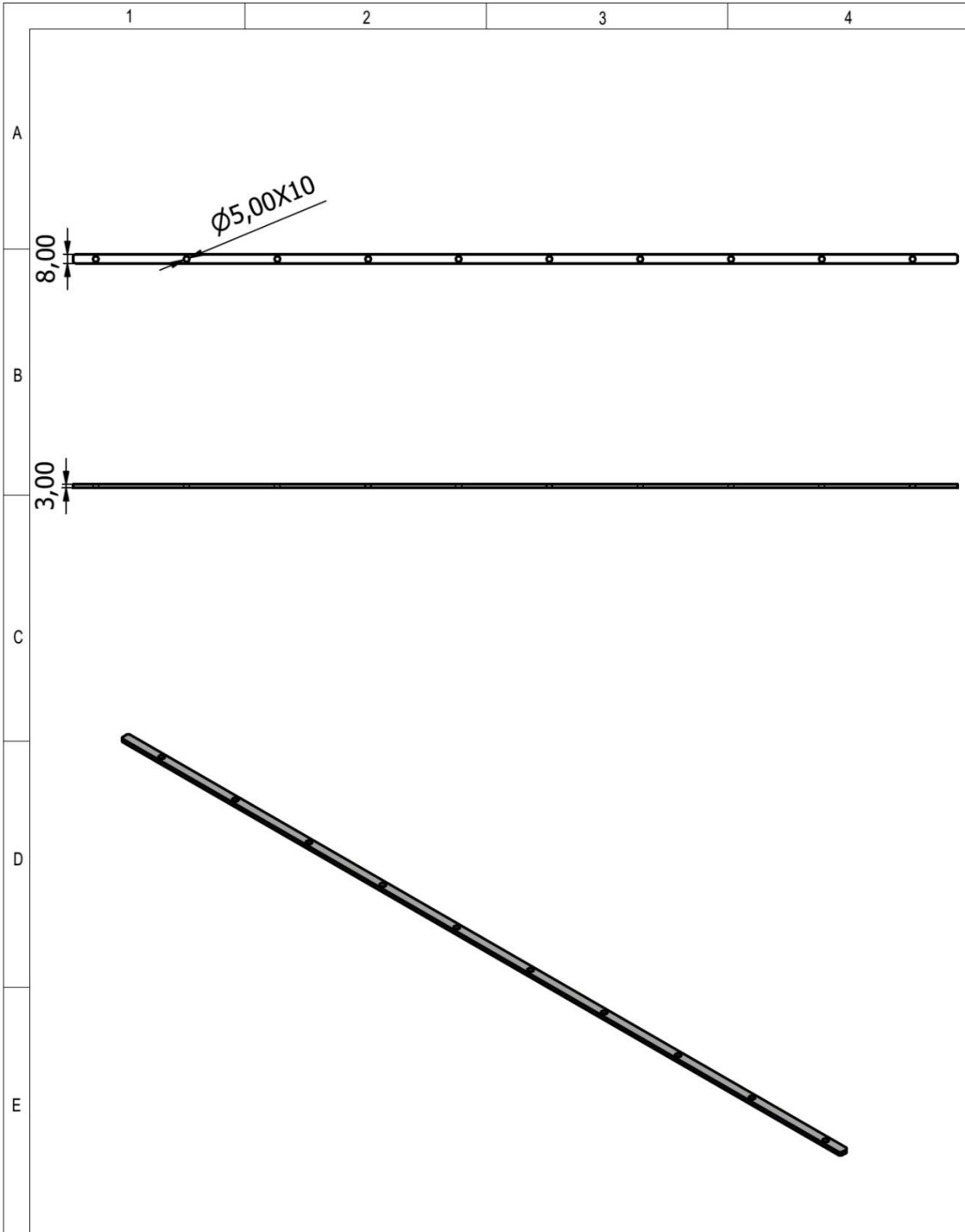
				TOLERANCIAS FINO DE BORDA LO CONTRARIO LADO DENTRO DE EXPRESACION EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: N7 TOLERANCIAS: LINEAL: 0,12 ANGULAR: 0,12	PESO	MATERIALES ACERO GALVANIZADO	
					FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN
					DIB.	08/02/22	CAPELO & GUERRERO
					REV.	-/-/-	EJE CUADRADO
					APROB.	-/-/-	ESCALA 1:1
							NÚMERO DEL DIBUJO MCT-13
EDI- CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE				SUSTITUYE A:



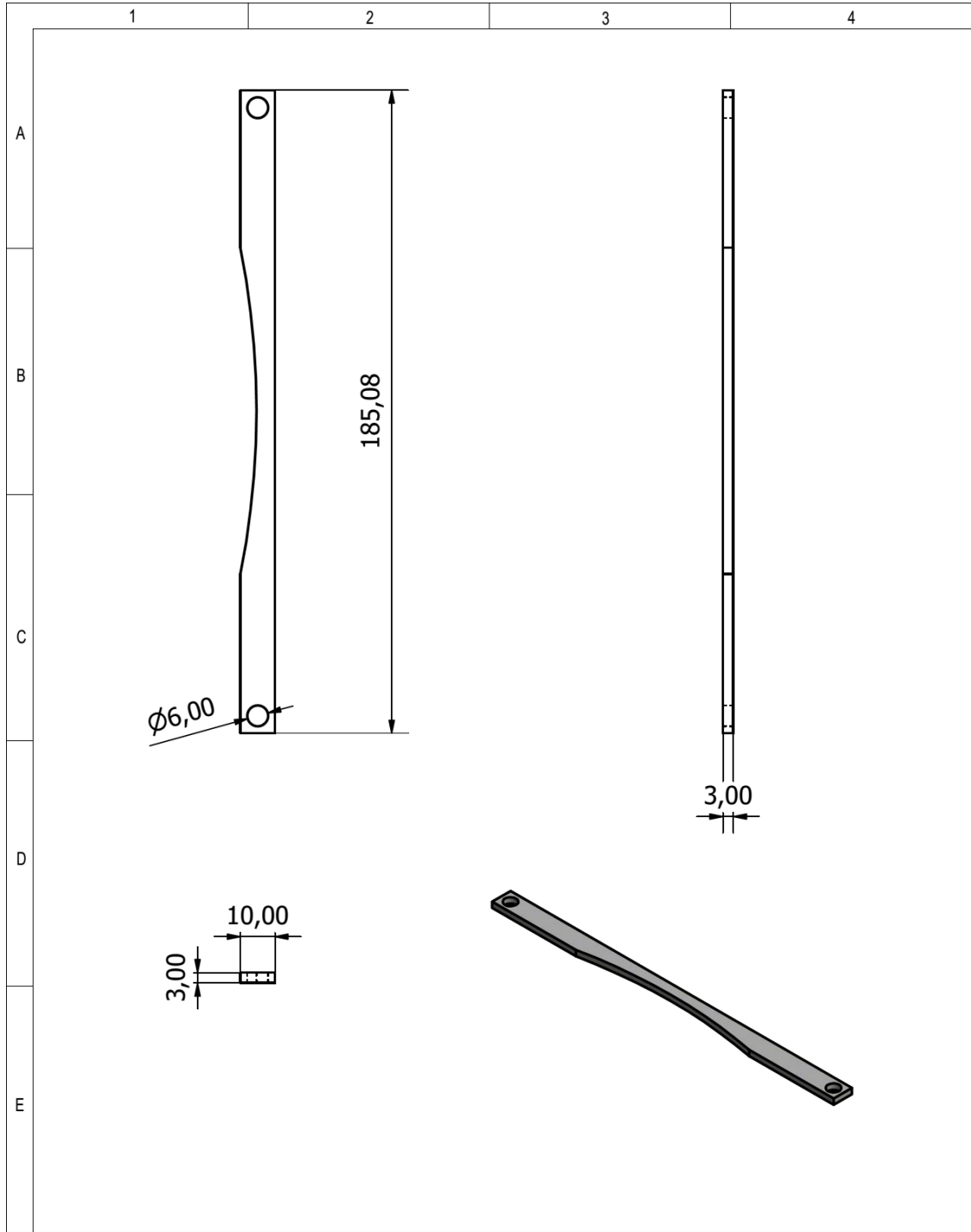
				TOLERANCIAS ENO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: N° TOLERANCIAS: LINEAL: IS2 ANGULAR: IS2		PESO		MATERIALES ACERO GALVANIZADO	
				FECHA 08/02/22		NOMBRE CAPELO & GUERRERO		DENOMINACIÓN MANIVELA	
				REV. -/-/-				ESCALA 1:1	
				APROB. -/-/-				NÚMERO DEL DIBUJO MCT-14	
EDICIÓN MODIFICACIÓN FECHA NOMBRE						SUSTITUYE A:			



				TOLERANCIAS SINO SE INDICA LO CONTRARIO: LADO COTAS DE COTACION EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: 127 TOLERANCIAS: DIN EN ISO 2875 REGULAR: 125	PESO	MATERIALES ACERO GALVANIZADO	
				FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN	ESCALA
				DIB.	08/02/22	CAPELO & GUERRERO	1:1
				REV.	-/-		
				APROB.	-/-		
						NÚMERO DEL DIBUJO	
						MCT-15	
EDI- CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE			SUSTITUYE A:	



				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: 10 TOLERANCIAS: LINEAL: 0.02 ANGULAR: 0.02	PESO	MATERIALES ACERO GALVANIZADO	
				FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN	ESCALA
				DIB.	08/02/22	CAPELO & GUERRERO	1:1
				REV.	---	VARILLA 2	
				APROB.	---		
						NÚMERO DEL DIBUJO	
						MCT-16	
EDI- CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE			SUSTITUYE A:	



				TOLERANCIAS <small>SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACORDADO EN PROYECTO N° 17</small> TOLERANCIAS: LINEAL: 0,02 ANGULAR: 0,02		PESO		MATERIALES ACERO GALVANIZADO	
				FECHA 08/02/22		NOMBRE CAPELO & GUERRERO		DENOMINACIÓN VARILLA 1	
				REV. -/-				ESCALA 1:1	
				APROB. -/-				NÚMERO DEL DIBUJO MCT-17	
EDICIÓN				MODIFICACIÓN		FECHA		NOMBRE	
						SUSTITUYE A:			