**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

# DISEÑO DE LA INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE TAREAS INVOLUCRADAS EN EL PROCESO DE EMPAQUETADO DE BANANO

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

Presentado por:

CHRISTIAN ORLANDO PILLASAGUA NEMER

FRANCISCO JIMMY CHILA QUIÑONEZ

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

# DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a todos mis seres queridos, en especial a mis padres y hermanos que son un pilar importante en mi formación académica.

Christian Orlando Pillasagua Nemer

El presente trabajo se lo dedico a Dios, que me bendice y me da fuerzas cada día para superar todas las barreras que se presentan en el camino y seguir cumpliendo nuevos objetivos.

A mis padres, hermanos y amigos, a Msc. Fernanda Larrea y Msc. Adriana Echeverria que han hecho posible lograr esta meta con su apoyo constante.

Francisco Jimmy Chila Quiñonez

# AGRADECIMIENTOS

A Dios, quien nos ha bendecido y guiado a pesar de las dificultades que hemos tenido en el camino, ayudándonos a conservar la paciencia y la perseverancia para cumplir nuestros objetivos.

A nuestros padres, hermanos, familiares y amigos que nos han sabido dar consejos, motivarnos y darnos su apoyo durante toda nuestra carrera universitaria.

A la empresa Pangola, por habernos permitido realizar los estudios del proyecto y por la apertura brindada.

Agradecemos a la Espol, a nuestro profesor de materia integradora Msc. Damián Larco, nuestro tutor Dr. Wilton Agila y al Ing. Francisco Vidal por haber colaborado en nuestro proceso de graduación.

# DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponden conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *CHRISTIAN ORLANDO PILLASAGUA NEMER Y FRANCISCO JIMMY CHILA QUIÑONEZ* 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"

Christian Orlando
Pillasagua Nemer

Francisco Jimmy
Chila Quiñonez

# EVALUADORES

| | |
|---|---|
| **Msc. Damián Larco** | **PhD. Wilton Agila** |
| PROFESOR DE LA MATERIA | PROFESOR TUTOR |

# RESUMEN

El banano de exportación pasa por varias etapas en las productoras de banano, tales como: cosecha, traslado, desflore, desmane, separación de dedos, selección, pesado, etiquetado, fumigado y empaque. Todas estas etapas del proceso se realizan de forma manual durante cada jornada laboral, viéndose limitado a la capacidad física de los trabajadores, la cual disminuye al transcurrir la jornada laboral debido a la fatiga por acciones repetitivas. El objetivo del presente proyecto, realizado durante el primer término de 2019, se enfoca en diseñar la ingeniería de detalle de la automatización de tareas involucradas en el proceso de empaquetado del banano de exportación, mediante el dimensionamiento y selección de equipos, para el mejoramiento del tiempo de producción, abarcando las etapas de pesado, etiquetado, fumigado y empaque.

La ingeniería de detalle contempla el diseño de los transportadores eléctricos para cada etapa señaladas al final del párrafo anterior, con su respectivo control eléctrico, diseño estructural de la etapa de fumigación y se hace uso de un transportador eléctrico inclinado, que se encarga de transportar las cajas de banano cerradas hacia el contenedor para luego ser transportadas a su respectivo destino. Los equipos y componentes eléctricos y mecánicos se los selecciona analizando la información disponible en los catálogos de proveedores y de acuerdo con las especificaciones de la operación en la productora de banano.

Finalmente, se realizan propuestas de diseño de la ingeniería de detalle de la automatización de transportadores eléctricos, donde se mejora el tiempo de producción. También se realizó un análisis de factibilidad técnica y viabilidad económica de las propuestas de diseño planteadas a la productora de banano Pangola.

**Palabras Clave:** automatización, productores, tiempo, transportador, etapa, acciones

# *ABSTRACT*

*Bananas for exportation go through several stages in banana producers, such as: harvest, transfer, deflower, unhanding, finger separation, selection, weighing, labeling, spraying and packaging. All these stages of the process are carried out manually by workers during each working day, being limited to the physical capacity of the workers, which decreases at the end of the workday due to fatigue, product of repetitive actions. The objective of this project, carried out during the first semester of 2019, focuses on designing the detailed engineering of the automation of tasks involved in the bananas for exportation packaging process, through the sizing and selection of equipment, for the improvement of production time, covering the stages of weighing, labeling, spraying and packaging.*

*The detailed engineering includes the design of the electric conveyors for each stage indicated at the end of the previous paragraph, with their respective electrical control, structural design of the fumigation stage, and the use of a sloped electric conveyor that is responsible for transporting the banana boxes to the container, that will be transported to their respective destination. Electrical and mechanical equipment and components are selected by analyzing the information available in the supplier catalogs and according to the specifications of the operation at the banana producer.*

*Finally, design proposals for electric conveyors automation detail engineering are made where production time is improved. An analysis of the feasibility and economic viability of the design proposals made to the banana producer Pangola is also carried out.*



***Keywords**: automation, producers, time, conveyors, stages, actions*


.

# ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES ..... 5
RESUMEN ..... I
*ABSTRACT* ..... II
ÍNDICE GENERAL ..... III
ABREVIATURAS ..... VI
SIMBOLOGÍA ..... VII
ÍNDICE DE FIGURAS ..... VIII
ÍNDICE DE TABLAS ..... XI
ÍNDICE DE PLANOS ..... XII
CAPÍTULO 1 ..... 13
1. Introducción ..... 13
1.1 Descripción del problema ..... 13
1.2 Justificación del problema ..... 14
1.3 Objetivos ..... 14
1.3.1 Objetivo General ..... 14
1.3.2 Objetivos Específicos ..... 14
1.4 Marco teórico ..... 15
1.4.1 Influencia del sector bananero en la economía ecuatoriana ..... 15
1.4.2 Etapas del proceso de empaquetado de banano ..... 17
CAPÍTULO 2 ..... 25
2. Metodología ..... 25
2.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN ..... 25
2.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN ..... 26
2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA ..... 26

2.4 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN ..... 26
2.5 PROCEDIMIENTO ..... 27
2.5.1 FASE 1 ..... 27
2.5.2 Fase 2 ..... 30
2.5.3 Fase 3 ..... 34
CAPÍTULO 3 ..... 36
3. Resultados Y ANÁLISIS ..... 36
3.1 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN ..... 36
3.1.1 RESULTADOS DE ENTREVISTA ..... 36
3.1.2 ESTUDIO DE TIEMPO ..... 37
3.1.3 RESULTADO DE DIAGRAMA DE PRECEDENCIA ..... 46
3.2 TRANSPORTADORES ELÉCTRICOS ..... 54
3.2.1 DATOS DE LA CADENA CARDÁNICA ..... 54
3.2.2 CÁLCULO DE POTENCIA MECÁNICA ..... 55
3.2.3 Dimensionamiento del motor ..... 61
3.3 CONTROL ELÉCTRICO ..... 62
3.4 ESTRUCTURA DE TRANSPORTADORES ..... 63
3.5 PLANOS ..... 66
3.6 FLEXSIM SOFTWARE ..... 66
3.7 RESULTADOS DE SIMULACIÓN EN FLEXSIM ..... 67
3.8 ANÁLISIS DE COSTOS ..... 68
3.8.1 INVERSIÓN ..... 68
3.8.2 MANTENIMIENTO ..... 68
3.8.3 COSTO DE MANO DE OBRA REEMPLAZADA ..... 69
3.8.4 VALOR ACTUAL NETO (VAN) Y TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) 69

3.8.5 CAPACIDAD DE PROCUCCIÓN Y NÚMERO DE CAJAS INCREMENTADAS ..... 70
3.8.6 ELECCIÓN DE LA MEJOR OPCIÓN ..... 71
CAPÍTULO 4 ..... 72
4. Conclusiones Y Recomendaciones ..... 72
Recomendaciones ..... 73
BIBLIOGRAFÍA ..... 74
APENDICES ..... 75

# ABREVIATURAS

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

PMPB Pequeños y Medianos Productores de Banano

PTSS Predetermined Time Standards Systems

PLC Programmable Logic Controller

NEC National Electrical Code

VAN Valor Actual Neto

TIR Tasa Interna de Retorno

# SIMBOLOGÍA

| | |
|---|---|
| Kg | Kilogramo |
| mg | Miligramo |
| s | segundo |
| ms | milisegundo |
| min | minuto |
| band | bandeja |
| mm | milímetro |
| m | metro |
| pul | pulgada |
| kgfm | kilogramo fuerza metro |
| V | Voltio |
| mV | Milivoltio |
| A | Amperio |
| N | Newton |
| W | watt |
| kW | kilowatt |
| Hp | Hosepower |
| Hz | Hertz |
| rpm | revoluciones por minuto |
| rad/s | radianes por segundo |
| dB | decibelio |
| J | Joule |

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Exportaciones “El Guabo" [3] ..... 17
Figura 1.2. Identificación por colores [Autoría propia] ..... 18
Figura 1.3 Etapa de desflore [Autoría propia] ..... 19
Figura 1.4. Etapa de desmane [Autoría propia] ..... 19
Figura 1.5. Etapa de lavado, selección y separación de dedos. [Autoría propia] ..... 20
Figura 1.6. Etapa de enjuague [Autoría propia] ..... 20
Figura 1.7. Etapa de pesado. [Autoría propia] ..... 21
Figura 1.8. Etapa de fumigado [Autoría propia] ..... 22
Figura 1.9. Etapa de etiquetado. [Autoría propia] ..... 22
Figura 1.10. Empaque de clústers [Autoría propia] ..... 23
Figura 1.11. Cerrado de cajas de banano. [Autoría propia] ..... 23
Figura 1.12. Traslado de cajas de banano. [Autoría propia] ..... 24
Figura 2.1. Levantamiento de información del proceso [Autoría propia] ..... 27
Figura 2.2. Flujo del proceso de ingeniería de detalle. [Autoría propia] ..... 30
Figura 2.3. Cálculo de transportador para movimiento horizontal [8] ..... 31
Figura 2.4. Cálculo para transportador con movimiento inclinado [8] ..... 32
Figura 2.5. Flujo para análisis de factibilidad económica [Autoría Propia] ..... 34
Figura 3.1. Variación de número de cajas de cartón por año [Autoría Propia] ..... 36
Figura 3.2. Datos de tiempos actuales ocupados por pesador 1 y 2 [Autoría Propia] 37
Figura 3.3. Tiempos actuales de pesador 3 [Autoría Propia] ..... 38
Figura 3.4. Tiempos actuales de fumigadora [Autoría Propia] ..... 39
Figura 3.5. Tiempos actuales en la etapa de fumigado VS después. [Autoría Propia] ..... 39
Figura 3.6. Tiempos actuales etiquetadora 1 [Autoría Propia] ..... 40
Figura 3.7. Tiempos actuales etiquetadora 2 [Autoría Propia] ..... 41
Figura 3.8. Tiempos actuales etiquetadora 3 [Autoría Propia] ..... 41
Figura 3.9. Tiempos actuales de etiquetado VS después [Autoría Propia] ..... 42
Figura 3.10. Tiempos actuales de etiquetador 1 [Autoría Propia] ..... 43
Figura 3.11. Tiempos actuales de operador al vacío [Autoría Propia] ..... 44

Figura 3.12. Tiempos actuales al vacío VS después [Autoría Propia] ..... 44
Figura 3.13. Tiempos actuales en cerrado de caja de banano [Autoría Propia] ..... 45
Figura 3.14. Diagrama de precedencia de proceso actual [Autoría Propia] ..... 47
Figura 3.15. Tiempo equivalente de actividades en proceso actual [Autoría Propia] . 47
Figura 3.16. Diagrama de precedencia de proceso con propuesta 1 [Autoría Propia] ..... 48
Figura 3.17. Tiempo equivalente de actividades para propuesta 1 [Autoría Propia] .. 49
Figura 3.18. Diagrama de precedencia para propuesta 2 [Autoría Propia] ..... 49
Figura 3.19. Tiempo equivalente para cada actividad de propuesta 2 [Autoría Propia] ..... 50
Figura 3.20. Diagrama de precedencias de propuesta 3 [Autoría Propia] ..... 51
Figura 3.21. Tiempos equpivalentes de cada actividad para propuesta 3 [Autoría Propia] ..... 51
Figura 3.22. Diagrama de precedencias para propuesta 4 [Autoría Propia] ..... 52
Figura 3.23. Tiempo equivalente de cada actividad para propuesta 4 [Autoría Propia] ..... 53
Figura 3.24. Diagrama de precedencias para propuesta 5 [Autoría Propia] ..... 53
Figura 3.25. Tiempo equivalente de cada actividad propuesta 5 [Autoría Propia] ..... 54
Figura 3.26. Coeficiente de fricción de cadena cardánica [10]..... 55
Figura 3.27. Curva de operación con inversor para motor de 1 HP ..... 61
Figura 3.28. Curva de operación con inversor para motor de 2 HP ..... 62
Figura 3.29. Transportador 1 para etapa de pesado [Autoría Propia] ..... 63
Figura 3.30. Transportador 2 para etapa de fumigado y etiquetado [Autoría Propia] 63
Figura 3.31. Trasportador 3 para etapa de etiquetado [Autoría Propia] ..... 64
Figura 3.32. Transportador 4 para etapa final de etiquetado [Autoría Propia] ..... 64
Figura 3.33. Transportador 5 para etapa de empaque [Autoría Propia]..... 65
Figura 3.34. Transportado 6 para etapa final y embarque [Autoría Propia] ..... 65
Figura 3.35. Transportador 7 etapa de empaque [Autoría Propia]..... 66
Figura 3.36. Simulación del proceso con trabajadores [Autoría Propia] ..... 67
Figura 3.37. Simulación del proceso con trabajadores y brazo robot [Autoría Propia] ..... 67

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Distribución de productores de banano [3]..... 16
Tabla 3.1. Número clústeres pesados de forma actual [Autoría Propia]..... 38
Tabla 3.2. Número de clúster pesados de forma independiente [Autoría Propia]..... 38
Tabla 3.3. Tiempos totales actuales VS después en etapa de fumigado. [Autoría Propia] ..... 40
Tabla 3.4. Tiempos totales actuales de etiquetado y después [Autoría Propia]..... 42
Tabla 3.5. Tiempos totales actuales de la etapa de empaque y después [Autoría Propia] ..... 43
Tabla 3.6.Tiempos totales actuales al vacío VS después [Autoría Propia]..... 45
Tabla 3.7. Tiempos totales en cerrar caja de cartón VS después [Autoría Propia].... 46
Tabla 3.8. Asignación de letras a etapas [Autoría Propia] ..... 46
Tabla 3.9. Cálculos para transportador de la etapa de pesado [Autoría Propia]..... 56
Tabla 3.10. Cálculos para transportador de la etapa de fumigado [Autoría Propia]... 57
Tabla 3.11. Cálculos para transportador de la etapa de etiquetado [Autoría Propia]. 58
Tabla 3.12. Cálculos para transportador de la etapa de empaque [Autoría Propia]... 59
Tabla 3.13. Cálculos para transportador de la etapa de embarque. [Autoría Propia] 60
Tabla 3.14. Inversión necesaria para cada propuesta [Autoría Propia] ..... 68
Tabla 3.15. Costos de mantenimiento [Autoría Propia]..... 69
Tabla 3.16. Valores de VAN y TIR para cada propuesta [Autoría Propia] ..... 69
Tabla 3.17. Datos de capacidad de producción de cada propuesta [Autoría Propia]. 70
Tabla 3.18. Número de cajas y ganancia incrementada [Autoría Propia] ..... 70

# ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Transportador eléctrico T1
PLANO 2 Transportador eléctrico T2
PLANO 3 Transportador eléctrico T3
PLANO 4 Transportador inclinado T4
PLANO 5 Transportador eléctrico T5
PLANO 6 Transportador eléctrico inclinado T6
PLANO 7 Transportador empaque inclinado T7
PLANO 8 Tablero eléctrico general
PLANO 9 Diagrama de fuerza 1
PLANO 10 Diagrama de fuerza 2

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

En Ecuador, existen pequeños y medianos productores de banano (PMPB) que venden su producto a multinacionales, las cuales lo compran a un precio mayor al regulado, y a grandes exportadores nacionales que pagan un precio menor al precio que pagan las multinacionales y muchas veces menor al precio regulado [1]. Por último, el sobrante de fruta se vende a otros productores nacionales los cuales pagan precios inferiores a los ya establecidos [1]. Asimismo, se ha mencionado que el mercado del banano lo controlan las empresas bananeras multinacionales, por ende, son las que regulan y fijan el precio de este en el mercado, debido a esto la creación de asociaciones es importante para la sostenibilidad y crecimiento de los productores de banano [1].

Las provincias de El Oro, Los Ríos y Guayas suman el 90% de la producción bananera del país [2]. Asimismo cabe señalar que en la provincia de El Oro, se sitúan la mayor parte de los pequeños productores, mientras que, en las provincias del Guayas y Los Rios, los grandes productores. Se puede mencionar que, asociones como las de “El Guabo” abarcan gran parte de los productores de estas provincias brindando apoyo financiero, económico, social, y productivo [3].

Las productoras de banano poseen falencias que incrementan el tiempo de producción por caja en varias etapas del área de empaquetado. Para este proyecto se trabaja específicamente con las etapas de pesado, etiquetado, fumigado de la corteza del banano, y empaquetado, mediante el diseño de la ingeniería de detalle de la automatización de las bandas transportadoras de cada una de las etapas mencionadas buscando mejorar el tiempo de producción, manteniendo al mismo tiempo la calidad del producto.

### 1.1 Descripción del problema

El proceso de empaquetado del banano incluye algunas etapas como: pesado, fumigado, etiquetado, empaque y traslado, las cuales actualmente se realizan de

forma manual y artesanal en la bananera Pangola, ubicada en la parroquia rural Tenguel del cantón Guayaquil, provincia del Guayas en Ecuador. Este proceso de empaquetado toma un tiempo de producción que debe ser reducido, para aumentar el número de cajas de banano de exportación producidas en cada jornada laboral, y así satisfacer una mayor demanda. También en algunas ocasiones existen daños por caídas o golpes, lo que representa un porcentaje económico en pérdidas de fruta cosechada.

Además, existe un número considerable de trabajadores que ejecutan acciones repetitivas que producen fatiga o sobrecarga, disminuyendo el nivel de productividad durante el proceso de empaquetado.

## 1.2 Justificación del problema

En un mundo globalizado, se busca ser más competitivo para lograr mantenerse o seguir creciendo en el mercado, buscando satisfacer la demanda local y/o extranjera, cumpliendo con los requisitos y normativas propias de cada país consumidor del banano ecuatoriano. Al automatizar la línea del proceso de empaquetado del banano, se mejorará el tiempo de producción, y la supresión de ciertas actividades repetitivas ejercidas por los mismos trabajadores.

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo General

Diseñar la ingeniería de detalle de la automatización de tareas involucradas en el proceso de empaquetado del banano de exportación, mediante el dimensionamiento y selección de equipos, para la mejora del tiempo de producción.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

1. Determinar los requerimientos y características que deben cumplirse en el área de empaquetado del banano para la identificación de puntos mejorables del proceso de empaquetado.

2. Investigar las características técnicas de los diferentes sensores, actuadores y equipos de automatización para la selección y utilización adecuada en el proceso de empaquetado.
3. Elaborar el presupuesto final de la automatización del proceso de empaquetado del banano para determinación de la viabilidad económica y factibilidad técnica.

## 1.4 Marco teórico

### 1.4.1 Influencia del sector bananero en la economía ecuatoriana

La exportación bananera en el Ecuador representa el 35% del Producto Interno Bruto (PIB) agrícola y del PIB general representa el 2% [3]. Por eso se lo considera un sector importante en la economía del país. Por otra parte, para el año 2013, se determinó que aproximadamente más de 2,5 millones de ecuatorianos se benefician de la industria bananera [3]. Ya que las inversiones en el área de producción y todo lo relacionado con los bienes y servicios necesarios para este sector productivo generan empleos para más de un millón de familias ecuatorianas [3]. Asimismo, este sector representa un eje central en la actividad económica, generando más oportunidades de empleo y logrando mayores ingresos en comparación a otros sectores productivos no petroleros del Ecuador [3].

Tomando datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), se observa en la Tabla 1.1. que los productores de banano en el Ecuador se distribuyen por tamaño de hectáreas. Siendo los pequeños productores, entre 0-30 hectáreas, el 78% de los productores de banano del país. Y junto a los medianos productores, mayores a 30 y menores o igual a 100 hectáreas, representan el 95.6% [3]. Por ende, la producción de banano ecuatoriano recae principalmente en la economía popular y solidaria contribuyendo a la reducción de la pobreza rural [3].

**Tabla 1.1. Distribución de productores de banano [3]**

| Distribución por tamaño de hectáreas | Hectáreas sembradas hectáreas sembradas | Número de productores |
|---|---|---|
| 0-30 [pequeños] | 35.685 | 3.480 |
| >30 ≤100 [medianos | 57.486 | 800 |
| 100 o más [grandes] | 69.063 | 193 |
| Total | 16.2236 | 4.473 |

Asociaciones de pequeños productores de banano como la asociación “El Guabo” tiene como objetivo principal mejorar las condiciones de sus socios en el entorno social y laboral, cubriendo las demandas de sus clientes con productos de excelente calidad [3].

Las provincias de El Oro, Guayas y Los Ríos tienen la mayor concentración de productores, abarcando el 41%, 34%, y 36% respectivamente [3].

El Guabo posee su propio sistema de monitoreo donde incluyen datos de exportación, tratamiento de la fruta, etc. Las exportaciones, mostradas en la Figura 1.1, poseen una tasa de crecimiento promedio anual de 3% siendo los años de mayor exportación, 2009 y 2016 [3].

**Figura 1.1. Exportaciones “El Guabo" [3]**

El Guabo ha logrado implementar iniciativas como un fondo común para otorgar créditos a los agricultores proporcionándoles oportunidad de inversión, capacitaciones en el área de control de calidad, mejoras en los sistemas de riego, zonas de embalaje, programas de educación, programas de reciclaje en las fincas, seguro de salud para los miembros y empleados [3].

Por otra parte, esta asociación cumple con la legislación sanitaria, ambiental y laboral establecida en el país [3]. Asimismo, algunas de las productoras de banano cumplen con estándares internacionales de calidad como las normas ISO, Rainforest Alliance, GLOBALGAP, Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (HACCP) [3].

### 1.4.2 Etapas del proceso de empaquetado de banano

#### 1.4.2.1 Cosecha

La mayoría de las plantaciones de banano tienen un área denominada como área de empaquetado o empacadora. Usualmente esta área se encuentra dentro de la plantación, debido a que el proceso de empaquetado se lo realiza inmediatamente luego de la cosecha.

Por lo general, en las productoras de banano como el caso de Pangola, la cosecha se realiza semana a semana, considerando el número de racimos de banano que están calibrados y aptos para la cosecha. El sistema que utiliza Pangola divide el año en 52 semanas, para cada semana hay un grupo de racimos identificados con cintas de colores, que se cosechan para cubrir la demanda de exportación y a su vez se comienza con el enfunde de los nuevos racimos, con un color específico para una calibración correcta. Se utiliza una secuencia de 10 colores ya establecida por la empresa.

Por ejemplo, la secuencia de colores negra, amarilla, azul, naranja, café, ploma, verde, lila, roja, y blanca son las 10 identificaciones usadas por la bananera Pangola para la correcta calibración de sus racimos, como se puede observar en la Figura 1.2.

**Figura 1.2. Identificación por colores [Autoría propia]**

| SEM. | PANGOLA 2018 | BLANCA | NEGRA | AMARILLA | AZUL | NARANJA | CAFÉ | PLOMA | VERDE | LILA | ROJA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | NEGRA | | | | | | | | | | |
| 2 | AMARILLA | | | | | | | | | | |
| 3 | AZUL | | | | | | | | | | |
| 4 | NARANJA | | | | | | | | | | |
| 5 | CAFÉ | | | | | | | | | | |
| 6 | PLOMA | | | | | | | | | | |
| 7 | VERDE | | | | | | | | | | |
| 8 | LILA | | | | | | | | | | |
| 9 | ROJA | | | | | | | | | | |
| 10 | BLANCA | | | | | | | | | | |

### 1.4.2.2 Desflore

Consiste en la eliminación de las flores secas ubicadas al final del fruto del racimo, se inicia desde la parte de abajo utilizando solamente los dedos, como se puede apreciar en la Figura 1.3.

**Figura 1.3 Etapa de desflore [Autoría propia]**

#### 1.4.2.3 Desmane

Consiste en cortar con ayuda de un cortador semicircular, un solo corte lo más cerca al tallo para luego ser colocado cuidadosamente en la piscina de lavado como se observa en la Figura 1.4.

**Figura 1.4. Etapa de desmane [Autoría propia]**

#### 1.4.2.4 Lavado, selección y separación de dedos

En esta etapa cada mano de la fruta es movilizada por un flujo de agua, hacia los encargados de seleccionar los bananos según su estado,

descartando aquellos con imperfecciones, longitudes no adecuadas, estropeados o con tamaño inadecuado, como se muestra en la Figura 1.5. Para proceder a cortar, separar los dedos y luego formar la corona de presentación usando un cuchillo curvo.

**Figura 1.5. Etapa de lavado, selección y separación de dedos. [Autoría propia]**

#### 1.4.2.5 Enjuague

Luego de haber sido seleccionados y formar su corona, pasan a la siguiente piscina de enjuague como podemos apreciar en la Figura 1.6., donde permanecen por alrededor de 10 a 20 min para eliminar el látex producido luego del corte.

**Figura 1.6. Etapa de enjuague [Autoría propia]**

#### 1.4.2.6 Pesado

En esta etapa del proceso, las manos de banano son seleccionadas y colocadas en la balanza hasta armar un clúster con el peso deseado para cada caja, según la marca del cliente que se esté produciendo, como se puede observar en la Figura 1.7.

**Figura 1.7. Etapa de pesado. [Autoría propia]**

#### 1.4.2.7 Fumigación

En esta etapa se esparce una sustancia con fungicida sobre cada clúster, como se puede apreciar en la Figura 1.8. especialmente en las coronas de cada mano de banano, esto es muy importante para proteger la corona de la fruta de afectaciones por hongos y pudrición en el tiempo que le toma llegar a su país destino. Garantizando así una mejor calidad del producto y cumplimiento de las normas exigidas por el mercado consumidor.

**Figura 1.8. Etapa de fumigado [Autoría propia]**

#### 1.4.2.8 Etiquetado

En esta etapa se colocan las etiquetas a los dedos de banano según las condiciones establecidas por la marca o empresa exportadora, como se puede apreciar en la Figura 1.9. para identificar el producto en los controles de calidad.

**Figura 1.9. Etapa de etiquetado. [Autoría propia]**

#### 1.4.2.9 Empaque

En esta etapa se reciben los clústeres de banano y se los coloca en la caja de la marca respectiva como se aprecia en la Figura 1.10. siguiendo un patrón de empaque donde se considera su forma, tamaño y número de filas. Luego se los empaca al vacío y se cierra la caja, para ser llevado al contenedor como se muestra en la Figura 1.11.

**Figura 1.10. Empaque de clústers [Autoría propia]**

**Figura 1.11. Cerrado de cajas de banano. [Autoría propia]**

### 1.4.2.10 Transporte

Posterior al empaque del banano, la caja se coloca y ordena dentro del contenedor para luego ser transportada a los puertos de carga, como se observa en la Figura 1.12. donde se realiza inspección de calidad antes de ser embarcadas en los barcos de carga, para poder llegar a su destino final.

**Figura 1.12. Traslado de cajas de banano. [Autoría propia]**

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

Este proyecto realizará una investigación aplicada, porque se enfocará en el diseño de la ingeniería de detalle para tareas involucradas en el proceso de empaquetado de banano, ofreciendo una solución de mejora del tiempo de producción, aplicando criterios técnicos de automatización industrial.

### 2.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

"El diseño señala al investigador lo que debe hacer para alcanzar sus objetivos de estudio, contestar las interrogantes que se ha planteado y analizar la certeza de la(s) hipótesis formuladas en un contexto en particular [4]", es decir, es el camino que seguirán los autores para cumplir con los objetivos planteados y demostrar cada una de las condiciones del proceso que se analizarán para saber si las decisiones que se van a realizar son correctas.

"En términos generales, el diseño de la investigación representa en gran medida la estructura metodológica que formará y seguirá el proceso de investigación, y además que conduzca a la solución del problema [5]". En base a todo lo antes mencionado, se procederá a realizar una Investigación transversal de tipo descriptiva, y de campo, donde se conocerá con mayor detalle las características y procedimientos que deben cumplirse, durante el proceso de empaquetado de banano, identificando así las partes mejorables del proceso.

"Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis [4]". Además, se complementará el diseño con un enfoque mixto, que por el lado cuantitativo tomará la técnica de observación, para medir los tiempos que toma realizar cada una de las acciones involucradas, en cada etapa del proceso de empaquetado. Por el lado

cualitativo se tomará la técnica de la entrevista, para conocer más sobre el proceso de producción en la empacadora “Pangola”, donde se consultará a la administradora general actual, con la finalidad de identificar datos de producción, datos de gestión de personal e identificar necesidades de mejora del proceso. Con estas técnicas se obtendrá información útil para decidir, si en relación costo-beneficio se debe automatizar cierta etapa o no.

## 2.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método deductivo “es el procedimiento racional que va de lo general a lo particular [5]”, este proyecto tendrá un alcance descriptivo, deductivo y explicativo. Descriptivo porque se detallará cada una de las etapas involucradas del proceso de empaquetado, deductivo porque permitirá presentar una solución particular a partir de conceptos generales previamente conocidos, explicativo porque se determinará todas las ventajas y desventajas del proceso luego de una exploración y análisis adecuado, para justificar los equipos y materiales seleccionados.

## 2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población de estudio estuvo conformada por el número de clústeres producidos en el área de empaquetado de banano, en un día laboral de la empacadora “Pangola”. En un día de producción promedio se empacan 2000 clústeres. Se tomó como muestra un bloque de 10 clústeres consecutivos de cada etapa para realizar su análisis.

## 2.4 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Para este proyecto se usará la observación sistematizada de dos formas: cuantitativa para analizar el desarrollo de las diferentes etapas, y determinar los diferentes tiempos que a cada trabajador le toma realizar una acción, de la etapa en la que se encuentra, así como para saber el tiempo total por clúster ocupado en cada una de ellas, observación cualitativa para determinar si algunas de las acciones pueden producir efectos negativos considerables a la salud física del

trabajador. También se aplicará una entrevista a la Sra. Gina Pizarro, administradora general de la productora Pangola a quien se le aplicará un cuestionario con preguntas abiertas con el objetivo de obtener información del volumen de producción, procedimientos, marcas que producen, entre otros.

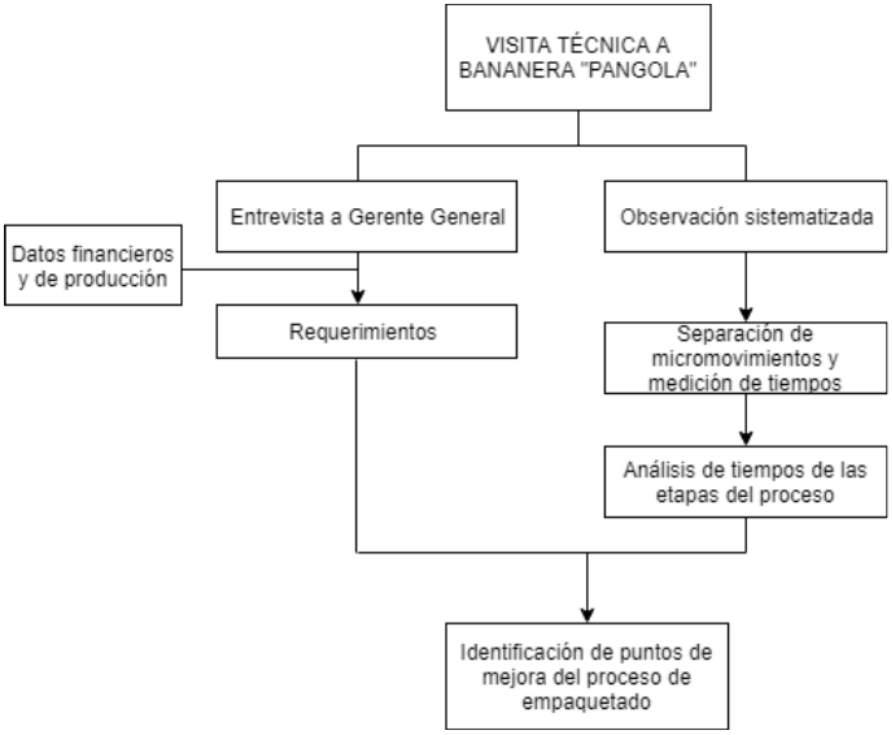
## 2.5 PROCEDIMIENTO

El proyecto es desarrollado en 3 fases que serán detalladas a continuación:

### 2.5.1 FASE 1

Identifica condiciones de operación, tiempos requerido por acciones en cada etapa, tiempo de producción, considerando puntos mejorables del proceso de empaquetado, mediante un levantamiento de información en la bananera Pangola, siguiendo el flujo mostrado en la Figura 2.1.

**Figura 2.1. Levantamiento de información del proceso [Autoría propia]**




#### 2.5.1.1 Entrevista a Gerente General

La entrevista a la gerente general de la empresa proporciona datos técnicos y financieros de la bananera que dirige, así como posibles

mejoras al sistema actual de empaquetado. Se graba la entrevista como respaldo, recopilación de datos y posterior análisis de información.

#### 2.5.1.2 Medición de tiempos

En base a la herramienta de estudio de tiempos con cronómetro, se utiliza una cámara de video, una tabla de observaciones y una tabla de estudios de tiempos. Debido a que es una herramienta con diversas prestaciones [6]. De esta manera registrar los tiempos de acciones y ritmo de trabajo, en las etapas del proceso de empaquetado preestablecido de forma manual, que se analiza posteriormente.

#### 2.5.1.3 Análisis de tiempos

Aplica la técnica de sistema de estándares de tiempos predeterminados (PTSS) por sus siglas en inglés, en las etapas de pesado, fumigado, etiquetado y empaque, desde el pesado hasta el transporte, para lo cual se siguen los pasos detallados a continuación [6].

- Dividir los movimientos de los trabajadores en micromovimientos, dentro de los cuales existen los siguientes elementos.
  - Transportar vacío
  - Buscar
  - Seleccionar
  - Tomar
  - Transportar Cargado
  - Pre-ubicar
  - Colocar
  - Ensamblar
  - Desensamblar
  - Soltar la carga
  - Usar
  - Sujetar
  - Inspeccionar
  - Retraso evitable
  - Retraso inevitable
  - Planear

- Descansar para recuperarse de la fatiga

- Registrar tiempo para cada uno de los elementos, asumiendo que hubo una tolerancia del 10% por motivos de descansos, tiempo personal y retrasos inevitables.
- Calcular el estándar de tiempo
  - Tiempo estándar: Tiempo normal medido más tolerancias es igual al tiempo estándar, normalmente en minutos.
  - Horas por unidad: Dividir el tiempo estándar para 60 min, que representa 1 hora.
- Calcular el costo, multiplicando las horas por unidad por la tarifa horaria del trabajador u operador, obtenemos costo unitario de la mano de obra.
- Mejorar reduciendo costos
  - Eliminar movimiento
  - Combinar movimientos
  - Modificar la secuencia de los movimientos
  - Reducir la calidad de los movimientos a otros
  - Justificar el nuevo equipo
  - Justificar mejores herramientas, aditamentos y dispositivos

Se obtuvo de este análisis los tiempos a eliminar, las posibles herramientas a utilizar.

#### 2.5.1.4 Identificación de mejoras

En base al análisis de tiempos realizado, se identificaron elementos de trabajo a mejorar o eliminar, como tiempo utilizado en empujar clústeres de banano por los rodillos, tiempo de espera de clústeres, etc.

#### 2.5.1.5 Propuesta de diseño

Luego de identificar los tiempos de micromovimientos ineficientes, se realiza un diseño de automatización de bandas transportadoras segmentadas a cada etapa del proceso, para el movimiento de los clústeres durante el proceso de empaquetado, haciendo uso de sensores para la detección de las cajas de banano según la trayectoria definida.

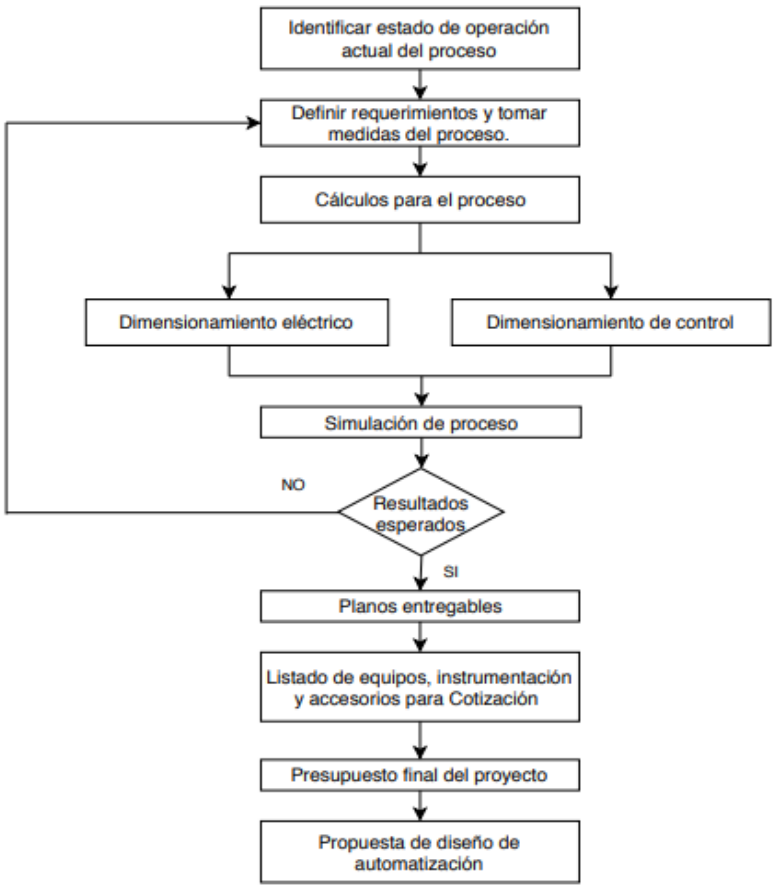
#### 2.5.1.6 Diagrama de precedencias

El método de diagrama de precedencias se lo utiliza cuando se desea mostrar las diferentes tareas o actividades, representadas por nodos en cascada, enfatizando en aquellas tareas que deben realizarse antes que otras, y detallando el tiempo que cada una demora en ser ejecutada [7].

### 2.5.2 Fase 2

Se obtiene el tiempo estándar en base al estudio de tiempos realizado en la fase 1, para calcular y definir la velocidad nominal apropiada de las bandas transportadoras. Según las restricciones y validaciones que debe tener cada etapa para un desarrollo normal, se determina el número de sensores y actuadores que se usarán en este proyecto. Con estos datos se calcula, dimensiona, selecciona y cotiza todos los elementos del proceso, siguiendo el flujo de actividades mostrado en la Figura 2.2.

**Figura 2.2. Flujo del proceso de ingeniería de detalle. [Autoría propia]**

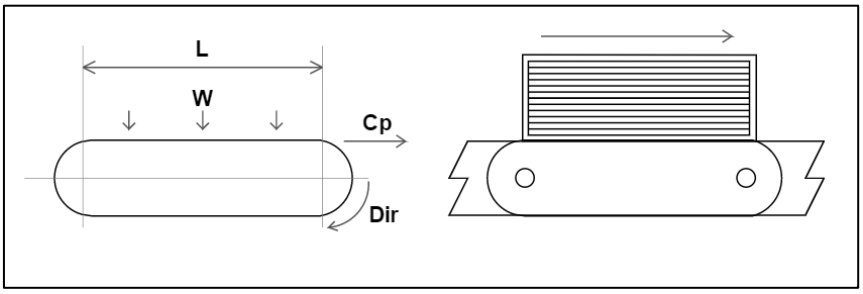


### 2.5.2.1 Cálculo de componentes para las bandas transportadoras.

Se calcula los elementos constructivos de la banda transportadora tomando en consideración los siguientes parámetros: dimensiones del área de trabajo y de los clústeres que transportan a los bananos, velocidad nominal de las bandas transportadoras, peso total de los clústeres a transportar, a velocidad constante, tipo de cadena y materiales constructivos.

El manual de RENOLD para cadenas en transportadores, posee una guía para diseñador donde establece las siguientes formulas (2.1.), (2.2.), (2.3.), (2.4.), (2.5.), (2.6.), (2.7.). [8]

**Figura 2.3. Cálculo de transportador para movimiento horizontal [8]**

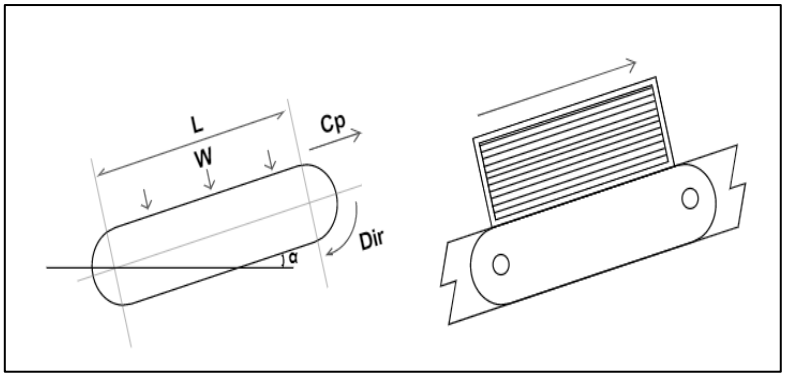



$$Cp = 9.81 * \mu_c[(2.05 \ * \ Wc \ * L) + W] \ (N) \qquad (2.1.)$$

$$K = \frac{Cp*V}{1000} \ (kW) \qquad (2.2.)$$

Como se puede apreciar en la Figura 2.3, donde Cp es la fuerza total de tracción de la cadena obtenida aplicando la formula (2.1.), µc es el coeficiente de fricción, Wc es el peso de la cadena por longitud, L es la longitud efectiva del transportador, W es el peso total a transportar, V la velocidad de desplazamiento, y K la potencia necesaria en kW obtenida aplicando la formula (2.2.) [8].

**Figura 2.4. Cálculo para transportador con movimiento inclinado [8]**




$$P_B = 9.81 * Wc * L * \mu_{s1}\ (N) \quad (2.3.)$$

$$Cp = 9.81 * \mu_{s2}\ [(Wc * L) + W] + PB\ (N) \quad (2.4.)$$

$$K = \frac{Cp*V}{1000}\ (kW) \quad (2.5.)$$

Así mismo, dada la fuerza de gravedad y el grado de inclinación se establecen las fórmulas mostradas en la Figura 2.4

Donde Pb es la fuerza de tracción en el punto B obtenida aplicando la fórmula (2.3.), Wc es el peso de la cadena, Cp es la fuerza total de tracción de la cadena obtenida aplicando la formula (2.4.), K la potencia necesaria en kW obtenida aplicando la formula (2.5.) L la longitud de la cadena, como se observa en las ecuaciones (2.6.) y (2.7.) las variables Us1 y Us2 son proyecciones del coeficiente de fricción [8].

$$\mu_{S1} = (\mu c * cos\alpha) - sin\alpha \quad (2.6.)$$

$$\mu_{S2} = (\mu c * cos\alpha) + sin\alpha \quad (2.7.)$$

Cp es la fuerza total de tracción de la cadena, y K es la potencia expresada en kW.

**Características del motor**

Se determinan las características de los motores eléctricos, partiendo de la potencia necesaria, calculada previamente mediante el uso de ecuaciones de potencia. A su vez al utilizar un variador de frecuencia, para mayor precisión en la velocidad de las bandas, se considera las curvas de desempeño de los motores con inversores. Para que de esta manera la

potencia y el par del motor no sean afectados por las variaciones de frecuencia.

**Variador de Velocidad**

Se determina el modelo comercial de variador de velocidad considerando las características de corriente nominal, voltaje nominal, velocidad nominal, tipo de alimentación.

**Características del controlador**

El modelo comercial de controlador lógico programable (PLC) es seleccionado según el número de señales de entrada y salida que tendrá nuestro proceso. Se toma en consideración el tipo de comunicación a utilizarse en el diseño.

**Características de los sensores**

Se usa sensores de proximidad como son los finales de carrera mecánicos, tomando en consideración la presencia de un medio hostil, húmedo y abierto durante todas las etapas del proceso.

**Dimensionamiento de conductores y protección termomagnética**

Se toma como manual de referencia el código eléctrico nacional (NEC) según sus siglas en inglés.

**Cotización y selección de elementos**

Para cada elemento y equipos del diseño, se determina con anterioridad sus características técnicas más relevantes, para la cotización en los diferentes distribuidores de estos productos en el mercado nacional e internacional.

**Planos**

Los diferentes planos del proyecto se realizan usando las herramientas de diseño AutoCAD y SolidWords. Estos softwares permiten dibujar y modelar en 2D y 3D los elementos del diseño, producto de la ingeniería de detalle.

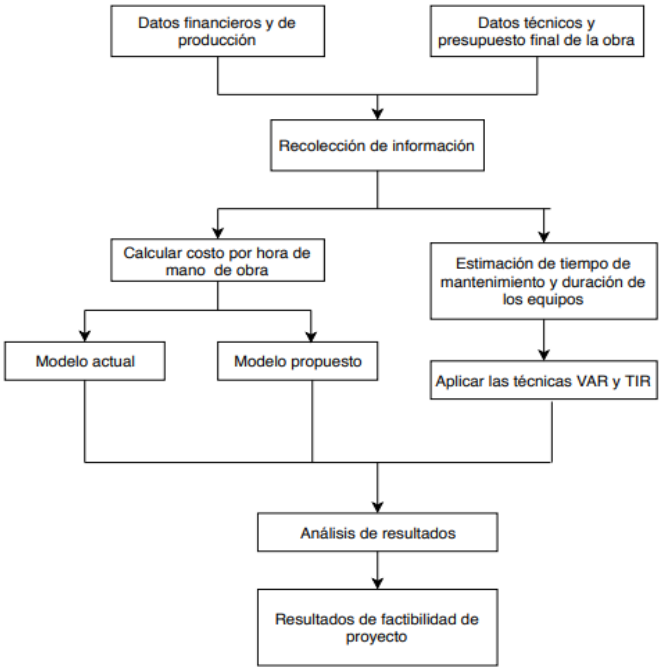
**Presupuesto del proyecto**

Se realiza el presupuesto del proyecto en base a los costos de los equipos y elementos del diseño planteado, así como también la mano de obra para la instalación de estos.

### 2.5.3 Fase 3

Se realiza un estudio de factibilidad siguiendo el flujo de la Figura 2.5, haciendo uso de los datos financieros y de producción proporcionados en la entrevista por la administradora general, y el presupuesto final del proyecto proporcionado por los autores de este.

**Figura 2.5. Flujo para análisis de factibilidad económica [Autoría Propia]**



#### 2.5.3.1 Análisis de viabilidad económica del proyecto

El análisis de factibilidad se lo realiza mediante el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), considerando el flujo de dinero en el tiempo, para estimar el tiempo de recuperación de la inversión.

"El VAN mide la deseabilidad de un proyecto en términos absolutos. Calcula la cantidad total que ha aumentado el capital como consecuencia del proyecto [9]", es decir nos representa todos los flujos netos de cada periodo futuro, en el valor equivalente al momento de la inversión para poder interpretar la ganancia esperada y si cumple con nuestras expectativas del negocio.

"La TIR, expresa el crecimiento del capital en términos relativos y determina la tasa de crecimiento del capital por período [9]", es decir, nos representa por medio de un porcentaje el aumento que tendrá el dinero invertido por cada periodo de tiempo, ayudando a determinar y entender de mejor manera la rentabilidad de un proyecto o propuesta de negocio.

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

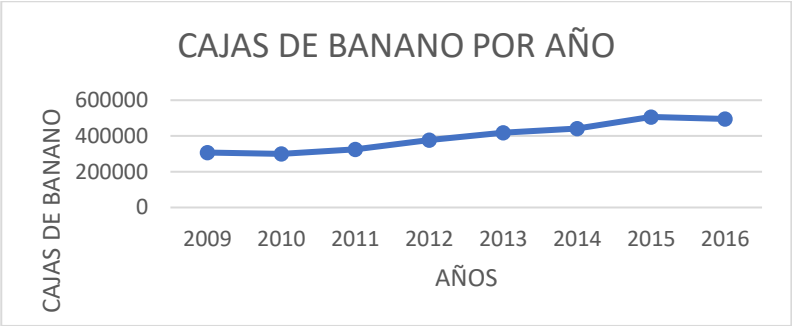
### 3.1 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

#### 3.1.1 RESULTADOS DE ENTREVISTA

Con respecto a la entrevista incluida en APENDICE 1, dirigida a la administradora general de la productora de banano “Pangola” se obtuvo como resultado lo siguiente:

- El banano es una producción cíclica semanal durante los 365 días del año.
- El precio actual de comercialización a nivel mundial de una caja de banano es de $6.30 dólares americanos.
- Se tienen firmados contratos anuales que, en el caso de existir una baja del precio en el mercado internacional, este no les afecta. Y siempre se tiene cupo para exportar.
- En los meses de mayor producción influye el clima, en el caso de Enero, Febrero, Marzo, Abril y parte de Mayo son de producción sumamente alta con alrededor de 20000 cajas al mes. En los meses de producción baja se procesan alrededor de 14000 a 15000 cajas de banano al mes.
- Producción de cajas de banano durante el periodo 2009 a 2016 en la Figura 3.1

**Figura 3.1. Variación de número de cajas de cartón por año [Autoría Propia]**



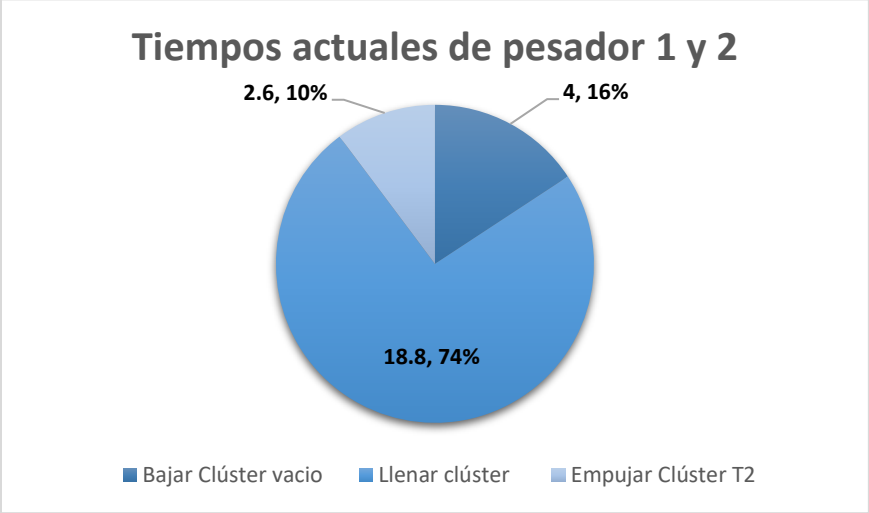
Empezó a administrar la empresa hace 10 años con 60 hectáreas y 30 empleados y actualmente 400 empleados y 120 Hectáreas.

- Los empleados tienen puestos fijos y no son rotados por las diferentes áreas.
- En el etiquetado se colocan las etiquetas de acuerdo con la solicitud del cliente, hay marcas que exigen 3 o máximo 4 etiquetas por mano y otra en la que se colocan 5 o 6 por mano. Pero la caja de banano sigue teniendo el mismo precio.
- La empresa abastece son su producto a 14 marcas exportadoras de banano.
- La producción de banano depende de la programación del pedido. Se trabaja normalmente martes y miércoles, en un día por ejemplo se produce 1800 cajas y las otras 1700 cajas, teniendo una suma de 3500 cajas a la semana.

### 3.1.2 ESTUDIO DE TIEMPO

#### 3.1.2.1 ETAPA DE PESADO

**Figura 3.2. Datos de tiempos actuales ocupados por pesador 1 y 2 [Autoría Propia]**




Actualmente, con el pesador 1 y 2 trabajando en la misma balanza, les toma 25,40 segundos llenar un cluster, en cambio al pesador 3 le tomaba

42,50 segundos en realizar la misma tarea, como se observa en la Figura 3.2. Cabe mencionar que el pesador 2 dedica 5,9 segundos adicionales para empujar los clusteres en la curva de los rodillos, hasta donde la persona etiquetadora próxima a el.

**Tabla 3.1. Número clústeres pesados de forma actual [Autoría Propia]**

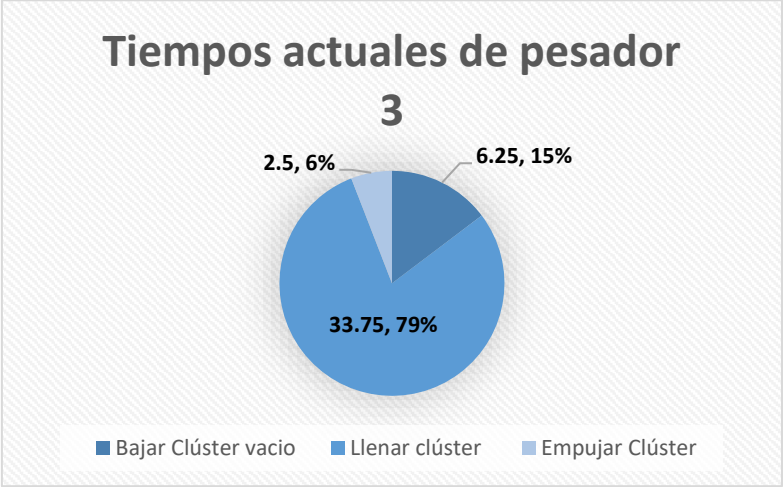
| TRABAJADORES | CLÚSTERES | TIEMPO [min] |
|---|---|---|
| Pesador 1 y 2 | 24 | 10 |
| Pesador 3 | 14 | |
| TOTAL | 38 | |

**Tabla 3.2. Número de clúster pesados de forma independiente [Autoría Propia]**

| TRABAJADORES | CLÚSTERES | TIEMPO [min] |
|---|---|---|
| Pesador 1 | 14 | 10 |
| Pesador 2 | 14 | |
| Pesador 2 | 14 | |
| TOTAL | 42 | |

Según la Tabla 3.1 y Tabla 3.2 para aprovechar de mejor manera el tiempo, se sugirió que los trabajadores trabajen de forma individual en balanzas separadas.

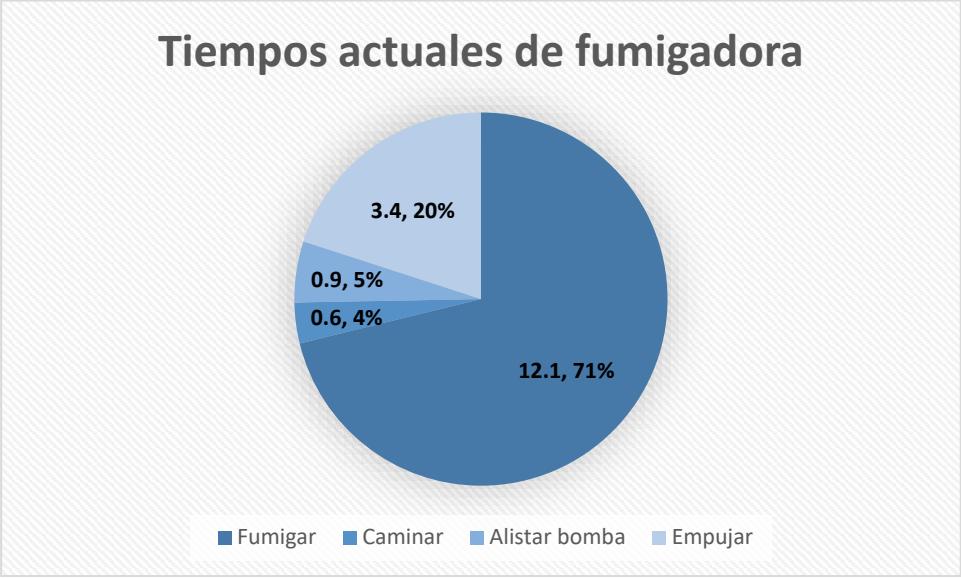
**Figura 3.3. Tiempos actuales de pesador 3 [Autoría Propia]**



Como se observa en la Figura 3.3  Eliminando el tiempo que ocupa el pesador 3 en empujar las bandejas se demorará 40 segundos. Con lo cual se obtuvo la disminución del 5,88% de su tiempo actual de trabajo.

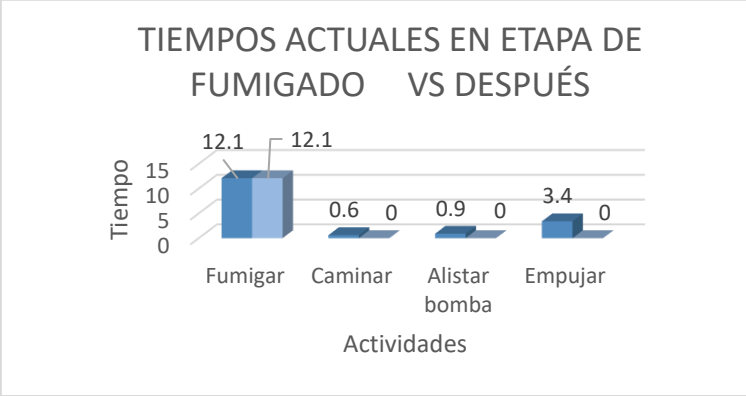
### 3.1.2.2 ETAPA DE FUMIGADO

**Figura 3.4. Tiempos actuales de fumigadora [Autoría Propia]**




En esta etapa se ocupa un tiempo considerable en empujar y alistar la bomba de fumigado de 3,4 y 0,9 segundos respectivamente,como se observa en la Figura 3.4

**Figura 3.5. Tiempos actuales en la etapa de fumigado VS después. [Autoría Propia]**



Se observó que al implementar la automatización de los transportadores eléctricos, en esta etapa se eliminaron los tiempos ocupados en caminar de 0,6 segundos, aistar bomba 0,9 segundos y empujar 3,4 segundos. Ver Figura 3.5.

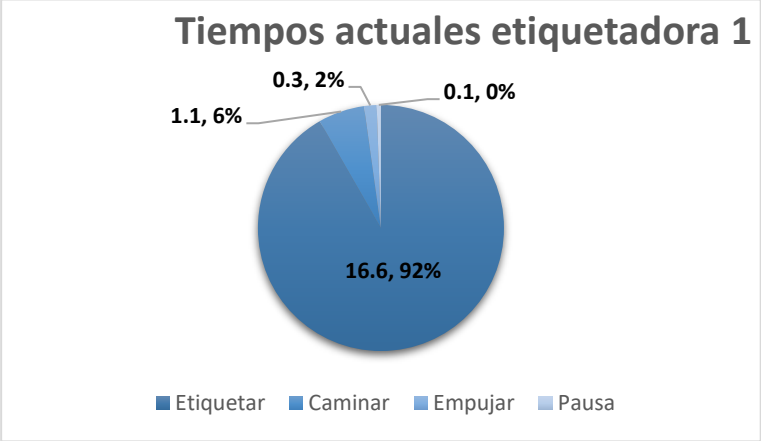
**Tabla 3.3. Tiempos totales actuales VS después en etapa de fumigado. [Autoría Propia]**

| TRABAJADORES | TIEMPO [S] | | PORCENTAJE REDUCIDO |
|---|---|---|---|
| | ANTES | DESPUÉS | |
| Fumigadora | 17,00 | 12,10 | 28,82% |

Se observó una reducción del 28,85% del tiempo actual que ocupa la actividad de forma manual. Ver Tabla 3.3.

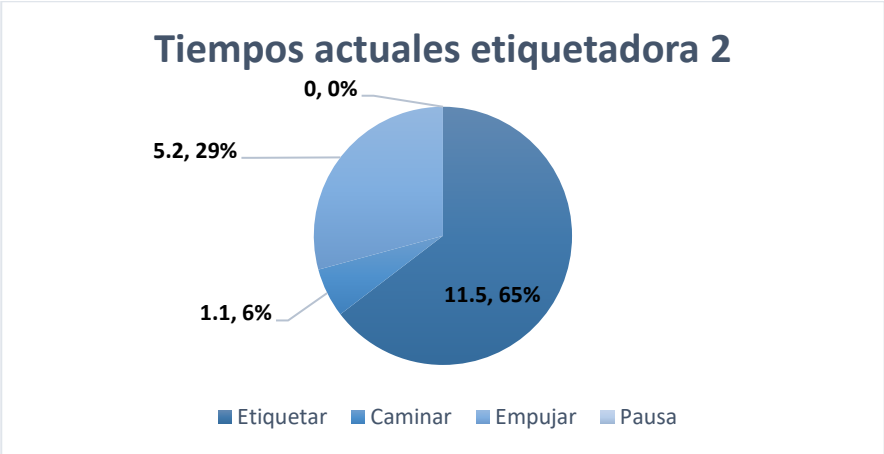
### 3.1.2.3 ETAPA DE ETIQUETADO

**Figura 3.6. Tiempos actuales etiquetadora 1 [Autoría Propia]**



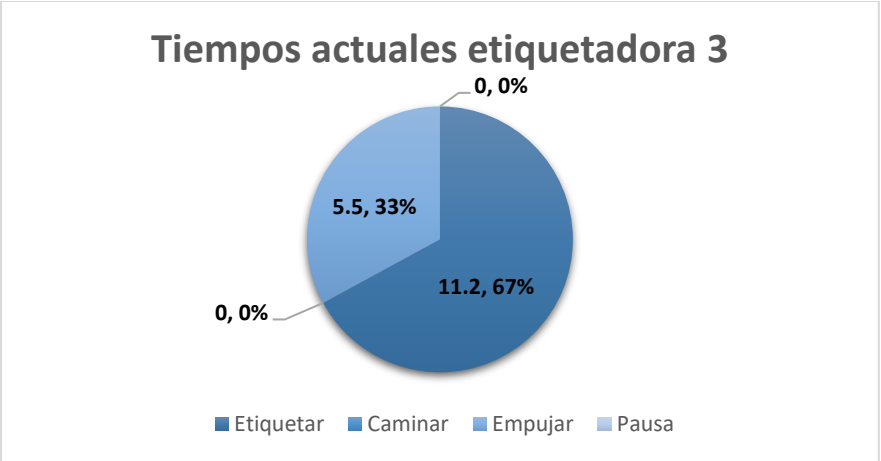

En la etapa de etiquetado se observó que hay tres etiquetadoras, pero a la primera le toma más tiempo realizar su función, debido a que tiene varias interrupcciones por la ubicación que ocupa en la línea de producción. Tomándole un total de 18.10 segundos por clúster de tiempo promedio. Ella invierte 0,3 segundos en promedio empujando los clústeres. Ver Figura 3.6.

**Figura 3.7. Tiempos actuales etiquetadora 2 [Autoría Propia]**



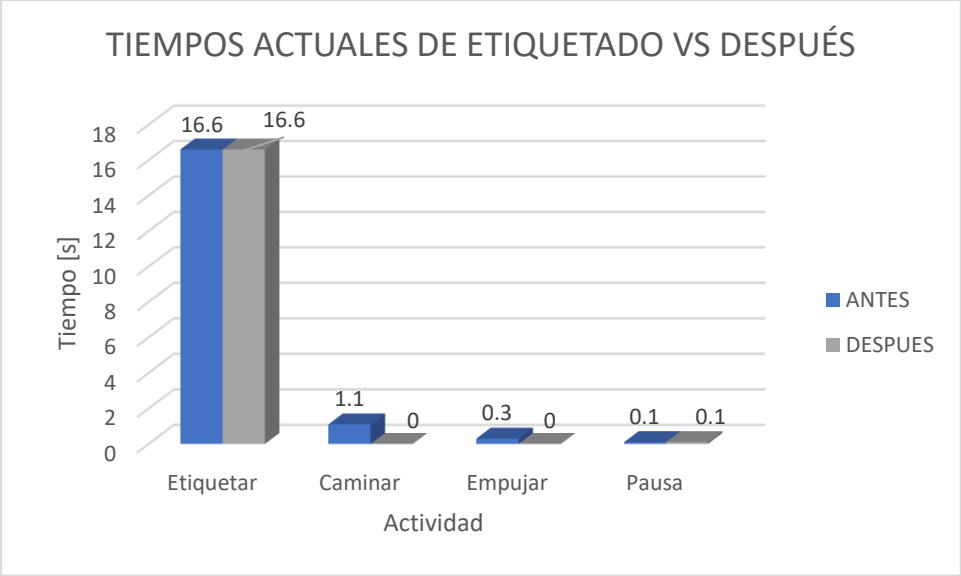

Se observó que a la etiquetadora 2 le toma 17,8 segundos realizar el etiquetado de una línea de bananos del clúster, de los cuales ocupa gran parte de su tiempo en empujarlos. Ver Figura 3.7.

**Figura 3.8. Tiempos actuales etiquetadora 3 [Autoría Propia]**




Se observó que a la etiquetadora 3 le toma 16,70 segundos realizar el etiquetado de la segunda línea de bananos del clúster, de los cuales ocupa 33% en empujarlos hasta la siguiente etapa. Ver Figura 3.8.

**Figura 3.9. Tiempos actuales de etiquetado VS después [Autoría Propia]**




Con la automatización de los transportadores electricos, se observó la eliminación del tiempo de microactividades como: caminar con 1,1 segundos, empujar 0,3 segundos y el tiempo en pausa de 0,1 segundos, logrando así dedicarse solo a etiquetar durante 16,6 segundos. Ver Figura 3.9.

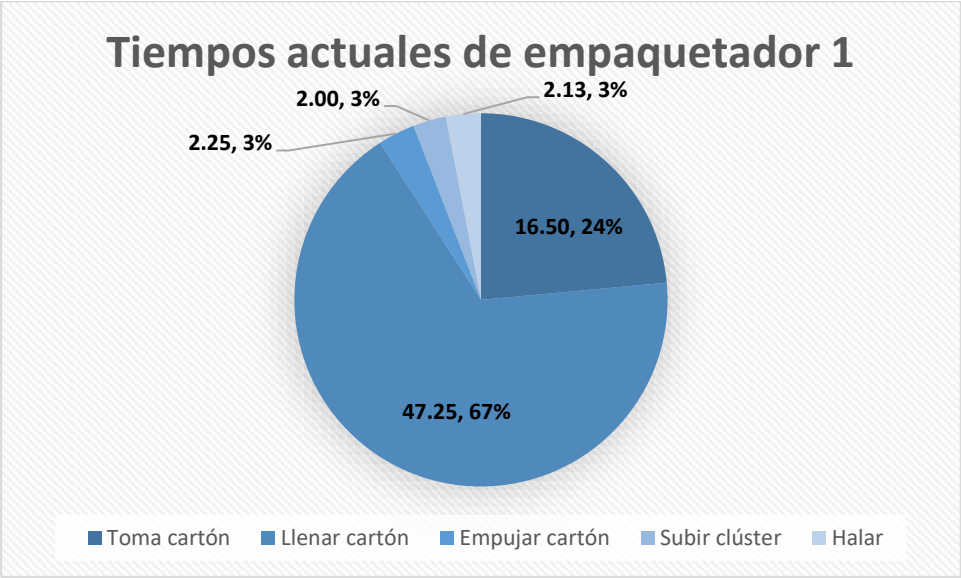
**Tabla 3.4. Tiempos totales actuales de etiquetado y después [Autoría Propia]**

| | TIEMPO [S] | | PORCENTAJE REDUCIDO |
|---|---|---|---|
| TRABAJADORES | ANTES | DESPUÉS | |
| Etiquetadora 1 | 18,10 | 16,70 | 7,73% |
| Etiquetadora 2 | 17,80 | 11,50 | 35,39% |
| Etiquetadora 3 | 16,70 | 11,20 | 32,93% |
| **Promedio** | 17,53 | 13,13 | 25,35% |

Con la automatización de los transportadores eléctricos se logra reducir el tiempo promedio empleado por la etiquetadora 1 en 7,73 %, etiquetadora 2 en 35,39% y etiquetadora 3 en 25,35%. Ver Tabla 3.4.

### 3.1.2.4 ETAPA DE EMPAQUE

**Figura 3.10. Tiempos actuales de etiquetador 1 [Autoría Propia]**




Se pudo observar que los empaquetadores ocupan 24% de su tiempo, en tomar el cartón y preparlo con la funda plástica, el 67% en empacar y solo el %3 en empujar el cartón. Ver Figura 3.10.

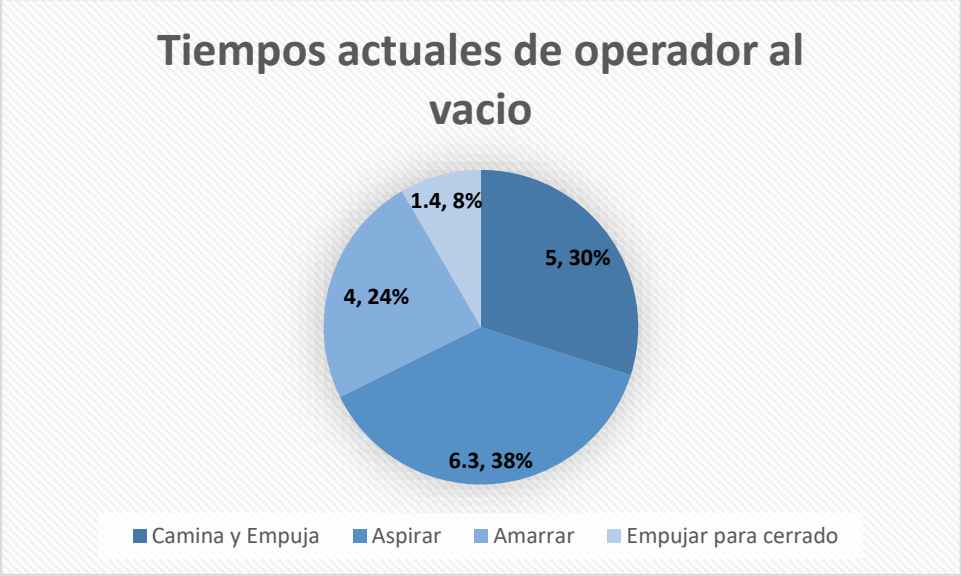
**Tabla 3.5. Tiempos totales actuales de la etapa de empaque y después [Autoría Propia]**

| | TIEMPO [S] | | PORCENTAJE REDUCIDO |
|---|---|---|---|
| TRABAJADORES | ANTES | DESPUÉS | |
| Empacador 1 | 70,13 | 67,88 | 3,21% |
| Empacador 2 | 69,38 | 67,25 | 3,06% |
| Empacador 3 | 68,13 | 65,75 | 3,49% |
| Empacador 4 | 53,88 | 51,88 | 3,71% |
| **PROMEDIO** | **65,38** | **63,19** | **3,37%** |

Con la automatización de los transportadores elécticos se observó la reducción del tiempo del 3.37% enpromedio para esta etapa del proceso. Ver Tabla 3.5.

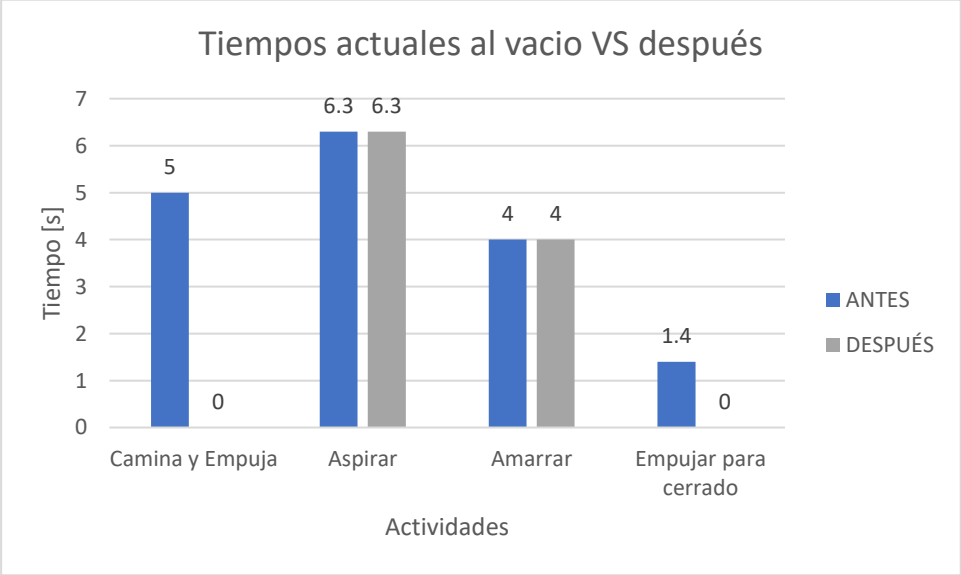
### 3.1.2.5 ETAPA AL VACÍO

**Figura 3.11. Tiempos actuales de operador al vacío [Autoría Propia]**




Se puedo observar que el operador ocupa una cantidad considerable de su tiempo, en caminar y empujar las cajas de cartón, sumando un 38% del tiempo empleado en esta etapa. Ver Figura 3.11.

**Figura 3.12. Tiempos actuales al vacío VS después [Autoría Propia]**




Con la automatización de los transportadores eléctricos se observó la eliminación del tiempo de 5 segundos empleado en caminar y empujar las cajas de cartón, antes de aspirar, y el tiempo 1,4 segundos ocupado en

empujarlas hacia el otro compañero para el cerrado de estas. Ver Figura 3.12.

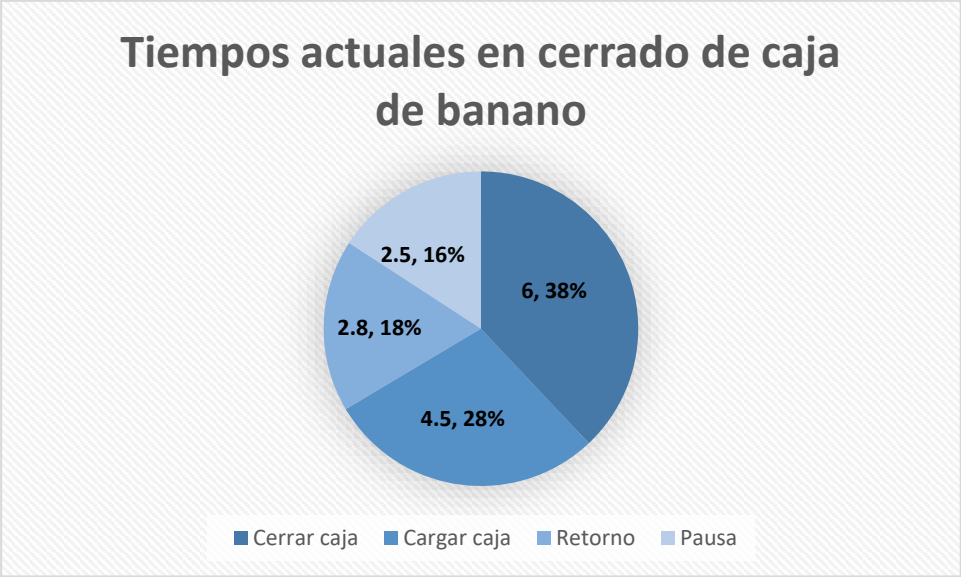
**Tabla 3.6.Tiempos totales actuales al vacío VS después [Autoría Propia]**

| | TIEMPO [S] | | PORCENTAJE REDUCIDO |
|---|---|---|---|
| TRABAJADORES | ANTES | DESPUÉS | |
| Al vacío | 16,70 | 10,30 | 38,32% |

Para este proceso se observó la reducción del 38,32% del tiempo total oupado en esta operación. Ver Tabla 3.6.

### 3.1.2.6 ETAPA DE CERRADO

**Figura 3.13. Tiempos actuales en cerrado de caja de banano [Autoría Propia]**




Se observó que este trabajador hace un gran esfuerzo físico, reflejado en el malestar de sus piernas. Realiza esta actividad en un tiempo promedio de 15,80 segundos, ocupando el 28% de este tiempo en cargar la caja de banano hacia el contenedor. Ver Figura 3.13.

**Tabla 3.7. Tiempos totales en cerrar caja de cartón VS después [Autoría Propia]**

| | TIEMPO [S] | | PORCENTAJE REDUCIDO |
|---|---|---|---|
| TRABAJADORES | ANTES | DESPUÉS | |
| Cerrador | 15,80 | 8,50 | 46,20% |

Con la automatización de los transportadores eléctricos, se observa una reducción considerable de 46,20% del tiempo total ocupado actualmente. Ver Tabla 3.7.

### 3.1.3 RESULTADO DE DIAGRAMA DE PRECEDENCIA

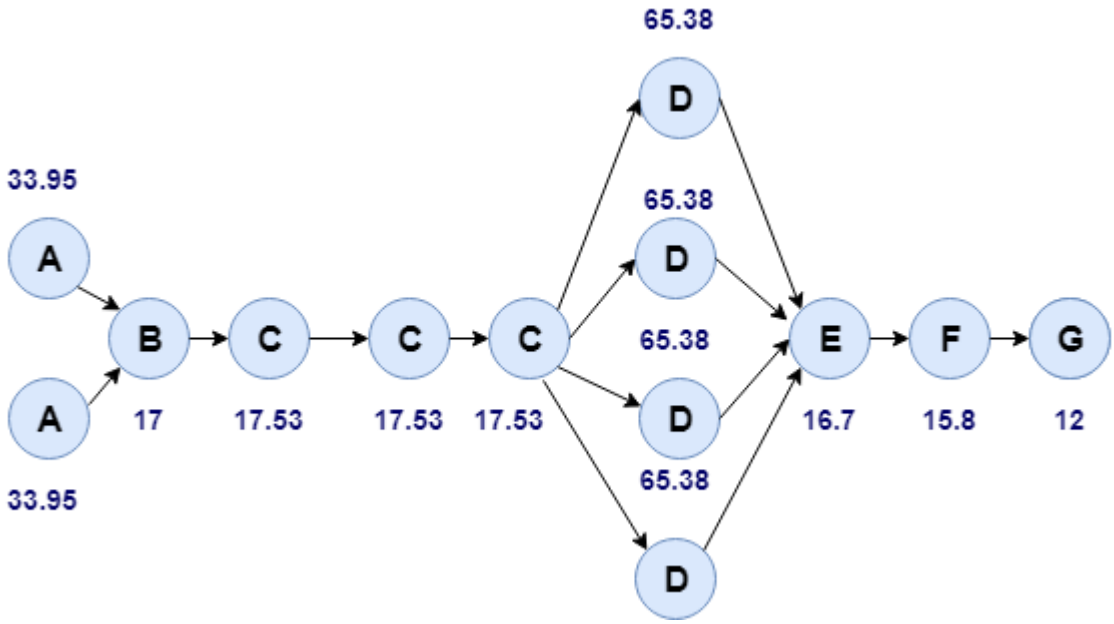
Para realizar el siguiente método se asignó las siguientes letras a las etapas. Ver Tabla 3.8.

**Tabla 3.8. Asignación de letras a etapas [Autoría Propia]**

| ETAPAS | LETRA ASIGNADA |
|---|---|
| Pesado | A |
| Fumigado | B |
| Etiquetado | C |
| Empaque | D |
| Al Vacío | E |
| Cerrar | F |
| Ordena contenedor | G |
| Al Vacío + Cerrar | EF |

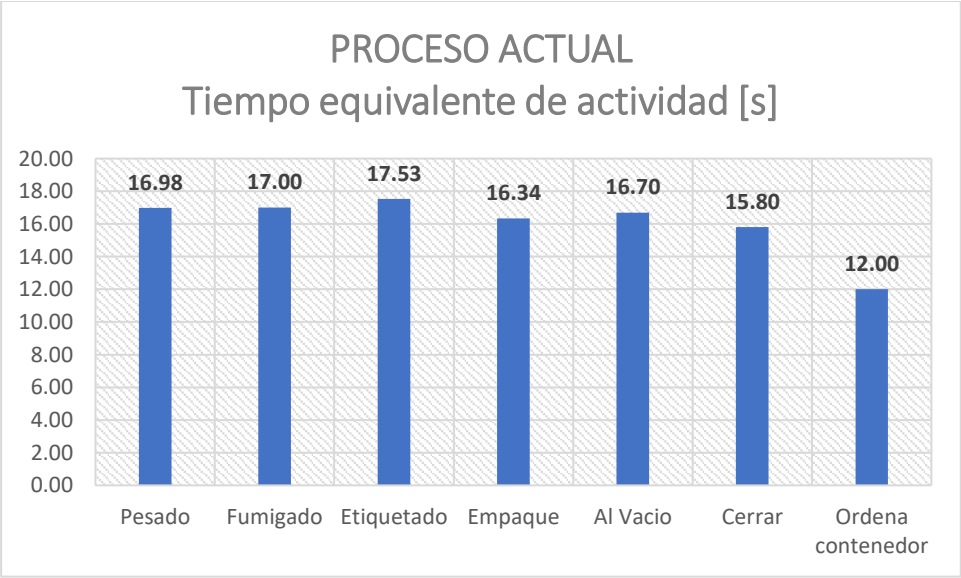
### 3.1.3.1 PROCESO ACTUAL

**Figura 3.14. Diagrama de precedencia de proceso actual [Autoría Propia]**




En la Figura 3.14. se detallan los diferentes puestos de trabajo ocupados durante la toma de tiempos del proceso, donde se podrá ver el flujo que tendrán las bandejas y cartones de banano en la línea de producción.

**Figura 3.15. Tiempo equivalente de actividades en proceso actual [Autoría Propia]**

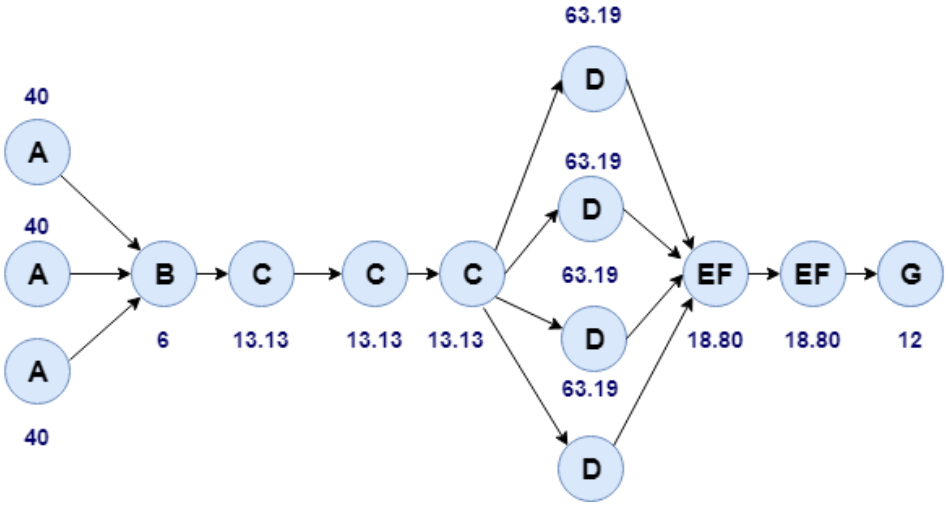



Para el proceso actual se tuvieron tiempos equivalentes de cada etapa del proceso, donde se identificó un cuello de botella de 17,53 segundos en la

etapa de etiquetado, como se observa en la Figura 3.15. con el cual se tieneuna capacidad de producción de 206 cajas/hora  y una capacidad de producción al 85%, por jornada laboral completa de 8 horas de 1.401 cajas/dia.

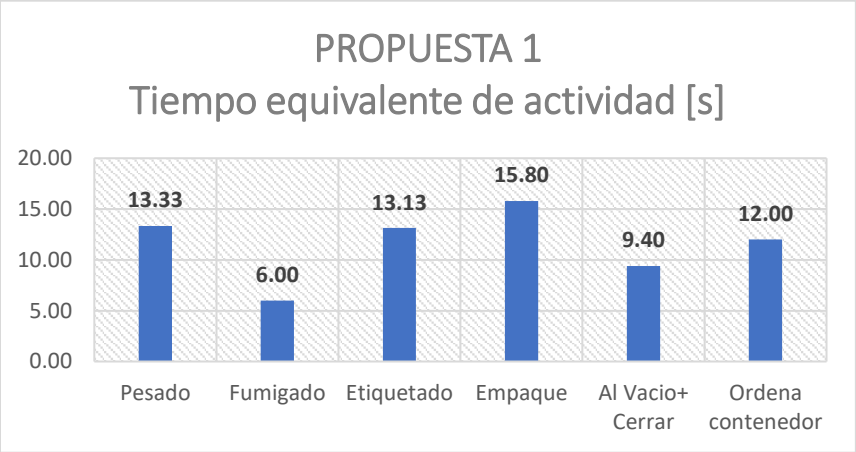
### 3.1.3.2 PROPUESTA 1 SIN ROBOT

**Figura 3.16. Diagrama de precedencia de proceso con propuesta 1 [Autoría Propia]**




En la Figura 3.16. se puede apreciar el flujo de la línea de producción por los puestos de trabajo, ya con el tiempo reducido por la automatización de los transportadores eléctricos, donde se decidió que los 2 trabajadores realicen las actividades al vacío y cerrado de cajas de banano al mismo tiempo y reemplazar a la persona fumigadora por una cámara de fumigación.

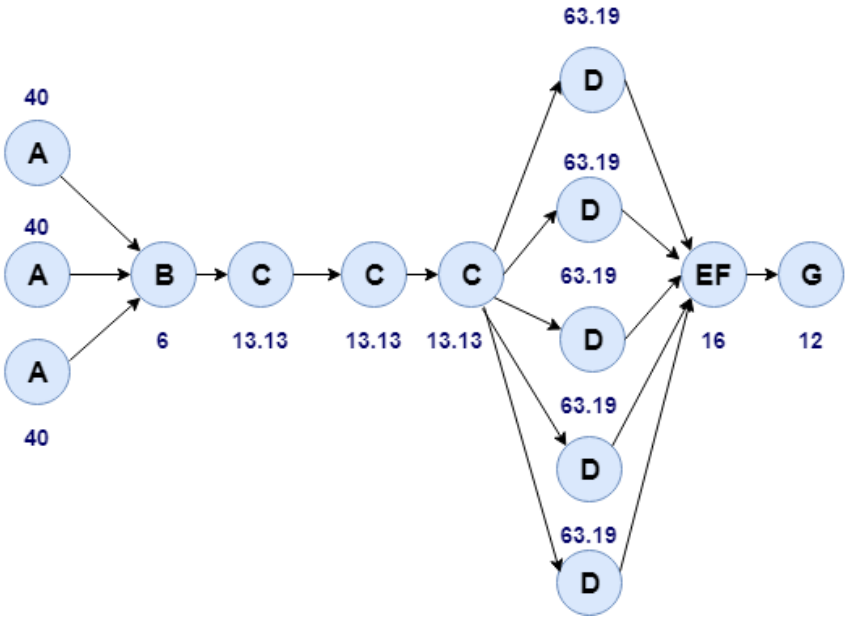
**Figura 3.17. Tiempo equivalente de actividades para propuesta 1 [Autoría Propia]**




Para la primera propuesta se tuvieron tiempos equivalentes para cada etapa del proceso, donde se identificó un cuello de botella de 15,80 segundos en la etapa de empaque, como se puede apreciar en la Figura 3.17. tiempo con el cual se llega a tener una capacidad de producción de 228 cajas/hora y una capacidad de producción de la jornada completa de 8 horas al 85% de 1.551 cajas/dia.

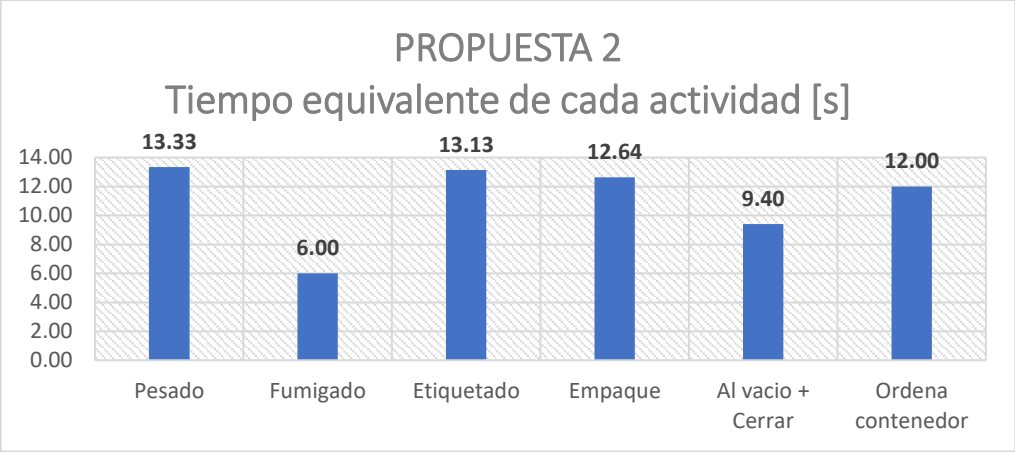
### 3.1.3.3 PROPUESTA 2 SIN ROBOT

**Figura 3.18. Diagrama de precedencia para propuesta 2 [Autoría Propia]**



En la Figura 3.18. se puede apreciar el flujo de la línea de producción con los puestos de trabajo, ya con el tiempo reducido, por la automatización de los transportadores eléctricos y el reemplazo de la persona de fumigado por una cámara de fumigación en B. Y se decidió reubicar a la persona de cerrado de cajas a la etapa de empaque para que la persona ubicada al final realice las actividades al vacío y cerrado de caja EF.

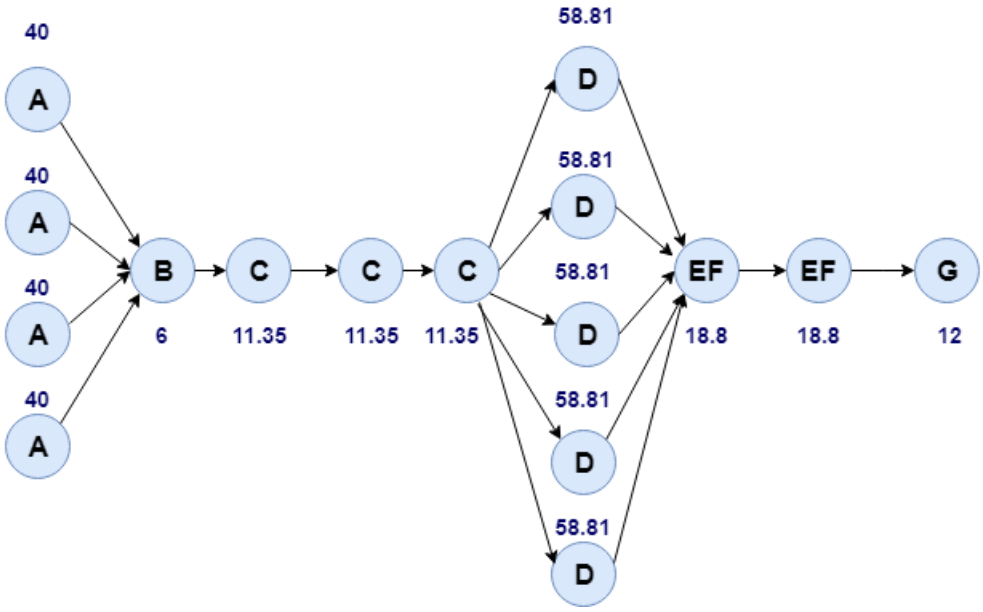
**Figura 3.19. Tiempo equivalente para cada actividad de propuesta 2 [Autoría Propia]**




Para la propuesta 2 se tuvieron tiempos equivalentes de cada etapa del proceso, donde se identificó un cuello de botella de 13.33 segundos en la etapa de pesado, como se puede apreciar en la Figura 3.19. tiempo con el cual se llega a tener una capacidad de producción de 270 cajas/hora y una capacidad de producción de la jornada completa de 8 horas al 85% de 1836 cajas/dia.

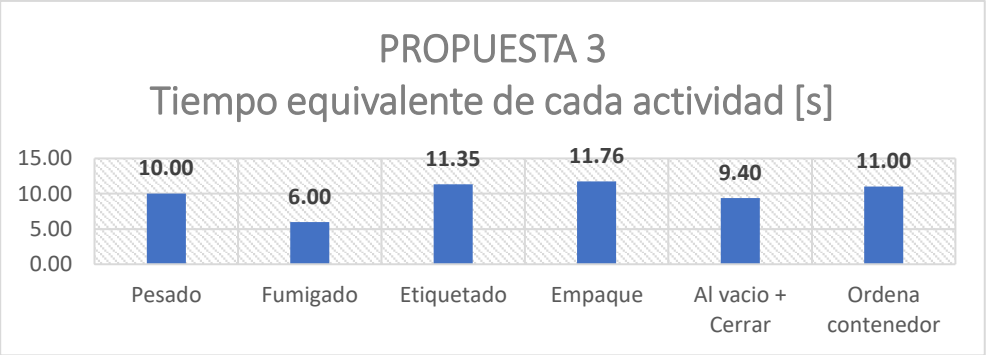
### 3.1.3.4 PROPUESTA 3 SIN ROBOT

**Figura 3.20. Diagrama de precedencias de propuesta 3 [Autoría Propia]**




En la Figura 3.20. se puede apreciar el flujo de la línea de producción con los puestos de trabajo, ya con el tiempo reducido, por la automatización de los transportadores eléctricos y el reemplazo de la persona de fumigado por una cámara de fumigación en B. Se decidió incrementar un pesador y una persona en el área de empaque, dejando dos personas dedicadas al vacío y cerrado de cajas de banano.

**Figura 3.21. Tiempos equpivalentes de cada actividad para propuesta 3 [Autoría Propia]**

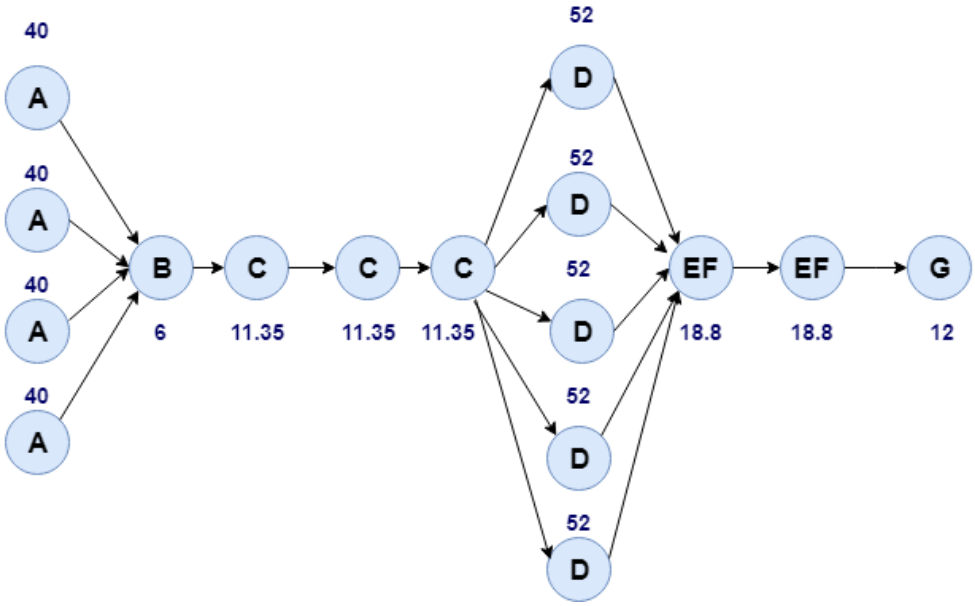



Para la propuesta 3 se tuvieron tiempos equivalentes de cada etapa del proceso, donde se identificó un cuello de botella de 11,76 en la etapa de

empaque, con el cual se llega a tener una capacidad de producción de 307 cajas/hora y una capacidad de producción de la jornada completa de 8 horas al 85% de 2088 cajas/dia. Ver Figura 3.21.

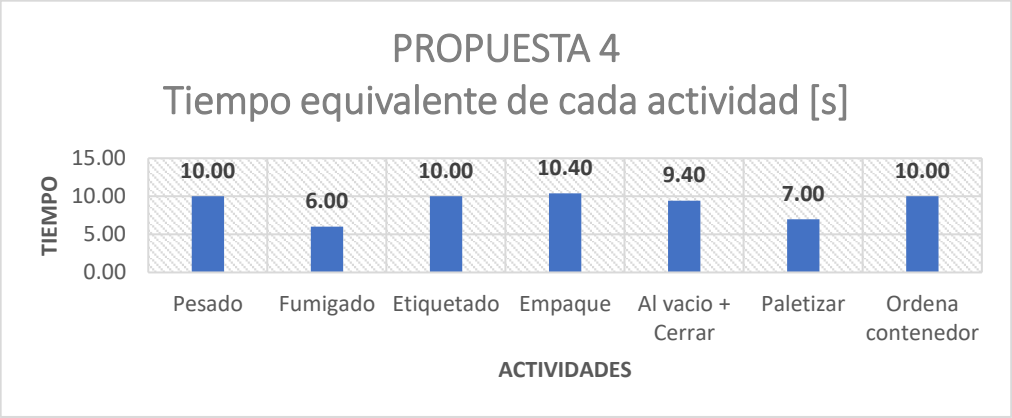
### 3.1.3.5 PROPUESTA 4 CON BRAZO ROBÓTICO

**Figura 3.22. Diagrama de precedencias para propuesta 4 [Autoría Propia]**




En la Figura 3.22. se puede apreciar el flujo de la línea de producción con los puestos de trabajo, ya con el tiempo reducido, por la automatización de los transportadores eléctricos y el reemplazo de la persona de fumigado por una cámara de fumigación en B. El incremento de una persona en la etapa de pesado y una persona en la etapa de empaque, dejando 2 personas para que realicen la actividad al vacío y el cerrado de caja.

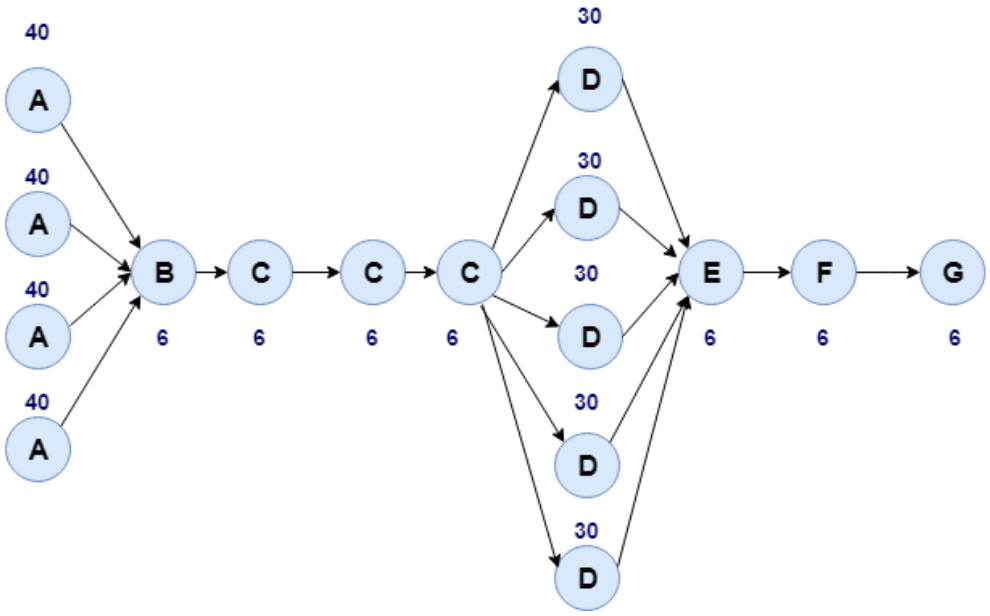
**Figura 3.23. Tiempo equivalente de cada actividad para propuesta 4 [Autoría Propia]**




Para la propuesta 4 se tuvieron tiempos equivalentes de cada etapa del proceso, donde se identificó un cuello de botella de 10 segundos en la etapa de etiquetado, con el cual se llega a tener una capacidad de producción de 347 cajas/hora y una capacidad de producción de la jornada completa de 8 horas al 85% de 2.360 cajas/dia. Ver Figura 3.23.

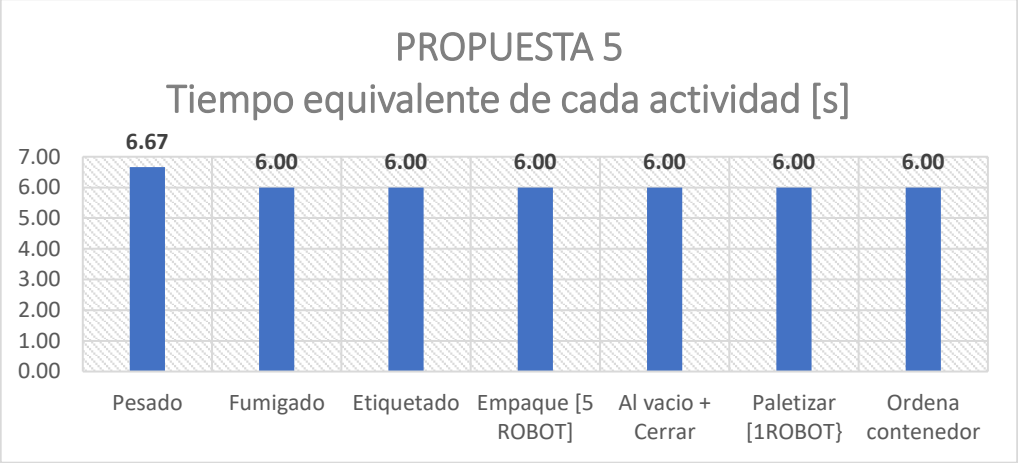
### 3.1.3.6 PROPUESTA 5 CON BRAZO ARTICULADO Y ROBOTS PARALELOS

**Figura 3.24. Diagrama de precedencias para propuesta 5 [Autoría Propia]**



En la Figura 3.24. se puede apreciar el flujo de la línea de producción con los puestos de trabajo, ya con el tiempo reducido, por la automatización de los transportadores eléctricos y el reemplazo de la persona de fumigado por una cámara de fumigación en B. Empleando robots paralelos industriales en las etapas de pesado y empaque. Y dejando las actividades al vacío y cerrado de forma individual.

**Figura 3.25. Tiempo equivalente de cada actividad propuesta 5 [Autoría Propia]**




En este propuesta se logra reducir en gran medida el tiempo de cada etapa para así lograr una mayor uniformidad entre estas, lo cual es lo mejor idealmente. Se obtuvo un cuello de botella en el área de pesado igual a 6,67 segundos. Ver Figura 3.25.

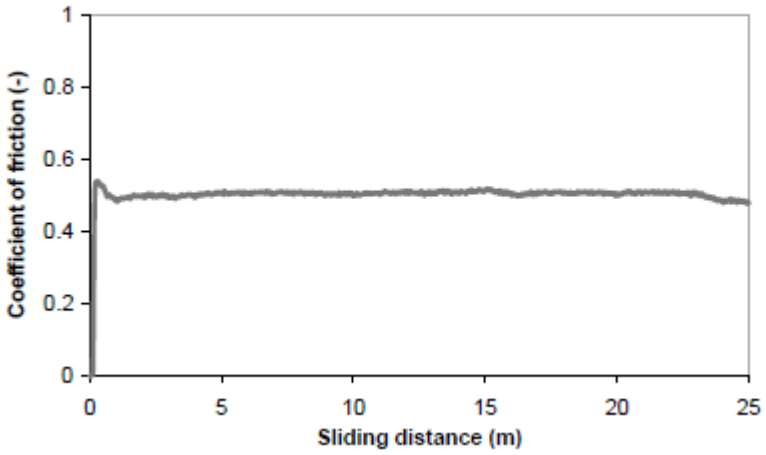
## 3.2 TRANSPORTADORES ELÉCTRICOS

### 3.2.1 DATOS DE LA CADENA CARDÁNICA

En base a observaciones de las condiciones de trabajo en la productora de banano, donde la presencia de humedad es considerable, y a su vez se opera en un ambiente abierto, se consideró utilizar una cadena cardánica, debido a que la fabricación de esta es de polioximetileno (POM), que es un termoplástico cristalino de alta rigidez, con prestaciones de baja fricción y buena estabilidad dimensional [10]. El catálogo de cadenas UNI CHAIN nos provee de información de la cadena, como su peso de 1.5 kg/m. El

coeficiente de fricción máximo debido al material de la cadena, POM, es de 0.5 [10]. Ver Figura 3.26.

**Figura 3.26. Coeficiente de fricción de cadena cardánica [10].**




### 3.2.2 CÁLCULO DE POTENCIA MECÁNICA

Se siguió la guía de diseñador para transportadores, con cadenas expuesta en el capítulo 2. La selección del motor para cada etapa se lo realizó en base a los siguientes resultados.

#### 3.2.2.1 Etapa de pesado

Se siguió la guía de diseñador para transportadores con cadenas expuesta en el capítulo 2. La selección del motor para cada etapa se lo realizó en base a los siguientes resultados.

**Tabla 3.9. Cálculos para transportador de la etapa de pesado [Autoría Propia]**

| CÁLCULO DE TRANSPORTADORES | | |
|---|---|---|
| **L (m)** | 5.92 | Longitud de la banda transportadora |
| **Wc (kg/m)** | 3 | Peso de cadenas por longitud |
| **W (kg)** | 174.1176471 | Peso de bandejas admisibles en transportador |
| **uc** | 0.5 | Coeficiente de Fricción POM |
| **V (band/min)** | 4.478 | Razon de bandeja por minutos |
| **Cp (N)** | 1032.63 | Tracción total en la cadenas |
| **V (m/s)** | 0.25 | velocidad lineal en la banda |
| **K (kW)** | 0.26 | Potencia mecánica requerida en el eje principal |
| **eff Catalina** | 0.98 | Eficiencia de catalina |
| **eff Reductor** | 0.96 | Eficiencia del reductor |
| **eff Variador** | 0.95 | Eficiencia del variador |
| **Pmotor1 (kW)** | 0.289 | Potencia mecánica requerida por el eje del motor |
| **ANÁLISIS DE INERCIA (EJE CUADRADO 25X2mm - 6m largo)** | | |
| **R (m)** | 0.10 | Radio |
| **wf (rad/s)** | 2.50 | Velocidad angular |
| **Ixx (g.mm^2)** | 5688436.24 | Momento de Inercia |
| **M (N.m)** | 0.03 | Torsión requerida para sacar al eje de su inercia |
| **Pmotor2 (kW)** | 0.07 | Potencia mécanica para sacar al eje de su inercia |
| **POTENCIA TOTAL** | | |
| **POT (kW)** | 0.360 | Potencia total del Motor |
| **POT (hp)** | 0.48 | POTENCIA EN HP |

En la etapa de pesado una potencia necesaria para mover los clústeres, de 25 kg cada uno, es de 0.48 Hp Ver Tabla 3.9.

### 3.2.2.2 Etapa de fumigado

**Tabla 3.10. Cálculos para transportador de la etapa de fumigado [Autoría Propia]**

| CÁLCULO DE TRANSPORTADORES | | |
|---|---|---|
| **L (m)** | 5.85 | Longitud de la banda transportadora |
| **Wc (kg/m)** | 3 | Peso de cadenas por longitud |
| **W (kg)** | 172.0588235 | Peso de bandejas admisibles en transportador |
| **uc** | 0.5 | Coeficiente de Fricción POM |
| **V (band/min)** | 6 | Razon de bandeja por minutos |
| **Cp (N)** | 1020.42 | Tracción total en la cadenas |
| **V (m/s)** | 0.33 | velocidad lineal en la banda |
| **K (kW)** | 0.34 | Potencia mecánica requerida en el eje principal |
| **eff Catalina** | 0.98 | Eficiencia de catalina |
| **eff Reductor** | 0.96 | Eficiencia del reductor |
| **eff Variador** | 0.95 | Eficiencia del variador |
| **Pmotor (kW)** | 0.377 | Potencia mecánica requerida por el eje del motor |
| **ANÁLISIS DE INERCIA (EJE CUADRADO 25X2mm - 6m largo)** | | |
| **R (m)** | 0.10 | Radio |
| **wf (rad/s)** | 3.30 | Velocidad angular |
| **Ixx (g.mm^2)** | 5688436.24 | Momento de Inercia |
| **M (N.m)** | 0.04 | Torsión requerida para sacar al eje de su inercia |
| **Pmotor (kW)** | 0.12 | Potencia mécanica para sacar al eje de su inercia |
| **POTENCIA TOTAL** | | |
| **POT (kW)** | 0.501 | Potencia total del Motor |
| **POT (hp)** | 0.67 | POTENCIA EN HP |

En la etapa de fumigado una potencia necesaria para mover los clústeres, de 25 kg cada uno, es de 0.67 Hp. Ver Tabla 3.10.

### 3.2.2.3 Etapa de etiquetado

**Tabla 3.11. Cálculos para transportador de la etapa de etiquetado [Autoría Propia]**

| CÁLCULO DE TRANSPORTADORES | | |
|---|---|---|
| **L (m)** | 4.64 | Longitud de la banda transportadora |
| **Wc (kg/m)** | 3 | Peso de cadenas por longitud |
| **W (kg)** | 136.4705882 | Peso de bandejas admisibles en transportador |
| **uc** | 0.5 | Coeficiente de Fricción POM |
| **V (band/min)** | 5 | Razon de bandeja por minutos |
| **Cp (N)** | 809.36 | Tracción total en la cadenas |
| **V (m/s)** | 0.33 | velocidad lineal en la banda |
| **K (kW)** | 0.27 | Potencia mecánica requerida en el eje principal |
| **eff Catalina** | 0.98 | Eficiencia de catalina |
| **eff Reductor** | 0.96 | Eficiencia del reductor |
| **eff Variador** | 0.95 | Eficiencia del variador |
| **Pmotor (kW)** | 0.299 | Potencia mecánica requerida por el eje del motor |
| **ANÁLISIS DE INERCIA (EJE CUADRADO 25X2mm - 6m largo)** | | |
| **R (m)** | 0.10 | Radio |
| **wf (rad/s)** | 3.30 | Velocidad angular |
| **Ixx (g.mm^2)** | 5688436.24 | Momento de Inercia |
| **M (N.m)** | 0.04 | Torsión requerida para sacar al eje de su inercia |
| **Pmotor (kW)** | 0.12 | Potencia mécanica para sacar al eje de su inercia |
| **POTENCIA TOTAL** | | |
| **POT (kW)** | 0.423 | Potencia total del Motor |
| **POT (hp)** | 0.57 | POTENCIA EN HP |

En la etapa de pesado una potencia necesaria para mover los clústeres, de 25 kg cada uno, es de 0.57 Hp. Ver Tabla 3.11.

### 3.2.2.4 Etapa de empaque

**Tabla 3.12. Cálculos para transportador de la etapa de empaque [Autoría Propia]**

| CÁLCULO DE TRANSPORTADORES | | |
|---|---|---|
| **L (m)** | 6.3 | Longitud de la banda transportadora |
| **Wc (kg/m)** | 3 | Peso de cadenas por longitud |
| **W (kg)** | 302.8846154 | Peso de bandejas admisibles en transportador |
| **uc** | 0.5 | Coeficiente de Fricción POM |
| **V (band/min)** | 4.615 | Razon de bandeja por minutos |
| **Cp (N)** | 1675.69 | Tracción total en la cadenas |
| **V (m/s)** | 0.33 | velocidad lineal en la banda |
| **K (kW)** | 0.55 | Potencia mecánica requerida en el eje principal |
| **eff Catalina** | 0.98 | Eficiencia de catalina |
| **eff Reductor** | 0.96 | Eficiencia del reductor |
| **eff Variador** | 0.95 | Eficiencia del variador |
| **Pmotor (kW)** | 0.619 | Potencia mecánica requerida por el eje del motor |
| **ANÁLISIS DE INERCIA (EJE CUADRADO 25X2mm - 6m largo)** | | |
| **R (m)** | 0.10 | Radio |
| **wf (rad/s)** | 3.30 | Velocidad angular |
| **Ixx (g.mm^2)** | 5688436.24 | Momento de Inercia |
| **M (N.m)** | 0.04 | Torsión requerida para sacar al eje de su inercia |
| **Pmotor (kW)** | 0.12 | Potencia mécanica para sacar al eje de su inercia |
| **POTENCIA TOTAL** | | |
| **POT (kW)** | 0.743 | Potencia total del Motor |
| **POT (hp)** | 1.00 | POTENCIA EN HP |

En la etapa de empaque una potencia necesaria para mover los clústeres, de 25 kg cada uno, es de 1 Hp. Ver Tabla 3.12.

### 3.2.2.5 Etapa de embarque

**Tabla 3.13. Cálculos para transportador de la etapa de embarque. [Autoría Propia]**

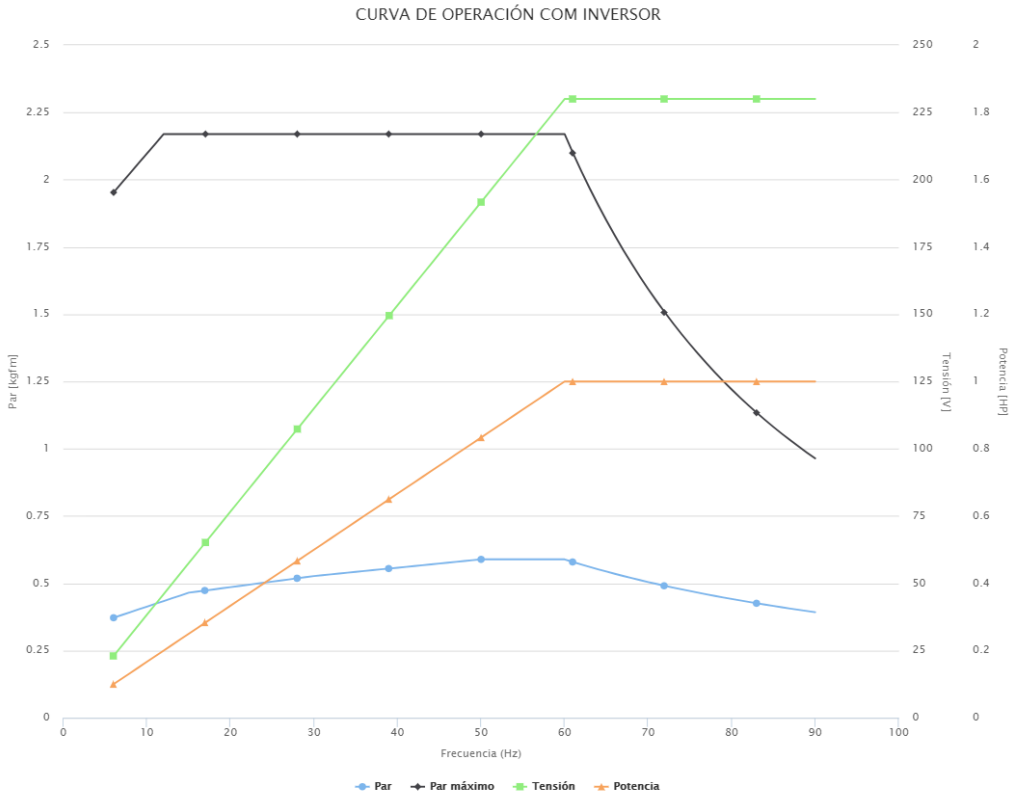
| CÁLCULO DE TRANSPORTADORES | | |
|---|---|---|
| **L (m)** | 3 | Longitud de la banda transportadora |
| **Wc (kg/m)** | 3 | Peso de cadenas por longitud |
| **W (kg)** | 144.2307692 | Peso de bandejas admisibles en transportador |
| **uc** | 0.5 | Coeficiente de Fricción POM |
| **us1** | 0.033556354 | |
| **us2** | 0.873890428 | |
| **alpha** | 13 | |
| **Pb** | 2.962690486 | |
| **V (band/min)** | 15 | Razon de bandeja por minutos |
| **Cp (N)** | 1316.59 | Tracción total en la cadenas |
| **V (m/s)** | 0.20 | velocidad lineal en la banda |
| **K (kW)** | 0.26 | Potencia mecánica requerida en el eje principal |
| **eff Catalina** | 0.98 | Eficiencia de catalina |
| **eff Reductor** | 0.96 | Eficiencia del reductor |
| **eff Variador** | 0.95 | Eficiencia del variador |
| **Pmotor (kW)** | 0.3 | Potencia mecánica requerida por el eje del motor |
| **ANÁLISIS DE INERCIA (EJE CUADRADO 25X2mm - 6m largo)** | | |
| **R (m)** | 0.10 | Radio |
| **wf (rad/s)** | 2.00 | Velocidad angular |
| **Ixx (g.mm^2)** | 5688436.24 | Momento de Inercia |
| **M (N.m)** | 0.02 | Torsión requerida para sacar al eje de su inercia |
| **Pmotor (kW)** | 0.05 | Potencia mécanica para sacar al eje de su inercia |
| **POTENCIA TOTAL** | | |
| **POT (kW)** | 0.340 | Potencia total del Motor |
| **POT (hp)** | 0.46 | POTENCIA EN HP |

En la etapa de embarque una potencia necesaria para mover los clústeres, de 25 kg cada uno, es de 0.46 Hp. Ver Tabla 3.13.

### 3.2.3 Dimensionamiento del motor

Motores Multimontaje WEG IE3 de 1 HP 6P 90S/L 3F 230/460//380-415 V 60 Hz.

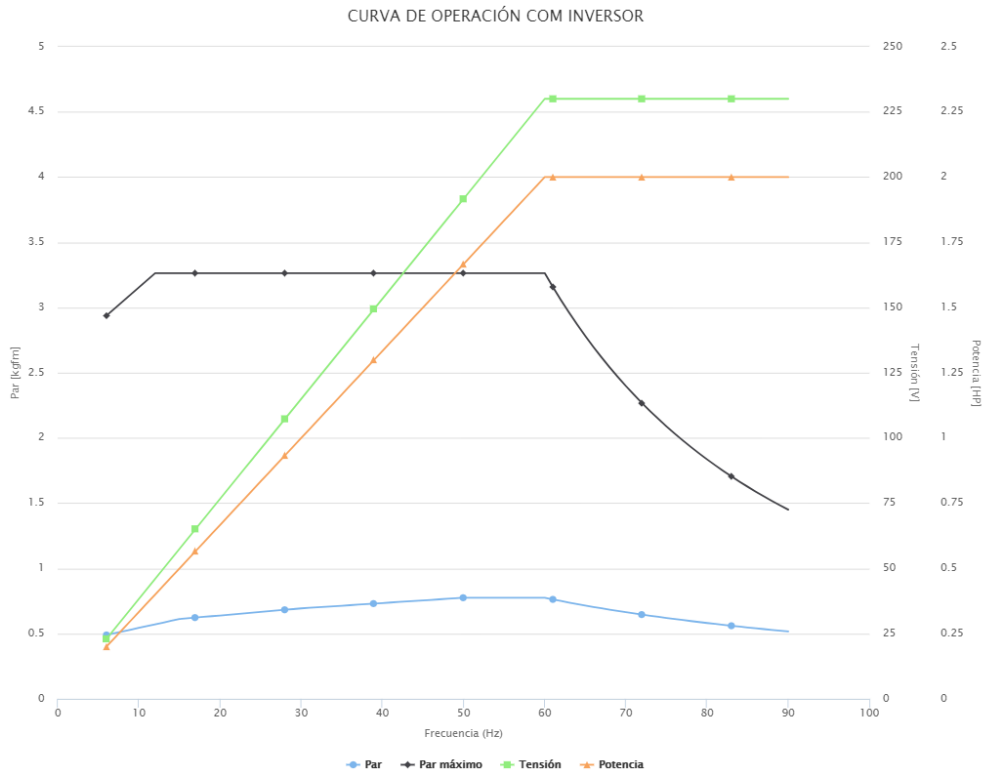
**Figura 3.27. Curva de operación con inversor para motor de 1 HP**




El sistema de transportadores eléctricos representa una aplicación con carga de torque constante. En la figura 3.27 se observa que para cargas de este tipo, los valores de frecuencia de operación del motor deben estar entre 12 y 60 Hz.

**Motores Multimontaje WEG IE3 de 2 HP 6P 90S/L 3F 230/460//380-415 V 60 Hz**

**Figura 3.28. Curva de operación con inversor para motor de 2 HP**




La Figura 3.28. muestra las curvas de potencia, par, y tensión del motor de 2 HP, para diferentes valores de frecuencia. Al diseñar esta propuesta con variadores de frecuencia, donde se tiene una aplicación de carga con torque constante, los valores de torque, y potencia considerados para el dimensionamiento del motor fueron los valores comprendidos entre las frecuencias de 12 y 60 Hz,

## 3.3 CONTROL ELÉCTRICO

La programación del PLC se la encontrará en la sección de APENDICE 19.

## 3.4 ESTRUCTURA DE TRANSPORTADORES

**Figura 3.29. Transportador 1 para etapa de pesado [Autoría Propia]**

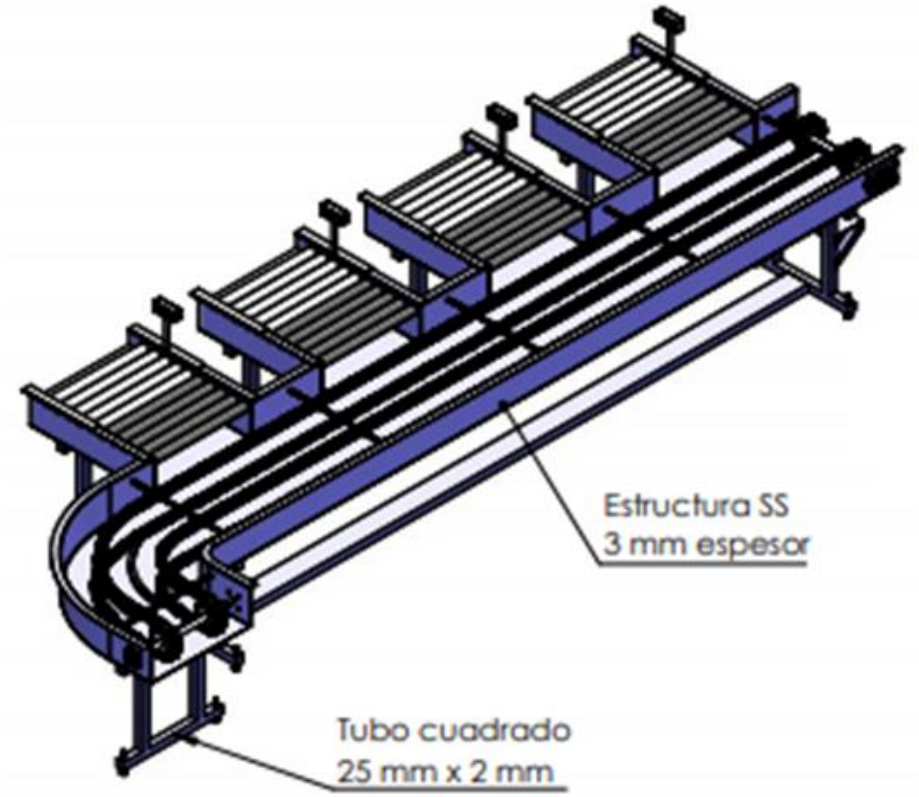



**Figura 3.30. Transportador 2 para etapa de fumigado y etiquetado [Autoría Propia]**

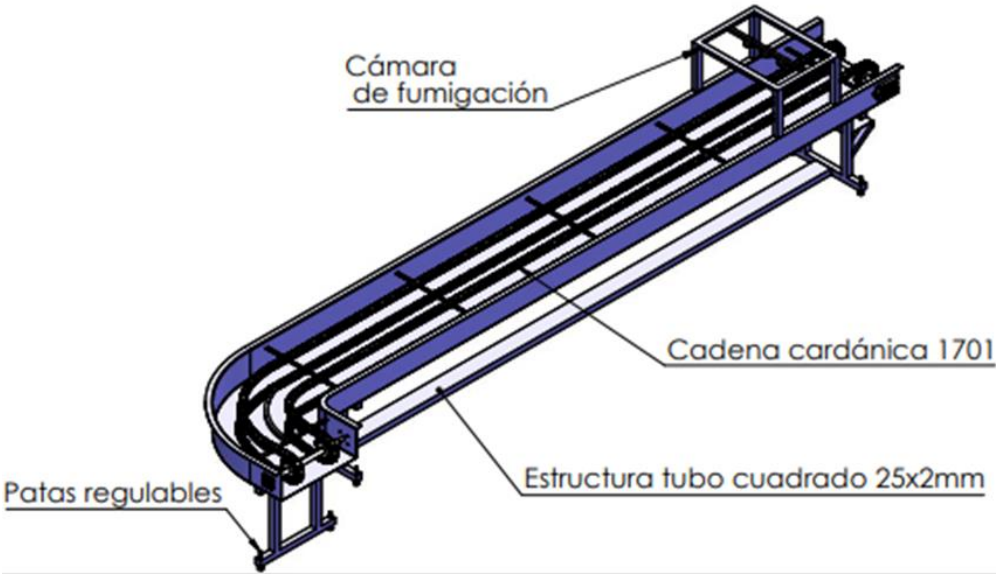


**Figura 3.31. Trasportador 3 para etapa de etiquetado [Autoría Propia]**

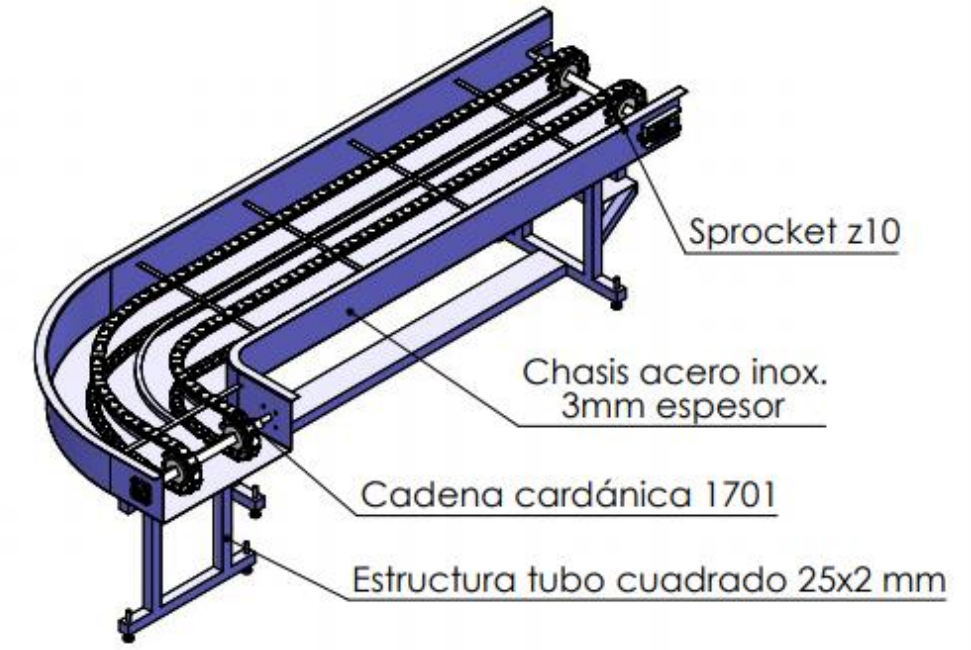



**Figura 3.32. Transportador 4 para etapa final de etiquetado [Autoría Propia]**

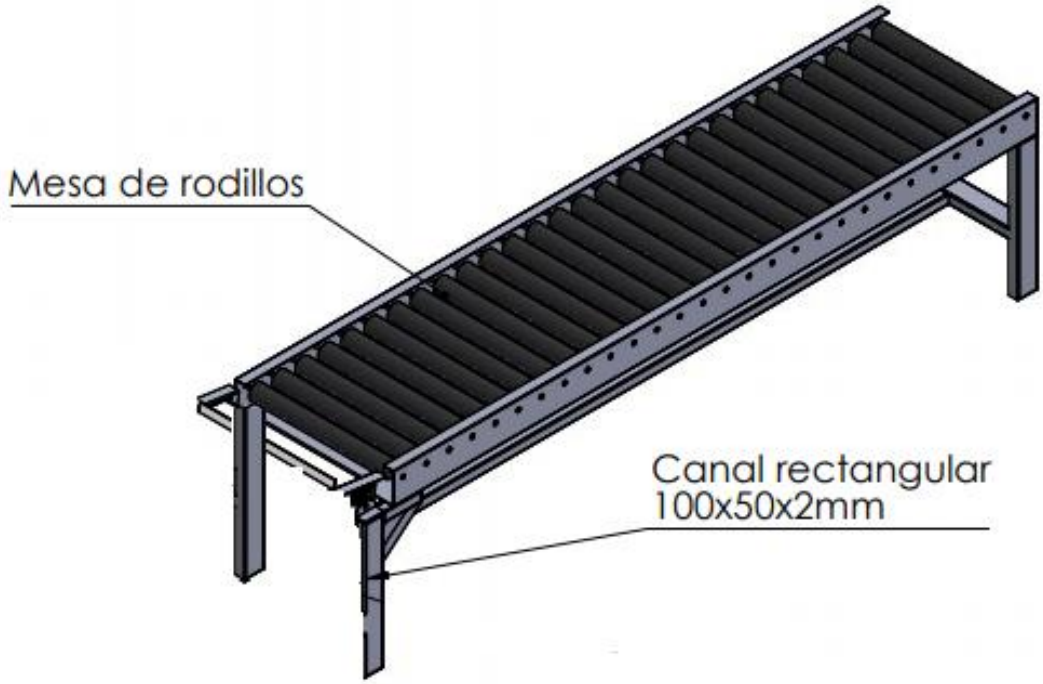


**Figura 3.33. Transportador 5 para etapa de empaque [Autoría Propia]**

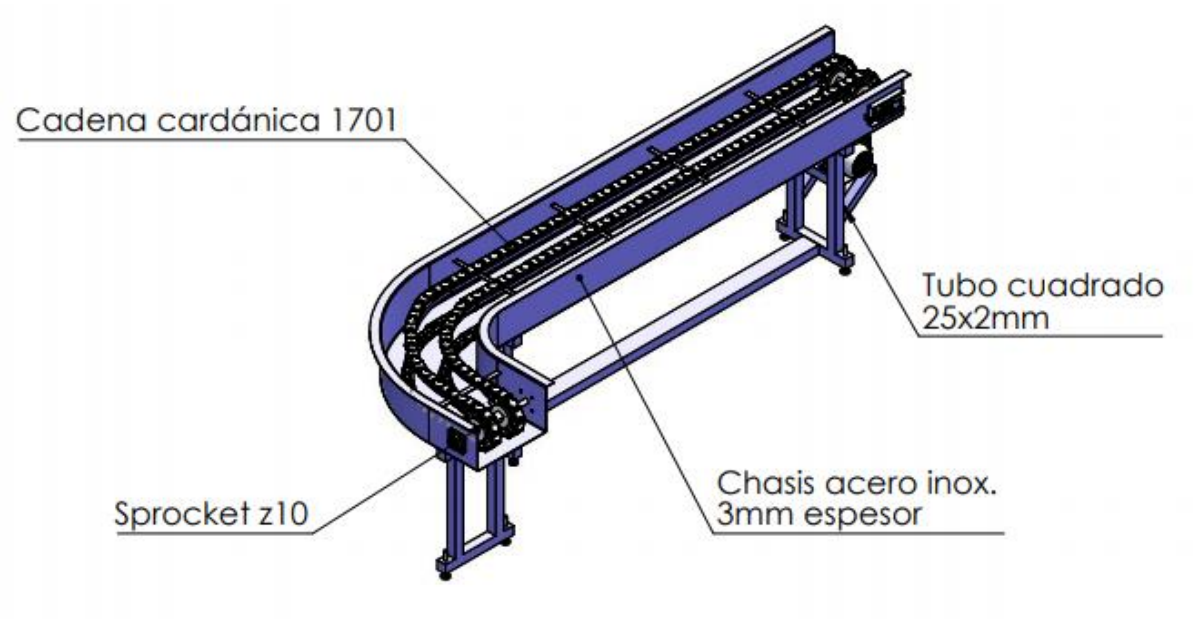



**Figura 3.34. Transportado 6 para etapa final y embarque [Autoría Propia]**

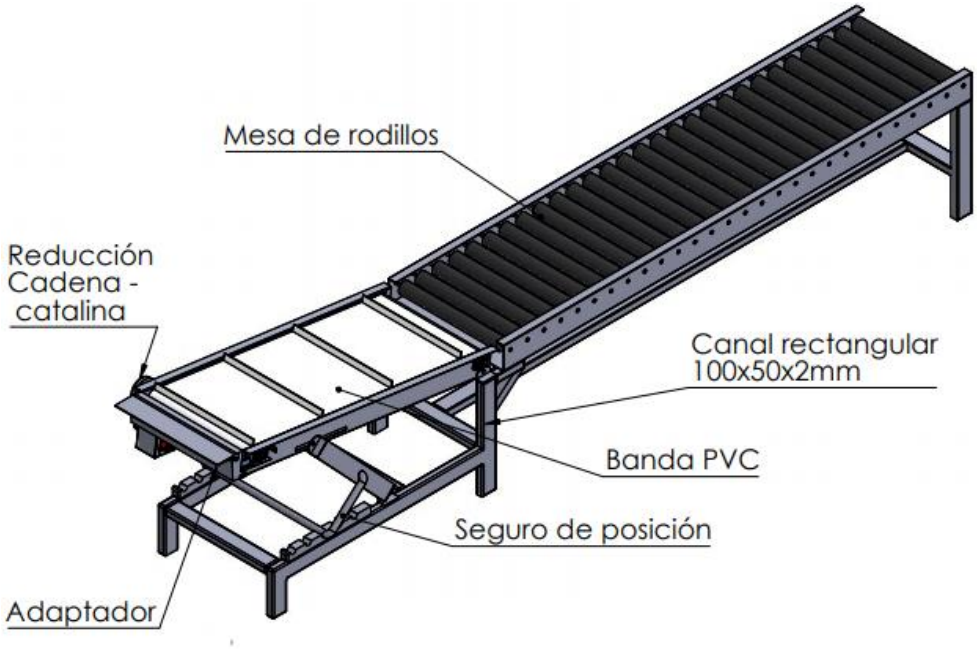
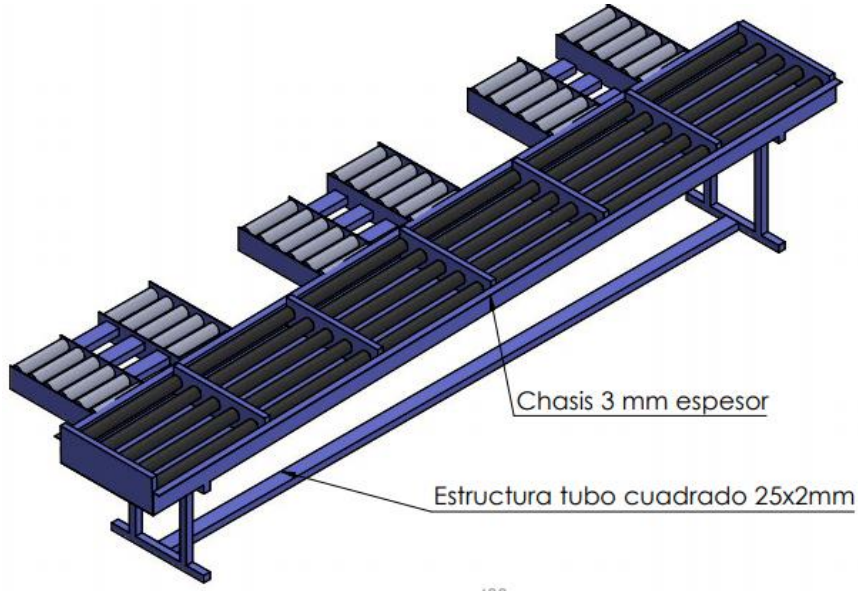


**Figura 3.35. Transportador 7 etapa de empaque [Autoría Propia]**




## 3.5 PLANOS

Los planos de las estructuras de las bandas transportadoras y los planos eléctricos se los encontrará en la sección APENDICES de este proyecto.

## 3.6 FLEXSIM SOFTWARE

Es un software de eventos discretos que permite realizar la simulación de un evento en un entorno en 3D, para tener una visión más realista y validar los posibles acontecimientos o fallas que hay que mejorar de un proceso real, permitiendo un entorno libre de riesgos, analizando parámetros como tiempo, espacio e interacciones del sistema [11]. Para este proyecto, ayudó a crear un escenario con todo el sistema de transportadores, el número de trabajadores deseados asignándole el tiempo de actividad que ocupa en cada etapa, adaptación de bandejas y cartones que llevarían banano durante el proceso, así como la simulación con robot industrial, permitiéndonos visualizar de mejor manera el comportamiento del proceso y realizar nuevas modificaciones hasta obtener los resultados esperados y optimización del proceso.

## 3.7 RESULTADOS DE SIMULACIÓN EN FLEXSIM

De la simulación mostrada en la Figura 3.36, se comprobó los tiempos y velocidades óptimas para disminuir el tiempo de producción total del proceso.

**Figura 3.36. Simulación del proceso con trabajadores [Autoría Propia]**

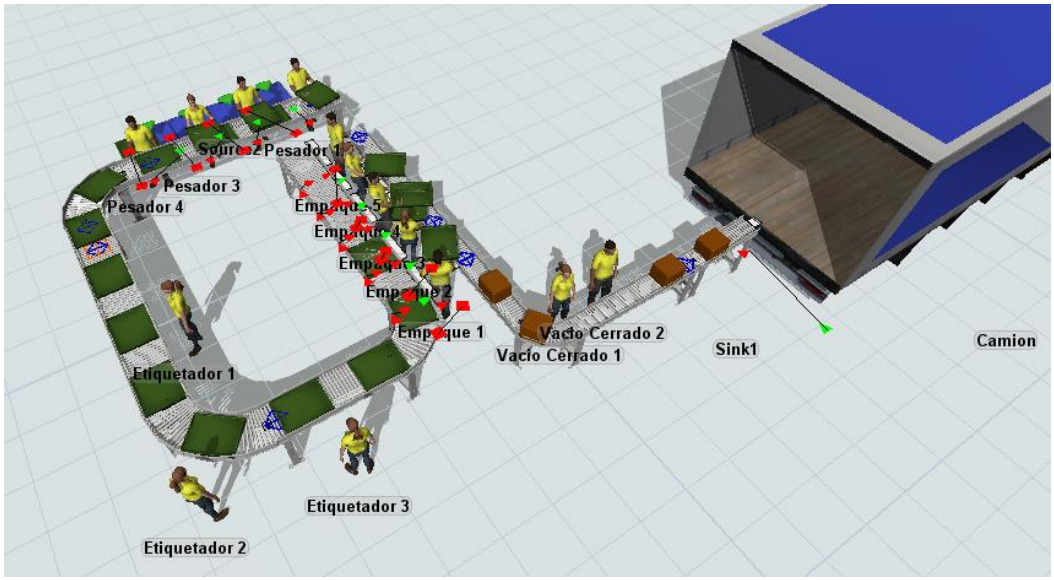
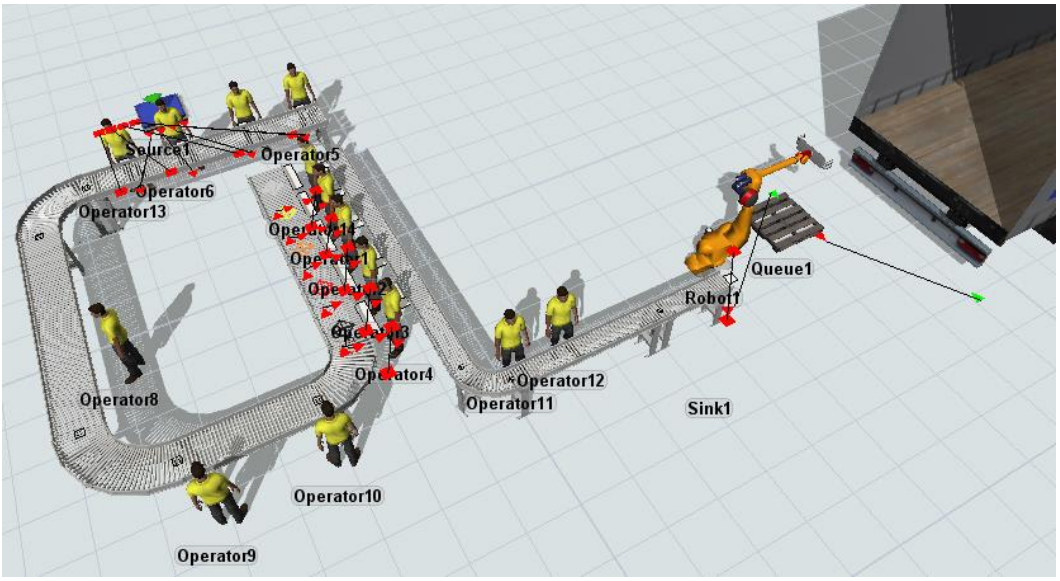



**Figura 3.37. Simulación del proceso con trabajadores y brazo robot [Autoría Propia]**




En la simulación de la propuesta 4 igualmente se verificó los tiempos óptimos para incluir un robot industrial en la tarea de paletizado. Como se observa en la Figura 3.37. La información técnica del robot industrial se la encontrará en la sección APENDICE 20.

## 3.8 ANÁLISIS DE COSTOS

### 3.8.1 INVERSIÓN

En este proyecto se determinó la inversión necesaria para cuatro propuestas planteadas, que involucran el diseño, construcción, instalación, montaje y automatización de los 5 transportadores eléctricos con su respectivo tablero eléctrico y lógica de programación, y 2 transportadores solo de rodillos, sin automatizar para que los clústeres de banano puedan deslizarse durante el proceso. A continuación, se muestra una tabla que nos muestra la inversión necesaria para esa actividad. Propuesta 4 con inclusión de un brazo robótico para paletizado y adecuación de bandas para que puedan trabajar 5 empaquetadores con una inversión de $147.228,48 dólares americanos. Ver Tabla 3.14.

**Tabla 3.14. Inversión necesaria para cada propuesta [Autoría Propia]**

| PROYECTO | INVERSIÓN |
|---|---|
| PROPUESTA 1 | $ 74.428,03 |
| PROPUESTA 2 | $ 74.428,03 |
| PROPUESTA 3 | $ 74.428,03 |
| PROPUESTA 4 | $ 147.228,48 |

La descripción y mayor detalle del presupuesto necesario se encontrará en la sección APÉNDICES al final de este documento.

### 3.8.2 MANTENIMIENTO

El mantenimiento preventivo necesario para el funcionamiento correcto de los diferentes transportadores eléctricos, se lo ha definido semestralmente. Ver Tabla 3.15.

**Tabla 3.15. Costos de mantenimiento [Autoría Propia]**

| PROPUESTA | MANTENIMIENTO | PERIODO |
|---|---|---|
| PROPUESTA 1 | $ 1400 | SEMESTRAL |
| PROPUESTA 2 | $ 1400 | |
| PROPUESTA 3 | $ 1400 | |
| PROPUESTA 4 [1 BRAZO ROBOTICO] | $ 4000 | |

### 3.8.3 COSTO DE MANO DE OBRA REEMPLAZADA

En este proyecto se ha reemplazado en la propuesta 1 a la persona encargada de fumigación la cual recibe una remuneración de $25 la jornada laboral diaria. En la propuesta 2 no se eliminan personas, solo se reubica a la persona de fumigado para ser empacador y ahora la persona que saca el aire y la que cierra y carga las cajas de banano pasan a hacer cada uno las 2 actividades al mismo tiempo. Para la propuesta 3, pasa lo mismo que la propuesta cuatro, pero con la diferencia que se aumenta un pesador, para que trabajen 4 paralelamente reduciendo así el tiempo equivalente de la actividad y dejando de ser el cuello de botella.

### 3.8.4 VALOR ACTUAL NETO (VAN) Y TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

**Tabla 3.16. Valores de VAN y TIR para cada propuesta [Autoría Propia]**

| PROYECTO | INVERSIÓN | FLUJO NETO ANUAL | PERIODO [AÑOS] | VAN | TIR |
|---|---|---|---|---|---|
| PROPUESTA 1 | $ -74.428,03 | $38.042,39 | 5 | $ 53.095,96 | **42%** |
| PROPUESTA 2 | $ -74.428,03 | $109.454,23 | | $ 292.479,52 | **145%** |
| PROPUESTA 3 | $ -74.428,03 | $171.104,23 | | $ 499.139,90 | **229%** |
| PROPUESTA 4 (1 BRAZO ROBOTICO) | $ -147.228,48 | $244.950,28 | | $ 673.882,85 | **165%** |

**Las propuestas mencionadas en este proyecto cubren todos los costos, así como la tasa de descuento anual del 15%, generando una riqueza adicional para las propuestas 1, 2, 3, 4 y 5 de VAN1=$53.095,96; VAN2=292.479,52;**

**VAN3=499.139,90; VAN4=673.882,85 y TIR1=42%; TIR2=145%; TIR3=229%; TIR4=165% respectivamente como se puede observar en la** Tabla 3.16. Por lo cual se puede decir que todas las propuestas planteadas son viables y rentables.

### 3.8.5 CAPACIDAD DE PROCUCCIÓN Y NÚMERO DE CAJAS INCREMENTADAS

La ejecución de todas las tareas realizadas en la productora de banano es manual y se estimó una capacidad de producción actual de 1400 caja/ día, según los datos tomados el día del levantamiento de información. En base a estos datos y el número de trabajadores definidos en cada etapa ese día, se procedió a realizar todos los cálculos. De los cuales se obtuvieron los siguientes resultados de producción para las siguientes propuestas.

**Tabla 3.17. Datos de capacidad de producción de cada propuesta [Autoría Propia]**

| BASE DE PRODUCCION ACTUAL: 1401 Cajas de Banano | | | |
|---|---|---|---|
| **PROPUESTA** | **Capacidad de producción del sistema [U/Hora]** | **Capacidad de producción del sistema. Jornada completa [8 h]** | **Capacidad de producción al 85%** |
| PROPUESTA 1 | 228 | 1824 | 1551 |
| PROPUESTA 2 | 270 | 2160 | 1836 |
| PROPUESTA 3 | 307 | 2456 | 2088 |
| PROPUESTA 4 [1 BRAZO ROBOTICO] | 347 | 2776 | 2360 |

Se puedo observar en la Tabla 3.17. que en todas las propuestas se tuvo un incremento considerable de cajas de banano diarias, haciendo un análisis para una jornada laboral de 8 horas diarias y un cálculo de la producción diaria al 85%.

**Tabla 3.18. Número de cajas y ganancia incrementada [Autoría Propia]**

| PROPUESTA | Nº CAJAS INCREMENTADAS POR DIA | Nº CAJAS INCREMENTADAS POR MES | GANANCIA INCREMENTADA POR MES | GANANCIA INCREMENTADAS POR AÑO a una tasa anual 15% |
|---|---|---|---|---|
| PROPUESTA 1 | 150 | 1200 | $ 3.024,00 | $38.889,73 |
| PROPUESTA 2 | 435 | 3480 | $ 8.769,60 | $112.780,23 |
| PROPUESTA 3 | 687 | 5496 | $ 13.849,92 | $178.114,98 |
| PROPUESTA 4 [1 BRAZO ROBOTICO] | 959 | 7672 | $ 19.333,44 | $248.635,03 |
| PROPUESTA 5 | 2271 | 18168 | $ 45.783,36 | $588.790,56 |

Se realizó un análisis de las ganancias incrementadas según cada propuesta como se puede observar en la Tabla 3.18., tomando de referencia el valor actual de cada caja de banano de $6,30 dólares americanos, y en base a una ganancia del 40% del precio de cada caja, dato que fue proporcionado por la administradora de la productora. Y hallando el valor futuro de cada mensualidad generada con una tasa de descuento anual del 15%.

### 3.8.6 ELECCIÓN DE LA MEJOR OPCIÓN

Se eligió la propuesta 3, como opción de recuperación rápida de la inversión inicial sin alterar mucho las ubicaciones de las estructuras de las otras etapas previamente establecidas por la empresa, así con esta propuesta se logra mejorar el tiempo de producción y a la par incrementar las ganancias a un valor de $178.114,98,00 anual.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se determinaron los requerimientos y características de las etapas de pesado, fumigado, etiquetado, empaque y transporte en el área de empaquetado, mediante el uso de las técnicas de estudio de tiempos y diagrama de precedencias para el proceso actual, obteniendo como dato importante que el cuello de botella actual es la etapa de etiquetado, con un tiempo promedio de 17,53 segundos. Todas las etapas del proceso ocupan tiempo de su actividad en caminar y/o empujar los clústeres y cajas de banano, tiempo que no contribuye a una mejoría de la producción y que puede ser ocupado en micromovimientos fundamentales para la ejecución de la etapa correspondiente.
- Se determinaron porcentajes de tiempo improductivo, debido a la no coordinación en la línea de producción, los cuales no permiten aprovechar el 100% de la mano de obra, como es el caso de la persona encargada de cerrar las cajas de banano con un tiempo improductivo de 46,2%, la persona encargada de dejar al vacío y amarrar las fundas con banano con un 38,32%, la persona de la etapa de fumigado con un 28,82%, las personas de las etapas de etiquetado con un 25,35%, las personas de la etapa de pesado con un 5,88% y las personas del área de empaque con un 3,37% de tiempo improductivo.
- Se identificaron las características técnicas de los diferentes sensores, actuadores, motores y equipos de automatización, para en base a los datos obtenidos, desarrollar las propuestas de ingeniería de detalle, para la implementación de automatización de transportadores eléctricos con bandas cardánicas y por otro lado la incorporación de transportadores con rodillos en el diseño, los cuales contribuirán a la mejora del tiempo de producción significativamente, eliminando todo el tiempo improductivo debido a la no coordinación en la línea de producción, y por otra parte una propuesta que integra el sistema de transportadores mencionado, con un brazo robótico para el paletizado de las cajas de cartón, en el área de empaquetado, esta

última requerirá de una mayor inversión debido al acondicionamiento e implementación del brazo robótico.

- Se elaboró el presupuesto final para cada propuesta de automatización de transportadores eléctricos y propuesta con brazo robótico para paletizado de cajas de cartón en la productora de banano “Pangola”, resultando en $74.428,03 con un VAN1=$53.095,96 y TIR1 de 42% para la propuesta 1, $74.428,03 con un VAN2=$292.479,52; VAN3=$499.139,90 y TIR2 de 145% TIR3 de 229% para la propuesta 2 y 3 respectivamente, $147.228,48 con VAN4= $673.882,85 y TIR4 de 165% para la propuesta 4, por lo que se puede concluir que todas las cuatro propuestas son viables económicamente y tienen fiabilidad técnica por otra parte, la selección e implementación será de acuerdo a capacidad de inversión actual, las necesidades e intereses de la empresa.

**Recomendaciones**

- Se recomienda la implementación de cualquiera de las 4 propuestas planteadas en este proyecto, en la productora de banano “Pangola”, debido a que este diseño permite reducir el tiempo de producción y por ende aumentar la capacidad de producción de esta.
- Se sugiere que los trabajadores del área de pesado trabajen de forma individual cada uno ocupando una balanza, y rotar el personal dentro de la misma etapa que se encuentre trabajando, para ayudar a mejorar su tiempo promedio en la actividad.
- Se recomienda realizar un análisis de mejora continua en las etapas del proceso, identificando nuevos cuellos de botella y buscar e implementar un mejor método o sistema para el etiquetado del banano.

# BIBLIOGRAFÍA


[1] L. S. Aragón, "La Fijación de Precios en el Mercado Mundial de Banano", Centro de Investigaciones Económicas CIEC-ESPOL 15-2007, Guayaquil, 2007.

[2] V. M. Choez, A. A. Limones y J. L. González, "Perspectivas sobre el ingreso de banano a Brasil ysu influencia en la economía ecuatoriana", *Observatorio de la economía latinoamericana,* vol. n/a, nº ISSN: 1696-8352, p. 15, 2018.

[3] Ministerio de Comercio Exterior, "Informe sector bananero ecuatoriano", Ministerio de comercio exterior, Quito-Ecuador, 2017.

[4] S. G. Bastar, Metodologías de la investigación, Estado de México: RED TERCER MILENIO S.C., 2012.

[5] C. R. Hernández, C. F. Collado y L. P. Baptita, Metodología de la investigación, México: McGRAW - HILL, 2014.

[6] F. E. Meyers, Estudios de tiempos y movimientos para la manufactura ágil, New Jersey: Prentice Hall, 1999.

[7] M. Tabares, "Solución del balanceo de línea con estaciones de trabajo en paralelo, un caso deestudio en el sector de las confecciones", Pereira, 2013.

[8] RENOLD, "Conveyor Chain Designer Guide", 2018.

[9] P. Joan, "Los criterios Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Rendimiento", *e-Pública,* nº 2, 2007.

[10] Y. M, R.S y A. Huis, "Material Transfer of POM in sliding contact", Elsevier, The Netherlands, 2003.

[11] Flexsim Software Products Inc., "Flexsim software", Utah.
Disponible: https://www.flexsim.com/flexsim/

# APENDICES

# APENDICE 1

## CUESTIONARIO DE ENTREVISTA A ADMINISTRADORA GENERAL DE PANGOLA

**1 ¿Cada qué tiempo se produce el banano?**

El banano es cíclico, es una producción semanal durante los 365 días del año. Se divide al año en 52 semanas de 7 días cada una. Por lo general en las haciendas se corta el mismo día. (Si se corta lunes, las 52 semanas se cortan los lunes, si es martes todos los martes las 52 semanas)

**2 ¿Cuál es el costo de la caja de banano que producen?**

El costo de la caja de banano en el mercado internacional es $6.20 o $6.30 dependiendo. También se tienen cajas de 43 y 44 libras, también tenemos una caja en mano que tiene 32 libras y en el contenedor van 1540 cajas.

El precio actual en Ecuador es $6.30

**3 ¿Cuándo hay eventos malos a nivel del sector bananero afectan los precios de las negociaciones?**

Se tiene un contrato anual firmado con la exportadora donde se fija el precio durante ese periodo, por lo tanto, no nos afecta en ningún mes del año, sea tiempo bueno o tiempo malo. En la solicitud del comercio internacional siempre tenemos cupo para exportar nuestro banano.

**4 ¿Cuáles son los meses de mayor producción?**

En los meses de mayor producción influye el clima, se tienen los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril y parte de mayo con producción sumamente alta. Aproximadamente 20000 cajas al mes.

En Mayo, Junio, Julio, Agosto y septiembre comienza la producción a bajar debido a que comienza en esta parte de Ecuador el frio, que estresa al banano, entonces la fruta no se desarrolla, no crece y la producción baja entre un 25, 30 y 40% siempre y cuando no se tomen las medidas necesarias para los meses de frio para que no baje tanto la producción. En esos meses se procesan 14000 a 15000 cajas al mes aproximadamente. Hay un proceso preventivo que consiste en poner los foliares, fertilizantes, todas las vitaminas que necesita la planta para que en los meses de frio no nos vengan Mancha Blanca, Explosivo, fruta cremosa, para lograr mantener ese rango de producción en esa época de frio.

**5 ¿Cada qué tiempo se hace la fertilización del banano?**

Para una óptima producción, con una conversión de 1.30, 1.40, 1.50 que tenemos nosotros, fertilizamos todos los meses, basado en un programa de fertilización y sólo una vez al año hacemos envenenamiento que sirve para que la raíz no sea comida por la hormiga o insectos existentes, acompañado de la oxigenación de la tierra a través de canales profundos y no muy separados.

**6 ¿Cuál es la variación de la producción en los últimos 5 años?**

PROPORCIONA CUADROS DE PRODUCCIÓN

Comencé a administrar la empresa hace 10 años con 60 hectáreas y 30 empleados al pasar el tiempo ha ido incrementando y actualmente cuenta con 400 empleados.

2010 70 Hectáreas

2013 120 Hectáreas

También se alquilan tierras actualmente

Con crecimiento ascendente.

Sacar la media de este aumento.

**7 ¿Tienen los empleados funciones fijas o son rotados en las diferentes áreas?**

En el campo no, porque se necesita tener experiencia. Ejemplo los que saben hacer canales están preparados para hacer canales. El nivel de educación que tienen las personas en el campo es la primaria y algunos la secundaria, por lo que es difícil hacerlos rotar en otras tareas, porque se han vuelto expertos en esas actividades que realizan.

La persona que está encargada del desmane nunca se la mueve porque tiene la habilidad y reflejo para cortar las manos del racimo de banano, parte importante para conservar los parámetros de exportación.

En el área de piscinas hay 4 o 5 picadores que son difíciles de removerlos porque tienen la habilidad de clasificar y desechar el banano con imperfecciones y que no sirve.

**8 ¿Qué etapa del área de empaquetado considera que tiene más retardos o hace aumentar el tiempo de producción?**

La etapa de pesado, debido a que aquí está el éxito o el fracaso del proceso, porque si nos está pesando media libra de más eso representa perdidas.

La etapa de desmane es crítica debido a que si el encargado de desmane me corta 2 o 4 dedos de la mano de banano del racimo eso ya representa pérdidas.

El empaque es demasiado duro porque el encargado de recibir la caja de banano para luego subirla al contenedor realiza un esfuerzo físico bien grande, y en el caso que el empleado sufra algún accidente le tocaría pagar a la empresa una cantidad de dinero considerable.

**9 ¿Considera que la etapa de etiquetado influye de manera considerable al aumento del tiempo de producción del banano?**

En el etiquetado no todas las marcas exigen tantas etiquetas por mano. Hay marcas que exigen entre 3 o máximo 4 etiquetas por mano. Hay una en la que se colocan 5 o 6 por mano. La caja de banano sigue teniendo el mismo precio sin importar el número de etiquetas que exija la marca.

**10 ¿Cuántas marcas solicitan su producción de banano?**

La compañía tiene contratos actualmente con 14 Marcas:

La compañía internacional Frutadeli tiene las marcas:

Sultana

Sherezada

Golosita

Diamante

Frutasvey

Forbes Especial

Bananavey

Todas estas mencionadas de 44 libras por caja.

Derby

Fruta del Sol

Forbes

Probana

Banagold café

Banagold azul

Favorita

Todas estas de 43 libras por caja

Exportadora Asoagribal

También Caja de 32 libras que es en mano 208

**11 ¿En qué categoría económica se encuentra esta productora de banano en Ecuador?**

Somos contribuyentes especiales, pasamos a ser una empresa grande por los montos de ventas que han ido aumentando. Recién en diciembre fue declarada contribuyente especial.

**12 ¿Cuál es el porcentaje de pérdidas de banano tiene la productora en el proceso?**

Menos del 3% de perdidas es aproximadamente 80 racimos a la semana.

Pero si hay más de 5 racimos rechazados hay que llamar la atención a producción.

Nos manejamos por indicadores, la empresa productora tiene un índice de producción actual del 1.25 %

Ejemplo: Semana 24: 1.25%

Semana 25: 1.25%

Semana 26: Conversión de 1.10% Es un llamado de atención de que ha habido pérdidas considerables y se llama al mayordomo para corregir el mal manejo de fruta y una mejor calibración.

CONVERSIÓN: [601+800+105 racimos cortados] / 1576 cajas

CONVERSIÓN: # de cajas procesadas en el día / # de racimos cortados en el día.

1506 racimos

**13 ¿Cuántas cajas producen diariamente?**

Depende de la programación del pedido

Hoy martes producimos 1800 cajas y mañana 1700 En esta semana tenemos que entregar 3500 cajas.

Se tiene el registro de todos los enfundes y por colores de cinta para con esos datos saber cuánto se va a producir y poder planificarse.

**14 ¿Cuántas cajas de banano es la capacidad del contenedor?**

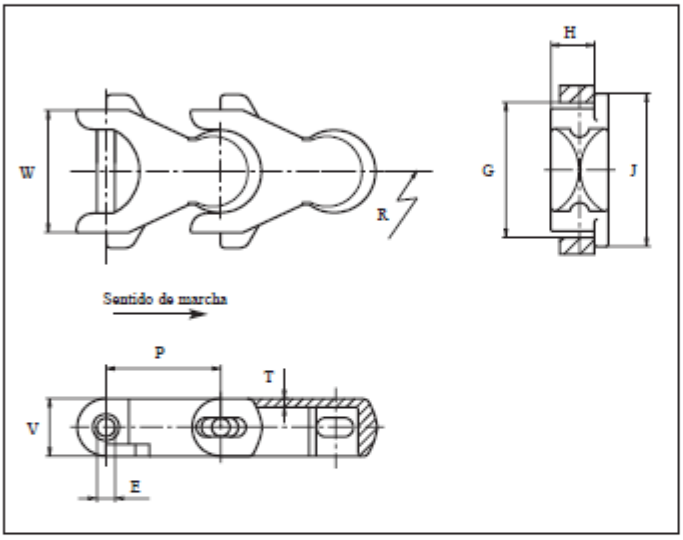
1200 cajas de banano.

# APENDICE 2

## CATÁLOGO DE BANDA CARDÁNICA SELECCIONADA

La cadena uni 1701 TAB tiene lados rectos con tabs en la parte inferior. La cadena uni 1701 TAB es excelente para marcha en curvas y transportadores en serpentina.

La cadena uni 1701 TAB también se suministra con placas superiores en forma de media luna (uni 1701 TAB H). Este diseño puede verse en la pág. 74, la cadena uni 1702.




| | mm | pul. | | mm | pul. |
|---|---|---|---|---|---|
| E | 8.0 | 0.31 | P | 50.0 | 1.97 |
| G * | 56.0 | 2.20 | T | 3.9 | 0.15 |
| H | 19.0 | 0.75 | V | 25.0 | 0.98 |
| J | 66.7 | 2.63 | - | - | - |

* G = 55 mm (2.17 pulgadas) cuando R > 500 mm (19.69 pulgadas). Todas las dimensiones son para cadenas en acetal (POM).

Los artículos con referencia uni en **negrita** son estándar.
Los artículos con referencia uni en *cursiva* se suministran bajo pedido.

| | referencia uni | | | ancho W | | peso | | radio min. R | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | POM-D | POM-D | POM-LF | mm | pul. | kg/m | lb/ft | mm | pul. |
| uni 1701 TAB | 31D1701TW | 31D1701TG | 31LF1701T | 53.3 | 2.10 | 1.5 | 1.01 | 150 | 5.91 |
| uni 1700 TAB-R | *31D1701TRW* | *31D1701TRG* | 31LF1701TR | 53.2 | 2.09 | 1.5 | 1.01 | 125 | 4.92 |

### uni 1701 TAB/TAB-R
**Cadenas uni Flex • Plástico**

- Giro lateral
- 50.0 mm (1.97 pulgadas)
- Materiales — Ver pág. 14
- SS304 — Ver pág. 13
- 75 mm (3.0 pulgadas)
- Ver pág. 112
- Ver pág. 120
- Ver pág. 101
- 6.1 m = 20 ft
  Nº eslabones/caja: 122
- POM: 4000 N (899 lbf)

# APENDICE 3

## DATOS TÉCNICOS DE MOTOR 2HP

# HOJA DE DATOS

Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula

| | |
|---|---|
| Cliente | : |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Línea del producto | : Multimontaje IE3 Trifásico | Código del producto : | 13958269 |
| | | Catalog # : | 00158ET3EAL90L-W22 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Carcasa | : 90S/L | Tiempo de rotor bloqueado | : 25s (frío) 14s (caliente) |
| Potencia | : 2 HP (1.5 kW) | Elevación de temperatura | : 80 K |
| Polos | : 4 | Régimen de servicio | : S1 |
| Frecuencia | : 60 Hz | Temperatura ambiente | : -20°C hasta +40°C |
| Tensión nominal | : 208-230/460 V | Altitud | : 1000 m |
| Corriente nominal | : 6.17-5.58/2.79 A | Gradu de protección | : IP55 |
| Corriente de arranque | : 51.2-46.3/23.2 A | Método de refrigeración | : IC411 - TEFC |
| Ip/In | : 8.3 | Forma constructiva | : B3L(E) |
| Corriente en vacío | : 0.000-3.36/1.68 A | Sentido de giro[1] | : Ambos |
| Rotación nominal | : 1755 rpm | Nivel de ruido[2] | : 49.0 dB(A) |
| Resbalamiento | : 2.50 % | Método de Arranque | : Partida directa |
| Torque nominal | : 0.816 kgfm | Masa aproximada[3] | : 21.0 kg |
| Torque de arranque | : 300 % | | |
| Torque máximo | : 400 % | | |
| Clase de aislamiento | : F | | |
| Factor de servicio | : 1.25 | | |
| Momento de inercia (J) | : N | | |
| Categoría | | | |

| Potencia | 25% | 50% | 75% | 100% |
|---|---|---|---|---|
| Rendimiento (%) | 81.3 | 82.5 | 85.5 | 86.5 |
| Cos ? | 0.51 | 0.56 | 0.69 | 0.78 |

| Fuerzas en la fundación | |
|---|---|
| Tracción máxima | : 93 kgf |
| Compresión máxima | : 114 kgf |

| | | Delantero | Trasero |
|---|---|---|---|
| Tipo de cojinete | : | 6205 ZZ | 6204 ZZ |
| Sello | : | V'Ring | V'Ring |
| Intervalo de lubricación | : | - | - |
| Cantidad de lubricante | : | - | - |
| Tipo de lubricante | : | Mobil Polyrex EM | |

Notas

# APENDICE 4

## DATOS TÉCNICOS DE MOTOR DE 1 HP

# HOJA DE DATOS

## Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula

| | |
|---|---|
| Cliente | : |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Línea del producto | : Multimontaje IE3 Trifásico | Código del producto : | 13983068 |
| | | Catalog # : | .7518ET3EAL90S/L-W22 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Carcasa | : 90S/L | Tiempo de rotor bloqueado | : 39s (frío) 22s (caliente) |
| Potencia | : 1 HP (0.75 kW) | Elevación de temperatura | : 80 K |
| Polos | : 4 | Régimen de servicio | : S1 |
| Frecuencia | : 60 Hz | Temperatura ambiente | : -20°C hasta +40°C |
| Tensión nominal | : 230/460 V | Altitud | : 1000 m |
| Corriente nominal | : 3.02/1.51 A | Gradu de protección | : IP55 |
| Corriente de arranque | : 24.2/12.1 A | Método de refrigeración | : IC411 - TEFC |
| Ip/In | : 8.0 | Forma constructiva | : B3L(E) |
| Corriente en vacío | : 1.90/0.950 A | Sentido de giro[1] | : Ambos |
| Rotación nominal | : 1760 rpm | Nivel de ruido[2] | : 49.0 dB(A) |
| Resbalamiento | : 2.22 % | Método de Arranque | : Partida directa |
| Torque nominal | : 0.407 kgfm | Masa aproximada[3] | : 16.8 kg |
| Torque de arranque | : 280 % | | |
| Torque máximo | : 360 % | | |
| Clase de aislamiento | : F | | |
| Factor de servicio | : 1.25 | | |
| Momento de inercia (J) | : 0.0049 kgm² | | |
| Categoría | : N | | |

| Potencia | 25% | 50% | 75% | 100% |
|---|---|---|---|---|
| Rendimiento (%) | 79.5 | 80.0 | 84.0 | 84.0 |
| Cos ? | 0.29 | 0.51 | 0.65 | 0.74 |

| Fuerzas en la fundación | |
|---|---|
| Tracción máxima | : 37 kgf |
| Compresión máxima | : 53 kgf |

| | | Delantero | Trasero |
|---|---|---|---|
| Tipo de cojinete | : | 6205 ZZ | 6204 ZZ |
| Sello | : | V'Ring | V'Ring |
| Intervalo de lubricación | : | - | - |
| Cantidad de lubricante | : | - | - |
| Tipo de lubricante | : | Mobil Polyrex EM | |

Notas

# APENDICE 5

## TABLA DE POTENCIA DEL REDUCTOR

| MODELO | RED | T máx. (Nm) | 1700 RPM - MOTOR 4P 60 Hz | | | | | 1400 RPM - MOTOR 4P 50 Hz | | | | | 1150 RPM - MOTOR 6P 60 Hz | | | | | η |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Pe (cv) | Pe (KW) | MT (Nm) | RPM | Fs | Pe (cv) | Pe (KW) | MT (Nm) | RPM | Fs | Pe (cv) | Pe (KW) | MT (Nm) | RPM | Fs | |
| GC 35/2R | 7,62 | 450 | 7,50 | 5,50 | 226,61 | 223,23 | 1,99 | 5,50 | 4,00 | 201,79 | 183,84 | 2,23 | 4,00 | 3,00 | 178,66 | 151,01 | 2,52 | 96% |
| | 8,88 | 450 | 7,50 | 5,50 | 264,38 | 191,34 | 1,70 | 5,50 | 4,00 | 235,42 | 157,58 | 1,91 | 4,00 | 3,00 | 208,44 | 129,44 | 2,16 | 96% |
| | 11,35 | 450 | 7,50 | 5,50 | 337,69 | 149,80 | 1,33 | 5,50 | 4,00 | 300,71 | 123,37 | 1,50 | 4,00 | 3,00 | 266,24 | 101,34 | 1,69 | 96% |
| | 13,54 | 450 | 7,50 | 5,50 | 402,86 | 125,57 | 1,12 | 5,50 | 4,00 | 358,74 | 103,41 | 1,25 | 4,00 | 3,00 | 317,62 | 84,94 | 1,42 | 96% |
| | 16,40 | 450 | 6,00 | 4,50 | 390,47 | 103,64 | 1,15 | 5,50 | 4,00 | 434,63 | 85,35 | 1,04 | 4,00 | 3,00 | 384,81 | 70,11 | 1,17 | 96% |
| | 18,49 | 450 | 6,00 | 4,50 | 440,27 | 91,92 | 1,02 | 4,00 | 3,00 | 356,41 | 75,70 | 1,26 | 4,00 | 3,00 | 433,89 | 62,18 | 1,04 | 96% |
| | 20,31 | 450 | 5,00 | 3,70 | 402,86 | 83,71 | 1,12 | 4,00 | 3,00 | 391,35 | 68,94 | 1,15 | 3,00 | 2,20 | 357,32 | 56,63 | 1,26 | 96% |
| | 22,42 | 450 | 5,00 | 3,70 | 444,83 | 75,81 | 1,01 | 4,00 | 3,00 | 432,12 | 62,44 | 1,04 | 3,00 | 2,20 | 394,54 | 51,29 | 1,14 | 96% |
| | 26,17 | 450 | 4,00 | 3,00 | 415,26 | 64,97 | 1,08 | 3,00 | 2,20 | 378,18 | 53,51 | 1,19 | 2,00 | 1,50 | 306,93 | 43,95 | 1,47 | 96% |
| | 28,77 | 450 | 4,00 | 3,00 | 450,00 | 59,09 | 1,00 | 3,00 | 2,20 | 415,81 | 48,66 | 1,08 | 2,00 | 1,50 | 337,47 | 39,97 | 1,33 | 96% |
| GC 35/3R | 31,01 | 450 | 3,00 | 2,20 | 361,36 | 54,83 | 1,25 | 3,00 | 2,20 | 438,80 | 45,15 | 1,03 | 2,00 | 1,50 | 356,12 | 37,09 | 1,26 | 94% |
| | 36,17 | 450 | 3,00 | 2,20 | 421,59 | 47,00 | 1,07 | 2,00 | 1,50 | 341,29 | 38,70 | 1,32 | 2,00 | 1,50 | 415,48 | 31,79 | 1,08 | 94% |
| | 46,20 | 450 | 2,00 | 1,50 | 359,00 | 36,79 | 1,25 | 2,00 | 1,50 | 435,93 | 30,30 | 1,03 | 1,50 | 1,10 | 398,02 | 24,89 | 1,13 | 94% |
| | 55,12 | 450 | 2,00 | 1,50 | 428,28 | 30,84 | 1,05 | 1,50 | 1,10 | 390,04 | 25,40 | 1,15 | 1,00 | 0,75 | 316,56 | 20,86 | 1,42 | 94% |
| | 66,78 | 450 | 1,50 | 1,10 | 389,16 | 25,46 | 1,16 | 1,00 | 0,75 | 315,03 | 20,96 | 1,43 | 1,00 | 0,75 | 383,52 | 17,22 | 1,17 | 94% |
| | 75,30 | 450 | 1,50 | 1,10 | 438,80 | 22,58 | 1,03 | 1,00 | 0,75 | 355,22 | 18,59 | 1,27 | 1,00 | 0,75 | 432,44 | 15,27 | 1,04 | 94% |
| | 82,68 | 450 | 1,00 | 0,75 | 321,21 | 20,56 | 1,40 | 1,00 | 0,75 | 390,04 | 16,93 | 1,15 | 0,75 | 0,55 | 356,12 | 13,91 | 1,26 | 94% |
| | 91,29 | 450 | 1,00 | 0,75 | 354,67 | 18,62 | 1,27 | 1,00 | 0,75 | 430,67 | 15,34 | 1,04 | 0,75 | 0,55 | 393,22 | 12,60 | 1,14 | 94% |
| | 106,53 | 450 | 1,00 | 0,75 | 413,87 | 15,96 | 1,09 | 0,75 | 0,55 | 376,91 | 13,14 | 1,19 | 0,75 | 0,55 | 450,00 | 10,79 | 1,00 | 94% |
| | 117,13 | 450 | 1,00 | 0,75 | 450,00 | 14,51 | 1,00 | 0,75 | 0,55 | 414,42 | 11,95 | 1,09 | 0,50 | 0,37 | 336,34 | 9,82 | 1,34 | 94% |
| | 129,66 | 450 | 0,75 | 0,55 | 377,79 | 13,11 | 1,19 | 0,75 | 0,55 | 450,00 | 10,80 | 1,00 | 0,50 | 0,37 | 372,31 | 8,87 | 1,21 | 94% |
| | 144,69 | 450 | 0,75 | 0,55 | 421,59 | 11,75 | 1,07 | 0,50 | 0,37 | 341,29 | 9,68 | 1,32 | 0,50 | 0,37 | 415,48 | 7,95 | 1,08 | 94% |
| | 167,24 | 450 | 0,50 | 0,37 | 324,86 | 10,16 | 1,39 | 0,50 | 0,37 | 394,47 | 8,37 | 1,14 | 0,33 | 0,25 | 316,95 | 6,88 | 1,42 | 94% |
| | 186,03 | 450 | 0,50 | 0,37 | 361,36 | 9,14 | 1,25 | 0,50 | 0,37 | 438,80 | 7,53 | 1,03 | 0,33 | 0,25 | 352,56 | 6,18 | 1,28 | 94% |
| GC35/3R GA56 | 213.70 | 500 | 0.5 | 0.37 | 406.3 | 7.96 | 1.2 | 0.5 | 0.37 | 493.3 | 6.55 | 1.0 | 0.33 | 0.25 | 400.4 | 5.38 | 1.25 | 92% |
| | 260.44 | 500 | 0.5 | 0.37 | 495.1 | 6.53 | 1.0 | 0.33 | 0.25 | 400.8 | 5.38 | 1.2 | 0.33 | 0.25 | 488.0 | 4.42 | 1.02 | 92% |
| | 300.51 | 500 | 0.33 | 0.25 | 377.1 | 5.66 | 1.3 | 0.33 | 0.25 | 462.5 | 4.66 | 1.1 | 0.25 | 0.18 | 422.3 | 3.83 | 1.18 | 92% |
| | 353.27 | 500 | 0.33 | 0.25 | 443.3 | 4.81 | 1.1 | 0.25 | 0.18 | 407.8 | 3.96 | 1.2 | 0.25 | 0.18 | 496.4 | 3.26 | 1.01 | 92% |
| | 385.32 | 500 | 0.33 | 0.25 | 483.5 | 4.41 | 1.0 | 0.25 | 0.18 | 444.8 | 3.63 | 1.1 | 0.16 | 0.12 | 346.5 | 2.98 | 1.44 | 92% |
| | 422.72 | 500 | 0.25 | 0.18 | 401.8 | 4.02 | 1.2 | 0.25 | 0.18 | 487.9 | 3.31 | 1.0 | 0.16 | 0.12 | 380.2 | 2.72 | 1.32 | 92% |
| | 467.46 | 500 | 0.25 | 0.18 | 444.4 | 3.64 | 1.1 | 0.16 | 0.12 | 345.3 | 2.99 | 1.4 | 0.16 | 0.12 | 420.4 | 2.46 | 1.19 | 92% |
| GC35/3R GC15/2R | 588.68 | 500 | 0.16 | 0.12 | 350.3 | 2.89 | 1.4 | 0.16 | 0.12 | 425.4 | 2.38 | 1.2 | 0.16 | 0.12 | 500 * | 1.95 | 1 | 90% |
| | 721.52 | 500 | 0.16 | 0.12 | 429.4 | 2.36 | 1.2 | 0.16 | 0.12 | 500 * | 1.94 | 1 | 0.16 | 0.12 | 500 * | 1.59 | 1 | 90% |
| | 776.09 | 500 | 0.16 | 0.12 | 461.9 | 2.19 | 1.1 | 0.16 | 0.12 | 500 * | 1.80 | 1 | 0.16 | 0.12 | 500 * | 1.48 | 1 | 90% |
| | 907.83 | 500 | 0.16 | 0.12 | 500 * | 1.87 | 1 | 0.16 | 0.12 | 500 * | 1.54 | 1 | 0.16 | 0.12 | 500 * | 1.27 | 1 | 90% |
| | 1079.25 | 500 | 0.16 | 0.12 | 500 * | 1.58 | 1 | 0.16 | 0.12 | 500 * | 1.30 | 1 | 0.16 | 0.12 | 500 * | 1.07 | 1 | 90% |
| | 1186.73 | 500 | 0.16 | 0.12 | 500 * | 1.43 | 1 | 0.16 | 0.12 | 500 * | 1.18 | 1 | 0.16 | 0.12 | 500 * | 0.97 | 1 | 90% |
| | 1466.19 | 500 | 0.16 | 0.12 | 500 * | 1.16 | 1 | 0.16 | 0.12 | 500 * | 0.95 | 1 | 0.16 | 0.12 | 500 * | 0.78 | 1 | 90% |

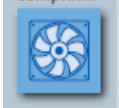
La selección del reductor se lo realizó por medio del catálogo para reductores GC, donde por medio de parámetros como potencia, número de polos, y rpm del motor se escogió el modelo de reductor.

# APENDICE 6

## Variador de velocidad SINAMICS G110

| No. de Depósito | Descripción | Precio Lista Unit. US $ |
|---|---|---|

Bombear/ ventilar/ comprimir



Mover

Los SINAMICS G110 son especialmente adecuados para aplicaciones de variación de velocidad simples con bombas, ventiladores, sistemas de embalaje, accionamientos de puertas de fábricas, garajes, paneles publicitarios en diversos sectores industriales y residenciales.

Es un convertidor de frecuencia robusto con funcionalidad básica compacto que funciona con control de tensión y frecuencia (V/f) en redes monofásicas de 200 V a 240 V (conocido en nuestro medio como alimentación "bifásica")

SINAMICS G110 con panel BOP

| Especificaciones Técnicas | |
|---|---|
| Tensión de alimentación / Frecuencia | 1 x 200...240VAC ± 10% con 50/60Hz +/- 5 % |
| Rango de potencia | 0,37 - 3 kW/ 0,5-4HP |
| Grado de Protección | IP20 |
| Entradas / Salidas | 3 entradas digitales; 1 salida digital |
| Entradas analógica | 1 entrada analógica escalable en tensión (0 V a 10 V) |
| Factor de potencia y Eficiencia | ≥ 95% |
| Capacidad de sobrecarga | 150% de sobrecarga durante 60s (ciclos de 300s) |
| Longitud del cable al motor | 50 m (No apantallado) / 25m (apantallado) |
| Método de control | Características U/f lineal, cuadrática y multipunto |
| Temperatura de empleo | -10...+40°C (hasta +50 °C con derating) |
| Funciones de protección | Subtensión, sobretensión, defecto a tierra, cortocircuito, vuelco del motor, protección térmica del motor y variador. |

**EQUIPO PARA TENSIÓN DE CONEXIÓN 220V MONOFÁSICO (BIFÁSICO)** [1]

| | Tipo | Tamaño | Pot. del motor [2] HP | kW | Corriente de Entrada (A) | Corriente de Salida (A) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100022579 | 6SL3211-0AB13-7UA1 | FSA | 0.5 | 0.37 | 6.2 | 2.3 | 319,00 |
| 100022581 | 6SL3211-0AB15-5UA1 | FSA | 0.75 | 0.55 | 7.7 | 3.2 | 348,00 |
| 100022583 | 6SL3211-0AB17-5UA1 | FSA | 1 | 0.75 | 10.0 | 3.9 | 368,00 |
| 100022585 | 6SL3211-0AB21-1UA1 | FSB | 1.5 | 1.1 | 14.7 | 6.0 | 442,00 |
| 100022587 | 6SL3211-0AB21-5UA1 | FSB | 2 | 1.5 | 19.7 | 7.8 | 516,00 |
| 100022589 | 6SL3211-0AB22-2UA1 | FSC | 3 | 2.2 | 27.2 | 11.0 | 628,00 |
| 100022574 | 6SL3211-0AB23-0UA1 | FSC | 4 | 3 | 35.6 | 13.6 | 730,00 |

**ACCESORIOS**
**Panel Operador BOP**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 100022671 | 6SL3255-0AA00-4BA1 | Para controlar y poner en marcha desde el mismo variador pudiéndose usar con varios equipos. Función para copiar y "clonar" parámetros. | 64,00 |

**Kit de programación por medio de PC, para SINAMICS G110**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 100022676 | 6SL3255-0AA00-2AA1 | Para controlar y poner en marcha el variador desde un PC Incluye conector y 3 metros de cable RS232 | 70,00 |

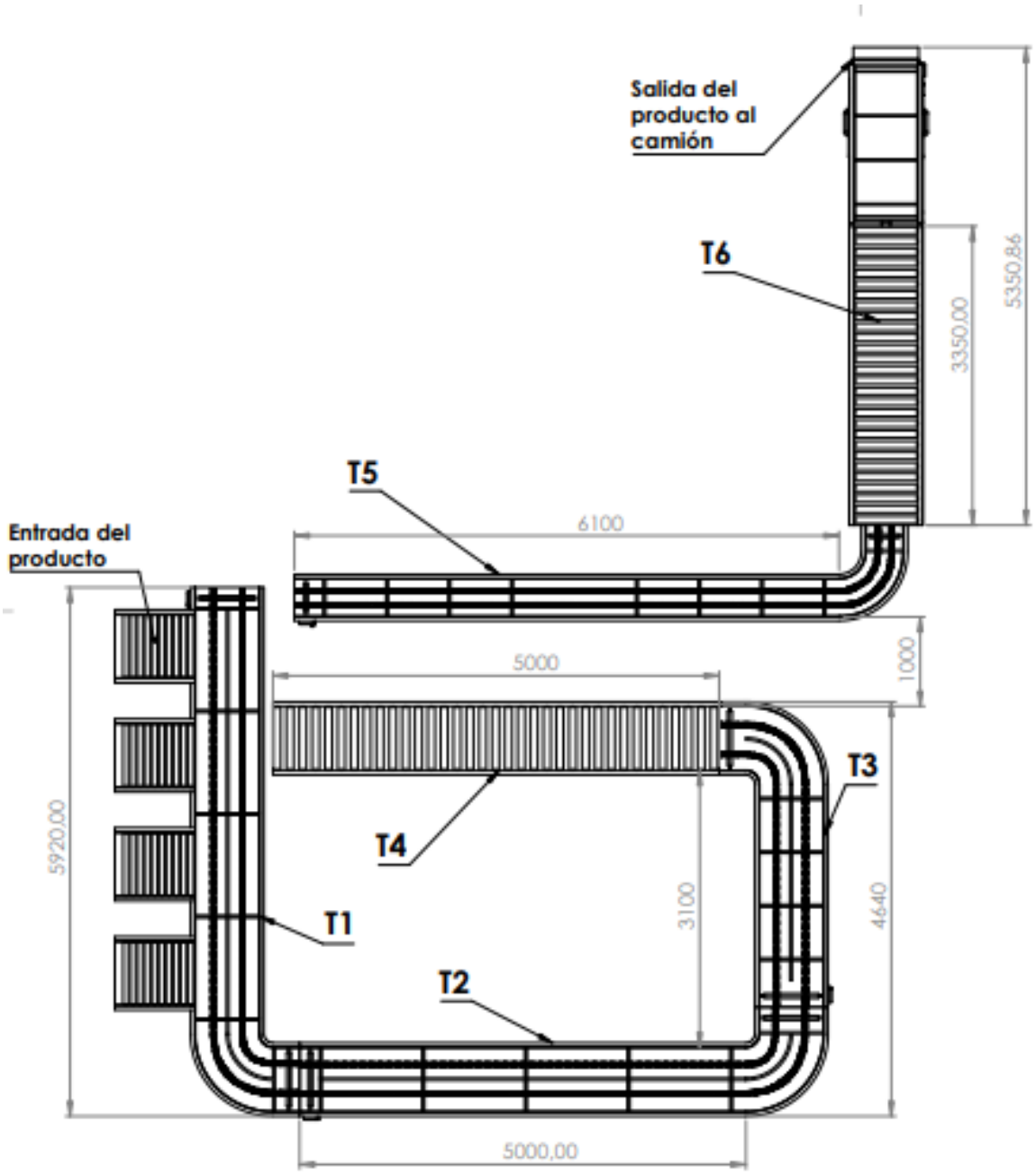
**Reactancias de entrada para SINAMICS G110 / SINAMICS V20** [3]

| | Tipo | Corriente (A) | Para variadores de potencia (HP) | |
|---|---|---|---|---|
| 100022892 | 6SL6400-3CC01-0AB3 | 10 | 0.5/0.75/1 | 129,00 |
| 100024678 | 6SL6400-3CC02-6BB3 | 26 | 1.5/2/3 | 183,00 |
| 100044387 | 6SL6400-3CC03-5CB3 | 35 | 4 | 194,00 |

El variador de velocidad Sinamics G110 se lo seleccionó ya que posee una función de protección para el motor, así como un factor de potencia y eficiencia cerca del 100%.

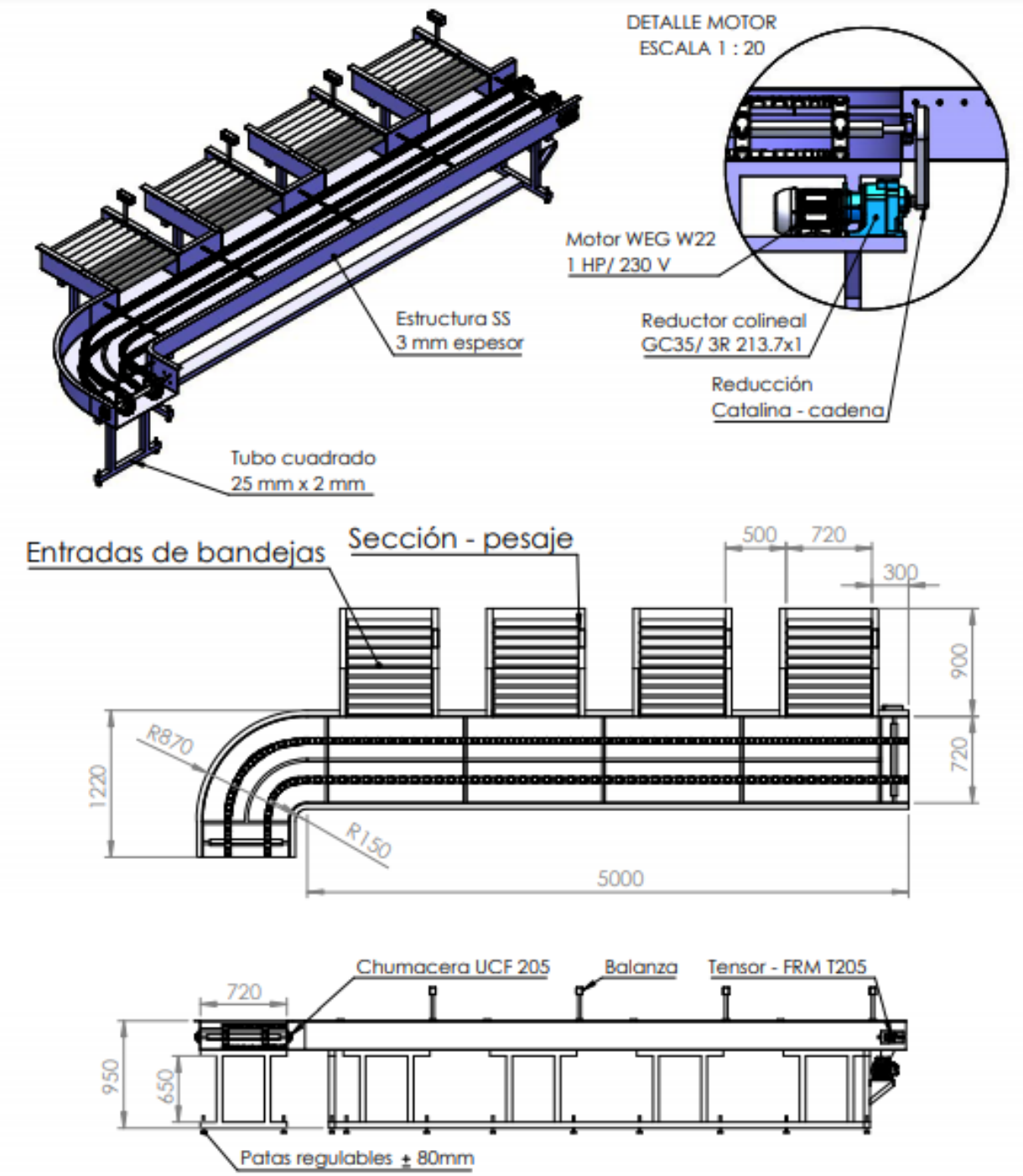
# APENDICE 7

## PLANOS GENERAL DE ÁREA DE EMPAQUETADO



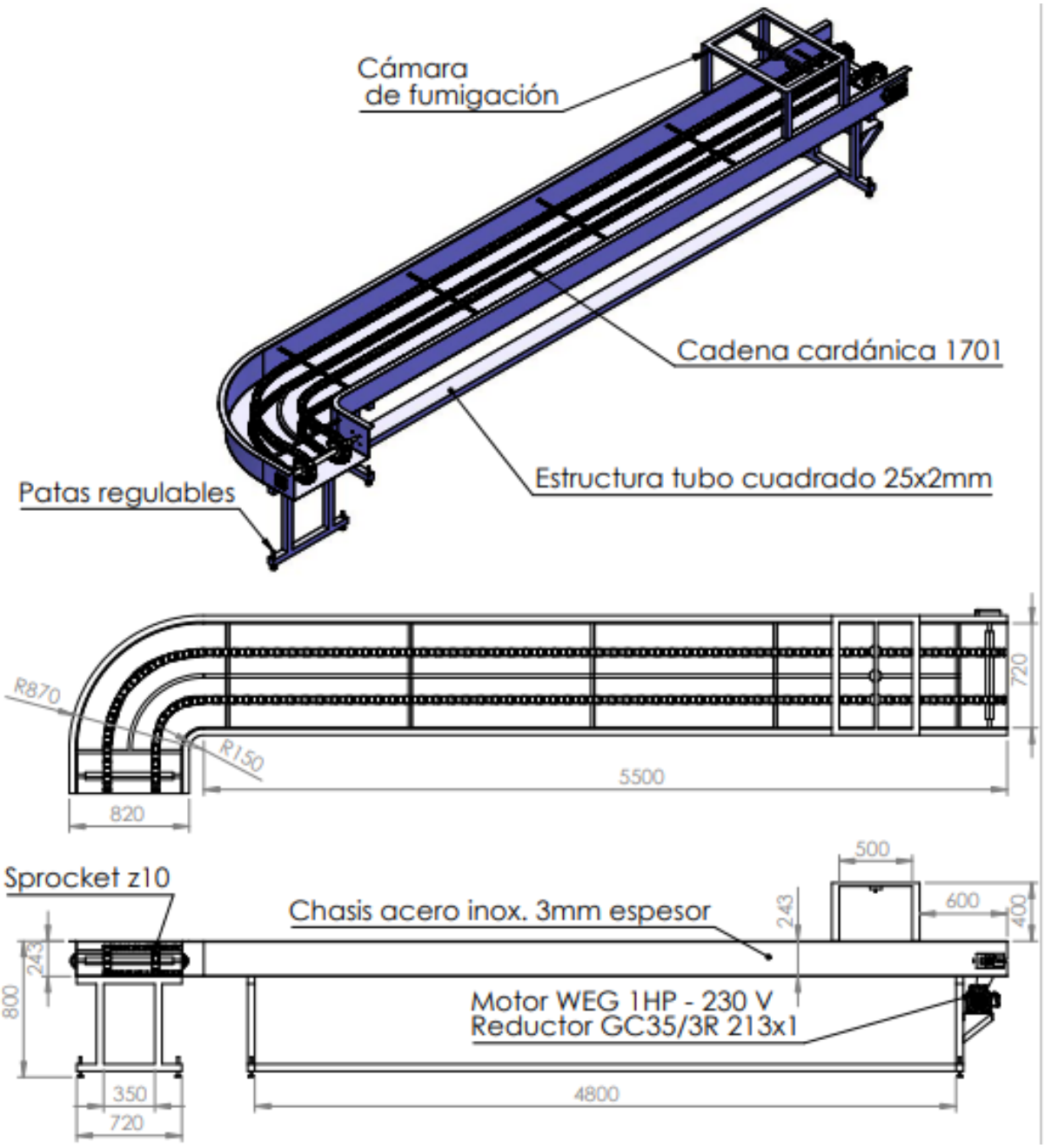
# APENDICE 8

## PLANO 1 TRANSPORTADOR ELÉCTRICO 1



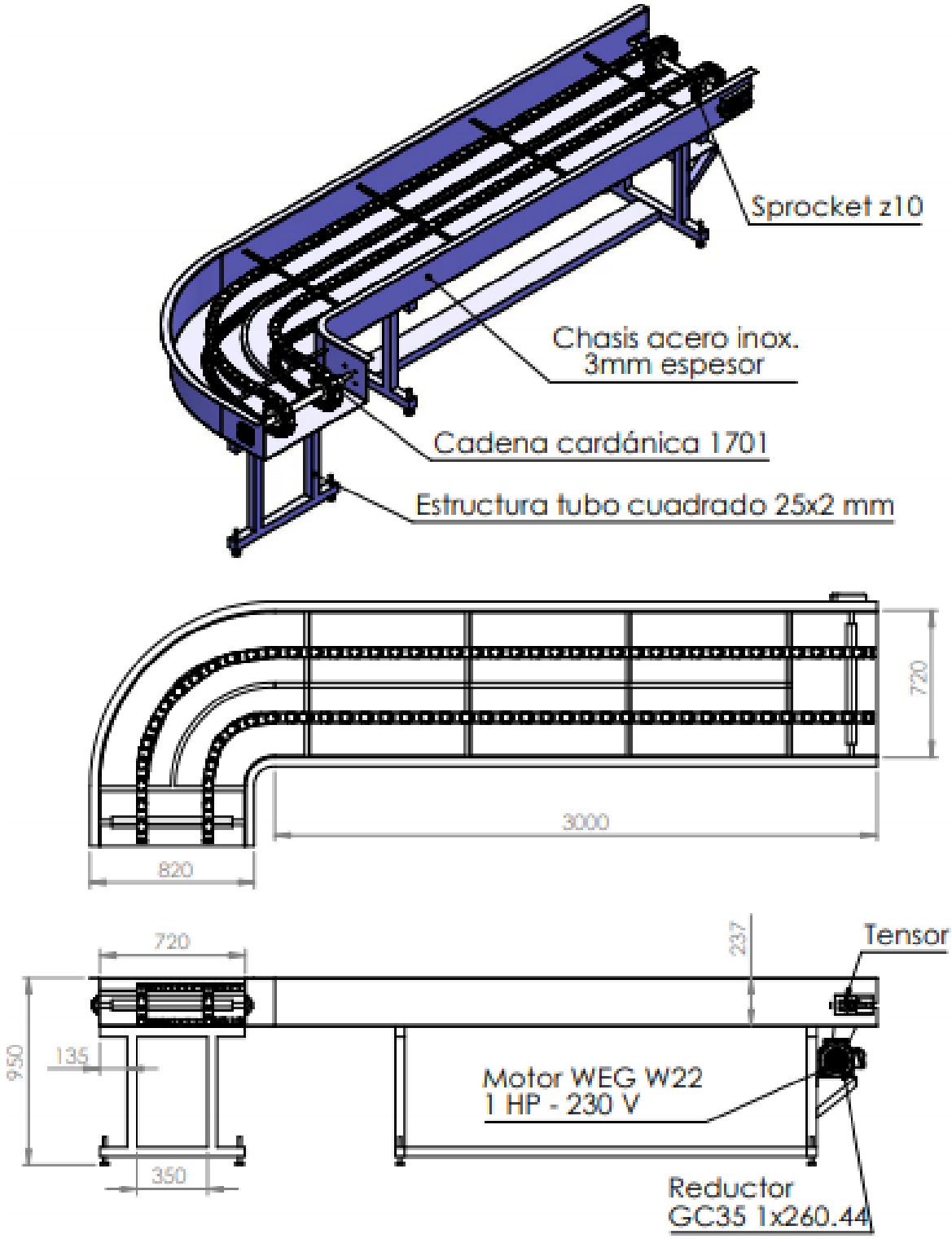
# APENDICE 9

## PLANO 2 TRANSPORTADOR ELÉCTRICO 2



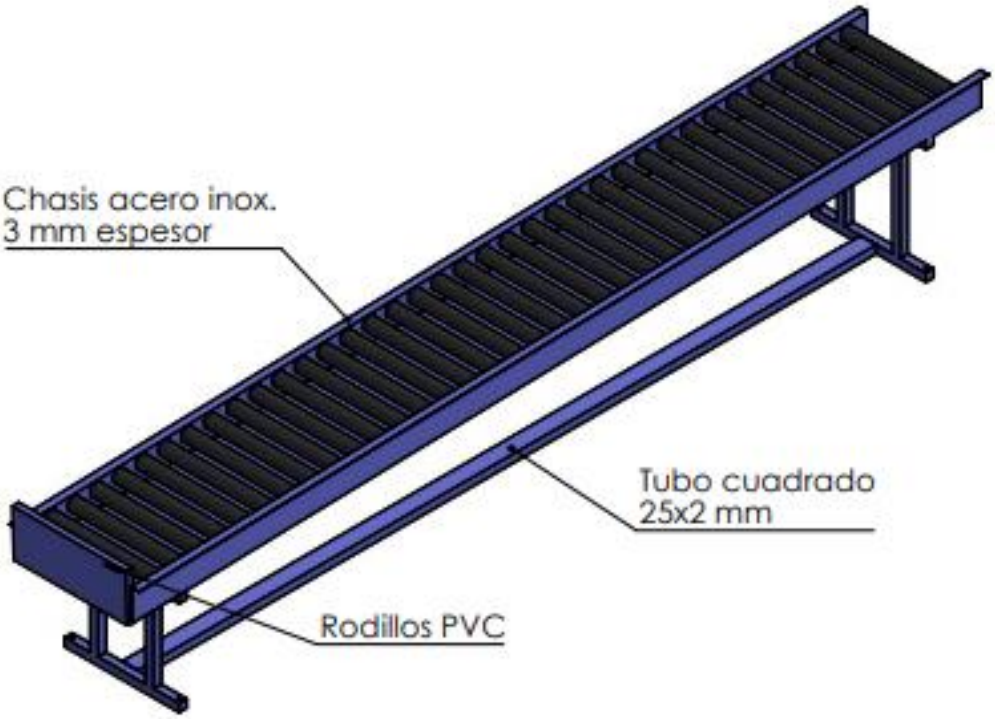
# APENDICE 10

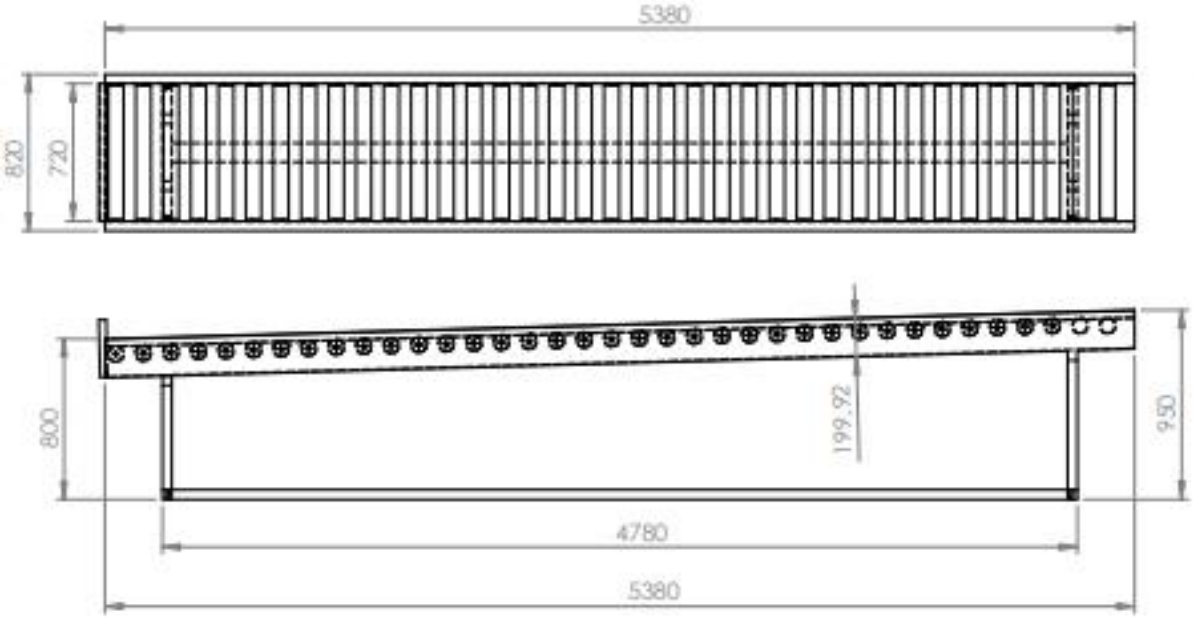
## PLANO 3 TRANSPORTADOR ELÉCTRICO 3



# APENDICE 11

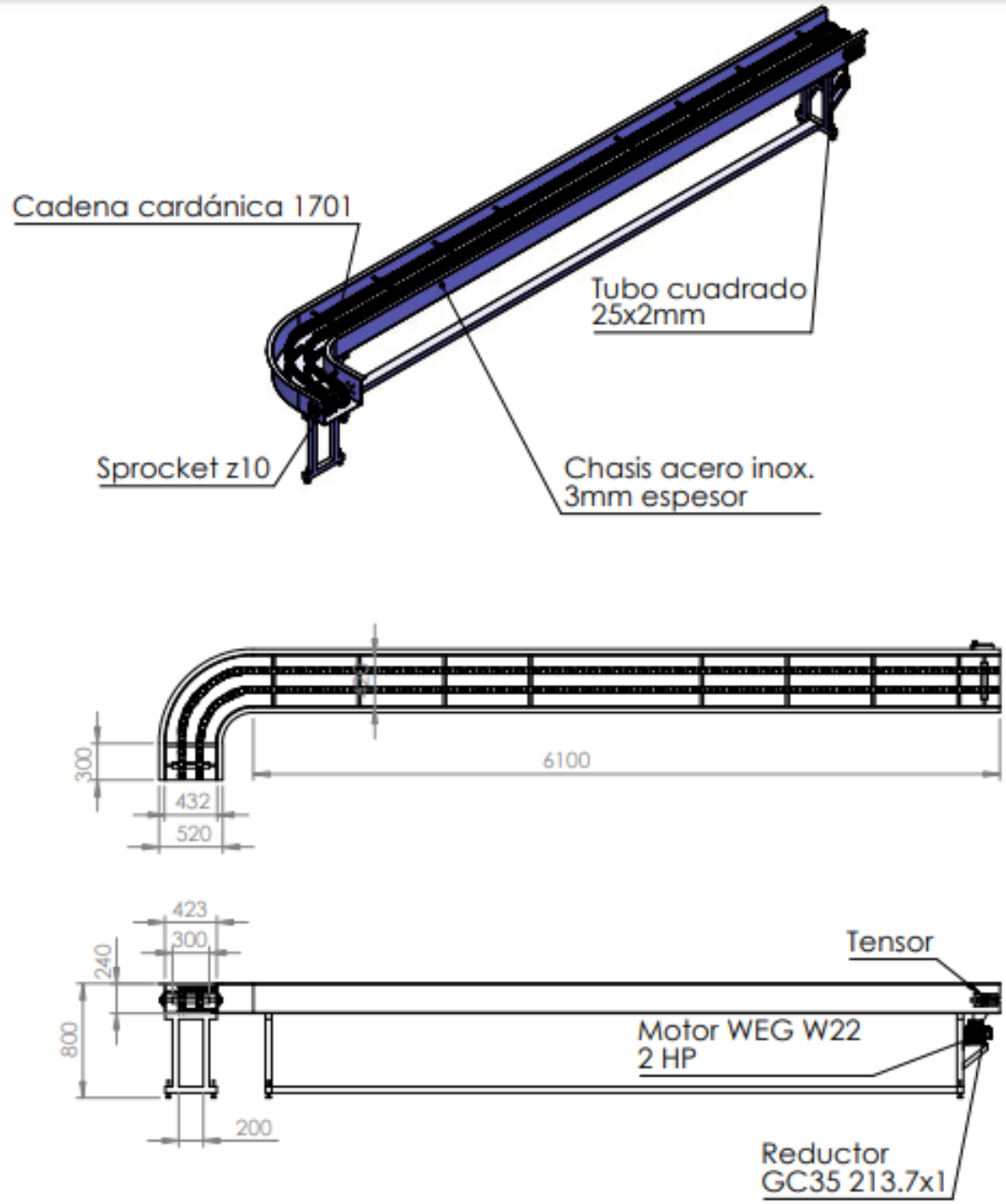
## PLANO 4 TRANSPORTADOR CON RODILLOS 4



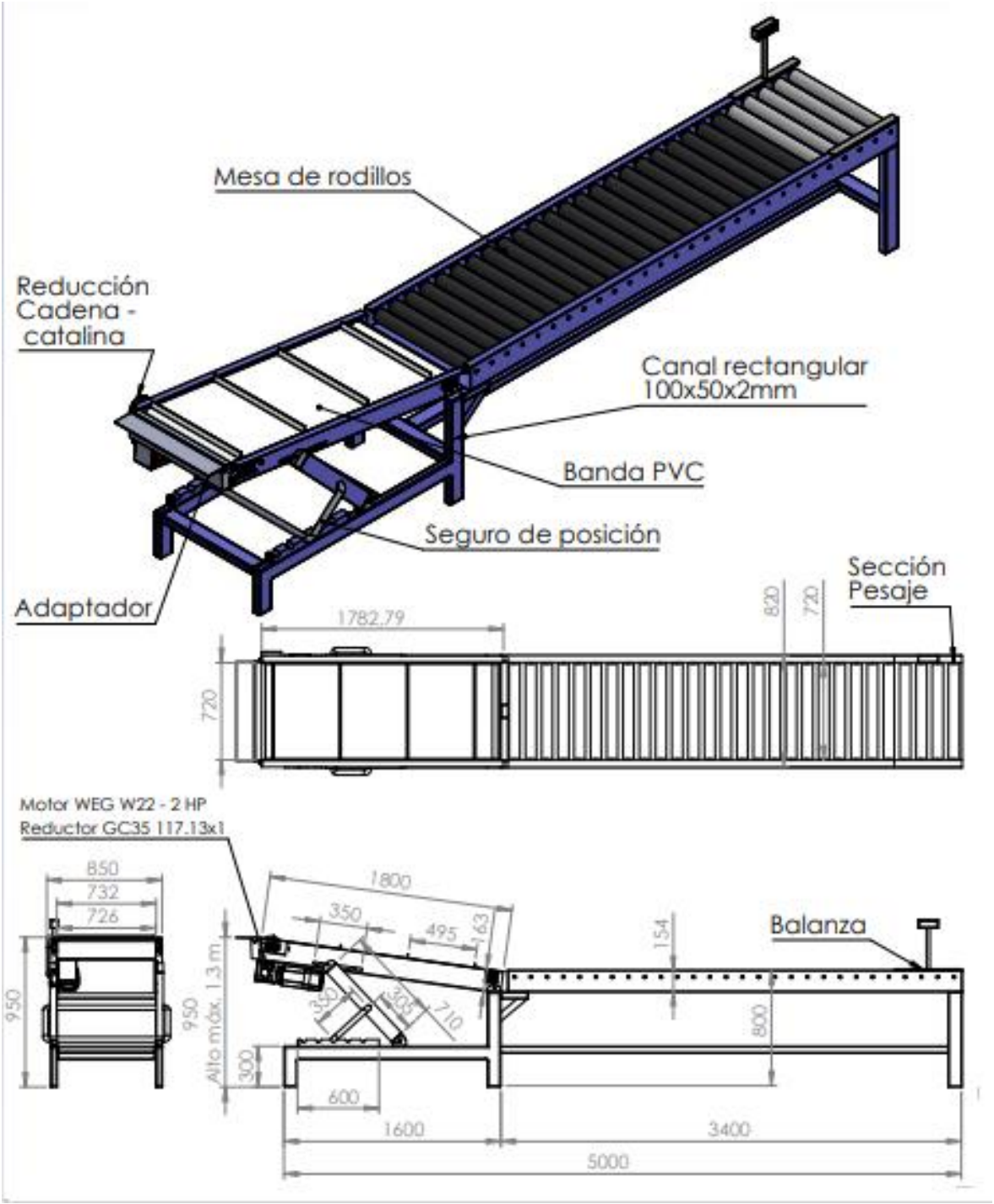
# APENDICE 12

## PLANO 5 TRANSPORTADOR ELÉCTRICO 5



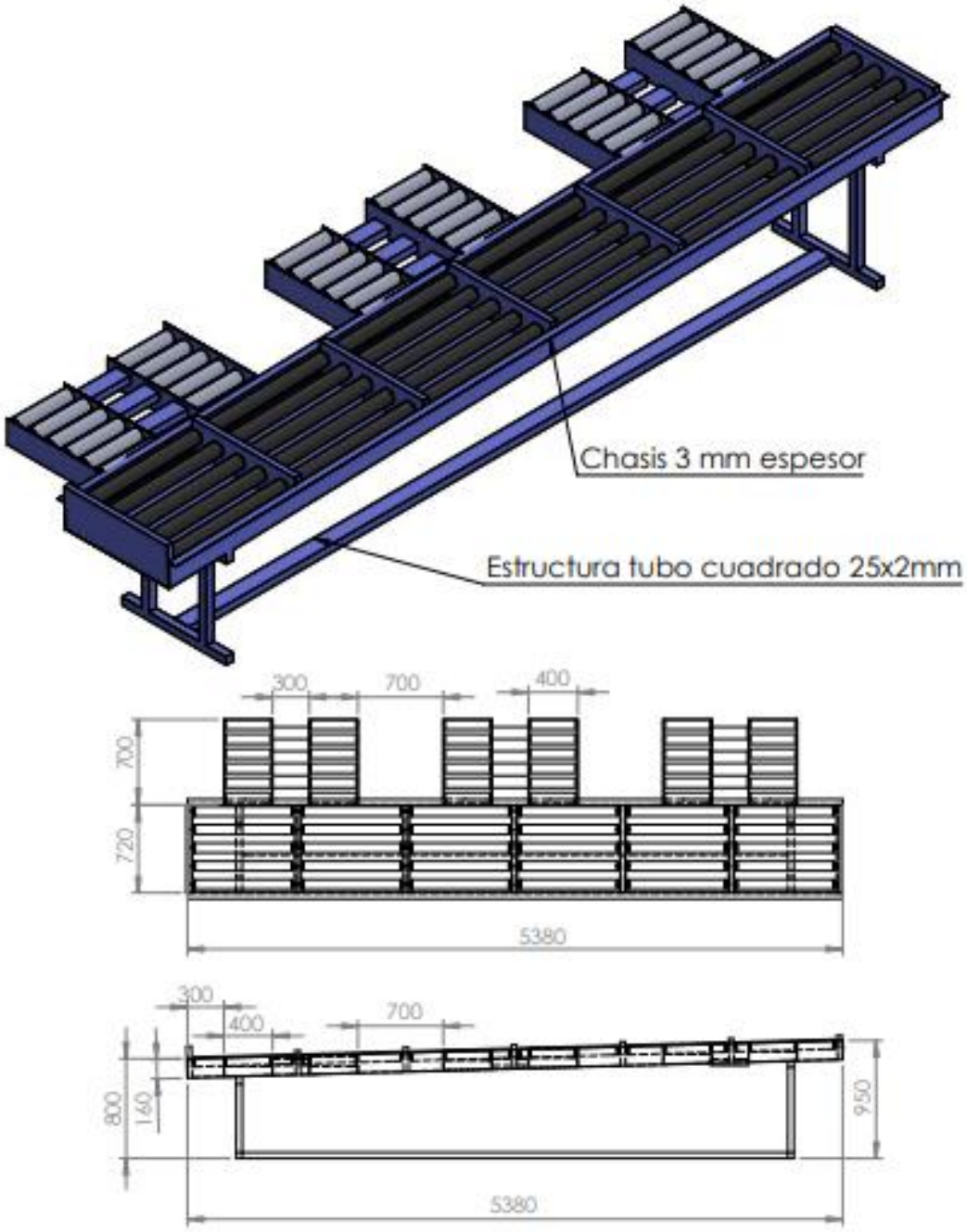
# APENDICE 13

## PLANO 6 TRANSPORTADOR ELÉCTRICO INCLINADO 6



# APENDICE 14

## PLANO 7 TRANSPORTADOR EMPAQUE INCLINADO 7



# APENDICE 15

## Balanza transportadora de rodillos verificada serie PCE-SD CR

La balanza transportadora de rodillos permite realizar una medición de los clústeres de banano eficaz ya que incorpora una base de rodillos para la movilización inmediata del clúster al sistema de transportadores eléctricos. A su vez posee módulo de salida analógico para mayor control con un PLC.

**Especificaciones técnicas de la balanza transportadora de rodillos serie PCE-SD CR**

| Modelo | Rango de pesado | Resolución | Valor de verificación | Carga mínima* |
|---|---|---|---|---|
| PCE-SD 30CR | 30 kg | 10 g | 10 g | 200 g |
| PCE-SD 60CR | 60 kg | 20 g | 20 g | 400 g |
| PCE-SD 150CR | 150 kg | 50 g | 50 g | 1 kg |

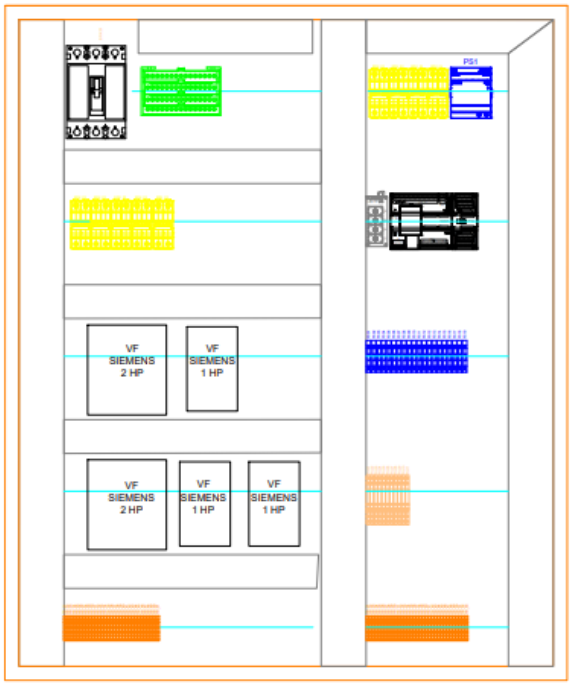
*** La carga mínima es la carga a partir de la que las oficinas de homologación verifican la precisión. La balanza para palés verificable muestra también pesos inferiores; sin embargo, no deben ser utilizados en metrología legal.**

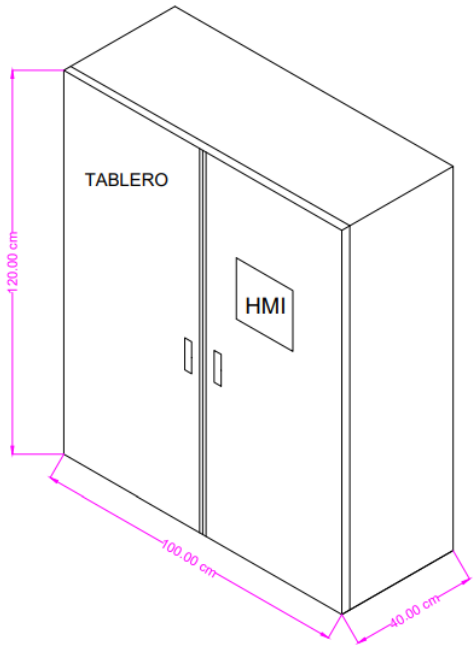
| | |
|---|---|
| Dimensiones de la banda de rodillos | 500 x 580 x 110 mm |
| Material de los rodillos | PVC |
| Marco de la banda de rodillos | Galvanizado |
| Dimensiones de la balanza | 520 x 620 x 150 mm |
| Plataforma de la balanza | Acero inoxidable con lámina de protección de PVC |
| Pantalla | Pantalla LCD en un cable de 1,5 m |

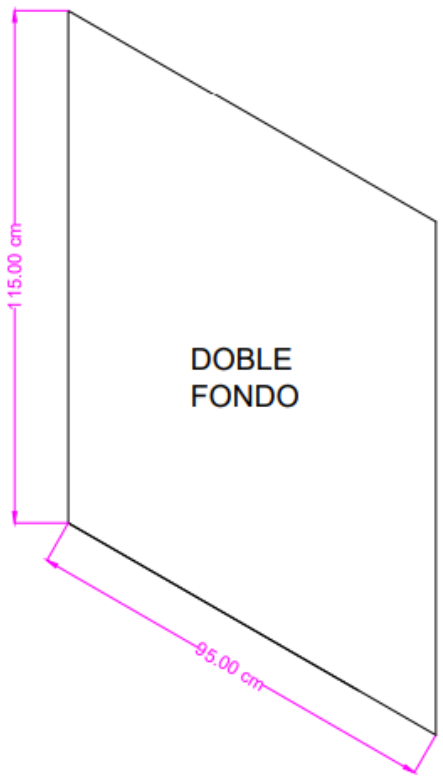
# APENDICE 16

## PLANO 8 DE TABLERO ELÉCTRICO GENERAL

## VISTA GENERAL DE PANEL ELÉCTRICO

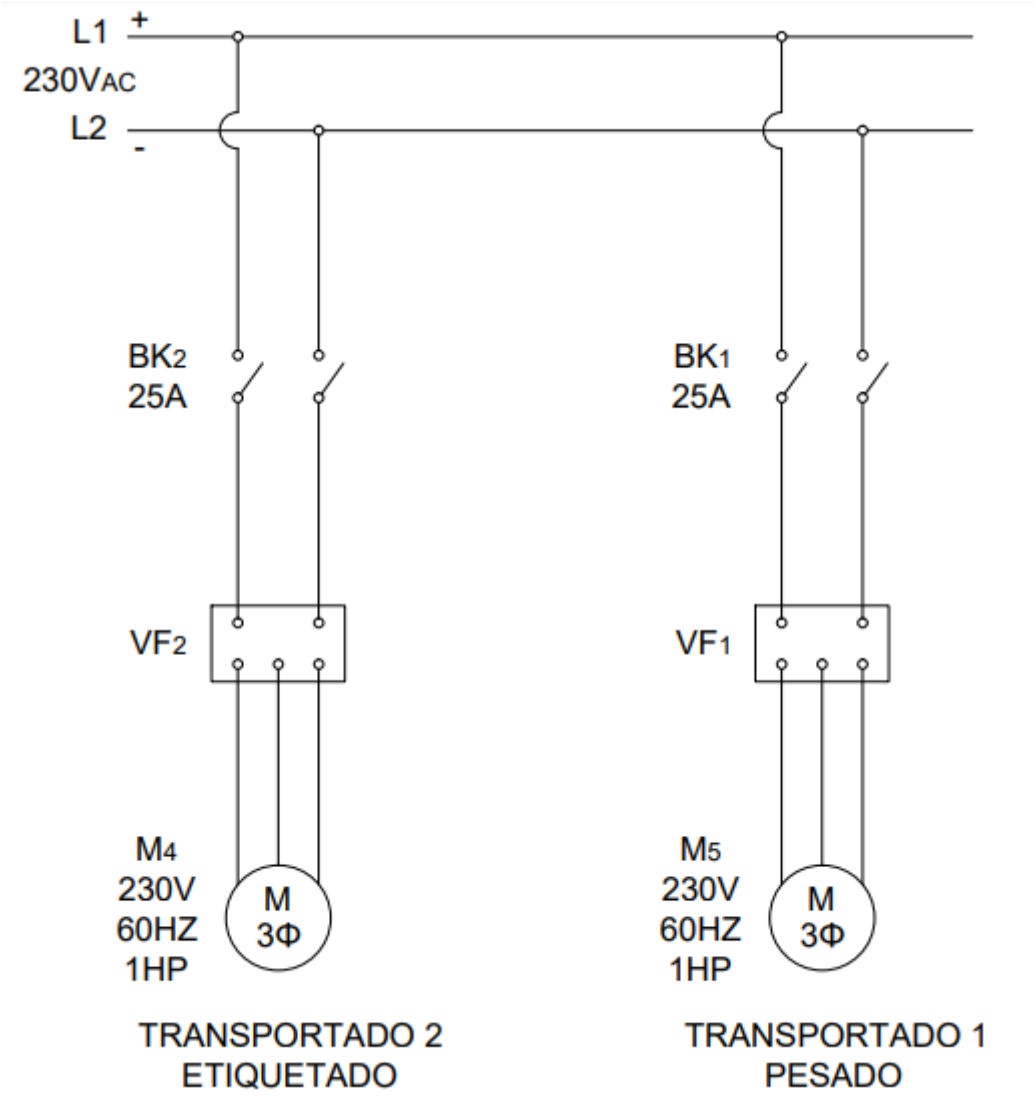



115.00 cm
DOBLE
FONDO
95.00 cm

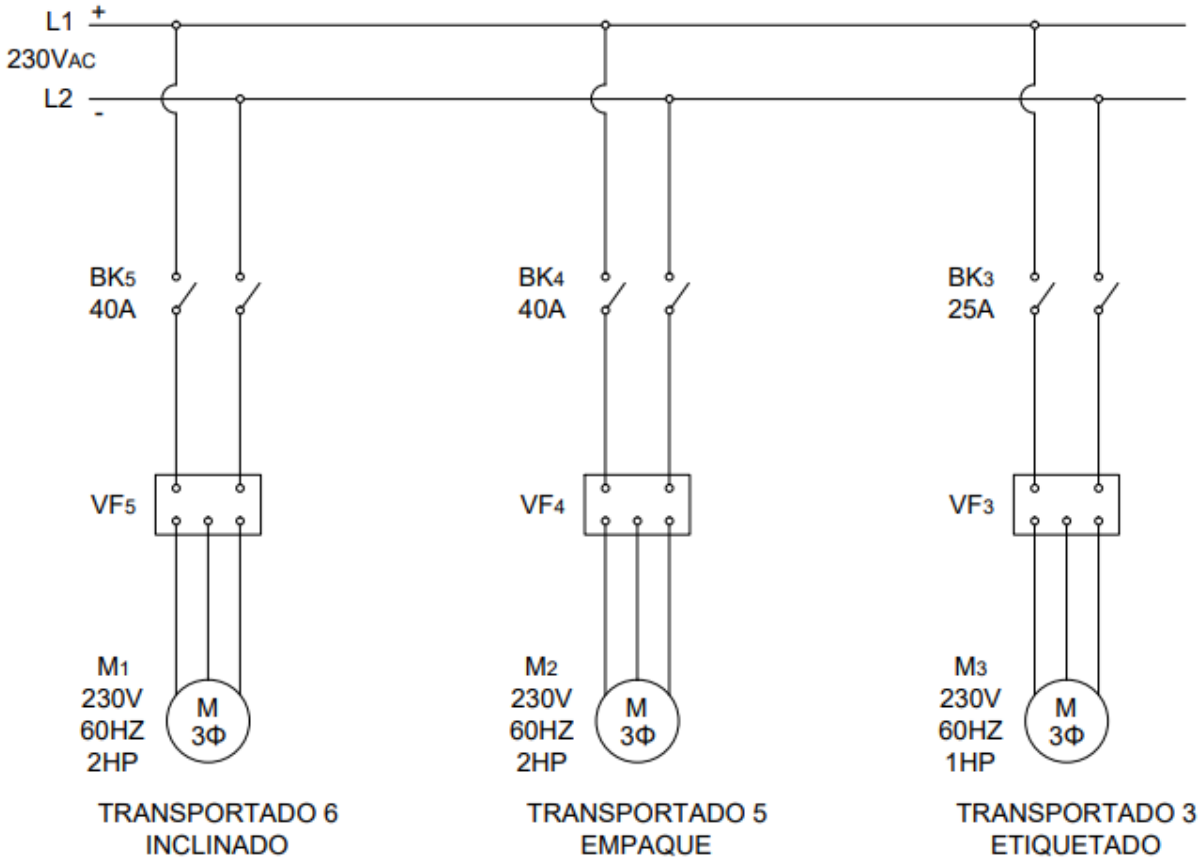
# APENDICE 17

# PLANO 9 DIAGRAMA DE FUERZA 1



# APENDICE 18

# PLANO 10 DIAGRAMA DE FUERZA 2

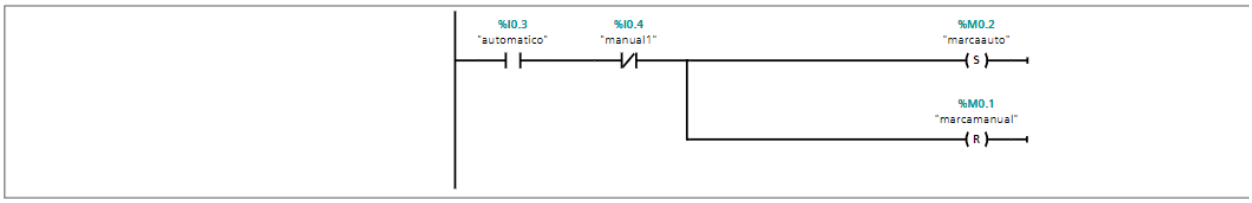


# APENDICE 19

## PROGRAMACIÓN DE CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

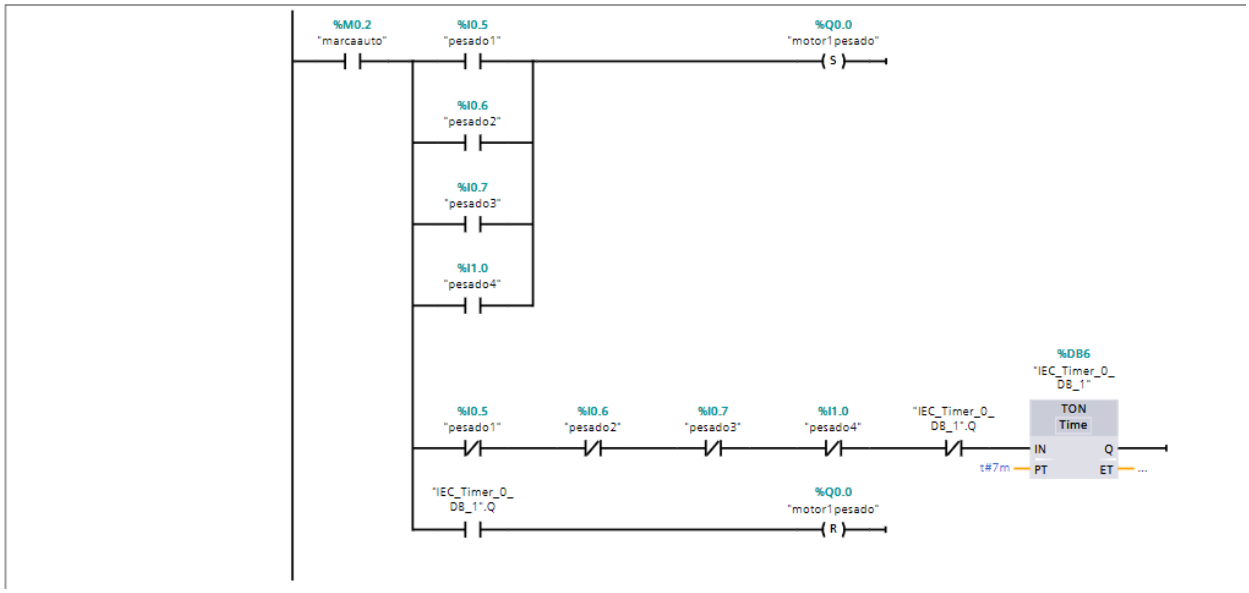
## CONTROL AUTOMÁTICO

**Network 1:**

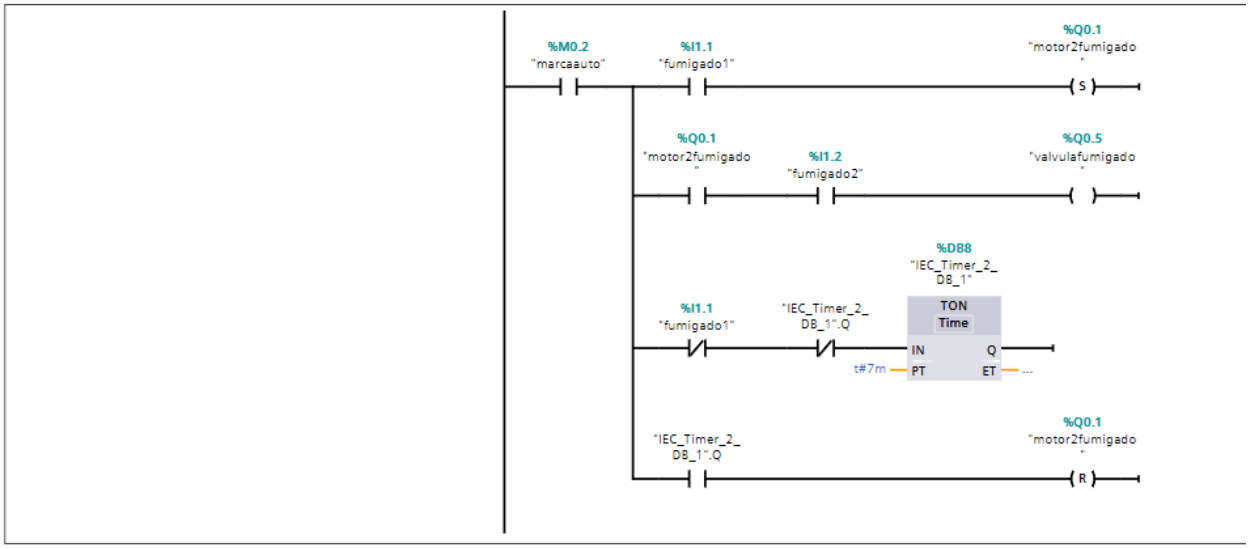



**Network 2:**

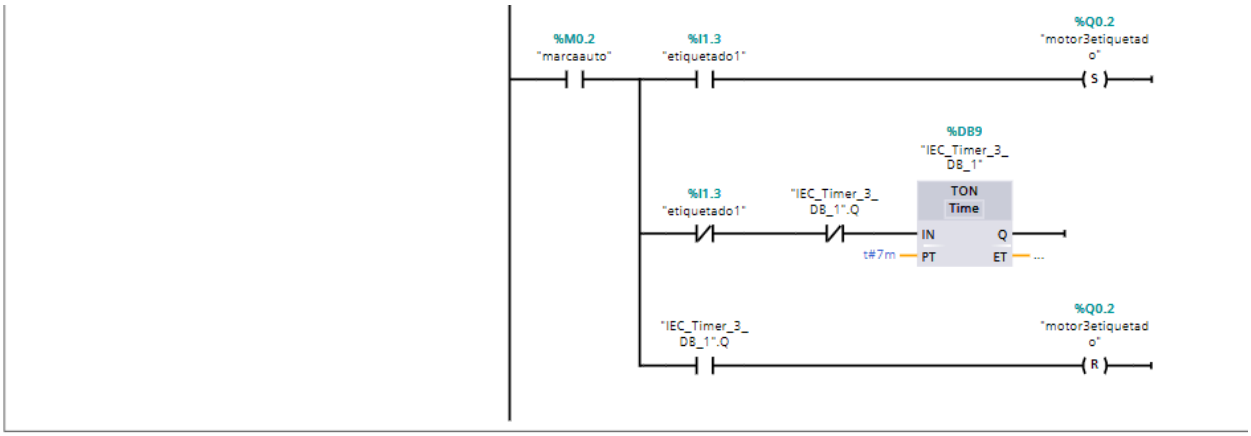
Accionamiento transportador eléctrico etapa Pesado



**Network 3:**

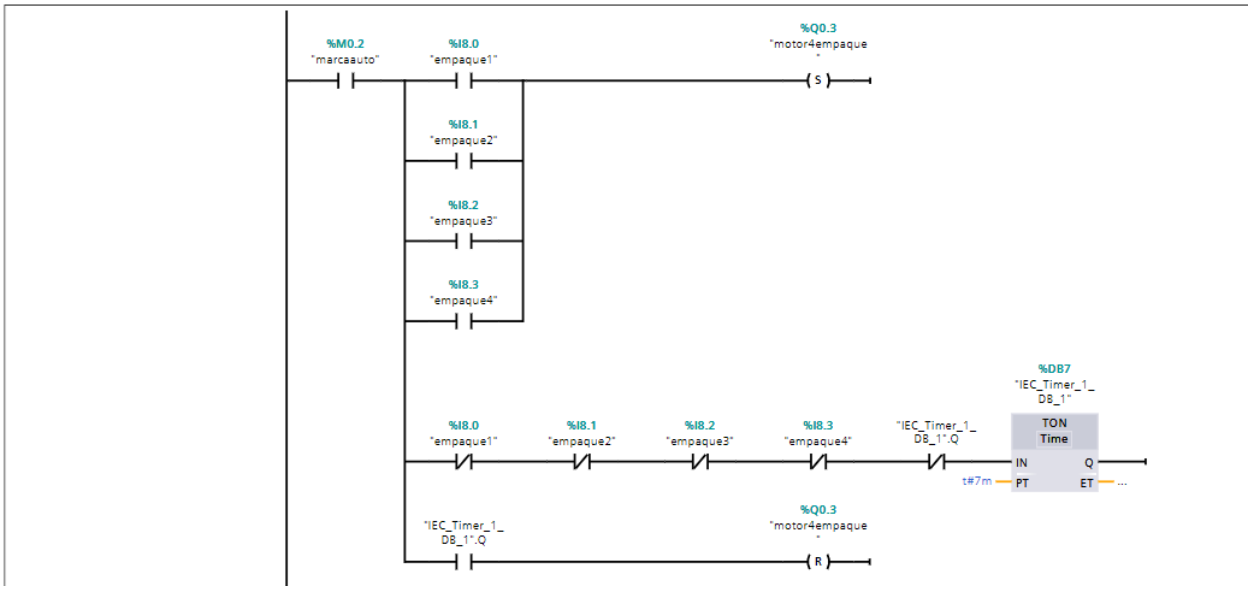



**Network 4:**

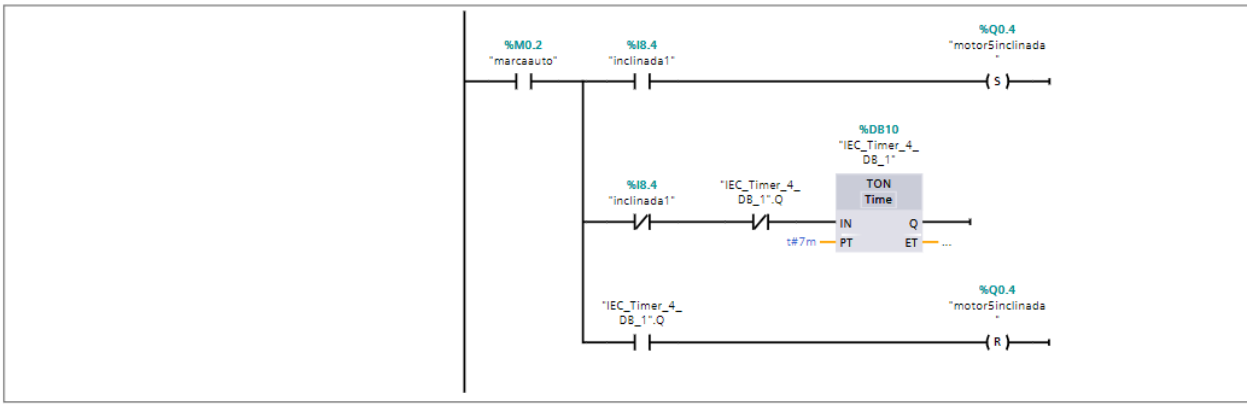


**Network 5:**

Accionamiento transportador eléctrico etapa Pesado



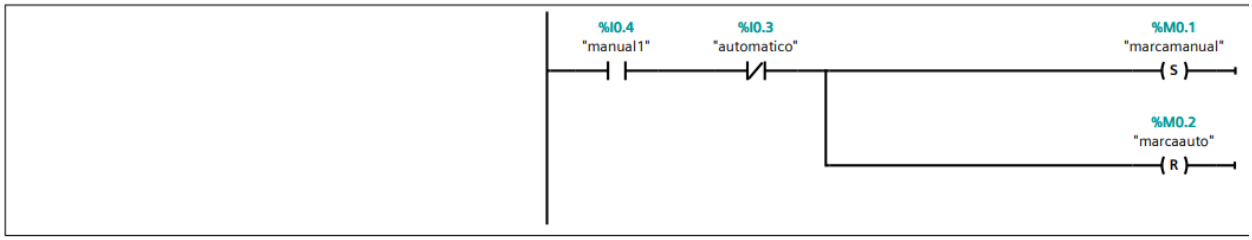

**Network 6:**




## CONTROL MANUAL

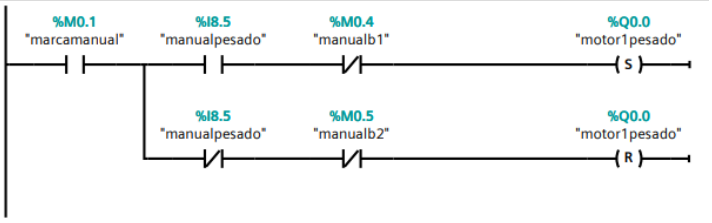
**Network 1:**

Activación modo manual



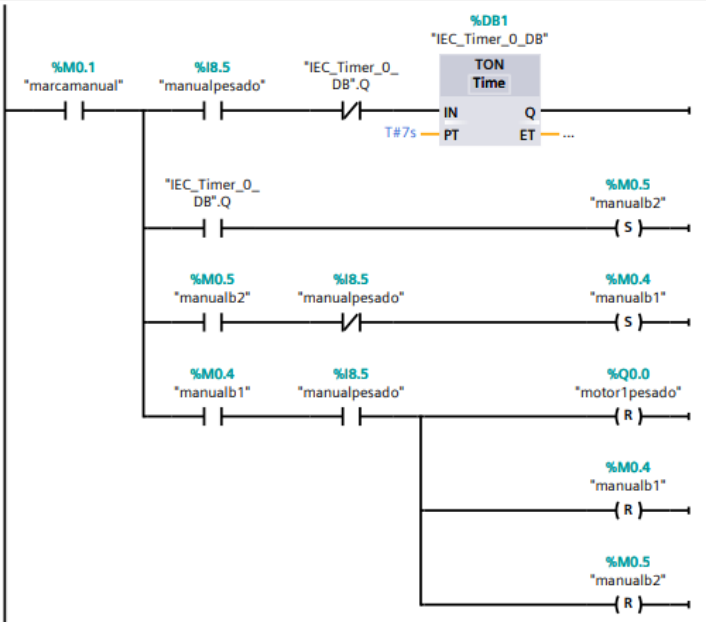
**Network 2:**

Accionamiento de Banda de etapa de pesado

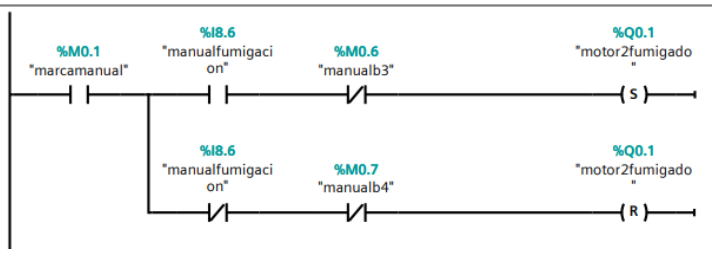



**Network 3:**

Accionamiento continuo Banda de pesado despues de mantener 7 seg

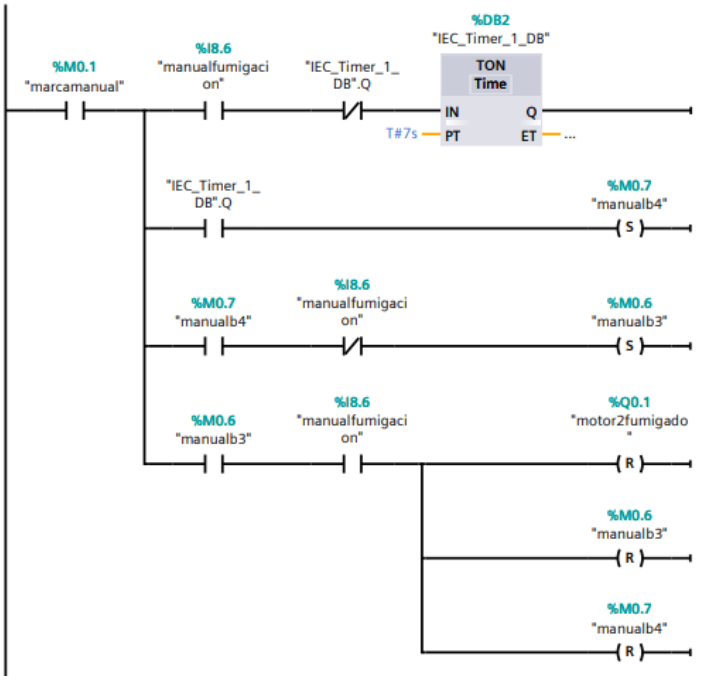



**Network 4:**

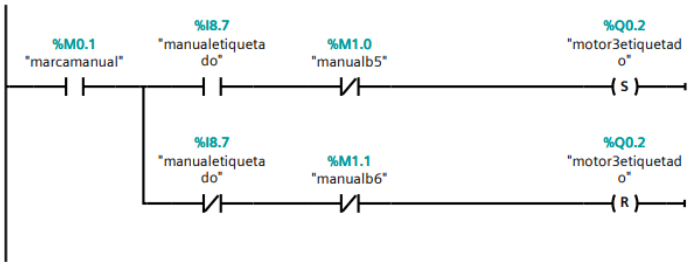


**Network 5:**

Accionamiento de Banda de etapa de fumigado y etiquetado

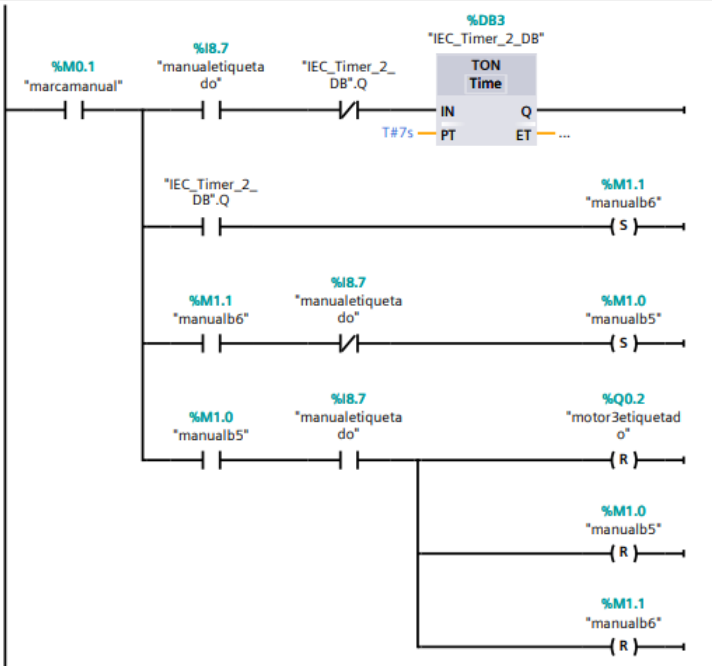



**Network 6:**

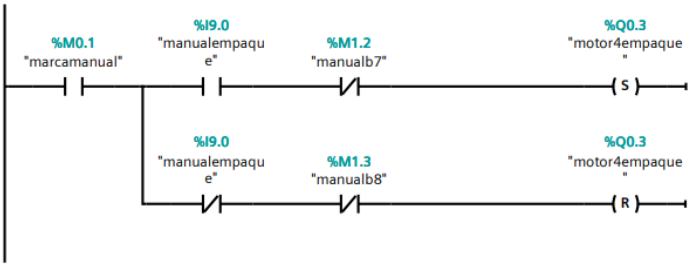


**Network 7:**

Accionamiento de Banda de etiquetado

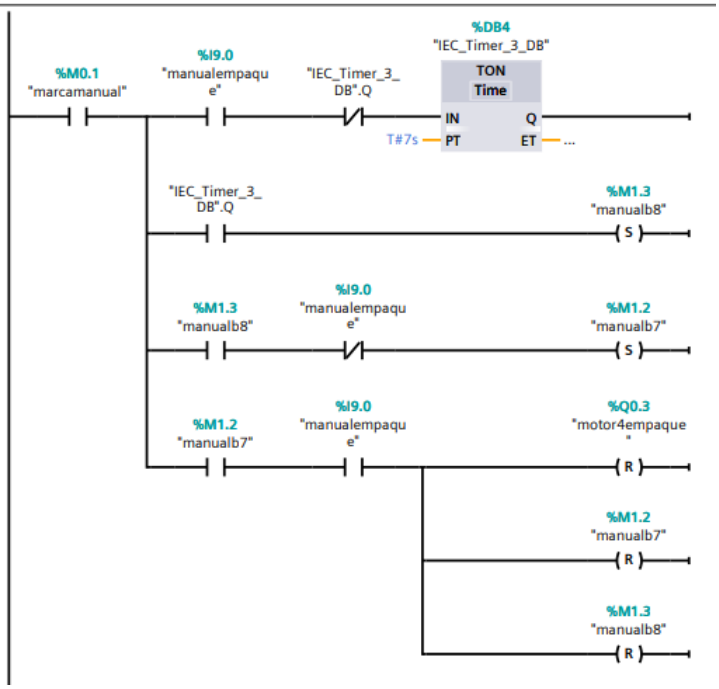



**Network 8:**

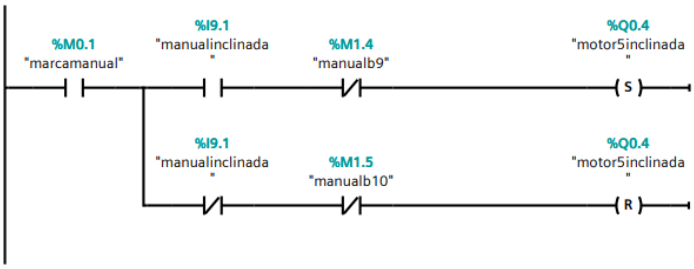


## Network 9:

Accionamiento de Banda de etapa de empaque

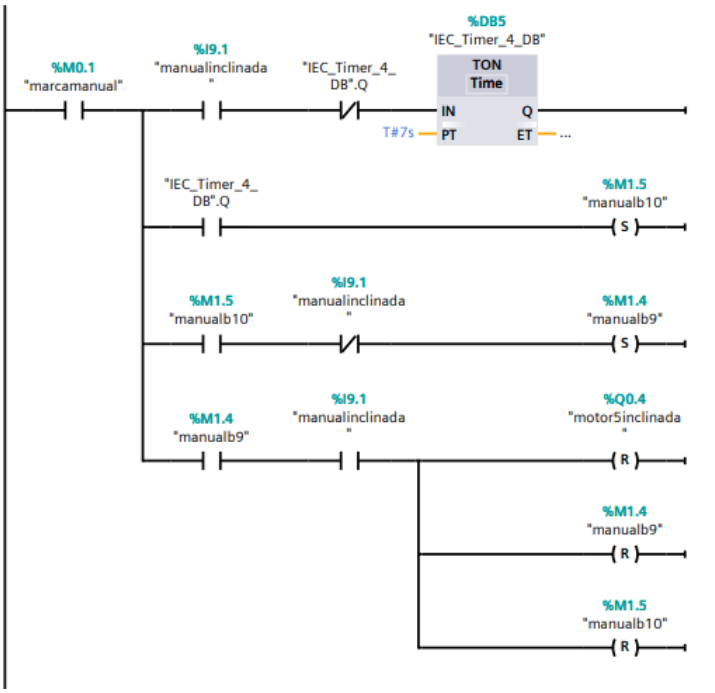



## Network 10:



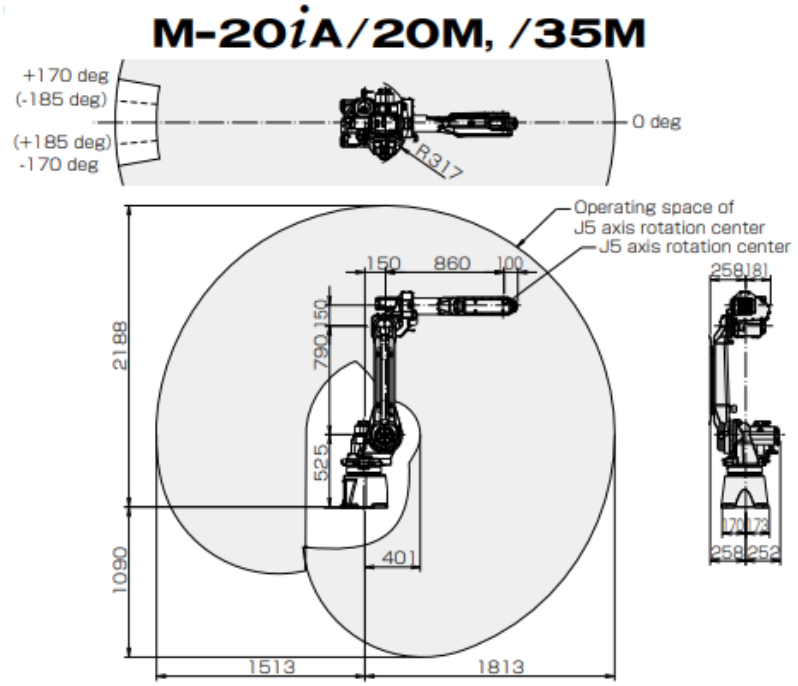
**Network 11:**

Accionamiento de Banda inclinada



# APENDICE 20

# ESPACIO DE OPERACIÓN DE ROBOT FANUC M-20iA/35M




## Specifications

| Model | | M-20iA/20M | M-20iA/35M |
|---|---|---|---|
| Controlled axes | | 6 axes (J1, J2, J3, J4, J5, J6) | |
| Reach | | 1813mm | |
| Installation | | Floor, Upside-down, Angle mount | |
| Motion range (Maximum speed) (Note 1, 2) | J1 axis rotation | 340°/370°(Option) (195°/s) 5.93 rad/6.45 rad (Option) (3.40 rad/s) | 340°/370°(Option) (180°/s) 5.93 rad/6.45 rad (Option) (3.14 rad/s) |
| | J2 axis rotation | 260°(175°/s) 4.54 rad (3.05 rad/s) | 260°(180°/s) 4.54 rad (3.14 rad/s) |
| | J3 axis rotation | 458°(180°/s) 8.00 rad (3.14 rad/s) | 458°(200°/s) 8.00 rad (3.49 rad/s) |
| | J4 axis wrist rotation | 400°(405°/s) 6.98 rad (7.07 rad/s) | 400°(350°/s) 6.98 rad (6.11 rad/s) |
| | J5 axis wrist swing | 280°(405°/s) 4.89 rad (7.07 rad/s) | 280°(350°/s) 4.89 rad (6.11 rad/s) |
| | J6 axis wrist rotation | 900°(615°/s) 15.71 rad (10.73 rad/s) | 900°(400°/s) 15.71 rad (6.98 rad/s) |
| Max load capacity at wrist | | 20 kg | 35 kg |
| Allowable load moment at wrist | J4 axis | 45.1 N·m | 110 N·m |
| | J5 axis | 45.1 N·m | 110 N·m |
| | J6 axis | 30.0 N·m | 60 N·m |
| Allowable load inertia at wrist | J4 axis | 2.01 kg·m² | 4.00 kg·m² |
| | J5 axis | 2.01 kg·m² | 4.00 kg·m² |
| | J6 axis | 1.01 kg·m² | 1.50 kg·m² |
| Repeatability Note 3) | | ± 0.03 mm | |
| Mass Note 4) | | 250 kg | 252 kg |
| Installation environment | | Ambient temperature : 0 to 45℃<br>Ambient humidity : Normally 75%RH or less (No dew nor frost allowed), Short term 95%RH or less (within one month)<br>Vibration acceleration : 4.9m/s² (0.5G) or less | |

Note 1) In case of angle mounting, J1 and J2 axis motion range are restricted.
Note 2) In case of short distance motion, the axis speed may not reach the maximum value stated.
Note 3) Compliant with ISO 9283.
Note 4) Without controller

# APENDICE 21

## LISTADO DE EQUIPOS Y MATERIALES

| ELABORACIÓN DE DISEÑOS | | |
|---|---|---|
| **CÓDIGO** | **DESCCRIPCIÓN** | **CANTIDAD** |
| | Transportador 1 eléctrico curvo con banda cardánica | 1 |
| | Transportador 2 eléctrico curvo con banda cardánica | 1 |
| | Transportador 3 eléctrico curvo con banda cardánica | 1 |
| | Transportador 4 con rodillos | 1 |
| | Transportador 5 eléctrico curvo con banda cardánica. | 1 |
| | Transportador 6 eléctrico inclinado (Tramo con rodillos y tramo con banda cardánica) | 1 |
| | Transportador 7 inclinado y con rodillos | 1 |
| | Cámara de fumigado | 1 |
| | Sistema de pesado | 1 |
| **FABRICACIÓN DE TRANSPORTADORES ELECTRICOS** | | |
| | **DESCCRIPCIÓN** | **CANTIDAD** |
| | Transportador 1 eléctrico curvo con banda cardánica | 1 |
| | Transportador 2 eléctrico curvo con banda cardánica | 1 |
| | Transportador 3 eléctrico curvo con banda cardánica | 1 |
| | Transportador 4 con rodillos | 1 |
| | Transportador 5 eléctrico curvo con banda cardánica. | 1 |
| | Transportador 6 eléctrico inclinado (Tramo con rodillos y tramo con banda cardánica) | 1 |
| | Transportador 7 inclinado y con rodillos | 1 |
| | Cámara de fumigado | 1 |
| | Balanza con software PCE-SD 30CR | 5 |
| **ESTRUCTURAS DE PESADO** | | |
| | Balanzas | 5 |
| **FABRICACIÓN DE TABLERO ELECTRICO** | | |
| **PARTE DE FUERZA** | | |
| ***MARCA*** | **DESCRIPCIÓN** | **CANTIDAD** |
| SIEMENS | BREAKER PRINCIPAL CAJA MOLDEADA 2P- 135A | 1 |
| SIEMENS | BREAKER MONOFÁSICO 2P-25A 600V MOTOR 1HP | 3 |
| SIEMENS | BREAKER MONOFÁSICO 2P-30A 600V MOTOR 1.5HP | 1 |
| SIEMENS | BREAKER MONOFÁSICO 2P-40A 600V MOTOR 2HP | 1 |
| SIEMENS | REACTANCIA DE ENTRADA 1HP 10A | 3 |
| SIEMENS | REACTANCIA DE ENTRADA 2HP 26A | 2 |
| SIEMENS | PANEL OPERADOR BOP | 1 |

| | | |
|---|---|---|
| SIEMENS | SINAMICS G110 VARIADOR DE FRECUENCIA 1 HP | 3 |
| SIEMENS | SINAMICS G110 VARIADOR DE FRECUENCIA 1,5 HP | 0 |
| SIEMENS | SINAMICS G110 VARIADOR DE FRECUENCIA 2 HP | 2 |
| **PARTE DE CONTROL** | | |
| SCHNEIDER | BREAKER MONOFÁSICO 1P-10A 600V | 1 |
| SCHNEIDER | BREAKER MONOFÁSICO 1P-4A 600V PLC | 1 |
| SCHNEIDER | BREAKER MONOFÁSICO 1P-4A 600V SWITCH | 1 |
| SCHNEIDER | BREAKER MONOFÁSICO 1P-4A 600V FUENTE DC | 1 |
| SIEMENS | SIMATIC S7 1200 CPU 1214 AC/DC/Relay 6ES7214-1BG40-0XB0 | 1 |
| SIEMENS | SIMATIC S7 1200 Digital input module SM 1221 16 DI, 24V DC 6ES7221-1BH32-0XB0 | 1 |
| SIEMENS | FUENTE DE VOLTAJE SITOP PSU100L 24V/5A 6EP1333-1LB00 | 1 |
| LEGRAND | REPARTIDOR DE CARGA LEGRAND 125A 400V | 1 |
| | SWITCH | 1 |
| SIEMENS | PANEL VIEW 7" TACTIL +TECLAS KTP700 BASIC DP | 1 |
| CAMSCO | BORNERAS PARA RIEL CABLE#14 | 30 |
| CAMSCO | BORNERAS PARA RIEL CABLE#12 | 30 |
| | FUSIBLES TIPO BORNERAS | 25 |
| | TABLERO DE ACERO INOXIDABLE 120X100X40 DOBLE PUERTA | 1 |
| | CANALETAS DEXON DE 8CM | 4 |
| | CANALETAS DEXON DE 10CM | 2 |
| | CANALETAS RANURADAS DEXON DE 8CM | 4 |
| | CANALETAS RANURADAS DEXON DE 10CM | 2 |
| | RIEL DIN SIMETRICO DE 1.2 mm X 2 METROS | 3 |
| | FINALES DE CARRERA | 12 |
| | SELECTOR DE 2 POSICIONES | 5 |
| | LUZ PILOTO VERDE | 5 |
| | LUZ PILOTO ROJA | 5 |
| | LUZ PILOTO AMARILLA | 2 |
| | PULSADOR | 4 |
| | PULSADOR ROJO DE SEGURIDAD TIPO HONGO | 1 |
| | FUNDA DE CINTILLOS DE AMARRE COLOR NEGRO | 1 |
| | FUNDA DE TORNILLOS AUTOROSCANTES MODULO 8 LARGO 3/8" | 1 |
| | ESPARRAGO ZINCADO | 4 |
| | Pernos Zincados con Tuerca, 1 Huacha Plana y 1 de Presión por ciento 3/8 | 1 |
| | TARUGOS FISCHER S10 CAJA DE 50 | 5 |
| | CHAPA DE PRESIÓN NEGRA PAL LATCON LLAVE | 1 |
| | TOMACORRIENTE VISIBLE 32A 3P+T 415V ROJO | 1 |

| | | |
|---|---|---|
| | TOMACORRIENTE MENEKES EMPOTRABLE 3X32A + TIERRA 440V ROJO | 1 |
| | TUBO CONDUIT METALICA LIVIANA EMT 1/2" | 2 |
| | TUBO CONDUIT METALICALIVIANA EMT 3/4" | 2 |
| | TUBO CONDUIT METALICALIVIANA EMT 1" | 2 |
| | TUBERIA CONDUIT METALICA FORRO PVC HERMETICA POR METRO 1/2" | 2 |
| | ABRAZADERA CONDUIT DE DOS OREJAS | 25 |
| | CURVA PVC LIVIANA SEL 1/2" | 10 |
| | PEGAMENTO LÍQUIDO PARA TUBERÍAS PVC 1/32 GAL | 1 |
| **CABLEADO** | | |
| | ROLLO DE CABLE 4X14 AWG THHN 600V 100 m | 1,5 |
| | ROLLO DE CABLE #14 AWG THHN 600V 100m | 4 |
| | ROLLO DE CABLE #6 AWG THHN 600V 50m PRINCIPAL | 1 |
| | CANALETA CURVA EXTERNA | 3 |
| | CANALETA TEE | 1 |
| | CANALETA CURVA HORIZONTAL | 2 |
| | BANDEJA PORTACABLES 20X8X244 cm | 9 |
| | SUJETADORES DE CANALETA | 8 |
| | FUNDA CON TERMINALES AISLADOS MANGUITO POR 100 UNIDADES | 1 |
| | PRENSA TERMINALES 1,5 - 16mm2 | 1 |
| | CORTADORA DE CABLES TPT | 1 |
| | PELACABLES STANLEY | 1 |
| | CINTA AISLANTE TEMFLEX 1700 3M | 2 |
| | TORNILLO - PUNTA BROCA (10X1) CAB HEX | 1 |
| | VARILLA ROSCADA 3/8 PULGX 3MT | 1 |
| **MOTORES** | | |
| | MOTOR Multimontaje WEG IE3 de 2 HP 6P 90S/L 3F 230/460//380-415 V 60 Hz | 2 |
| | MOTOR Multimontaje WEG IE3 de 1 HP 6P 90S/L 3F 230/460/380-415 V 60 Hz | 3 |
| **COSTO DE INGENIERIA** | | |
| Estudio de tiempos y movimientos | | |
| Estudio de precedencias | | |
| Cálculos de transportadores eléctricos | | |
| Diseño de transportadores eléctricos | | |
| Diseño de tablero eléctrico | | |
| Fabricación de tablero eléctrico | | |
| Servicio de instalación y cableado eléctrico de motores de bandas transportadoras del área de empaquetado, desde tablero de control hasta punto de conexión de motor. | | |

| |
|---|
| Automatización de transportadores eléctricos para arranque de 5 motores con las debidas protecciones. |
| Ingeniería en automatización para el encendido secuencial de bandas de las líneas de proceso del área de empaquetado de banano. |
| Programación de PLC1200 y HMI |