

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**PROPUESTA DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE  
ENVASADO DE CONSERVA DE GANDUL VERDE PARA  
INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA ALPES  
CHICLAYO S.A.C.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR  
EDUARDO LUIS CHUNGA INOÑAN**

**ASESOR  
JOSELITO SÁNCHEZ PÉREZ  
<https://orcid.org/0000-0002-1525-8149>**

**Chiclayo, 2020**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE  
ENVASADO DE CONSERVA DE GANDUL VERDE PARA  
INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA  
ALPES CHICLAYO S.A.C.**

PRESENTADA POR:

**EDUARDO LUIS CHUNGA INOÑAN**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

APROBADA POR:

Cesar Cama Peláez  
PRESIDENTE

Carlos Alexis Alvarado Silva  
SECRETARIO

Joselito Sánchez Pérez  
VOCAL

## DEDICATORIA

A Dios por estar siempre conmigo, cuidar de mí y de mis seres queridos; y por haberme dado las fuerzas necesarias para llegar hasta aquí.

A mi madre Virginia Saenz por su apoyo incondicional y por el amor que me da día y día, siendo el motor que me impulsa a ser cada día mejor.

A mis padres y hermanas por estar siempre a mi lado brindándome su cariño, apoyo y comprensión.

## AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Joselito Sánchez Pérez por su apoyo y por todos los conocimientos brindados.

A los docentes de la escuela de Ingeniería Industrial USAT por la excelente preparación brindada a lo largo de mi carrera universitaria.

A Alpes Chiclayo S.A.C. con su Gerente General Carlos Llajaruna Cuba por la oportunidad y atención brindada

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación está basado en brindar soluciones a los problemas presentados en la empresa Alpes Chiclayo S.A.C.; principalmente la baja producción que es causado por generación de stock de productos en proceso, materia prima no procesada, paradas de producción no programadas, y mermas generadas por una mala manipulación de materiales. Frente a estos inconvenientes se presenta la siguiente problemática ¿Una propuesta de un sistema automatizado de envasado de conserva de gandul verde aumentará la producción de la empresa Alpes Chiclayo S.A.C.? Por lo tanto, se busca aplicar las herramientas de la automatización industrial para mejorar la competitividad de la empresa Alpes Chiclayo S.A.C.; el cual se logró realizando primero un diagnóstico del área de envasado para identificar las causas que generan impactos económicos, logrando identificar una pérdida de S/ 716 328,8. Luego se propuso una solución mediante la automatización del envasado de la conserva de gandul verde, el control de temperatura de vapor y la capacitación al personal; logrando aumentar la producción en un 40% respecto a la producción actual y, por último, se determinó que la propuesta presenta un Valor Actual Neto de 263 060,68 soles, una Tasa Interna de Retorno de 96,79%, un beneficio costo de 2,23 y una tasa de recuperación de la inversión de 10 meses con 24 días. Con estos resultados se puede deducir que las propuestas son económicamente viables. Para este sistema se utilizaron diferentes herramientas como el Twidosuite, el PLC, el módulo de extensión analógico, sensores capacitivos e inductivos, etc.

**Palabras clave:** Control, Gandul, proceso productivo, sistema automático

## ABSTRACT

The present project of investigation is based in solutions offered to the problems presented in the company Alpes Chiclayo S.A.C.; principally the low production that is caused by generation of stock of products in process, raw material not processed, stops of production not programmed, and wastages generated by a bad manipulation of materials. Opposite to these disadvantages one presents the following problematics: An offer of an automated system of packaging conserve of green idler will increase the production of the company Alpes Chiclayo S.A.C.? Therefore, one seeks to apply the tools of the industrial automation to improve the competitiveness of the company Alpes Chiclayo S.A.C; which was achieved realizing first a diagnosis of the area of packaging to identify the reasons that generate economic impacts, managing to identify a loss of S/ 716 328,8. Then one proposed a solution by means of the automation of the packaging of the conserve of green pigeon peas, the control of steam temperature and the training for the personnel; managing to increase the production in 40 % with regard to the current production and, finally, one determined that the offer presents a Net Present Value of 263 060,68 soles, an Internal Rate of Return of 96,79%, a benefit cost of 2,23 and an investment recovery rate of 10 months with 24 days. These results suggest that the proposals are economically viable. For this system there were in use different tools like the Twidosuite, the PLC, the analogical module of extension, capacitive and inductive sensors, etc.

**Keywords:** Control, Gandul, productive process, automatic system

## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	12
<b>II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA</b> .....	15
<b>2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA</b> .....	15
<b>2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b> .....	17
2.2.1. Proceso productivo .....	17
2.2.2. Automatización industrial .....	17
2.2.3. Objetivos de la automatización industrial .....	18
2.2.4. Componentes de un sistema a automatizar .....	18
2.2.5. PLC (controladores lógicos programables) .....	19
2.2.6. Twidosuite .....	20
2.2.7. Lenguaje ladder .....	20
2.2.8. PID .....	21
<b>III. RESULTADOS</b> .....	22
<b>3.1. DIAGNÓSTICO</b> .....	22
3.1.1. Descripción General de la empresa .....	22
3.1.2. Histórico de ventas .....	23
3.1.3. Descripción particular de las áreas de la empresa objeto de análisis .....	25
3.1.4. Diagnóstico por causas .....	31
<b>3.2. DESARROLLO DE PROPUESTA DE MEJORAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCION</b> .....	46
3.2.1. Diseño del sistema automatizado para el envasado de conserva de gandul verde .....	46
3.2.2. Diseño del sistema automatizado para el control de presión en las tuberías de vapor .....	102
3.2.3. Capacitación al personal .....	106
<b>3.3. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO</b> .....	109
3.3.1. Beneficios de las propuestas .....	109
3.3.2. Costos de la propuesta .....	109
3.3.2. Flujo de caja .....	111
<b>IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	112
<b>4.1. CONCLUSIONES</b> .....	112
<b>4.2. RECOMENDACIONES</b> .....	113
<b>V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	114

<b>VI. ANEXOS</b> .....	115
-------------------------	-----

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> EXPORTACIONES DE LAMBAYEQUE EN TONELADAS-ENERO 2 014 .....	13
<b>TABLA 2.</b> PEDIDOS ANUALES DE MAYO 2 017 A AGOSTO 2 019 .....	24
<b>TABLA 3.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA MANO DE OBRA EN ALPES CHICLAYO S.A.C.....	25
<b>TABLA 4.</b> PRODUCCIÓN DE LATAS/HORA EN ALPES CHICLAYO (21-09-19 AL 26-09-19). 29	
<b>TABLA 5.</b> RENDIMIENTOS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE ALPES CHICLAYO S.A.C. ....	30
<b>TABLA 6.</b> FUNCIONES DE LOS OPERARIOS PRESENTES EN EL ÁREA DE ENVASADO .....	35
<b>TABLA 7.</b> PESO DE LATAS MUESTRAS DE CONSERVA DE GANDUL.....	36
<b>TABLA 8.</b> CAUSAS COMUNES DE FALLA DE LAS MÁQUINAS PRESENTES EN EL ÁREA PRODUCTIVA.....	42
<b>TABLA 9.</b> RESUMEN ANUAL DE MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS-2 019 .....	43
<b>TABLA 10.</b> COSTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LAS MÁQUINAS-2 015.....	43
<b>TABLA 11.</b> LATAS NO PRODUCIDAS DEBIDO A LAS PARADAS POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LAS MÁQUINAS-2 019 .....	44
<b>TABLA 12.</b> IMPACTO ECONÓMICO EN PRODUCCIÓN .....	45
<b>TABLA 13.</b> INDICADORES DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE PRODUCCIÓN .....	45
<b>TABLA 14.</b> VELOCIDADES MÁXIMAS Y ANCHO MÍNIMO DE LA BANDA ACONSEJABLES SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL A TRANSPORTAR.....	57
<b>TABLA 15.</b> PASO DE LAS ESTACIONES ACONSEJABLES .....	58
<b>TABLA 16.</b> COMPARACIÓN DE INDICADORES DE LA PROPUESTA .....	108
<b>TABLA 17.</b> COSTO DEL SISTEMA PROPUESTO .....	110
<b>TABLA 73.</b> FLUJO DE CAJA .....	111

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL DISTRITO PACORA .....	22
<b>FIGURA 2.</b> ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA .....	23
<b>FIGURA 3.</b> DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO PRODUCTIVO .....	28
<b>FIGURA 4.</b> DIAGRAMA CAUSA-EFECTO RESPECTO A LA BAJA PRODUCCIÓN.....	32
<b>FIGURA 5.</b> PÉRDIDAS DE MATERIA PRIMA ÚTIL EN EL ÁREA DE ENVASADO .....	33
<b>FIGURA 6.</b> ACUMULACIÓN DE PRODUCTOS EN PROCESO.....	40
<b>FIGURA 7.</b> DISEÑO DE LA MÁQUINA DE ENVASADO DE CONSERVA DE GANDUL VERDE (VISTA PLANTA) .....	47
<b>FIGURA 8.</b> DISEÑO DE LA MÁQUINA DE ENVASADO DE CONSERVA DE GANDUL VERDE (VISTA ELEVACIÓN FRONTAL) .....	48
<b>FIGURA 9.</b> DISEÑO DE LA MÁQUINA DE ENVASADO DE CONSERVA DE GANDUL VERDE (VISTA ELEVACIÓN POSTERIOR).....	49
<b>FIGURA 10.</b> DISEÑO DE LA MÁQUINA DE ENVASADO DE CONSERVA DE GANDUL VERDE (VISTA LATERAL IZQUIERDA Y DERECHA).....	50
<b>FIGURA 11.</b> DISEÑO DE LA MÁQUINA DE ENVASADO DE CONSERVA DE GANDUL VERDE (VISTA ISOMÉTRICA) .....	51
<b>FIGURA 12.</b> FAJA TRANSPORTADORA HORIZONTAL-ÍNCLINADA.....	55
<b>FIGURA 13.</b> BANDA DE PVC CON PERFIL TRANSVERSAL ÚNICO Y LATERAL DE CONTENCIÓN .....	55
<b>FIGURA 14.</b> CIRCUITO DE FUERZA Y MANDO DEL MOTOR 1 .....	63
<b>FIGURA 15.</b> TIPOS DE ARRANCADORES RECOMENDADOS SEGÚN EL MOTOR DE 0,5HP A UTILIZAR.....	65
<b>FIGURA 16.</b> DISYUNTOR O GUARDAMOTOR MAGNÉTICO MODELO: GV2-L07.....	65
<b>FIGURA 17.</b> CONTACTOR MODELO:LC1-D09.....	66
<b>FIGURA 18.</b> RELÉ MODELO: LRD-07.....	66
<b>FIGURA 19.</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN DE MATERIA PRIMA DE CONSERVA DE GANDUL VERDE (VISTA PLANTA).....	67
<b>FIGURA 20.</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN DE MATERIA PRIMA DE CONSERVA DE GANDUL VERDE (VISTA ELEVACIÓN FRONTAL).....	68
<b>FIGURA 21.</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN DE MATERIA PRIMA DE CONSERVA DE GANDUL VERDE (VISTA ELEVACIÓN POSTERIOR) .....	69
<b>FIGURA 22.</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN DE MATERIA PRIMA DE CONSERVA DE GANDUL VERDE (VISTA LATERAL IZQUIERDA).....	70
<b>FIGURA 23.</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN DE MATERIA PRIMA DE CONSERVA DE GANDUL VERDE (VISTA LATERAL DERECHA) .....	71
<b>FIGURA 24.</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN DE MATERIA PRIMA DE CONSERVA DE GANDUL VERDE (VISTA ISOMÉTRICA) .....	72
<b>FIGURA 25.</b> SENSORES CAPACITIVOS DE NIVEL SUPERIOR E INFERIOR .....	73
<b>FIGURA 26.</b> SENSOR CAPACITIVO 875C DE CC .....	74
<b>FIGURA 27.</b> CILINDRO NUMATICS MODELO G435AMSN12A00 .....	74
<b>FIGURA 28.</b> SENSOR INDUCTIVO 871TM DE CC.....	76
<b>FIGURA 29.</b> SENSOR CAPACITIVO 875C DE CC .....	77

<b>FIGURA 30.</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE LLENADO DE LATAS DE CONSERVA DE GANDUL VERDE (VISTA PLANTA) .....	78
<b>FIGURA 31.</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE LLENADO DE LATAS DE CONSERVA DE GANDUL VERDE (VISTA FRONTAL) .....	79
<b>FIGURA 32.</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE LLENADO DE LATAS DE CONSERVA DE GANDUL VERDE (VISTA POSTERIOR).....	80
<b>FIGURA 33.</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE LLENADO DE LATAS DE CONSERVA DE GANDUL VERDE (VISTA LATERAL IZQUIERDA) .....	81
<b>FIGURA 34.</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE LLENADO DE LATAS DE CONSERVA DE GANDUL VERDE (VISTA LATERAL DERECHA).....	82
<b>FIGURA 35.</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE LLENADO DE LATAS DE CONSERVA DE GANDUL VERDE (VISTA FRONTAL) .....	83
<b>FIGURA 36.</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE LLENADO DE LATAS DE CONSERVA DE GANDUL VERDE (VISTA POSTERIOR).....	84
<b>FIGURA 37.</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE LLENADO DE LATAS DE CONSERVA DE GANDUL VERDE (VISTA ISOMÉTRICA) .....	85
<b>FIGURA 38.</b> CIRCUITO DE FUERZA Y MANDO DEL MOTOR 2 .....	91
<b>FIGURA 39.</b> TIPOS DE ARRANCADORES RECOMENDADOS SEGÚN EL MOTOR DE 0,25 HP A UTILIZAR.....	93
<b>FIGURA 40.</b> DISYUNTOR O GUARDAMOTOR MAGNÉTICO MODELO: GV2-L06.....	94
<b>FIGURA 41.</b> RELÉ MODELO: LRD-06.....	94
<b>FIGURA 42.</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LATAS DE CONSERVA DE GANDUL VERDE (VISTA EN PLANTA).....	95
<b>FIGURA 43.</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LATAS DE CONSERVA DE GANDUL VERDE (VISTA FRONTAL).....	96
<b>FIGURA 44.</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LATAS DE CONSERVA DE GANDUL VERDE (VISTA POSTERIOR) .....	97
<b>FIGURA 45.</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LATAS DE CONSERVA DE GANDUL VERDE (VISTA LATERAL IZQUIERDA) .....	98
<b>FIGURA 46.</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LATAS DE CONSERVA DE GANDUL VERDE (VISTA LATERAL DERECHA) .....	99
<b>FIGURA 47.</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LATAS DE CONSERVA DE GANDUL VERDE (VISTA ISOMÉTRICA) .....	100
<b>FIGURA 48.</b> PROGRAMACIÓN EN TWIDO-PARTE 1 .....	101
<b>FIGURA 49.</b> PROGRAMACIÓN EN TWIDO-PARTE 2 .....	101
<b>FIGURA 50.</b> SITRANS TH100.....	103
<b>FIGURA 51.</b> VÁLVULA PROPORCIONAL VP2302BE1461MB200 .....	103
<b>FIGURA 52.</b> PROGRAMACIÓN PARA CONTROL DE VAPOR EN TWIDO-PARTE 1 .....	104
<b>FIGURA 53.</b> PROGRAMACIÓN PARA CONTROL DE VAPOR EN TWIDO-PARTE 2 .....	104
<b>FIGURA 54.</b> PROGRAMACIÓN PARA CONTROL DE VAPOR EN TWIDO-PARTE 3 .....	105
<b>FIGURA 55.</b> PROGRAMACIÓN PARA CONTROL DE VAPOR EN TWIDO-PARTE 4 .....	105
<b>FIGURA 56.</b> PROGRAMACIÓN PARA CONTROL DE VAPOR EN TWIDO-PARTE 5 .....	106

## I. INTRODUCCIÓN

La necesidad de sanear los procesos productivos en todas las esferas de la actividad económica ha hecho de la productividad el foco de atención del gran público y de los especialistas en materia de competitividad. Sin embargo, a nivel de la empresa existen no pocas resistencias cuando se intenta incorporar ciertas innovaciones que suponen un incremento de la productividad y un ahorro de los costos. A pesar de ello, las mejoras de la productividad parecen ser el principal remedio para aumentar los rendimientos combatir las crisis, el desempleo, la inflación y conseguir productos altamente competitivos [1].

La automatización en la industria ha pasado de ser una herramienta de trabajo deseable a una herramienta indispensable para competir en el mercado globalizado, nos puede conducir a obtener productos de mejor calidad, reducir tiempos de producción, simplificar el trabajo, reducir desperdicios, evitar re-procesos y sobre todo aumentar la rentabilidad [2].

Debido a la situación actual de nutrición inadecuada en la población de muchos países, es necesario ofrecer alternativas de fuentes ricas en proteínas y de bajo costo.

El gandul o frijol de palo es una importante leguminosa que contiene una moderada cantidad de proteínas, calorías, ciertos minerales y vitaminas; las proteínas de frijol de palo presentan buena calidad y propiedades disfuncionales adecuadas para la industria de alimentos [3].

Se consume como grano tierno (arveja) y grano seco. También puede utilizarse como barrera viva para detener la erosión, como cultivo de sombra en los almácigos o viveros y como tapavientos en regiones donde ocurren vientos fuertes [4].

Lambayeque cuenta con extensas zonas de cultivo y cosecha de frijol de palo verde, principalmente en la zona norte por lo que algunas empresas que se dedican a las exportaciones de conserva de frijol se han establecido en esa zona como Gandules Inc S.A. y Alpes Chiclayo S.A. El último informe emitido muestra que solo en enero del 2014 ya se están exportando 44 064 toneladas de frijol de palo verde en conserva, las cuales están contenidas en cajas con capacidad de 24 latas, esto se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Exportaciones de Lambayeque en toneladas-Enero 2 014

<b>Producto</b>	<b>Peso (tn)</b>
Frijol palo verde lata 24 x 15 oz	70 673
<b>Frijol palo verde en conserva</b>	<b>44 064</b>
Frijol castilla	23 000
Frijol palo seco	11 000
Frijol zarandaja	11 000
Frijol castilla x25 lbs	2 268
Frijol palo seco x 25 kg	1 000
Frijol palo seco x 25 lbs	567
Frijol palo seco lata 24 x 15 oz	509
Frjol zarandaja x 25 lbs	227
<b>Total</b>	<b>164 288</b>

*Fuente:* Agroaldia

Alpes Chiclayo S.A.C. se encuentra ubicado en la entrada del distrito de Pacora, en el departamento Lambayeque. Es una empresa que se dedica al procesamiento de conserva de gandul verde (*Cajanus Cajan*) principalmente en 2 presentaciones: gandul en salmuera (agua y sal) o gandul en leche de coco, ambas en envases de 15 onzas o dependiendo de las exigencias del cliente.

El problema científico se enuncio en los siguientes términos: ¿Una propuesta mejora del proceso productivo de conserva de gandul aumentará la producción de la empresa Alpes Chiclayo S.A.C.?

En el cual se pretende lograr los siguientes objetivos:

**Objetivo general:**

Proponer la automatización del área de envasado de conserva de gandul verde para aumentar la producción de la empresa Alpes Chiclayo S.A.C.

**Objetivos específicos:**

Realizar un diagnóstico de la situación actual del área de envasado de conserva de gandul verde en la empresa Alpes Chiclayo S.A.C.

Proponer el diseño de un sistema automático para el área de envasado de conserva de gandul verde que aumente la producción de Alpes Chiclayo S.A.C.

Demostrar la validez de la propuesta mediante su simulación.

Realizar el análisis costo-beneficio de la propuesta.

Una vía o herramienta necesaria e indispensable en la actualidad para lograr obtener ventajas competitivas es la automatización y control de procesos industriales, debido a que en un mundo tan competitivo ya no basta con tener un proceso productivo artesanal, semi-industrial o mecanizado; si no ir más allá y estar siempre adelante.

Este proyecto permitirá mejorar el proceso productivo de una empresa para obtener un incremento en la producción y así lograr obtener una mayor participación en el mercado y generar mayores utilidades. Para lograr esta mejora es necesaria de una nueva herramienta que nos facilite alcanzar los objetivos propuestos, por lo que se opta por la elaboración de un plan de mejora basada en la automatización de un proceso (cuello de botella).

## **II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA**

### **2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

Luego de haber realizado un estudio en las diversas bases teóricas que tienen similitud con el objetivo general de esta investigación, aquellas que tienen como fin brindar conocimiento acerca de métodos para la mejora de la productividad, se encontraron con diversas publicaciones importantes para el desarrollo y apoyo de este proyecto:

El 2 017, Garzón [5] en su proyecto de investigación “Tecnología programada de los procesos de envasado de agua para el mejoramiento de la producción de la planta purificadora Bless Water”, destaca que el ámbito del empresariado industrial es cada vez más competitivo, ante lo cual se necesita de producción a grandes escalas con la mínima inversión. La planta purificadora de agua “Blest Water” necesita desarrollar una mejora de producción automatizada de su proceso de envasado de agua purificada en botellones de 20 litros, proponiendo una investigación del tipo cuantitativa y recaudando información general que permita conocer la raíz del problema para plantear la propuesta, y su metodología es deductiva, o después detectado el problema se decide la mejor opción, encuadrada en la línea de automatización y control, logrando una mejora en la producción de la planta a través de la automatización del proceso de envasado en base a la tecnología programada.

González y Velásquez [6], en el año 2 017, en su artículo “Prototipo automatizado para el llenado y tapado de botellas de plástico”, nos muestran la implementación del prototipo automatizado destinado al llenado y tapado de botellas de plástico, con finalidad era incrementar la productividad en el embotellado del producto y de su calidad. Este prototipo fue desarrollado con elementos neumáticos, sensores, electroválvulas, solenoides, motores y un controlador programable (PLC S7-1 200), además de una rueda de ginebra para controlar el proceso automáticamente, minimizando los cuellos de botella, logrando un llenado uniforme. La implementación de este proyecto se complementó con partes mecánicas, neumáticas y eléctricas.

Pûta [7], en su tesis de grado presentada el 2 016 “Sistemas de control para aplicaciones industriales basados en PLC”, tuvo por objetivo revisar la función y aplicación de los sistemas PLC que se encuentran disponibles y utilizables. Describe su estructura, propiedades de PLC y las áreas de aplicación, se revisan y evalúan sus propiedades técnicas, métodos de programas empleados para su control. La prioridad de este estudio constituye el sistema de control para un modelo educativo de una central

fotovoltaica construida sobre base PLC, describe el proceso y la aplicación del control y la documentación técnica que detalla cada una de las piezas y su propósito.

En el 2016, Cifuentes et al [8] en su artículo “Evaluación del sistema automatizado para la envasadora de líquidos en la empresa Probionar”, menciona que la competitividad empresarial está relacionada directamente con los factores técnicos y el diseño de los sistemas productivos para lograr la máxima productividad para elaborar productos. Este estudio fue destinado a desarrollar un diagnóstico de la empresa PROBIONAR del cuello de botella en la elaboración de productos en materia de automatización, cuya finalidad era evaluar el sistema automatizado, estableciendo un diseño preliminar del sistema. El diagnóstico determinó que el punto crítico radicaba en la elaboración de silicona, esta ineficiencia está dada por los tiempos y su capacidad de envase, motivo por el que el estudio de investigación se concentró en el estudio del proceso de automatización de la etapa de llenado de envase de silicona, implementando una CRUZ DE MALTA de cuatro ranuras, en la envasadora semiautomática líquidos semidensos, marca CARDIN, con la aplicación teórica de sistemas de control, para lograr eliminar la mano de obra requerida para la operación y reduciendo tiempos muertos dentro del proceso, teniendo por resultado final un plano preliminar del sistema automatizado empleado en el mecanismo referenciado anteriormente.

Akbar [9], en el año 2018, en su tesis titulada “LKP: Implementación de Siemens PLC en el área de la industria del cigarrillo de Tresno PT. Bentoel Group”, En los desarrollos tecnológicos que están empezando a penetrar en el sector industrial de hoy, a partir de la era de la revolución industrial o lo que se conoce como industria 1,0 en 1784 a la industria 4,0 en 2012. Muchas industrias que antes utilizaban máquinas que todavía eran convencionales en la naturaleza y todavía utilizaban la energía humana para ayudar a calcular o administrar estas máquinas, luego se convirtieron en máquinas de automatización y comenzaron a utilizar sensores para ayudar a las máquinas a calcular y regular. Una de las aplicaciones de PT. YEIKUMA, a saber, el uso del PLC de Siemens para el área de la industria de cigarrillos de Tresno del grupo PT. Bentoel. El PLC de Siemens fue elegido porque tiene varias características que soportan la industria con paneles complejos y máquinas herramienta. A partir del software (software) que es compatible con las conexiones PLC estándar internacional, así como herramientas prácticas y fáciles de configurar. El PLC de Siemens tiene sus propias reglas en la preparación de un programa, empezando por la configuración de variables en el bloque de datos, compilando un bloque de funciones y luego haciendo el programa principal.

Uno de los programas implementados en el área de la industria de cigarrillos Tresno de PT. Bentoel Group está ejecutando un programa de motor que se inserta en un bloque de funciones separado. Al implementar el programa secuencial, este programa puede neutralizar el riesgo de error prolongado (Long Error Time) y es fácil solucionar problemas cuando una de las máquinas de motor tiene un error, así como ahorrar energía y altos costos en cada máquina.

## **2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **2.2.1. Proceso productivo**

El proceso productivo o proceso de producción es un sistema de acciones que se encuentran interrelacionadas de forma dinámica y que se orientan a la transformación de ciertos elementos. De esta manera, los elementos de entrada (conocidos como factores) pasan a ser elementos de salida (productos), tras un proceso en el que se incrementa su valor mediante el uso de recursos físicos, tecnológicos, humanos, etc.

Un proceso productivo puede ser clasificado en:

**Proceso continuo:** La transformación de factores en productos se realiza de forma ininterrumpida o con procesos repetitivos de producción en masa.

**Proceso intermitente:** Procesos que no requieren continuidad en el tiempo o que se realizan bajo pedido.

### **2.2.2. Automatización industrial**

La Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas [10] define la automatización como el conjunto de métodos y procedimientos para la substitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. De esta definición original se desprende la definición de la automatización como la aplicación de la automática al control de procesos industriales.

Según AIU [11] un sistema de control automático es aquel que controla una variable física sin intervención humana. Esta variable física puede ser una temperatura, una velocidad, una presión, un flujo o gasto, un nivel, etc.

El controlar una magnitud física como las mencionadas anteriormente es estrictamente necesario para el buen desarrollo de determinados procesos sobre todo en la industria.

Un sistema automatizado consta de dos partes:

- a) Parte Operativa:** Es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores, finales de carreras, etc.
- b) Parte de Mando:** Suele ser un autómatas programable, aunque hasta hace poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómatas programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

También puede ser definido como la estación central de control o autómatas. Es el elemento principal del sistema, encargado de la supervisión, manejo, corrección de errores, comunicación, entre otros.

### **2.2.3. Objetivos de la automatización industrial**

Según Ebel [12] los objetivos de la automatización son:

Reducción de costes de mano de obra, materiales y energía.

Reducción de tiempos de fabricación, plazos de entrega.

Mejora de diseño.

Mejora de la calidad.

Eliminación de trabajos peligrosos o nocivos.

Fabricación de elementos sofisticados.

### **2.2.4. Componentes de un sistema a automatizar**

Cuenca [13] afirma que un sistema automatizado puede ser en lazo abierto o en lazo cerrado. En el primer caso la variable física a controlar, por ejemplo, la velocidad de un motor no se retroalimenta a un controlador. En el segundo caso la variable física a controlar, se retroalimenta a un controlador a fin de que este equipo (controlador) compare con el valor requerido el cual se ha fijado de antemano y decida si hay que efectuar alguna corrección, en caso de que la variable a controlar salga del rango en que deba estar.

Los principales componentes de un sistema automatizado son:

- a. Proceso a controlar.**
- b. Sensor:** Detector que mide la variable física a controlar e informa esta medición al controlador.
- c. Controlador:** Es el cerebro que de acuerdo a la información enviada por el sensor toma decisiones para corregir si este es el caso a la variable física bajo control.
- d. Comparador:** Elemento que forma parte del controlador o puede estar fuera de él y compara el valor de la variable física a controlar con el valor que debe tener y que se denomina referencia, informando esto al controlador.
- e. Actuador:** Elemento que recibe las instrucciones del controlador para actuar en un sentido o en otro y corregir así el valor de la variable a controlar. Por ejemplo, abrir o cerrar una llave para que fluya más o menos líquido hacia un recipiente.

### **2.2.5. PLC (controladores lógicos programables)**

Es un dispositivo que fue inventado con el propósito de reemplazar los circuitos secuenciales relevadores para el control de la maquinaria. Su funcionamiento básico consiste en que sus salidas estarán en on/off dependiendo de los estados de sus entradas. El usuario debe introducir un programa vía software para obtener los resultados deseados.

#### **2.2.5.1. Estructura interna de un PLC**

Un PLC está compuesto con los siguientes módulos:

- a) CPU:** Es la parte inteligente del controlador. Ejecuta de modo continuo el programa en función de los datos contenidos en la memoria.
- b) Memoria:** Esta se encuentra dividida en dos partes:
  - La memoria “programada” en la que están almacenadas las instrucciones del programa a ejecutar.
  - La memoria de datos en la que están almacenados los resultados intermediarios de cálculos y diversos estados.
- c) Relevadores de entrada:** Existen físicamente y son externos al controlador, reciben señales de sensores, switches, etc.

- d) **Relevadores de salida:** Mandan señales de salida on/off y existen físicamente, pueden ser transistores relevadores, etc. Su función principal es como almacén de información y datos cuando la alimentación es removida del PLC.
- e) **Timers:** No existen físicamente
- f) **Contadores:** No existen físicamente, son simulados por software y se les programa para contar pulsos de señal.

#### 2.2.5.2. Ventajas de automatizar con PLC

El uso de PLC ofrece diversas ventajas todos aquellos dispositivos del tipo mecánico:

**Menos constituyentes:** Esto se debe a la sustitución de todo cableado por lo que ocasiona una ganancia en volumen, dimensiones y simplicidad de empleo.

**Menos conexiones:** Los cableados se reducen a sólo tener los captadores que son los elementos que monitorean y conducen las señales al PLC.

**Más funcionalidades:** El PLC brinda una mayor flexibilidad para cambiar los programas y las funciones según las necesidades de la industria.

**Mayor comodidad:** El programa construido para una máquina puede ser duplicado y aplicado en toda gama de máquinas que se encuentren trabajando en serie por lo que hay una reducción de costos y tiempo.

#### 2.2.6. Twidosuite

Software de programación diseñado para asistir el desarrollo de proyectos que utilizan controladores Twido.

Los PLC Twido están dedicados a la automatización de instalaciones industriales simples y máquinas pequeñas; se encuentran disponible en dos versiones: Compacto y Modular. Ambos PLCs comparten opcionales, extensiones de E/S y el software de programación, otorgándole máxima flexibilidad y simplicidad de uso.

#### 2.2.7. Lenguaje ladder

Es un lenguaje gráfico, también llamado lenguaje de contactos o en escalera, derivado del lenguaje de relés. Es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas

eléctricos de control clásicos. Mediante símbolos representa contactos, bobinas, etc. Su principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados según el estándar IEC (International Electrotechnical Commission) y son empleados por todos los fabricantes.

### **2.2.8. PID**

Es un mecanismo de control que combina la acción de control integral, derivativo y proporcional; con el fin de controlar un proceso mediante un lazo de retroalimentación.

La ecuación de un controlador con esta acción combinada se obtiene mediante:

$$u = K_p e + K_i \int e dt + K_d \frac{de}{dt}$$



## B. Principales Productos

Conserva de Gandul en salmuera (latas de 15 oz.)

Conserva de Gandul en leche de coco (latas de 15 oz.)

## C. Principales Competidores

Gandules Inc S.A.C.

Vínculos Agrícolas S.A.C.

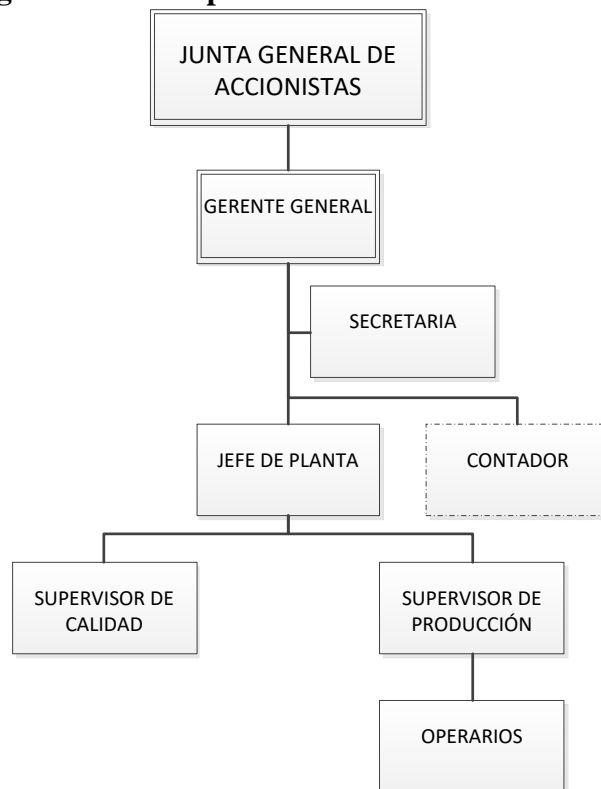
Procesadora Perú S.A.C.

## D. Principales Proveedores

Centro de acopio Medina.

Centro de acopio Cajusol.

## E. Organigrama de la empresa



**Figura 2.** Organigrama de la empresa

*Fuente:* [14]

### 3.1.2. Histórico de ventas

La empresa cuenta con registro histórico de pedidos (en cajas) desde el año 2 017, tal como lo muestra la Tabla 2.

**Tabla 2.** Pedidos anuales de Mayo 2 017 a Agosto 2 019

Mes	2 017			2 018			2 019		
	Pedidos repcionados	Pedidos aceptados	Pedidos rechazados	Pedidos repcionados (cajas)	Pedidos aceptados	Pedidos rechazados	Pedidos repcionados (cajas)	Pedidos aceptados	Pedidos rechazados
Enero*	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero*	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo*	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril*	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo*	34 750	29 230	5 520	36 000	28 110	7 890	38 320	29 450	8 870
Junio	37 690	28 520	9 170	40 570	28 315	12 255	44 560	30 000	14 560
Julio	40 260	29 830	10 430	42 220	30 000	12 220	44 690	28 690	16 000
Agosto	41 580	28 940	12 640	43 310	30 000	13 310	45 170	30 000	15 170
Setiembre	40 120	29 200	10 920	42 930	29 200	13 730	-	-	-
Octubre	38 820	30 000	8 820	42 070	30 000	12 070	-	-	-
Noviembre	36 860	29 320	7 540	40 210	29 320	10 890	-	-	-
Diciembre	36 210	28 750	7 460	38 000	28 750	9 250	-	-	-
<b>Total</b>	<b>306 290</b>	<b>233 790</b>	<b>72 500</b>	<b>325 310</b>	<b>233 695</b>	<b>91 615</b>	-	-	-

Fuente: [14]

(\*) La empresa no opera por falta de materia prima

En la tabla 2 se aprecia los pedidos recepcionados de los clientes, y la cantidad de pedidos rechazados por falta de capacidad, así como también se muestra un crecimiento del 6,209 % en la cantidad de pedidos recepcionados.

### 3.1.3. Descripción particular de las áreas de la empresa objeto de análisis

#### 3.1.2.1. Área de producción

La empresa Alpes Chiclayo S.A.C. actualmente cuenta con 41 operarios en el área de producción, distribuido como lo muestra la Tabla 3:

**Tabla 3.** Distribución de la mano de obra en Alpes Chiclayo S.A.C.

Área	N° de operarios
Recepción	4
Descascarado	
Limpieza	1
Primer Lavado	1
Selección	14
Segundo Lavado	1
Pre-Cocción	1
Enfriado	
Envasado	8
Adición de líquido de gobierno	1
Sellado	2
Esterilizado	1
Codificado	2
Almacén	5
Total	41

*Fuente:* [14]

La línea de producción está compuesta por las siguientes estaciones:

**Recepción de materia prima:** El gandul verde o lenteja verde llega en mallas de aproximadamente 100 kilos cada una, se tiene una programación diaria con la cantidad de materia prima que traerán cada uno de los proveedores.

**Descascarado:** Para el proceso de separación de grano y cáscara, se cuenta con 2 máquinas peladoras, una que se encargará de pelar la lenteja verde y otra que le dará un segundo repaso para tratar de obtener un mayor rendimiento del proceso.

**Limpieza:** El grano obtenido del área de pelado sale junto con hojas, por lo que se usa aire a presión para lograr la separación de estas y tener un producto limpio.

**Primer lavado:** El grano es lavado como modo de precaución en caso de que hubiese quedado alguna impureza pequeña, este flote y sea separado.

**Selección:** Este proceso es realizado manualmente por 14 operarios en 3 mesas en las que es dispuesto el grano para separar el grano pequeño o malas condiciones.

**Segundo lavado:** Es realizado en 8 barriles, principalmente en modo de espera para el siguiente proceso.

**Pre cocción:** Se realiza en una tina con agua caliente en donde el gandul es sumergido durante 3 minutos a 90°C para lograr su pre-cocción.

**Enfriado:** En este proceso el gandul verde pre cocido es roseado con agua fría para reducirle la temperatura y lograr que sea fácilmente manipulado en los siguientes procesos.

**Envasado:** Este proceso es realizado por 8 operarios, donde 2 personas se encargan de dar una revisión al grano, 2 personas abastecen de latas, 2 personas envasan y otras 2 llevan las latas al siguiente proceso.

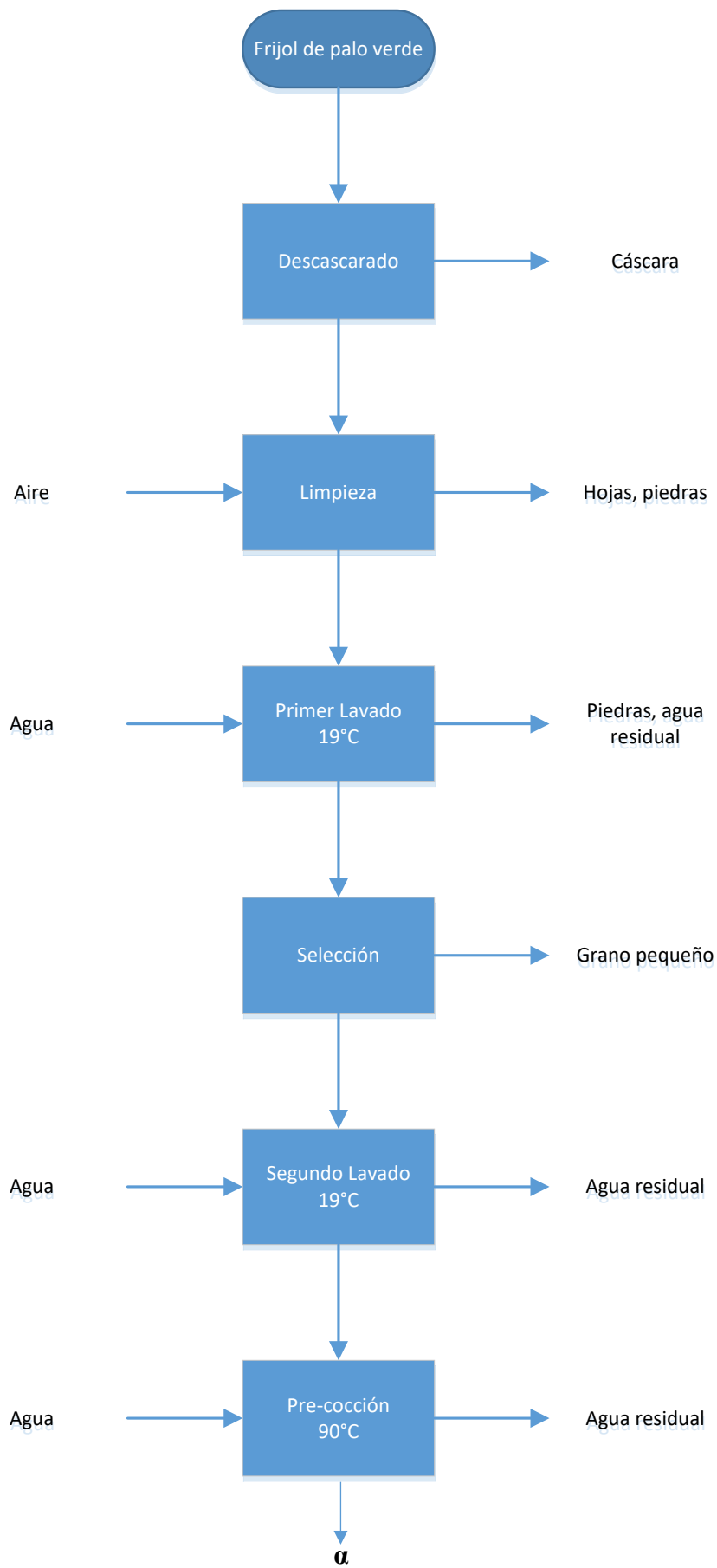
**Adición de líquido de gobierno:** Una maquina se encarga de abastecer el líquido de gobierno a cada una de las latas que pasan por la faja transportadora, para esto se necesita vapor, que lo provee la caldera mediante tuberías, con 100°C y 103,421 Kpa.

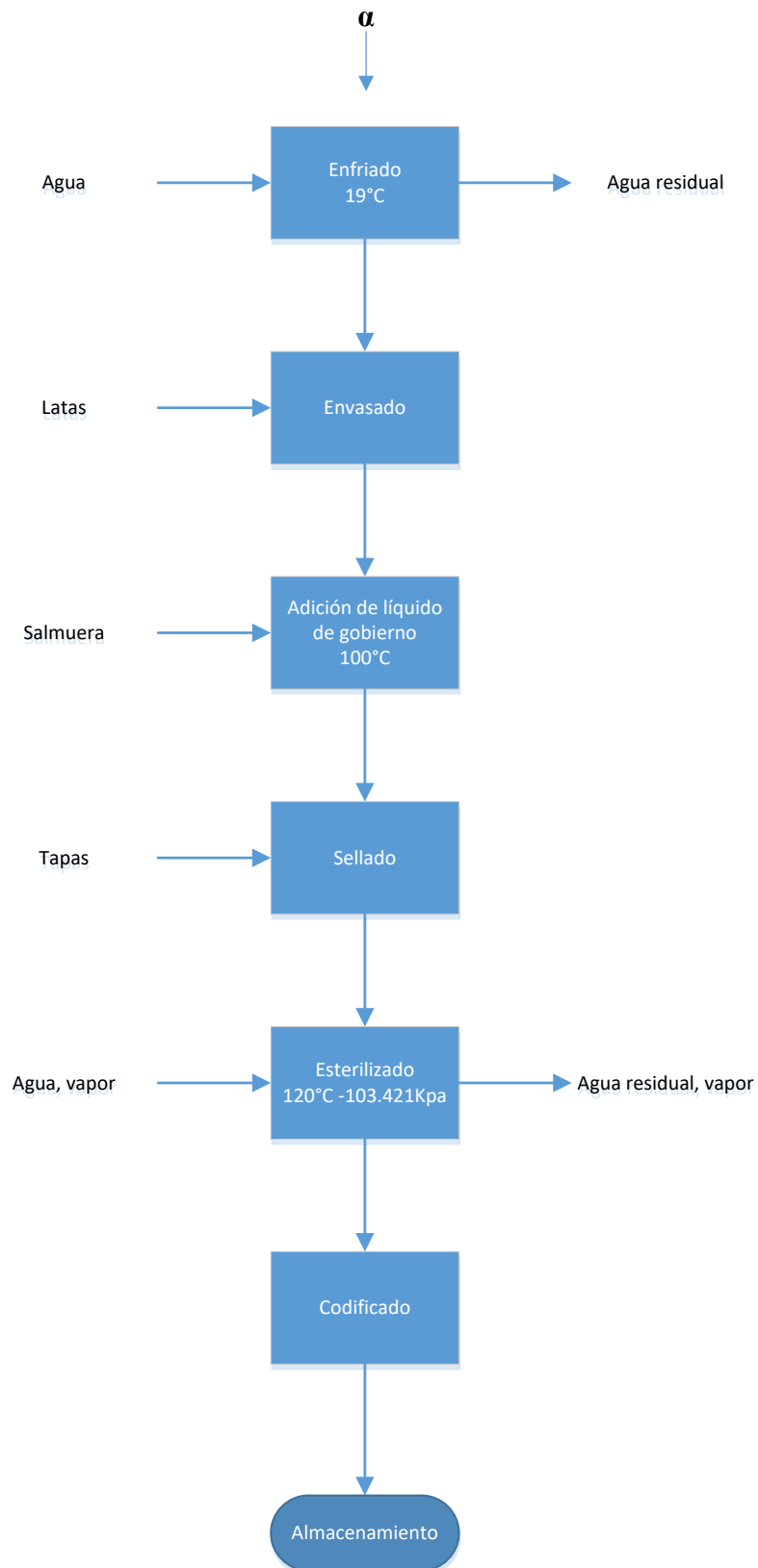
**Sellado:** En este proceso, una maquina es la que sella a presión las latas, un operario se encarga de revisar las latas y otro de colocar las tapas.

**Esterilizado:** Se realiza en 2 autoclaves, las latas se introducen en ella y se les mantiene por 18 minutos a 120 °C y 103,421; con el fin de lograr eliminar cualquier microorganismo dentro del producto y lograr aumentar su vida útil.

**Codificado:** Es realizado por una máquina y 2 personas que se encargan de abastecer la faja transportadora, aquí se le agrega el número de lote, la fecha de procesamiento y la fecha de vencimiento de las latas.

**Almacén:** Realizado por 5 operarios, donde 2 colocan las latas en jabas, 1 operario lleva las jabas a la zona de pallets y 2 apilas las latas.





**Figura 3.** Diagrama de bloques del proceso productivo

*Fuente:* Elaboración propia

El área de producción trabaja a un ritmo promedio de 3 000 latas/hora como se observa en la Tabla 4, en donde se detalla la producción de latas/hora durante 6 días seguidos (del 21 de Setiembre de 2 019 hasta el 26 de Setiembre de 2 019).

**Tabla 4.** Producción de latas/hora en Alpes Chiclayo (21-09-19 al 26-09-19)

<b>Hora</b>	<b>21-Set</b>	<b>22-Set</b>	<b>23-Set</b>	<b>24-Set</b>	<b>25-Set</b>	<b>26-Set</b>
7:00-8:00	2 651	2 687	2 751	2 698	2 701	2 709
8:00-9:00	2 940	3 012	3 026	2 989	3 000	2 910
9:00-10:00	3 015	3 024	3 052	2 950	3 014	3 050
10:00-11:00	3 056	3 012	3 020	3 058	3 098	3 010
11:00-12:00	3 059	3 044	3 031	3 065	3 047	3 033
12:00-13:00	3 018	3 014	3 058	3 047	3 054	3 025
14:00-15:00	2 950	3 031	3 062	3 084	3 071	3 052
15:00-16:00	3 061	3 021	3 015	3 065	3 024	3 145
16:00-17:00	3 062	3 025	3 049	3 049	3 058	3 013
17:00-18:00	3 018	3 040	3 041	3 087	3 063	3 055
Promedio latas/hora	2 983	2 991	3 011	3 009	3 013	3 000

*Fuente:* Datos de la empresa.

Diariamente, se están produciendo 30 000 latas de conserva de gandul equivalente a 50 latas/minuto, con un ciclo de 0,02 minutos/lata; por lo tanto, este ritmo provoca retrasos en las etapas siguientes: adición de líquido de gobierno y sellado de latas; las cuales tienen una capacidad instalada de 70 latas/minuto que no se logra cumplir debido al ritmo de producción marcado por el área de envasado siendo el cuello de botella.

Se tiene en cuenta que durante el proceso productivo existen etapas en donde existe pérdida de materia prima, como se puede apreciar en la Tabla 5; donde se indica que existen 11 procesos donde no existe pérdida de materia debido a que presentan un rendimiento de 100%, así como también existen 3 procesos donde se pierde materia prima debido a su naturaleza de operación (Descascarado y Selección) y a la mala manipulación de la materia prima (Envasado):

**Tabla 5.** Rendimientos del proceso productivo de Alpes Chiclayo S.A.C.

<b>Ingreso (kg)</b>	<b>Proceso</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Salida (kg)</b>	<b>Observaciones</b>
15 000	Recepción	100%	15 000	No existe pérdida de peso por naturaleza de la operación.
15 000	Descascarado	85%	12 750	La cantidad de materia prima perdida incluye la cáscara y granos extraídos por error mecánico.
12 750	Limpieza	100%	13 350	La extracción de hojas constituye una pérdida de peso insignificante.
12 750	Primer lavado	100%	13 350	No existe pérdida de peso por naturaleza de la operación.
12 750	Selección	90%	11 475	La cantidad de materia prima perdida incluye grano disconforme.
11 475	Segundo Lavado	100 %	11 475	No existe pérdida de peso por naturaleza de la operación.
11 475	Pre-cocción	100%	11 475	No existe pérdida de peso por naturaleza de la operación.
11 475	Enfriado	100%	11 475	No existe pérdida de peso por naturaleza de la operación.
11 475	Envasado	94,38%	10 830	La cantidad de materia prima perdida incluye el grano desperdiciado en el área por mala manipulación.
10 830	Adición de líquido de gobierno	100%	10 830	No existe pérdida de peso por naturaleza de la operación.
10 830	Sellado	100%	10 830	No existe pérdida de peso por naturaleza de la operación.
10 830	Esterilizado	100%	10 830	No existe pérdida de peso por naturaleza de la operación.
10 830	Codificado	100%	10 830	No existe pérdida de peso por naturaleza de la operación.
10 830	Almacenamiento	100%	10 830	No existe pérdida de peso por naturaleza de la operación.

Fuente: [14]

### 3.1.2.2. Cálculo de los rendimientos

Los rendimientos se hicieron teniendo en cuenta el peso drenado de cada lata ( $P_{dr}=0,361$  kg/lata), la producción diaria ( $Pr_{día}= 30\ 000$  latas/día), la cantidad de materia prima útil que sale del área de selección ( $I_{mp}=12\ 015$  kg/día), la cantidad de materia prima descartada por selección ( $MP_{dps}=1\ 275$  kg/día) y el ingreso diario de materia prima a planta ( $I_t=15\ 000$  kg/día).

#### A. Rendimiento del área de envasado

$$R_e = \frac{Pr_{día} * P_{dr}}{I_{mp}}$$
$$R_e = \frac{30\ 000 \frac{latas}{día} * 0,361 \frac{kg}{lata}}{11\ 475 \frac{kg}{día}}$$
$$R_e = 0,9438$$

#### B. Rendimiento del área de selección

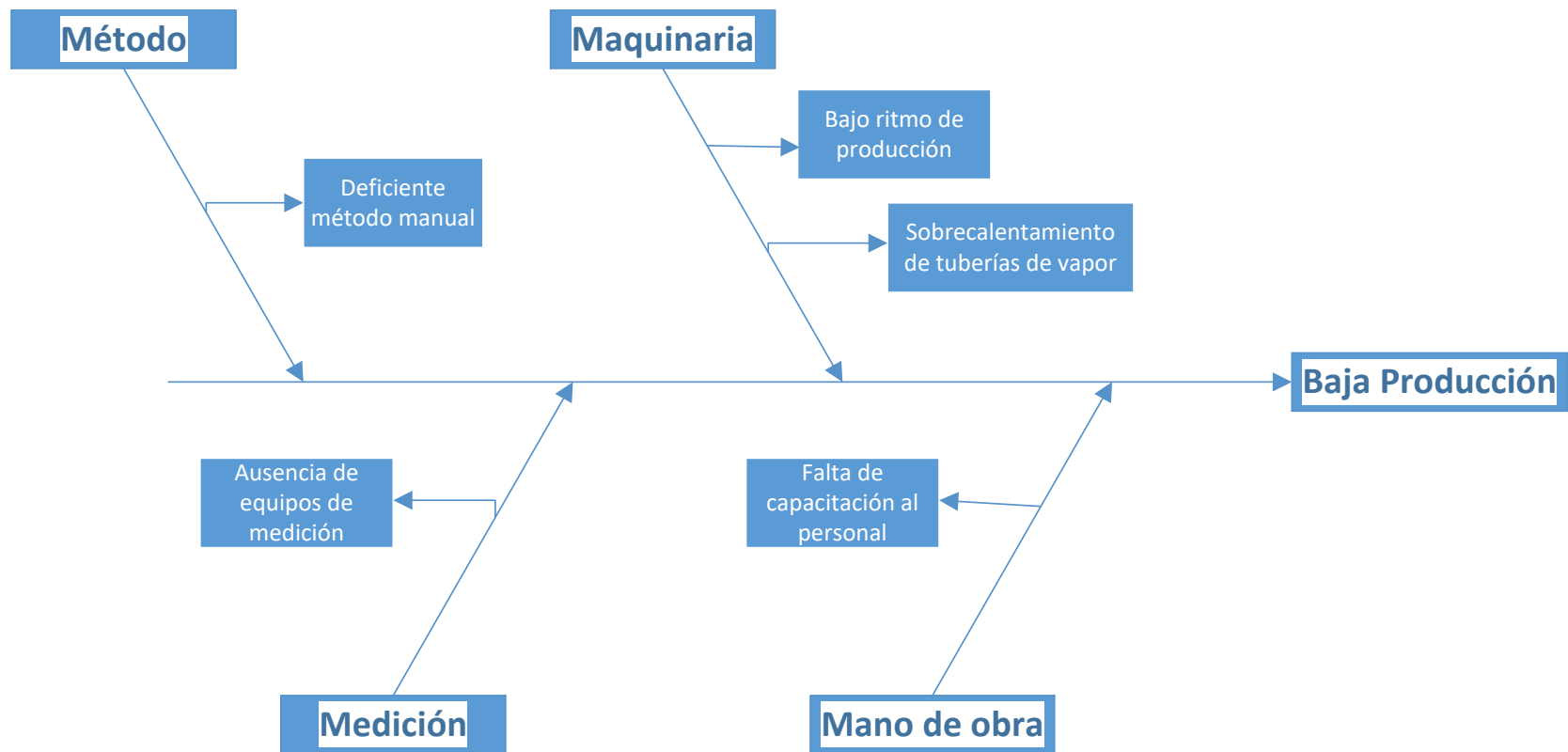
$$R_s = \frac{I_{mp}}{I_{mp} + MP_{dps}}$$
$$R_s = \frac{11\ 475 \frac{kg}{día}}{11\ 475 \frac{kg}{día} + 1\ 275 \frac{kg}{día}}$$
$$R_s = 0,9$$

#### C. Rendimiento del área de descascarado

$$R_d = \frac{I_{mp} + MP_{dps}}{I_t}$$
$$R_d = \frac{11\ 475 \frac{kg}{día} + 1\ 275 \frac{kg}{día}}{15\ 000 \frac{kg}{día}}$$
$$R_d = 0,85$$

### 3.1.4. Diagnóstico por causas

Para una mejor apreciación, se detalló el diagnóstico por causas en el siguiente diagrama de Ishikawa:



**Figura 4.** Diagrama causa-efecto respecto a la baja producción.

*Fuente:* Elaboración Propia

### 3.1.2.3. Método

#### A. Causa: Deficiente método manual

##### a. Evidencias

Diariamente, ingresan 15 000 kg de gandul verde de los cuales solo llegan aproximadamente 11 475 kg al área de envasado debido a los rendimientos del área de descascarado (85%) y del área de selección (90%), tal como se muestra en la Tabla 5.

En esta área de trabajo existen pérdidas de materia prima útil como se puede apreciar en la figura 5, donde gran parte del grano de gandul verde termina en el piso debido al deficiente método manual desarrollado en el área de envasado.



**Figura 5.** Pérdidas de materia prima útil en el área de envasado

*Fuente:* [14]

La cantidad de materia prima desperdiciada ( $D_{mp}$ ) se calcula teniendo en cuenta el rendimiento del proceso de envasado ( $R_e$ ) y el ingreso de materia prima útil al área de envasado ( $I_{mp}$ ).

$$D_{mp} = I_{mp} * (1 - R_e)$$
$$D_{mp} = 11\,475 \frac{kg}{día} * (1 - 0,9438)$$
$$D_{mp} = 644,895 \text{ kg/día}$$

Por lo tanto, diariamente se están desperdiciando 644,895 kg de materia prima útil debido a un deficiente método manual en el área de envasado.

## b. Impacto económico

Para poder evaluar la pérdida económica producida por el deficiente método manual en el área de envasado primero se procede a realizar el cálculo de latas no producidas debido a esta causa (LNP<sub>dmm</sub>), teniendo en cuenta el peso drenado de cada lata (P<sub>dr</sub>=0,361 kg) y el desperdicio de materia prima (D<sub>mp</sub>) producido en el área de envase.

$$\begin{aligned}LNP_{dmm} &= \frac{D_{mp}}{P_{dr}} \\LNP_{dmm} &= \frac{644,895 \frac{kg}{día}}{0,361 \frac{kg}{lata}} \\LNP_{dmm} &= 1\,786 \text{ latas}/día\end{aligned}$$

Luego se realiza el cálculo del número de cajas no producidas (CNP<sub>dmm</sub>), teniendo en cuenta la cantidad de latas no producidas (LNP<sub>dmm</sub>) en el área de envasado y el número de latas contenidas en una caja (C=24 latas/caja).

$$\begin{aligned}CNP_{dmm} &= \frac{LNP_{dmm}}{C} \\CNP_{dmm} &= \frac{1\,786 \frac{latas}{día}}{24 \frac{latas}{caja}} \\CNP_{dmm} &= 74 \text{ cajas}/día\end{aligned}$$

Por último, se calcula el impacto económico considerando el número de cajas no producidas (CNP<sub>dmm</sub>) y su precio de venta unitario (P<sub>v</sub>= \$11/caja).

$$\begin{aligned}\text{Impacto económico} &= CNP_{dmm} * P_v \\ \text{Impacto económico} &= 74 \frac{cajas}{día} * \frac{\$11}{caja} \\ \text{Impacto económico} &= 814 \text{ al día}\end{aligned}$$

Lo que genera una pérdida mensual, teniendo en cuenta 24 días laborales al mes, de: \$19 536 equivalente a S/.64 468,8 considerando un tipo de cambio de 3,3 nuevos soles.

### 3.1.2.4. Medición

#### A. Causa: Ausencia de equipos de medición

##### a. Evidencias

Actualmente el proceso de envasado cuenta con un operario de rectificación, como se muestra en la Tabla 6, el cual se encarga de verificar el nivel de llenado de las latas y de existir una lata con exceso o déficit de llenado, éste se encargará de corregirlo. Este operario no cuenta con una herramienta o equipo de medición, por lo que la verificación se realiza a su criterio originando que no exista uniformidad en el peso de las latas de conserva de gandul verde, tal como se muestra en la Tabla 7 donde se midieron 10 muestras por lotes con diferentes días de procesamiento.

**Tabla 6.** Funciones de los operarios presentes en el área de envasado

<b>Operario</b>	<b>Actividad</b>
Operario 1	Abastecimiento de materia prima al área de envasado.
Operario 2	Abastecimiento de latas al área de envasado.
Operario 3	Formación de rumas de grano de gandul verde.
Operario 4	Formación de rumas de grano de gandul verde.
Operario 5	Envasado de granos de gandul verde en latas de 15 onzas.
Operario 6	Envasado de granos de gandul verde en latas de 15 onzas.
Operario 7	Verificación y rectificación del nivel de llenado de latas.
Operario 8	Transporte de latas llenas hacia el siguiente proceso

*Fuente:* Elaboración Propia.

**Tabla 7.** Peso de latas muestras de conserva de Gandul

Muestra N°	Lote					
	LJ131016	LV141016	LM18116	LJ201016	LV211016	LL241016
1	420	425	427	422	421	426
2	430	430	423	431	426	430
3	427	425	431	431	431	427
4	431	432	422	430	430	423
5	426	428	429	428	431	427
6	428	422	431	425	425	428
7	425	429	428	430	429	430
8	420	425	425	431	427	429
9	431	431	431	426	424	428
10	425	426	424	424	425	425
<b>Promedio peso g/lata</b>	<b>426,3</b>	<b>427,3</b>	<b>427,1</b>	<b>427,8</b>	<b>426,9</b>	<b>427,3</b>

Fuente: Elaboración Propia

En promedio, una lata de conserva de gandul verde está pesando 427,11 gramos.

#### **b. Impacto económico**

En este caso, el impacto económico se mide con el peso en exceso generada por la no uniformidad de los pesos de las latas conserva de gandul en consecuencia de la ausencia de equipos de medición.

Para esto primero se calcula la cantidad de materia prima en exceso (MP<sub>ex</sub>), teniendo en cuenta el peso uniforme de las latas de conserva de gandul verde (Pe<sub>un</sub>=425 g/lata), el peso real de las latas de conserva de gandul verde (Pe<sub>r</sub>=427.11 g/lata) y la producción diaria (Pr<sub>día</sub>=30 000 latas).

$$MP_{ex} = (Pe_r - Pe_{un}) * P_{día}$$

$$MP_{ex} = (427.11 \text{ g/lata} - 425 \text{ g/lata}) * 30\ 000 \text{ latas}$$

$$MP_{ex} = 63\ 300 \text{ g/día}$$

Luego se calcula las latas no producidas debido a esta causa (LNPaem), teniendo en cuenta la cantidad de materia prima en exceso (MP<sub>ex</sub>) y el peso uniforme de las latas de conserva de gandul verde (Pe<sub>un</sub>=425 g/día).

$$LNP_{aem} = \frac{MP_{ex}}{Pe_{un}}$$

$$LNP_{aem} = \frac{63\,300 \text{ g/día}}{425 \text{ g/lata}}$$

$$LNP_{aem} = 148 \text{ latas/día}$$

Luego se realiza el cálculo del número de cajas no producidas (CNP<sub>dmm</sub>), teniendo en cuenta la cantidad de latas no producidas (LNP<sub>dmm</sub>) en el área de envasado y el número de latas contenidas en una caja (C=24 latas/caja).

$$CNP_{aem} = \frac{LNP_{aem}}{C}$$

$$CNP_{aem} = \frac{148 \text{ latas}}{24 \text{ latas/caja}}$$

$$CNP_{aem} = 6 \text{ cajas}$$

Por último, se calcula el impacto económico considerando el número de cajas no producidas (CNP<sub>aem</sub>) y su precio de venta unitario (P<sub>v</sub>= \$11/caja).

$$\text{Impacto económico} = CNP_{aem} * P_v$$

$$\text{Impacto económico} = 6 \frac{\text{cajas}}{\text{día}} * \frac{\$11}{\text{caja}}$$

$$\text{Impacto económico} = \$66 \text{ al día}$$

Lo que genera una pérdida mensual, teniendo en cuenta 24 días laborales al mes, de: \$1 584 equivalente a S/.5 227,2 considerando un tipo de cambio de 3,3 nuevos soles.

### 3.1.2.5. Maquinaria y equipos

#### A. Causa: Bajo ritmo de producción

##### a. Evidencias

La Tabla 3 muestra que la producción del área de envasado (proceso cuello de botella) es 3 000 latas/hora, marcando un ritmo de producción de 50 latas/minuto.

En el proceso productivo se utilizan 4 máquinas: Descascaradora, autoclave, dosificadora de líquido de gobierno y selladora de latas; siendo

estas dos últimas máquinas las que tienen relación directa con el área de envasado y, por lo tanto, al tener una capacidad superior (70 latas/minuto), al ritmo de producción actual se ven afectadas generando una capacidad ociosa de 20 latas/minuto.

Esta presencia de capacidades ociosas causadas por un bajo ritmo de producción genera una disminución en la producción diaria, la cual será calculada de la siguiente manera:

Se calcula la producción actual ( $P_d$ ) teniendo en cuenta el tiempo base ( $T_b=10$  horas/día) y el ritmo de producción ( $R_p$ ) de 50 latas/minuto.

$$P_d = T_b * R_p$$

$$P_d = 10 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 50 \frac{\text{latas}}{\text{minuto}} * 60 \frac{\text{minutos}}{\text{hora}}$$

$$P_d = 30\,000 \text{ latas/día}$$

Luego se calcula la producción ideal ( $P_i$ ) en el caso que el ritmo de producción este en sincronía con las capacidades instaladas de la maquina selladora de latas y de la máquina dosificadora de líquido de gobierno, para ello se tendrá en cuenta que el ritmo de producción ideal ( $R_{pi}$ ) es 70 latas/minuto y el tiempo base ( $T_b$ ) se mantiene igual.

$$P_d = T_b * R_{pi}$$

$$P_i = 10 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 70 \frac{\text{latas}}{\text{minuto}} * 60 \frac{\text{minutos}}{\text{hora}}$$

$$P_d = 42\,000 \text{ latas/día}$$

Por último, se calcula la diferencia entre la producción ideal ( $P_i$ ) y la producción actual ( $P_d$ ), siendo el resultado de esta operación la cantidad de latas no producidas por un bajo ritmo de producción ( $LNP_{brp}$ ) delimitado por el proceso de envasado.

$$LNP_{brp} = P_i - P_d$$

$$LNP_{brp} = 42\,000 \text{ latas/día} - 30\,000 \text{ latas/día}$$

$$LNP_{brp} = 12\,000 \text{ latas/día}$$

Por lo tanto, se estima que no se están llegando a producir 12 000 latas/día debido a un bajo ritmo de producción, cantidad que representa el 40% de la producción actual.

## **b. Impacto económico**

Para evaluar la pérdida económica, primero se calcula las cajas no producidas debido al bajo ritmo de producción (CNPbrp), teniendo en cuenta la cantidad de latas no producidas (LNPbrp) y el número de latas contenidas en una caja (C=24 latas/caja).

$$CNP_{brp} = \frac{LNP_{brp}}{C}$$

$$CNP_{brp} = \frac{12\,000 \frac{\text{latas}}{\text{día}}}{24 \frac{\text{latas}}{\text{caja}}}$$

$$CNP_{brp} = 500 \text{ cajas/día}$$

Luego se calcula el impacto económico considerando el número de cajas no producidas (CNPbrp) y su precio de venta unitario (Pv= \$11/caja).

$$\text{Impacto económico} = CNP_{brp} * Pv$$

$$\text{Impacto económico} = 500 \frac{\text{cajas}}{\text{día}} * \frac{\$11}{\text{caja}}$$

$$\text{Impacto económico} = \$5\,500 \text{ al día}$$

Lo que genera una pérdida mensual, teniendo en cuenta 24 días laborales al mes, de: \$132 000 equivalente a S/.435 600 considerando un tipo de cambio de 3,3 nuevos soles.

## **B. Causa: Sobrecalentamiento de las tuberías de vapor**

### **a. Evidencias**

Cada 20 minutos la producción se tiene que detener por 3 minutos, esto se debe a un exceso en la temperatura del vapor que pasa por las tuberías hacia la máquina de adición de líquido de gobierno; por lo tanto, si bien este es un problema en el área de tuberías con el área de adición de líquido de gobierno, la detención de la actividad ocasiona la acumulación y congestión de productos en proceso en el área anterior (área de envasado) como se

puede observar en la figura 6. Durante esos 3 minutos los operarios del área de envasado dejan de producir porque no cuentan con espacio suficiente para almacenar el grano envasado.



**Figura 6.** Acumulación de productos en proceso

*Fuente:* [14]

Para poder calcular las latas no producidas (LNP<sub>stv</sub>) durante este tiempo ocioso primero se deben calcular el número de paradas de producción (P<sub>pr</sub>) diarias, teniendo en cuenta el tiempo base (T<sub>b</sub>=10 horas/día), frecuencia de paros (F<sub>p</sub>=20 minutos/parada) y el tiempo ocioso (T<sub>o</sub>=3 minutos/parada).

$$P_{pr} = \frac{T_b}{F_p + T_o}$$

$$P_{pr} = \frac{10 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 60 \frac{\text{minutos}}{\text{hora}}}{20 \frac{\text{min}}{\text{parada}} + 3 \frac{\text{min}}{\text{parada}}}$$

$$P_{pr} = 26 \text{ Paradas/día}$$

Luego se calcula el número de latas no producidas, teniendo en cuenta el número de paradas de producción (P<sub>pr</sub>), el tiempo ocioso (T<sub>o</sub>=3 minutos) y el ritmo de producción (R<sub>p</sub>).

$$LNP_{stv} = P_{pr} * T_o * R_p$$

$$LNP_{stv} = 26 \frac{\text{paradas}}{\text{día}} * 3 \frac{\text{minutos}}{\text{parada}} * 50 \frac{\text{latas}}{\text{minuto}}$$

$$LNP_{stv} = 3\,900 \text{ latas/día}$$

### b. Impacto económico

Para evaluar la pérdida económica:

Primero se calcula las cajas no producidas debido al bajo ritmo de producción (CNP<sub>stv</sub>), teniendo en cuenta la cantidad de latas no producidas (LNP<sub>stv</sub>) y el número de latas contenidas en una caja (C=24 latas/caja).

$$CNP_{stv} = \frac{LNP_{stv}}{C}$$

$$CNP_{stv} = \frac{3\,900 \frac{\text{latas}}{\text{día}}}{24 \frac{\text{latas}}{\text{caja}}}$$

$$CNP_{stv} = 162 \text{ cajas/día}$$

Luego se calcula el impacto económico considerando el número de cajas no producidas (CNP<sub>stv</sub>) y su precio de venta unitario (P<sub>v</sub>= \$11/caja).

$$\text{Impacto económico} = CNP_{stv} * P_v$$

$$\text{Impacto económico} = 162 \frac{\text{cajas}}{\text{día}} * \frac{\$11}{\text{caja}}$$

$$\text{Impacto económico} = \$1\,782 \text{ al día}$$

Lo que genera una pérdida mensual, teniendo en cuenta 24 días laborales al mes, de: \$42 768 equivalente a S/ 141 134,4 considerando un tipo de cambio de 3,3 nuevos soles.

También se debe de tener en cuenta la pérdida económica producida por el pago a los trabajadores durante el paro de producción, lo que genera un costo de tiempo no productivo (CTNP) el cual será calculado teniendo en cuenta el tiempo ocioso (T<sub>o</sub>=3 minutos), la cantidad de paradas de producción (P<sub>pr</sub>), el número de operarios en la estación (N<sub>o</sub>=8 operarios) y el sueldo por hora (S<sub>h</sub>).

$$C_{TNP} = T_o * P_{pr} * N_o * S_h$$

$$C_{TNP} = 3 \frac{\text{minutos}}{\text{parada}} * 40 \frac{\text{paradas}}{\text{día}} * 8 \text{ operarios} * 3,8 \frac{\text{soles}}{\text{hora. operario}} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}}$$

$$C_{TNP} = 60,8 \text{ soles/día}$$

Lo que genera una pérdida mensual de S/ 1 459 teniendo en cuenta 24 días laborales. Por lo tanto, el sobrecalentamiento de tubería de vapor genera una pérdida económica mensual total de S/ 142 593,4.

### 3.1.2.6. Mano de obra

#### A. Causa: Falta de capacitación del personal

##### a. Evidencias

Muchas de las fallas de máquinas presentadas en el área de producción son causadas por el personal ante la ausencia de capacitación del manejo de máquinas, tal como lo muestra la Tabla 8.

**Tabla 8.** Causas comunes de falla de las máquinas presentes en el área productiva.

Máquina	Causas Comunes
Descascaradora	Exceso de abastecimiento de materia prima. Mal uso del panel de control de la máquina.
Dosificadora de líquido de gobierno	Deficiente control de las válvulas de la red de tuberías de vapor.
Selladora de latas	Deficiente abastecimiento de latas.
Autoclave	Mal uso del panel de control de la máquina.

*Fuente:* [14]

La Tabla 9 muestra las fallas de las máquinas ocasionadas por la mala manipulación de las mismas, registradas a lo largo del año 2 019.

**Tabla 9.** Resumen anual de mantenimientos correctivos-2 019

<b>Máquina</b>	<b>Nº de fallas</b>	<b>Tiempo promedio de mantenimiento</b>
Descascaradora	2	30 min
Dosificador de líquido de gobierno	12	60 min
Selladora	14	45 min
Autoclave	1	60 min
<b>Total</b>	<b>29</b>	

*Fuente:* [14]

### **b. Impacto económico**

El impacto económico se obtiene:

Calculando el dinero invertido anualmente en mantenimientos correctivos para las máquinas con falla; tal como lo muestra la Tabla 10; junto con el dinero perdido por paradas de producción debido a las fallas.

**Tabla 10.** Costo de mantenimiento correctivo de las máquinas-2 015

<b>Máquina</b>	<b>Costo de mantenimiento (S/)</b>
Descascaradora	100
Dosificador de líquido de gobierno	1 800
Selladora	2 100
Autoclave	250
<b>Total</b>	<b>4 250</b>

*Fuente:* [14]

Calculando el dinero perdido por paradas de producción debido a las fallas teniendo en cuenta las latas que no se llegan a producir durante este periodo, tal como lo muestra la Tabla 11.

**Tabla 11.** Latas no producidas debido a las paradas por mantenimiento correctivo de las máquinas-2 019

Máquina	N° de fallas	Tiempo promedio de mantenimiento (minutos)	Tiempo total de mantenimiento (minutos)	Ritmo de producción (latas/minuto)	Latas no producidas
Descascaradora	2	30	60	50	3 000
Dosificador	12	60	720		36 000
Selladora	14	45	630		31 500
Autoclave	1	60	60		3 000
<b>Total</b>	<b>29</b>		<b>1 470</b>		<b>73 500</b>

Fuente: [14]

Luego se calcula las cajas no producidas debido a las paradas de producción (CNP<sub>stv</sub>), teniendo en cuenta la cantidad de latas no producidas (LNP<sub>stv</sub>=73 500 latas/año) y el número de latas contenidas en una caja (C=24 latas/caja).

$$CNP_{stv} = \frac{LNP_{stv}}{C}$$

$$CNP_{stv} = \frac{73\,500 \frac{\text{latas}}{\text{año}}}{24 \frac{\text{latas}}{\text{caja}}}$$

$$CNP_{stv} = 3\,062 \text{ cajas/año}$$

Luego se calcula el impacto económico considerando el número de cajas no producidas (CNP<sub>stv</sub>) y su precio de venta unitario (Pv= \$11/caja).

$$\text{Impacto económico} = CNP_{stv} * Pv$$

$$\text{Impacto económico} = 3\,062 \frac{\text{cajas}}{\text{año}} * \frac{\$11}{\text{caja}}$$

$$\text{Impacto económico} = \$33\,682 \text{ anuales}$$

Lo que genera una pérdida anual de S/.111 150,6 considerando un tipo de cambio de 3,3 nuevos soles.

Por lo tanto, se ha registrado un impacto económico anual total de S/ 115 400,6 equivalente a una pérdida económica mensual de S/ 14 425

ocasionado por la mala manipulación de las maquinas, producto de la falta de capacitación del personal.

Resumiendo, en la Tabla 12, se muestran las causas y sus impactos económicos en la empresa.

**Tabla 12.** Impacto económico en producción

Causa	Impacto económico
A.1: Deficiente método manual.	S/.64 468,8
B.1: Ausencia de equipos de medición.	S/. 5 227,2
C.1: Bajo ritmo de producción.	S/. 435 600
C.2: Sobrecalentamiento de las tuberías de vapor.	S/.142 593,4
D.1: Falta de capacitación del personal	S/. 14 425
<b>Total</b>	<b>S/.716 328,8</b>

*Fuente:* Elaboración propia

Así mismo, en la Tabla 13, se muestran los indicadores a utilizar para posteriormente medir los resultados logrados.

**Tabla 13.** Indicadores de la situación actual de producción

Causas	Indicador actual
A.1: Deficiente método manual.	$D_{mp} = I_{mp} * (1 - R_e)$ $D_{mp} = 1\ 184,7\ kg/día$
B.1: Ausencia de equipos de medición.	$MP_{ex} = (Pe_r - Pe_{un}) * P_{día}$ $MP_{ex} = 63\ 300\ g/día$
C.1: Bajo ritmo de producción	$P_d = T_b * R_p$ $P_d = 30\ 000\ latas/día$
C.2: Sobrecalentamiento de las tuberías de vapor.	$P_{pr} = \frac{T_b}{F_p + T_o}$ $P_{pr} = 26\ Paradas/día$
D.1: Falta de capacitación del personal	Costo de mantenimiento= S/.14 425

*Fuente:* Elaboración propia

## **3.2. DESARROLLO DE PROPUESTA DE MEJORAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCION**

Para el desarrollo de la propuesta de mejoras en el sistema de producción, se va a detallar la solución planteada según la causa diagnosticada y detallada.

### **3.2.1. Diseño del sistema automatizado para el envasado de conserva de gandul verde**

De acuerdo a los datos obtenidos del diagnóstico por causas, se formula la propuesta de automatización del área de envasado de conserva de gandul verde como solución a las causas **A.1, B.1 y C.1**.

El diseño del sistema automatizado del área de envasado a proponer, busca corregir los impactos negativos generados por el deficiente método manual, la ausencia de equipos de medición y el bajo ritmo de producción.

Para este diseño es necesario tener en cuenta los siguientes datos:

Ritmo de producción ideal: 70 latas/minuto.

Peso de la lata de conserva: 0,425 kg/lata.

Peso drenado de la lata de conserva: 0,361kg/lata

Precio de venta (caja): \$11.

Contenido de caja: 24 latas de 15 onzas.

Periodo de producción al año: Mayo-Diciembre (8 meses)

En este punto se diseñarán los diferentes sistemas necesarios para el prototipo, los cuales son:

Sistema de elevación de la materia prima.

Sistema de llenado de latas para depositar el gandul verde en los envases.

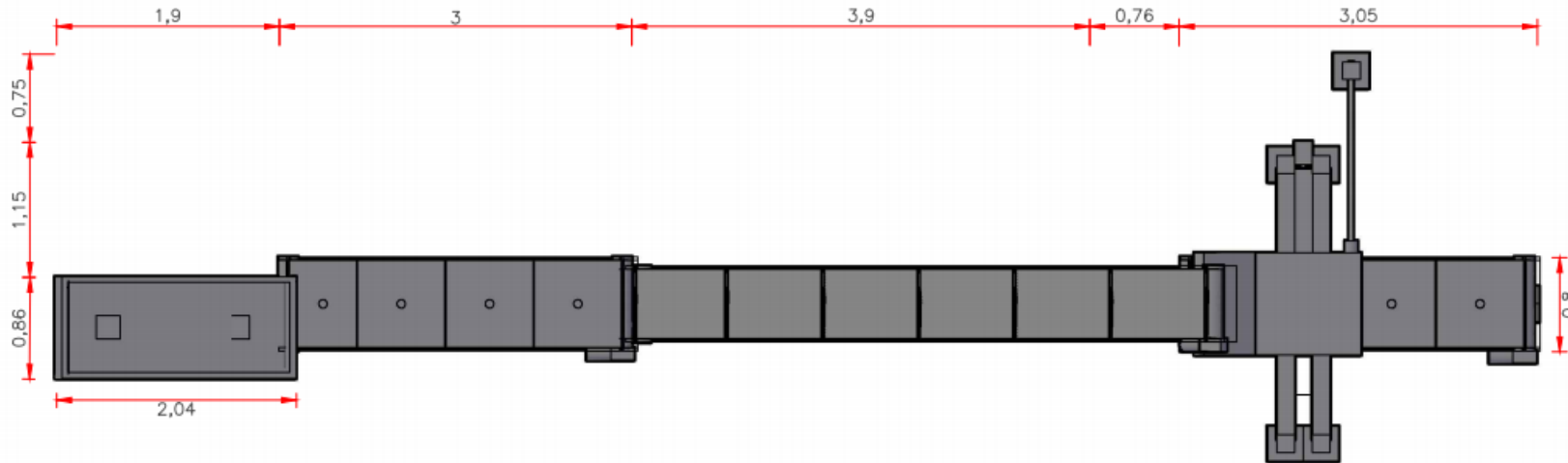
Sistema de transporte de latas para trasladar los envases al punto de llenado.


Sistema de medición para obtener uniformidad en el peso del llenado de latas.

Sistema de control mediante PLC para sincronizar el sistema.

En las figuras 7, 8, 9, 10 y 11 se observan las vistas del diseño de la máquina de envasado de conserva de gandul verde.

PLANTA  
 ESC: 1/50

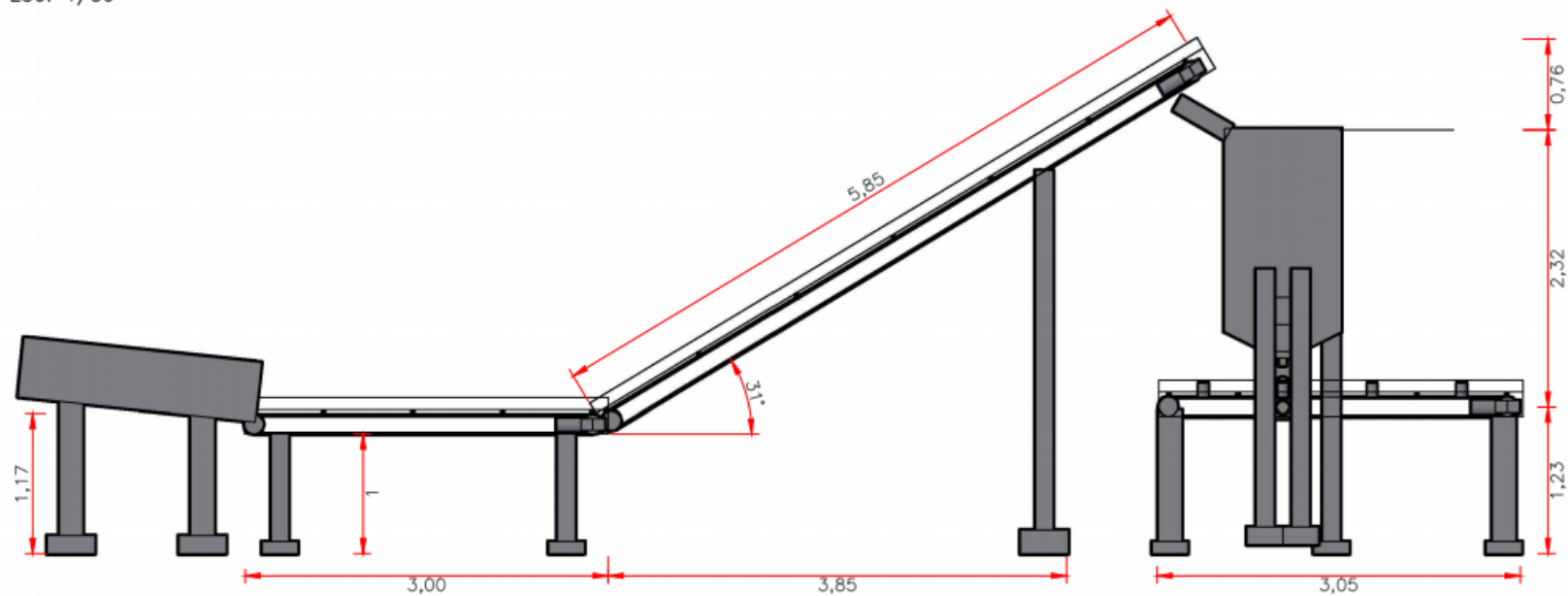


ALUMNO: EDUARDO LUIS CHUNGA INOÑAN		FECHA: 07/2020	INGENIERIA INDUSTRIAL FACULTAD DE INGENIERIAS		
TESIS		EMPRESA: EMPRESA ALPES CHICLAYO S.A.C.			
ESCALA: 1/50	N° PLANO: A-01	PLANO: Diseño de un sistema de envasado automático			

**Figura 7.** Diseño de la máquina de envasado de conserva de gandul verde (Vista planta)

ELEVACIÓN FONTAL

ESC: 1/50




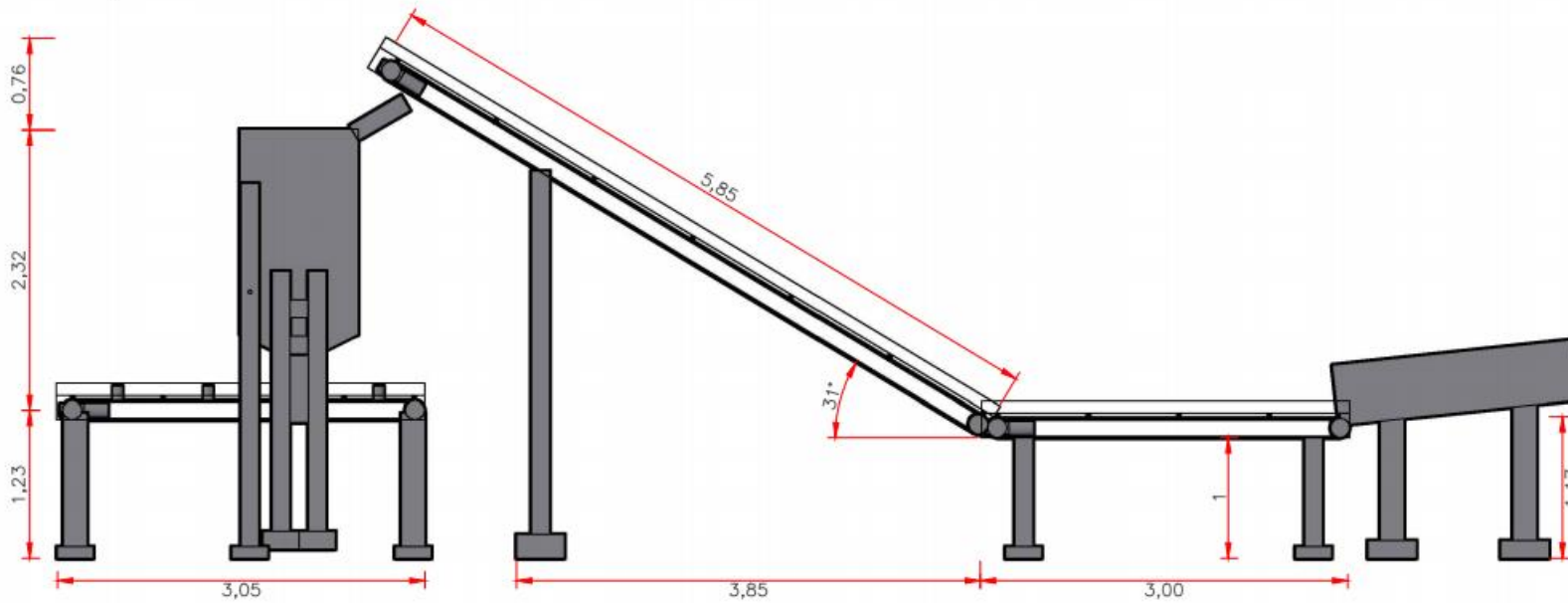

ALUMNO: EDUARDO LUIS CHUNGA INOÑAN		FECHA: 07/2020	INGENIERIA INDUSTRIAL FACULTAD DE INGENIERIAS	
TESIS		EMPRESA:	EMPRESA ALPES CHICLAYO S.A.C. Diseño de un sistema de envasado automático	
ESCALA: 1/50	N° PLANO: A-02	PLANO:		
				

Figura 8. Diseño de la máquina de envasado de conserva de gandul verde (Vista elevación frontal)

ELEVACIÓN POSTERIOR

ESC: 1/50

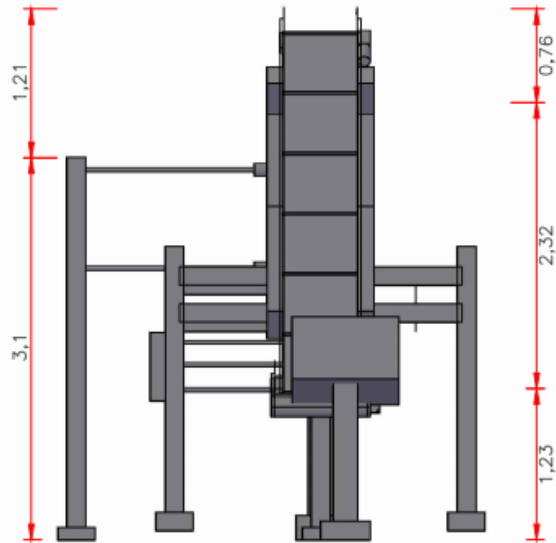


ALUMNO: EDUARDO LUIS CHUNGA INOÑAN		FECHA: 07/2020	INGENIERIA INDUSTRIAL FACULTAD DE INGENIERIAS		
TESIS		EMPRESA: EMPRESA ALPES CHICLAYO S.A.C.			
ESCALA: 1/50	N° PLANO: A-03	PLANO: Diseño de un sistema de envasado automático			

**Figura 9.** Diseño de la máquina de envasado de conserva de gandul verde (Vista elevación posterior)

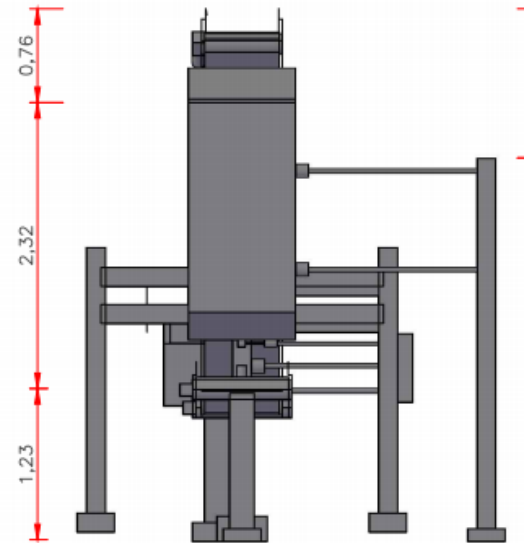
VISTA LATERAL IZQUIERDA

ESC: 1/50



VISTA LATERAL DERECHA

ESC: 1/50




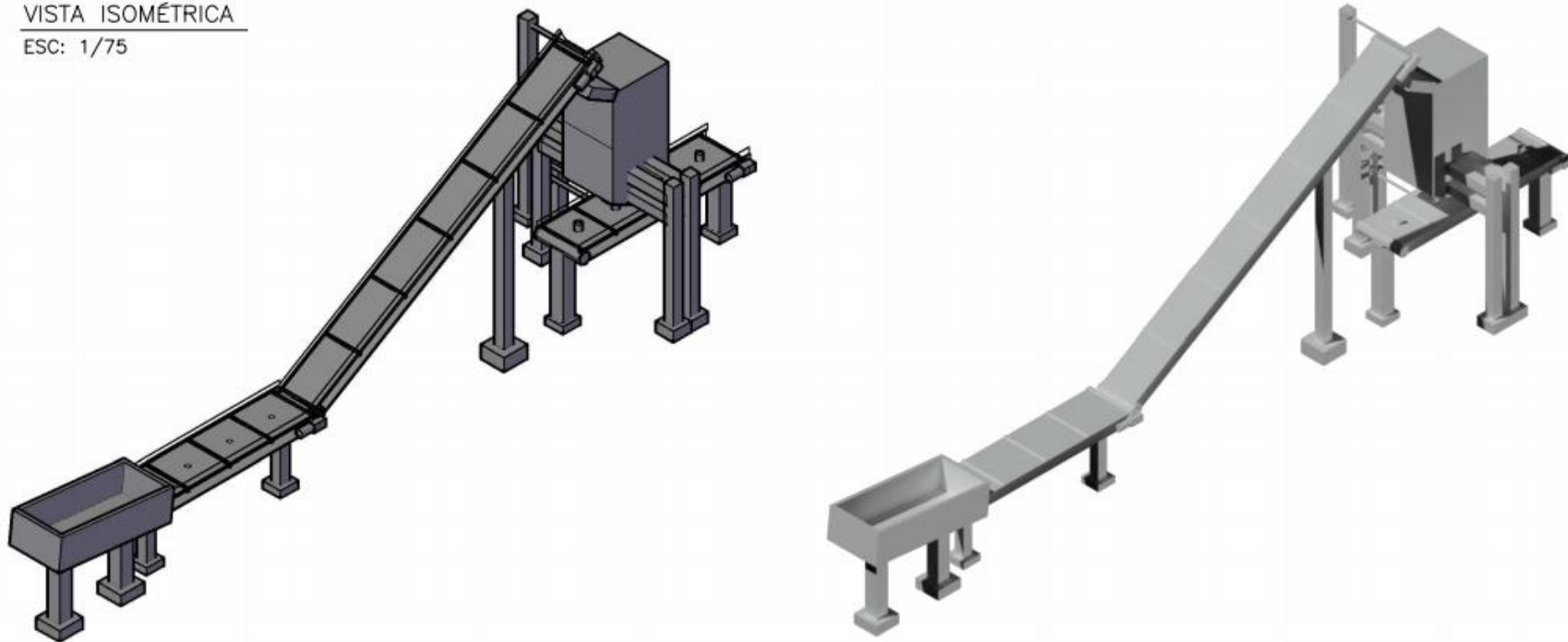

ALUMNO: EDUARDO LUIS CHUNGA INOÑAN		FECHA: 07/2020	INGENIERIA INDUSTRIAL FACULTAD DE INGENIERIAS	
TESIS		EMPRESA: EMPRESA ALPES CHICLAYO S.A.C.		
ESCALA: 1/50	N° PLANO: A-04	PLANO: Diseño de un sistema de envasado automático		

Figura 10. Diseño de la máquina de envasado de conserva de gandul verde (Vista lateral izquierda y derecha)

VISTA ISOMÉTRICA  
 ESC: 1/75



ALUMNO: EDUARDO LUIS CHUNGA INOÑAN		FECHA: 07/2020	INGENIERIA INDUSTRIAL FACULTAD DE INGENIERIAS		
TESIS		EMPRESA: EMPRESA ALPES CHICLAYO S.A.C.			
ESCALA: 1/75	N° PLANO: A-05	PLANO: Diseño de un sistema de envasado automático			

**Figura 11.** Diseño de la máquina de envasado de conserva de gandul verde (Vista isométrica)

### 3.2.1.1. Sistema de elevación de materia prima

Los componentes de este sistema son:

#### A. Base de recepción

Está servirá para recepcionar la materia prima descargada por el operario a cargo, esperando el paso de la faja transportadora con capachos para transportar el grano de gandul verde hacia la tolva de almacenamiento.

El cálculo del volumen de la base de recepción se realizó de la siguiente manera:

Se calcula el rendimiento acumulado que genera pérdidas de materia, se tiene en cuenta que existe pérdida de materia por rendimientos en el área de descascarado ( $R_{descascarado}=89\%$ ) y en el área de selección ( $R_{seleccion}=90\%$ ) como lo muestra la Tabla 5; no se tendrá en cuenta la pérdida por rendimiento en el área de envasado (90,14 %) ya que se evidenció anteriormente que esta era generada por el deficiente método manual. Por tanto, se tiene un rendimiento acumulado ( $R_{ac}$ ) de:

$$\begin{aligned}R_{ac} &= R_{descascarado} * R_{selección} \\R_{ac} &= 0,89 * 0,9 \\R_{ac} &= 0,801 = 80,1\%\end{aligned}$$

Se determina la cantidad de materia prima requerida ( $MP_{req}$ ) para lograr producir 42 000 latas de conserva de gandul al día ( $P_i$ ), teniendo en cuenta el rendimiento acumulado ( $R_{ac}=83.7\%$ ) y el peso drenado ( $P_{edr}=0,361$  kg/lata).

$$\begin{aligned}MP_{req} &= \frac{P_i * P_{edr}}{R_{ac}} \\MP_{req} &= \frac{42\ 000 \frac{latas}{día} * 0,361 \frac{kg}{lata}}{0,801} \\MP_{req} &= 18\ 929 \text{ kg/día}\end{aligned}$$

Calculamos la densidad del grano de gandul verde; para este cálculo se utilizó una lata con diámetro de 7,3 cm y altura de 11,33 cm (latas utilizadas normalmente para el envasado de gandul verde, ver Anexo N° 1); por tanto, primero calculamos el volumen de la lata con la siguiente fórmula, donde “d” es el diámetro de la base de la lata y “h” es la altura de la lata.

$$\begin{aligned}
 \text{Volumen} &= \text{área} * \text{altura} \\
 \text{Volumen} &= \frac{\pi * d^2}{4} * h \\
 \text{Volumen} &= \frac{\pi * (7,3\text{cm})^2}{4} * 11,33\text{cm} \\
 \text{Volumen} &= 474,204\text{cm}^3 = 4,74204 * 10^{-4}\text{m}^3
 \end{aligned}$$

Luego, para calcular la densidad del gandul verde, se llena la lata con este material hasta ocupar todo el volumen dispuesto logrando un peso de 0,415 kg., por tanto, la densidad es:

$$\begin{aligned}
 \text{Densidad} &= \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}} \\
 \text{Densidad} &= \frac{0,415 \text{ kg}}{4,74204 * 10^{-4}\text{m}^3} \\
 \text{Densidad} &= 877,151 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Se calcula las veces de suministro al día, para lo cual se tiene en cuenta la frecuencia de suministro ( $f_{sum}$ ) y las horas trabajadas al día (HT):

$$\begin{aligned}
 N^{\circ} \text{ suministros} &= f_{sum} * HT \\
 N^{\circ} \text{ suministros} &= 2 \frac{\text{veces}}{\text{hora}} * 10 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \\
 N^{\circ} \text{ suministros} &= 20 \text{ veces/día}
 \end{aligned}$$

Calculamos el ingreso ideal de materia prima útil ( $I_{imp}$ ) al área de envasado, teniendo en cuenta materia prima requerida ( $MP_{req}$ ) para lograr producir 42 000 latas y el rendimiento acumulado ( $R_{ac}=80,1\%$ ).

$$\begin{aligned}
 I_{imp} &= MP_{req} * R_{ac} \\
 I_{imp} &= 18\ 115 \frac{\text{kg}}{\text{día}} * 0,801 \\
 I_{imp} &= 15\ 162 \text{ kg/día}
 \end{aligned}$$

De lo cual se deduce que 2 953 kg se pierden durante todo el proceso antes de llegar al área de envasado, estas pérdidas se deben a la separación de cáscara y a la selección de materia prima útil para el proceso.

Se calcula la cantidad de materia prima necesitada en cada instante de suministro ( $MP_{sum}$ ), para lo cual se tiene en cuenta el ingreso de materia prima útil al área de envasado ( $I_{imp}$ ) y el número de suministros al día:

$$MP_{sum} = \frac{I_{imp}}{N^{\circ} \text{ suministros}}$$

$$MP_{sum} = \frac{15\,162 \frac{kg}{día}}{20 \frac{veces}{día}}$$

$$MP_{sum} = 758,1 \text{ kg/vez}$$

Por lo tanto, el volumen necesario de la base de suministro se calcula de la siguiente manera:

$$Volumen = \frac{MP_{sum}}{Densidad}$$

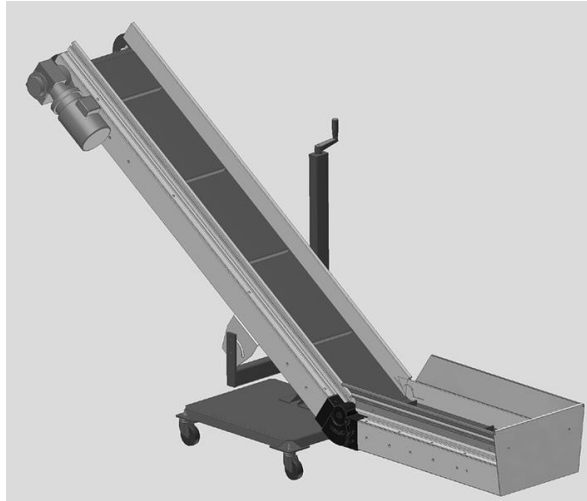
$$Volumen = \frac{758,1 \text{ kg}}{877,151 \text{ kg/m}^3}$$

$$Volumen = 0,864 \text{ m}^3$$

## **B. Faja Transportadora**

En primer lugar, se determinará el tipo de faja transportadora que se tiene que utilizar y sus dimensiones de tal modo que se aproveche al máximo el espacio disponible, teniendo en cuenta que el espacio destinado a la instalación del sistema de envasado automático de conserva de gandul verde es de 10 metros de largo por 3 metro de ancho.

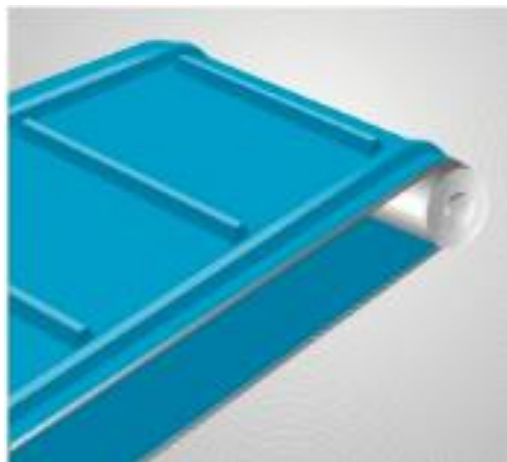
Por ser transporte tipo inclinado debido a que el propósito es elevar la materia prima se eligió la faja transportadora horizontal-inclinada, como se muestra en la figura 12 para la facilidad de recepción, elevación y descarga. Por lo tanto, el sistema de transporte tendrá dos estaciones, una horizontal y una inclinada.



**Figura 12.** Faja Transportadora Horizontal-Inclinada

*Fuente:* EXMANN S.A.

Esta faja transportará la materia prima hacia la tolva de almacenamiento, se utilizará una banda de transporte de PVC serie Clina, bandas fisiológicamente neutras (atoxicas) para el transporte de productos alimentarios que cumplen con las más estrictas normativas alimentarias internacionales. Por ser un transporte de tipo inclinado se eligió una banda con perfil transversal único con laterales de contención como se muestra en la Figura 13.



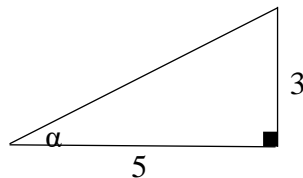
**Figura 13.** Banda de PVC con perfil transversal único y lateral de contención

*Fuente:* Bandas Industriales S.A.

Teniendo en cuenta el espacio disponible, se calculará las medidas longitudinales de cada una de las estaciones:

La sección horizontal tendrá un largo (Leh) de 3 metros para lograr una estable y fácil recepción, su ancho será determinado posteriormente.

La dimensión de la sección inclinada (Lei) se calculará teniendo en cuenta que se dispondrá de 5 metros de largo en el plano horizontal, dejando un espacio de 2 metros para la instalación el sistema de envasado; y una altura de 3 metros; por lo tanto, la longitud de la sección inclinada será:



$$L_{ei}^2 = 5^2 + 3^2$$
$$L_{ei} = 5,83 \text{ metros}$$

Y el ángulo de inclinación( $\alpha$ ) es:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{\text{cateto opuesto}}{\text{cateto adyacente}}\right)$$
$$\alpha = \arctan\left(\frac{3}{5}\right)$$
$$\alpha = 30^{\circ}57' \cong 31^{\circ}$$

[15] Teniendo en cuenta la Tabla 14, el ancho mínimo de la faja transportadora es de 400 mm debido a que el grano de gandum es un material con un tamaño uniforme inferior a los 50 mm; sin embargo, se selecciona un ancho de 600 mm para facilitar el transporte del material y para poder tener un margen de distancia no ajustado. Se tiene en cuenta los tipos de banda comerciales presentados en el catálogo de fajas de Esbelt presentado en el Anexo N°2 donde indica que el ancho comercial máximo de una banda de transporte de PVC serie Clina es de 2 000 mm (2 m)

**Tabla 14.** Velocidades máximas y ancho mínimo de la banda aconsejables según las características del material a transportar

Tamaño Dimensiones máximas		Banda Ancho mín	Velocidad max			
uniforme hasta mm	mixto hasta mm	mm	A m/s	B	C	D
50	100	400	2.5	2.3	2	1.65
125	200	650	3	2.75	2.38	2
170	300	800	3.5	3.2	2.75	2.35
250	400	1000	4	3.65	3.15	2.65
400	600	1400	4.5	4	3.5	3
500	700	1800	5	4.5	3.5	3
600	800	2200	6	5	4.5	4

**A-** Materiales ligeros deslizables, no abrasivos, peso específico de 0.5÷1,0 t/m<sup>3</sup>  
**B-** Materiales no abrasivos de tamaño medio, peso específico de 1,0÷1,5 t/m<sup>3</sup>  
**C-** Materiales medianamente abrasivos y pesados, peso específico de 1,5÷2 t/m<sup>3</sup>  
**D-** Materiales abrasivos, pesados y cortantes > 2 t/m<sup>3</sup>

Fuente: [15]

La longitud de la faja transportadora se calcula teniendo en cuenta la longitud de la estación horizontal ( $L_{eh}$ ), la longitud de la estación inclinada ( $L_{ei}$ ), el diámetro del rodillo ( $D_{rod}$ ), el cual es calculado en el punto C de esta sección; y el número de tramos ( $N_{tr}=2$ , ida y vuelta).

$$L_{ft} = N_{tr} * (L_{eh} + L_{ei}) + D_{rod} * \pi$$

$$L_{ft} = 2 * (3m + 5,83m) + 0,159m * 3,1416$$

$$L_{ft} = 18,159m$$

En resumen, la banda transportadora tendrá una longitud de 18,159 m, un ancho de 0.6m y un espesor comercial de 1mm (Ver Anexo N°2)

### C. Rodillos

Para calcular la cantidad de rodillos a utilizar primero se va a determinar la distancia o paso que debe de haber entre los rodillos. La tabla 15 propone el paso máximo aconsejable de las estaciones en funcionamiento, del ancho

de la banda y del peso específico del material para mantener la flecha de flexión de la banda dentro de límites estables.

**Tabla 15.** Paso de las estaciones aconsejables

Ancho de banda	Paso de las estaciones			Retorno
	Ida Peso específico del material a transportar t/m <sup>3</sup>			
m	< 1,2 m	1,2 ÷ 2 m	> 2 m	m
300	1,65	1.50	1.40	3.0
400				
500				
650				
800	1.50	1.35	1.25	3.0
1000	1.35	1.20	1.10	3.0
1200	1.20	1.00	0.80	3.0
1400				
1600				
1800				
2000	1.00	0.80	0.70	3.0
2200				

Fuente: [15]

Por lo tanto, se obtiene que la distancia máxima entre los rodillos es de 1,65 metros debido a que se tiene un ancho de banda de 600 mm y se tiene un peso específico menor a 1,2.

La cantidad de rodillos se calculará para cada una de las estaciones:

La sección horizontal (Leh) cuenta con 3 metros de largo, por lo tanto, la cantidad de rodillos con un paso (Pest) de 1,65 es:

$$N^{\circ} \text{ de rodillos} = \frac{L_{eh}}{P_{est}} + 1$$

$$N^{\circ} \text{ de rodillos} = \frac{3}{1,65} + 1$$

$$N^{\circ} \text{ de rodillos} = 2,81 \cong 3 \text{ rodillos}$$

La sección inclinada (Lei) cuenta con 5,83 metros de largo, por lo tanto, la cantidad de rodillos con un paso (Pest) de 1,65 es:

$$N^{\circ} \text{ de rodillos} = \frac{L_{ei}}{P_{est}} + 1$$

$$N^{\circ} \text{ de rodillos} = \frac{5,83}{1,65} + 1$$

$$N^{\circ} \text{ de rodillos} = 4,53 \cong 5 \text{ rodillos}$$

Entonces el sistema de elevación de materia prima contará con 7 rodillos debido a que ambas estaciones tienen un rodillo en común (final de la estación horizontal e inicio de la estación inclinada).

Los rodillos serán de tipo liso, con un diámetro de tubo de 159 mm y un diámetro de eje de 30 mm debido a que es un rodillo de tipo comercial que se adaptará fácilmente al sistema (Ver Anexo N°3).

## D. Motor

### D.1. Velocidad de la faja transportadora

Se va a determinar la velocidad a la que va a trabajar la faja transportadora, su importancia radica en qué medida que la velocidad sea más alta, el ancho de la banda transportadora será menor; y a medida que la velocidad sea baja, el ancho de la faja será mayor; teniendo en cuenta que el ancho de la banda influye en la capacidad de transporte.

Según datos experimentales, se indica en la Tabla 11 las velocidades máximas aconsejables en función tanto de las características físicas y del tamaño de los materiales a transportar, como del ancho de la banda.

Por lo tanto, teniendo en cuenta que el grano de gandul tiene un tamaño menor a 50 mm y es un material ligero deslizable, se tiene que la velocidad con la que trabajará la faja transportadora es 2,5 m/s.

### D.2. Capacidad lineal

Esta capacidad (Cl) determinará la cantidad de materia prima por metro lineal que gravitará sobre la banda, para su cálculo se tendrá en cuenta la cantidad de materia prima por suministro (MPsum), el tiempo de transporte (Tt=15 minutos) y la velocidad de transporte (Vt=2,5m/s).

$$C_l = \frac{\frac{MP_{sum}}{T_t}}{V_t}$$

$$C_l = \frac{\frac{758,1kg}{15 \text{ min} * \frac{60s}{1min}}}{2,5 \frac{m}{s}}$$

$$C_l = 0,3369 \text{ kg/m}$$

### D.3. Potencia motriz

Para calcular la potencia primero se determina el peso total (F) que cargaría la faja transportadora, el cual sería la suma del peso de la materia prima (Pmp) con el peso de la propia faja (Pft).

El peso de la materia prima (Pmp) se calcula teniendo en cuenta la capacidad lineal (Cl), la longitud de la estación horizontal (Leh) y la longitud de la estación inclinada (Lei).

$$\begin{aligned}P_{mp} &= C_l * (L_{ei} + L_{eh}) \\P_{mp} &= 0,3369 \frac{kg}{m} * (5,83 \text{ m} + 3 \text{ m}) \\P_{mp} &= 2,974827 \text{ kg}\end{aligned}$$

El peso de la faja transportadora la obtenemos de acuerdo a los datos brindados en el catálogo de Esbelt, el cual se muestra en el Anexo N°2; se tiene en cuenta que por un ancho de 2 metros se tiene un peso de 2,5 kg/m<sup>2</sup>, por lo tanto, el peso para un ancho de 0,6 metros (P0.6) por metro cuadrado es:

$$\begin{aligned}P_{0.6} &= \frac{2,5 \frac{kg}{m^2} * 0,6m}{2m} \\P_{0.6} &= 0,75 \frac{kg}{m^2}\end{aligned}$$

El área de la faja transportadora, teniendo en cuenta que la faja transportadora tiene 18,138 m de largo y 0,6 m de ancho, es:

$$\begin{aligned}A_{ft} &= L_{ft} * Ancho \\A_{ft} &= 18,159m * 0,6m \\A_{ft} &= 10,8954m^2\end{aligned}$$

Por lo tanto, el peso de la faja transportadora (Pft) es:

$$P_{ft} = A_{ft} * P_{0.6}$$

$$P_{ft} = 10,8954 \text{ m}^2 * 0,75 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$P_{ft} = 8,1715 \text{ kg}$$

Con el peso de la materia prima a transportar ( $P_{mp}$ ) y el de la faja transportadora ( $P_{ft}$ ) ya calculados, se procede a obtener la fuerza resistente a la marcha ( $F$ ) teniendo en cuenta la gravedad ( $g=9,81 \text{ m/s}^2$ )

$$F = (P_{mp} + P_{ft}) * g$$

$$F = (2,974827 \text{ kg} + 8,1715 \text{ kg}) * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F = 109,345 \text{ N}$$

Con los datos previamente calculados, se procede a calcular la potencia requerida por el motor que hará girar la faja transportadora de serie Clina. A lo largo del presente proyecto, a este motor también se le denominará como Motor 1.

Para determinar la potencia motriz mínima requerida ( $P_1$ ), se tendrá también en cuenta la velocidad de la faja transportadora ( $v=2.5 \text{ m/s}$ ) y el rendimiento mecánico ( $n=1$ , debido a que se busca el máximo rendimiento de la unidad motriz), por lo tanto:

$$P_1 = F \frac{v}{1000n}$$

$$P_1 = 109,245 \text{ N} * \frac{2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1000 * 1}$$

$$P_1 = 0,27311 \text{ kw}$$

Entonces, dado a que se requiere un motor con larga vida útil, se selecciona un motor eléctrico trifásico jaula de ardilla RGZE de 220v, 0,5 hp de potencia, de 900 RPM, de polo de 60 Hz y con un eje de 14 mm, de acuerdo al Anexo N°4.

#### D.4. Motorreductor

Para el cálculo de las RPM requerida ( $RPM_{req}$ ), se tendrá en cuenta la velocidad de la faja transportadora ( $v=2,5m/s$ ) en minutos y el diámetro del rodillo ( $D_r=159\text{ mm}$ )

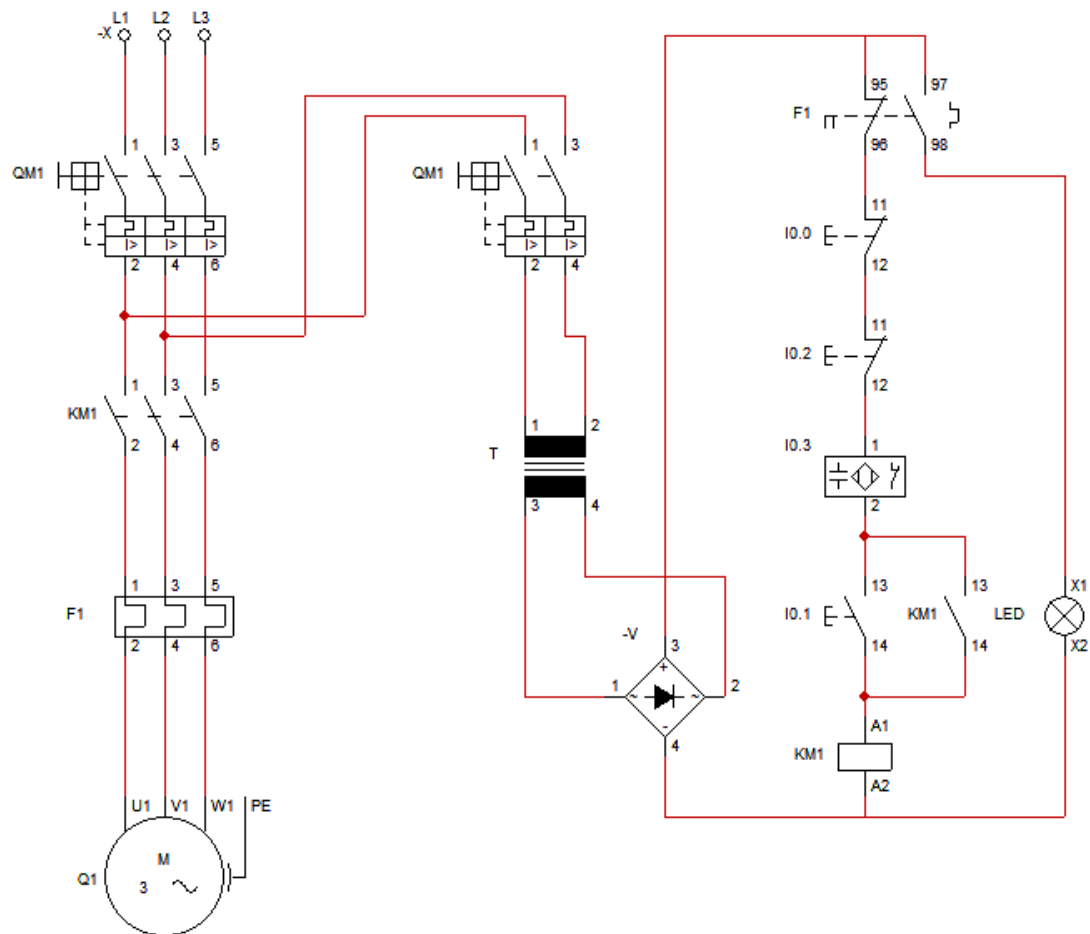
$$RPM_{req} = \frac{v}{\pi D_r}$$
$$RPM_{req} = \frac{2,5 \frac{m}{s} * \frac{60s}{1min}}{3,1416 * 0,159m}$$
$$RPM_{req} = 300,29RPM$$

Por lo tanto, la relación de transmisión (RT) es:

$$RT = \frac{RPM\ entrada}{RPM\ salida}$$
$$RT = \frac{900\ rpm}{300,29\ rpm}$$
$$RT = 2,99$$

Este motor permite accionar los rodillos que en consecuencia harán girar la faja transportadora de serie Clina. A lo largo del presente proyecto, a este motor también se le denominará como Motor 1.

La Figura 14 muestra el sistema de fuerza (Izquierda) y el sistema de mando (Derecha) con el que se cuenta para el accionamiento del motor 1.



**Figura 14.** Circuito de fuerza y mando del motor 1

*Fuente:* Elaboración Propia

## **Leyenda**

**QM1:** Llave termo magnética o disyuntor.

**KM1:** Contactor electromagnético.

**F1:** Relé térmico.

**Q1:** Motor 1.

**T:** Transformador.

**V:** Rectificador.

**I0.0:** Pulsador de apagado de emergencia.

**I0.2:** Pulsador de apagado de motor 1.

**I0.3:** Sensor capacitivo superior (Tolva de almacenamiento).

**I0.1:** Pulsador de encendido del sistema.

**LED:** Luz de emergencia ante cortocircuito.

### **D.5. Disyuntor, Relé Térmico y Contactor**

Para determinar qué tipos de arrancadores directos se necesitan para este sistema, se tendrá en cuenta la Tabla de Coordinación Tipo 2 presentada en el Catálogo de Schneider Electric mostrada en el Anexo N°5, seleccionando la Coordinación Tipo 2 debido a que ésta asegura la continuidad del servicio y no existe riesgo para el operador.

Coordinación tipo 2 - Arranque directo																		
Motor trifásico 50/60 Hz						Con dos productos				Con tres productos								
220 V			380 V			440 V			Guardamotor		Contactor		Guardamotor		Contactor		Relé	
P	I <sub>e</sub>	I <sub>q</sub>	P	I <sub>e</sub>	I <sub>q</sub>	P	I <sub>e</sub>	I <sub>q</sub>	Referencia	Ajuste	Referencia	Referencia	Ajuste	Referencia	Ajuste	Referencia	Ajuste	
HP	A	kA	HP	A	kA	HP	A	kA	(1)	(2)	(1)	(2)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	
M1			M1			M1			Q1		KM1	Q2		KM1		RT1		
0.25	1.04	130	0.5	1.03	130				GV2-P05	0.63...1	LC1-D09	GV2-L05	1	LC1-D09	LRD-06	0.63...1		
0.33	1.47	130	0.75	1.6	130				GV2-P06	1...1.6	LC1-D09	GV2-L06	1.6	LC1-D09	LRD-06	1...1.7		
0.5	1.8	130	1	2	130				GV2-P07	1.6...2.5	LC1-D09	GV2-L07	2.5	LC1-D09	LRD-07	1.6...2.8		
									GV2-P08	2.5...4	LC1-D09	GV2-L08	4	LC1-D09	LRD-08	2.5...4		
0.75	2.75	130	1.5	2.6	130				GV2-P08	2.5...4	LC1-D09	GV2-L08	4	LC1-D09	LRD-08	2.5...4		
1	3.5	130	2	3.5	130				GV2-P08	2.5...4	LC1-D09	GV2-L08	4	LC1-D09	LRD-08	2.5...4		
									GV2-P10	4...6.3	LC1-D09	GV2-L10	6.3	LC1-D09	LRD-10	4...8		
1.5	4.4	130	3	5	130				GV2-P10	4...6.3	LC1-D09	GV2-L10	6.3	LC1-D09	LRD-10	4...8		
									GV2-P14	6...10	LC1-D12	GV2-L14	10	LC1-D09	LRD-12	5.6...8		
2	6.1	130	4	6.6	130				GV2-P14	6...10	LC1-D12	GV2-L14	10	LC1-D09	LRD-14	5...7		
									GV2-P16	9...14	LC1-D25	GV2-L14	10	LC1-D09	LRD-14	9...13		
3	8.7	130	7.5	11.5	130				GV2-P16	9...14	LC1-D25	GV2-L16	14	LC1-D25	LRD-16	9...13		
4	11.5	130			130				GV2-P16	9...14	LC1-D25	GV2-L16	14	LC1-D25	LRD-21	12...18		
									GV2-P18	9...14	LC1-D25	GV2-L18	18	LC1-D25	LRD-21	12...18		
5	14.5	130	10	15.5	50				GV2-P20	13...18	LC1-D25	GV2-L20	20	LC1-D25	LRD-22	16...24		
									GV2-P21	17...23	LC1-D25	GV2-L22	25	LC1-D25	LRD-22	16...24		
7.5	20	130	15	22	50				GV2-P22	20...26	LC1-D25	GV2-L22	25	LC1-D25	LRD-22	16...24		
10	27	130	20	30	35				GV2-P32	24...32	LC1-D32	GV3-L32	32	LC1-D40A	LRD-332	29...32		
12	32	50	25	37	50				GV3-P40	30...40	LC1-D65A	GV3-L40	40	LC1-D65A	LRD-340	30...40		
									GV3-P40	30...40	LC1-D65A	GV3-L40	40	LC1-D65A	LRD-340	30...40		
									GV3-P50	37...50	LC1-D65A	GV3-L50	50	LC1-D65A	LRD-350	37...50		
15	39	50	30	44	50				GV3-P50	37...50	LC1-D65A	GV3-L50	50	LC1-D65A	LRD-350	37...50		
20	52	50	40	60	50				GV3-P65	48...65	LC1-D65A	GV3-L65	65	LC1-D65A	LRD-365	48...65		
25	64	100	50	72	70				NSX100HM2.3M	50...100	LC1-D80	GV3-L65	65	LC1-D80	LRD-365	55...70		
30	75	100	60	85	70				NSX100HM2.3M	50...100	LC1-F115	NS80HMA	80	LC1-D80	LRD-365	63...80		
									NSX100HM2.3M	50...100	LC1-D80	NS80HMA	80	LC1-D80	LRD-365	63...80		
40	103	100							NSX100HM2.3M	50...100	LC1-D115 ó LC1-F115	NSX100HMA	100	LC1-D115 ó LC1-F115	LRD-4365	80...104		
50	126	100	75	105	70				NSX180HM2.3M	70...150	LC1-D150 ó LC1-F150	NSX180HMA	150	LC1-F150	LR9-F3369	90...150		
60	150	100	100	138	70				NSX180HM2.3M	70...150	LC1-D150 ó LC1-F150	NSX180HMA	150	LC1-F150	LR9-F3369	90...150		
75	182	100	125	170	70				NSX250HM2.3M	100...220	LC1-F185	NSX250HMA	220	LC1-F185	LR9-F3371	132...220		
									NSX250HM2.3M	100...220	LC1-F225	NSX250HMA	220	LC1-F225	LR9-F3371	132...220		
100	240	100	177	245	70				NSX400HM2.3M	160...320	LC1-F265	NSX400HM1.3M	320	LC1-F265	LR9-F7375	200...330		
125	295	100	214	300	70				NSX400HM2.3M	160...320	LC1-F330	NSX400HM1.3M	320	LC1-F330	LR9-F7375	200...330		
									NSX400HM2.3M	160...320	LC1-F285	NSX400HM1.3M	320	LC1-F285	LR9-F7375	200...330		
150	356	100							NSX630HM2.3M	250...500	LC1-F400	NSX630HM1.3M	500	LC1-F400	LR9-F7379	300...500		

Figura 15. Tipos de arrancadores recomendados según el Motor de 0,5hp a utilizar

Fuente: Elaboración Propia

Para seleccionar los arrancadores directos que se tiene un Motor de 60 Hz y ½ hp; además que la empresa trabaja con 220V, por lo tanto, se seleccionan los arranques directos GV2-L07, LC1-D09 y LRD-07 tal como lo muestran la Figura 16, Figura 17 y Figura 18 respectivamente:



Figura 16. Disyuntor o Guardamotor magnético modelo: GV2-L07

Fuente: Schneider Electric.



Figura 17. Contactor modelo:LC1-D09

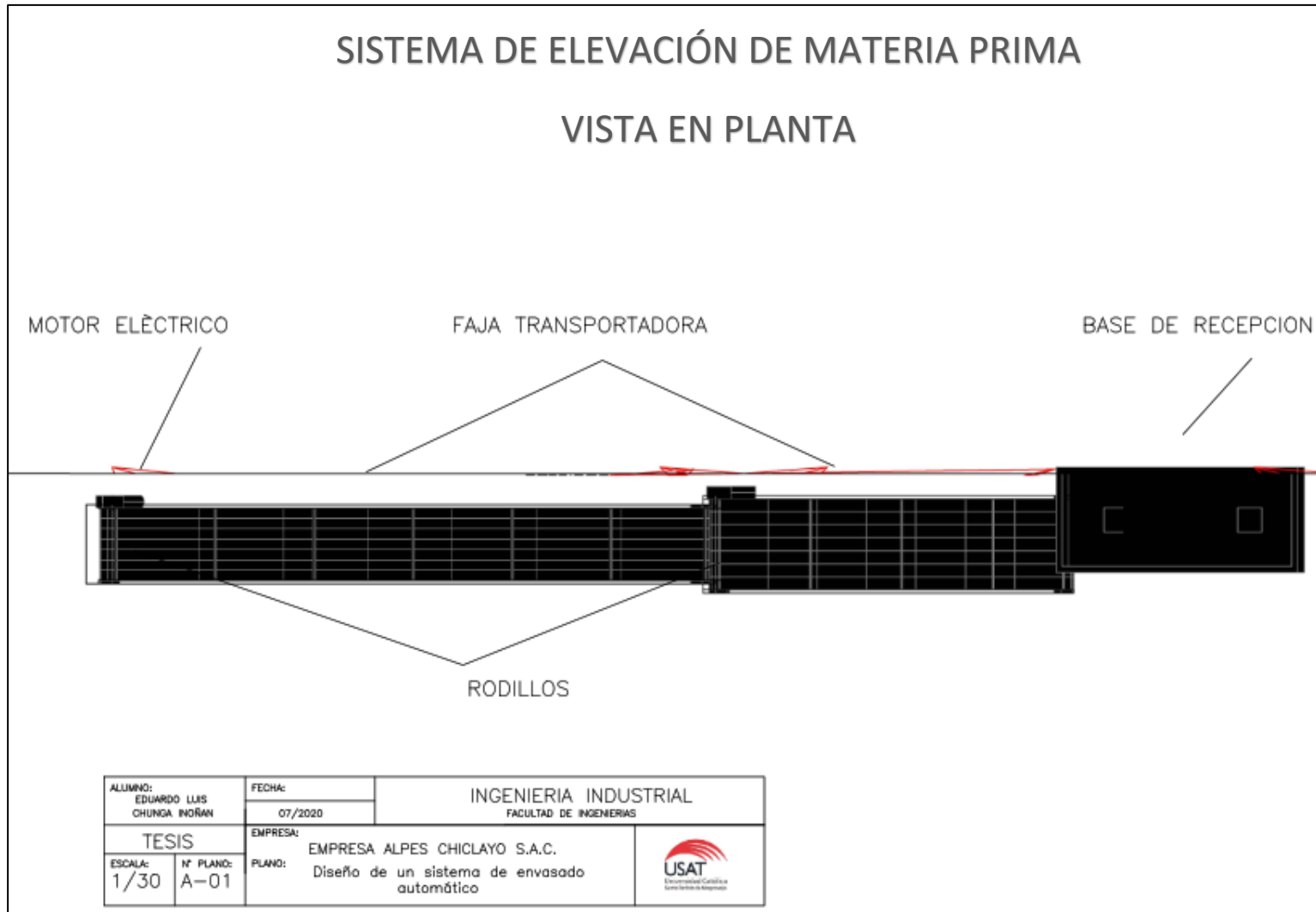
Fuente: Schneider Electric.



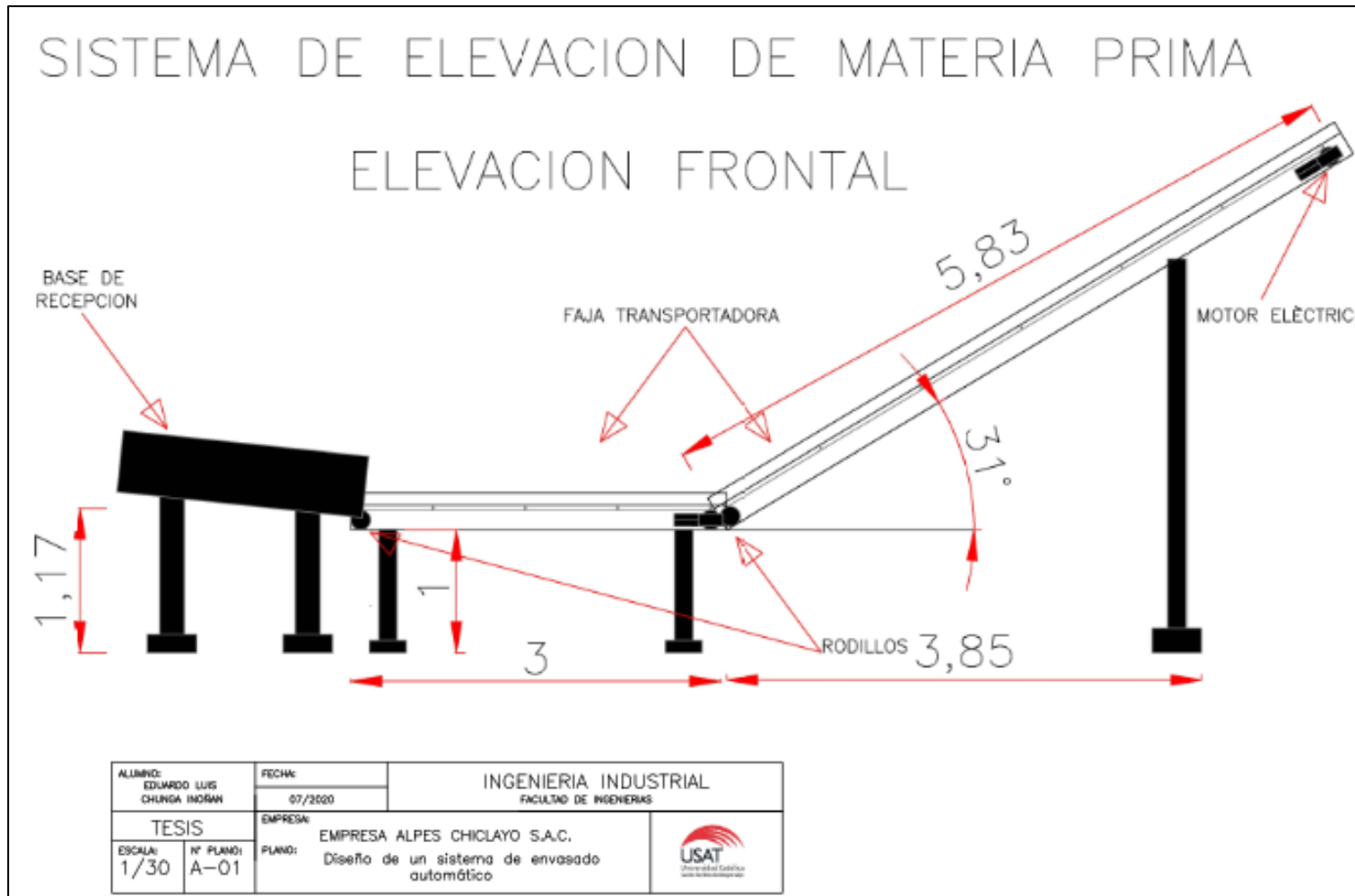
Figura 18. Relé modelo: LRD-07

Fuente: Schneider Electric.

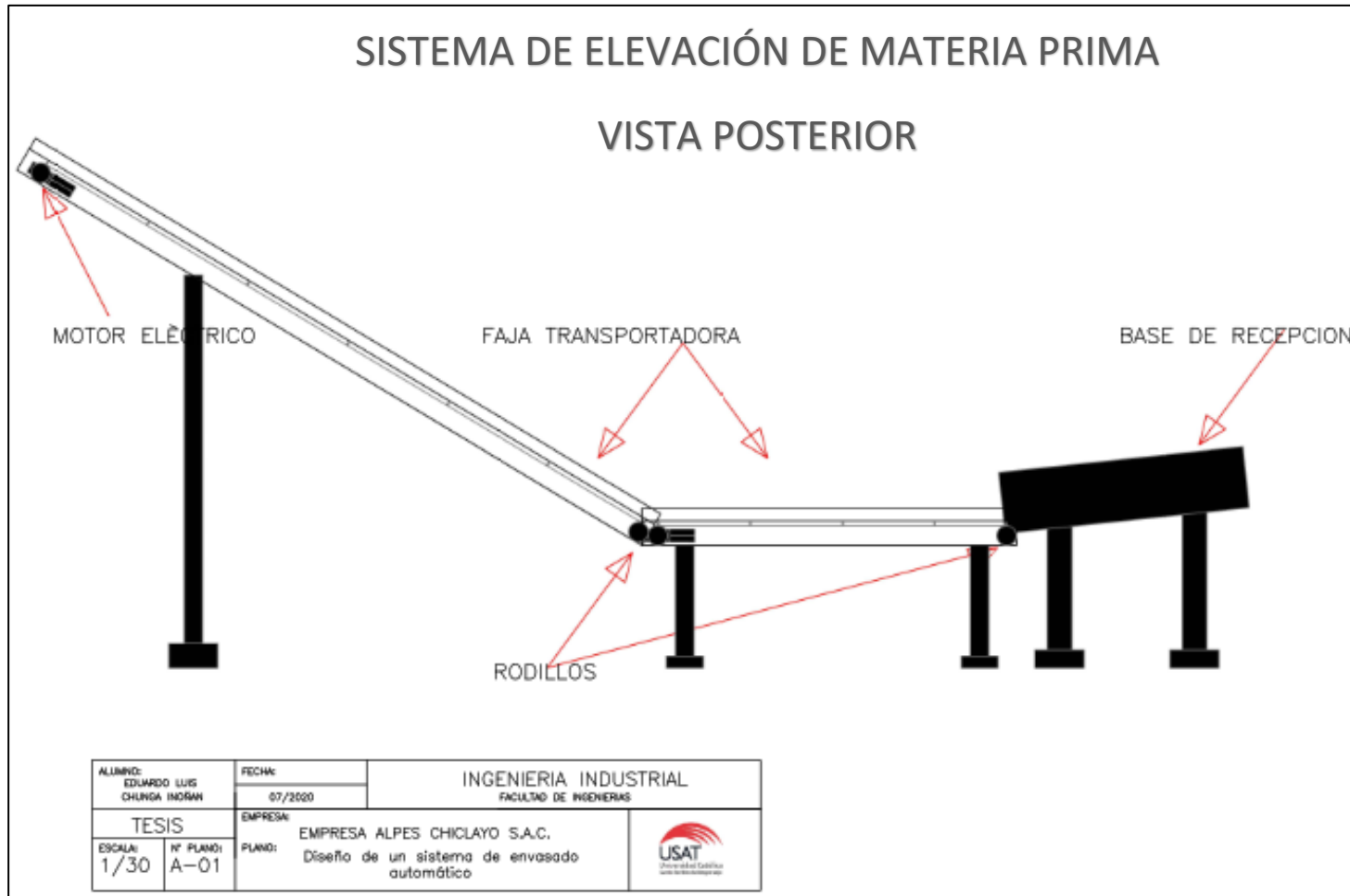
En las figuras 19, 20, 21, 22, 23 y 24 se observan las vistas del diseño del sistema de elevación de materia prima de conserva de gandul verde.



**Figura 19.** Diseño del sistema de elevación de materia prima de conserva de gandul verde (Vista planta)

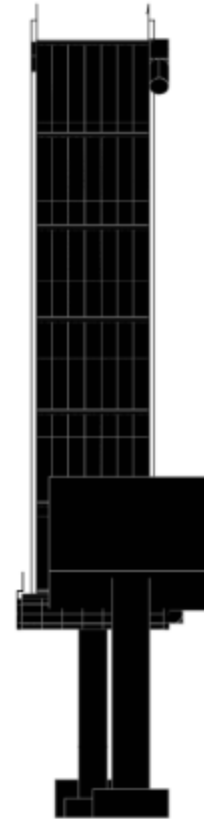



**Figura 20.** Diseño del sistema de elevación de materia prima de conserva de gandul verde (Vista elevación frontal)



**Figura 21.** Diseño del sistema de elevación de materia prima de conserva de gandul verde (Vista elevación posterior)

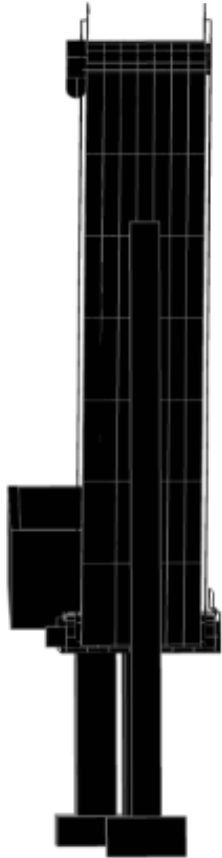
# SISTEMA DE ELEVACIÓN DE MATERIA PRIMA VISTA LATERAL IZQUIERDA




ALUMNO: EDUARDO LUIS CHUNGA INDRAN	FECHA: 07/2020	INGENIERIA INDUSTRIAL FACULTAD DE INGENIERIAS
TESIS		EMPRESA: EMPRESA ALPES CHICLAYO S.A.C.
ESCALA: 1/20	Nº PLANO: A-01	PLANO: Diseño de un sistema de envasado automático
		

**Figura 22.** Diseño del sistema de elevación de materia prima de conserva de gandul verde (Vista lateral izquierda)

# SISTEMA DE ELEVACIÓN DE MATERIA PRIMA VISTA LATERAL DERECHA



ALUMNO: EDUARDO LUIS CHUNGA MORAN	FECHA: 07/2020	INGENIERIA INDUSTRIAL FACULTAD DE INGENIERIAS
TESIS		EMPRESA:
ESCALA: 1/20	N° PLANO: A-01	EMPRESA ALPES CHICLAYO S.A.C. PLANO: Diseño de un sistema de envasado automático
		

**Figura 23.** Diseño del sistema de elevación de materia prima de conserva de gandul verde (Vista lateral derecha)

# SISTEMA DE ELEVACION DE MATERIA PRIMA VISTA ISOMETRICA

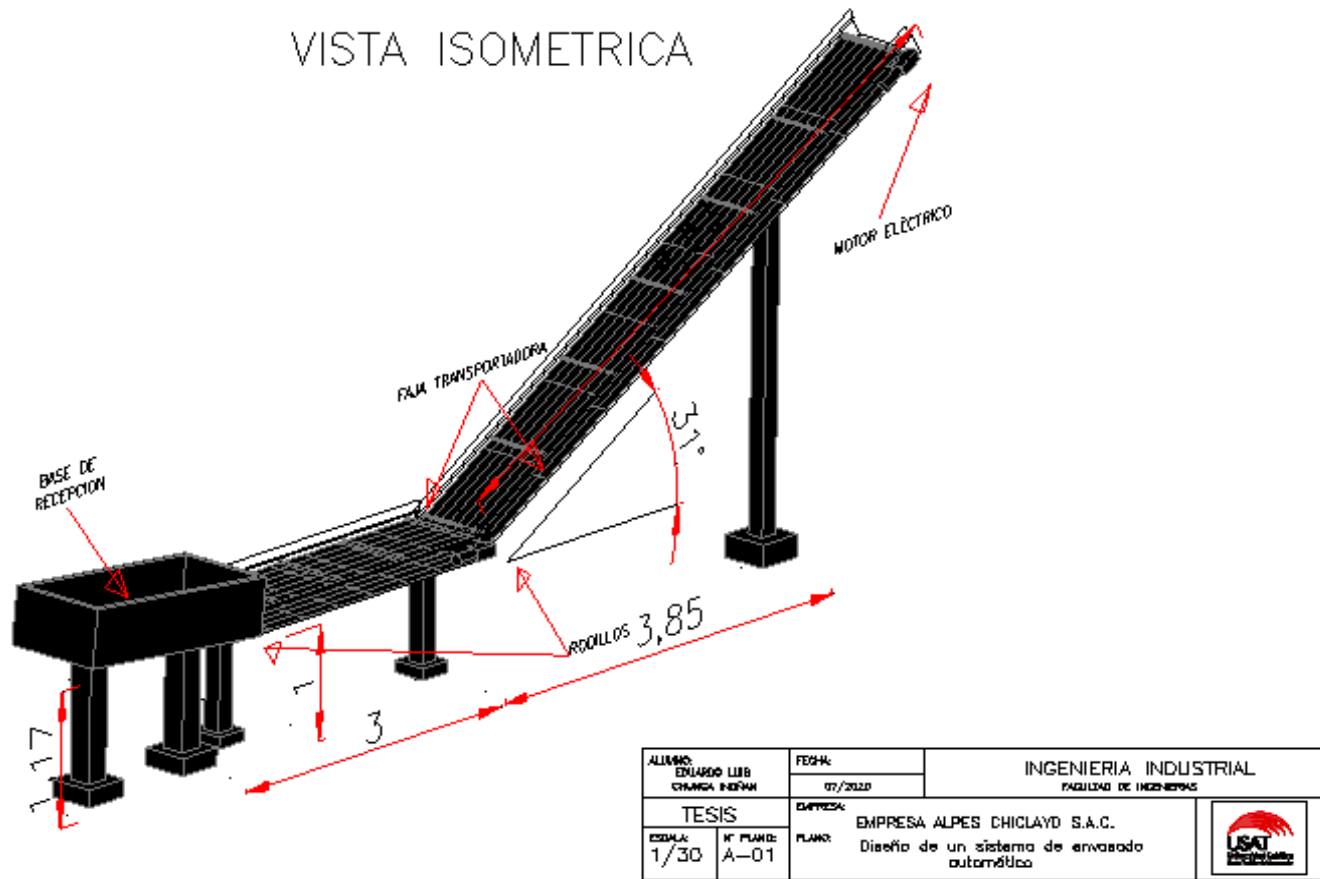


Figura 24. Diseño del sistema de elevación de materia prima de conserva de gandul verde (Vista isométrica)

### 3.2.1.2. Sistema de llenado de latas para depositar el gandul verde en los envases

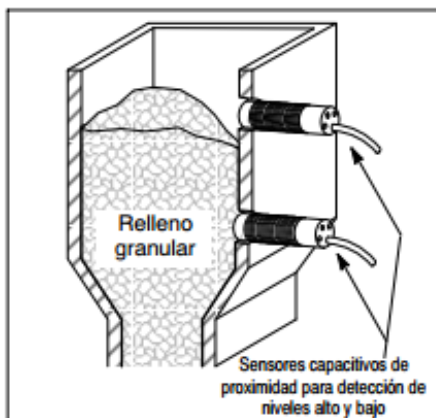
Los componentes de este sistema son:

#### A. Tolva de almacenamiento

En ella será almacenada toda la materia prima transportada desde la base de recepción mediante la faja transportadora con capachos. Su capacidad de almacenamiento, al igual que el de la base de recepción, es de 758,1 kg contando con un volumen de 0,863 9 m<sup>3</sup> y es de forma piramidal para permitir la caída del material.

#### B. Sensor de nivel

Se dispondrá de dos sensores capacitivo, tal como se muestra en la Figura 25, uno que evite el exceso de materia prima en las tolvas de almacenamiento mediante la desactivación de la faja transportadora de gandul verde cuando sea necesario y otro que dé inicio al proceso de llenado cuando haya materia prima presente en las tolvas.



**Figura 25.** Sensores capacitivos de nivel superior e inferior

*Fuente:* Allen-Bradley

Teniendo en cuenta el catálogo de sensores capacitivos de la empresa Allen-Bradley presentada en el Anexo N°7, se seleccionó el sensor 875C de CC (Figura 26) debido a que tiene la capacidad para detectar líquidos y sólidos metálicos y no metálicos; además está protegido ante cortocircuitos.



**Figura 26.** Sensor capacitivo 875C de CC

*Fuente:* Allen-Bradley

Se dispondrá del sensor I0.3 (Sensor capacitivo superior de la tolva de almacenamiento) y del sensor I0.4 (Sensor capacitivo inferior de la tolva de almacenamiento).

### **C. Cilindro**

El cilindro permitirá el paso de la materia prima de la tolva de almacenamiento hacia el envase. Para este fin el vástago contará con una espátula que se encargará de abrir o cerrar el paso del grano de gandul verde. Este será accionado con ayuda del sensor inductivo I0.5 y I0.6 que se encuentra en el sistema de llenado de latas.

Es necesario un cilindro hidráulico de doble efecto, debido a que tendrá la función de abrir/cerrar; por lo que se seleccionó, teniendo en cuenta el catálogo presentado en el Anexo N°8, el accionador ISO6432 de la marca Numatics de modelo G435AMSN12A00 debido a que es de tipo doble efecto, con extremo de vástago rosca macho, de presión de 4 bar (P), de 25 mm de diámetro de cilindro (D), de 12 mm de diámetro de carrera (d), y longitud de carrera de 1000 mm (l); además tiene una excelente resistencia a los agentes externos (tubo y vástago de acero inoxidable).



**Figura 27.** Cilindro numatics modelo G435AMSN12A00

*Fuente:* Allen-Bradley

Consumo de aire

Se determina la sección del émbolo:

$$A = (D^2 * \pi)/4$$

$$A = (2,5 \text{ cm})^2 * \pi/4$$

$$A=4,91 \text{ cm}^2$$

Se determina la sección del paso:

$$B = (D^2 - d^2) * \pi/4$$

$$B = (2,5^2 - 1,2^2) \text{ cm}^2 * \pi/4$$

$$B=3,77 \text{ cm}^2$$

Se determina la fuerza real de salida

$$Fsn = 0,9(A * P)$$

$$Fsn = 0,9(4,91 * 10^{-4} \text{ m}^2 * 200\,000 \text{ Pa})$$

$$Fsn = 88,38 \text{ N}$$

Se determina la fuerza de retroceso:

$$Frn = 0,9(A * P)$$

$$Fsn = 0,9(3,77 * 10^{-4} \text{ m}^2 * 200\,000 \text{ Pa})$$

$$Fsn = 67,86 \text{ N}$$

Cálculo de la relación de compresión:

$$Rel = \frac{101,3 \text{ Kpa} + P}{101,3 \text{ Kpa}}$$

$$Rel = \frac{101,3 \text{ Kpa} + 200 \text{ Kpa}}{101,3 \text{ Kpa}}$$

$$Rel = 2,97$$

Cálculo del consumo de aire:

$$Ca = (l * a + l * b) * \left(\frac{10}{\text{min}}\right) * Rel$$
$$Ca = (10 * 4,91 + 10 * 3,77) \text{cm}^3 * \frac{10}{\text{min}} * 2,97$$
$$Ca = 2\,577,96 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

#### D. Sensor de Proximidad

Sensor de tipo Inductivo, va a detectar la presencia de la lata vacía y permitirá que la faja transportadora de envases se detenga y que se habrá la compuerta de la tolva de almacenamiento para que la materia prima caiga hasta el envase.

Según el catálogo de sensores inductivos de la empresa Allen-Bradley presentada en el Anexo N°9, se va a utilizar el sensor 871 TM de CC de 30mm de diámetro del cuerpo, 15mm de distancia de detección nominal con configuración NC; debido a que tiene un modo selectivo ferroso, está protegido ante cortocircuitos y la falsa detección, este sensor será denominado como I0.5 durante el transcurso del proyecto.



871TM tipo cable de CC  
12, 18, 30 mm

**Figura 28.** Sensor inductivo 871TM de CC

*Fuente:* Allen-Bradley

### E. Sensor de nivel

Este sensor de nivel tipo capacitivo va a detectar cuando el envase se encuentre lleno según las especificaciones del producto, y va a permitir que la faja transportadora de envases se encienda y la compuerta de la tolva de almacenamiento se cierre.

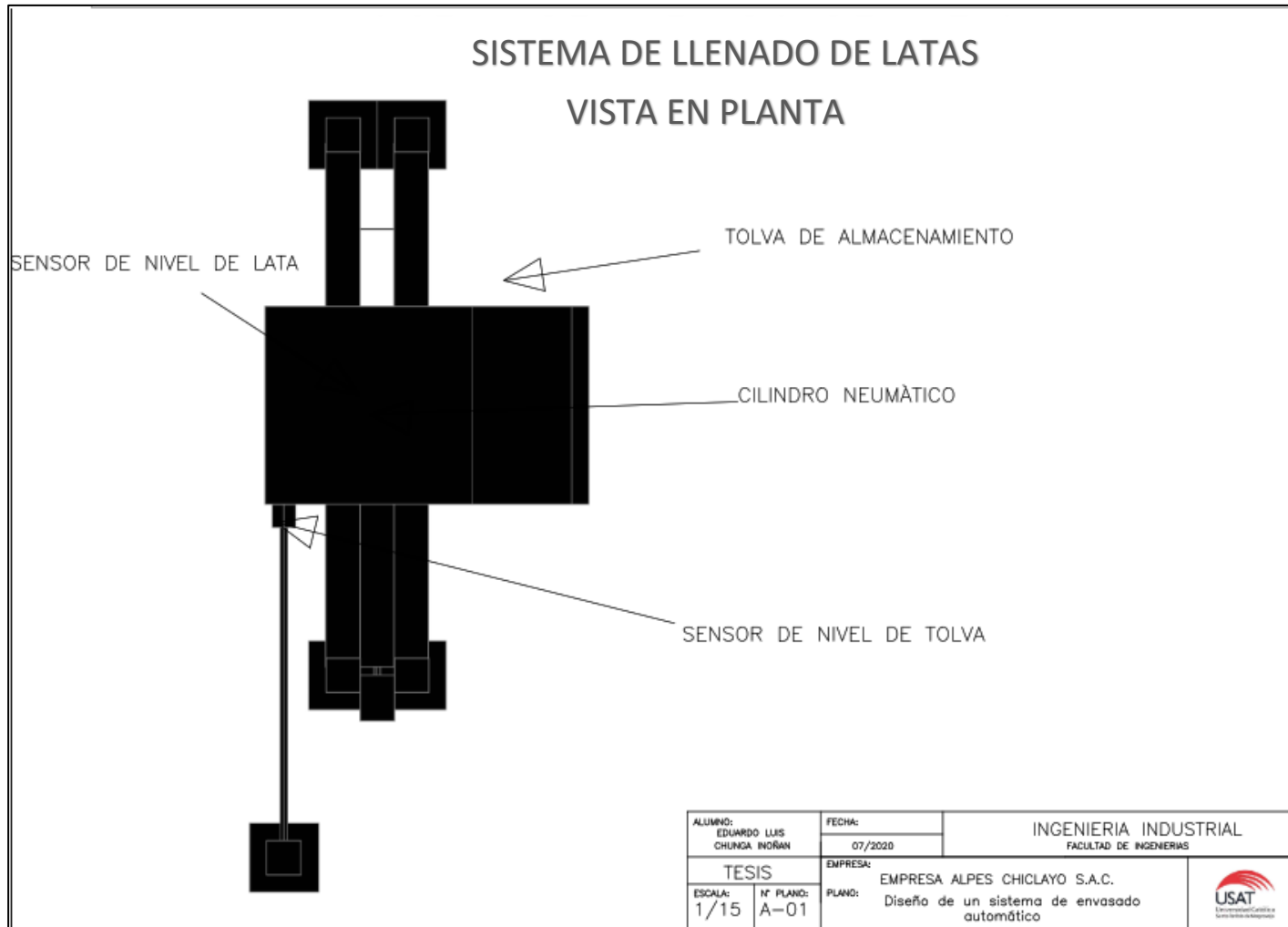
Teniendo en cuenta el catálogo del Anexo N°7, se seleccionó el sensor 875C de CC de 10 mm de distancia de detección nominal, debido a que tiene la capacidad para detectar líquidos y sólidos metálicos y no metálicos; además está protegido ante cortocircuitos; este sensor será denominado como I0.6 durante el transcurso del proyecto.



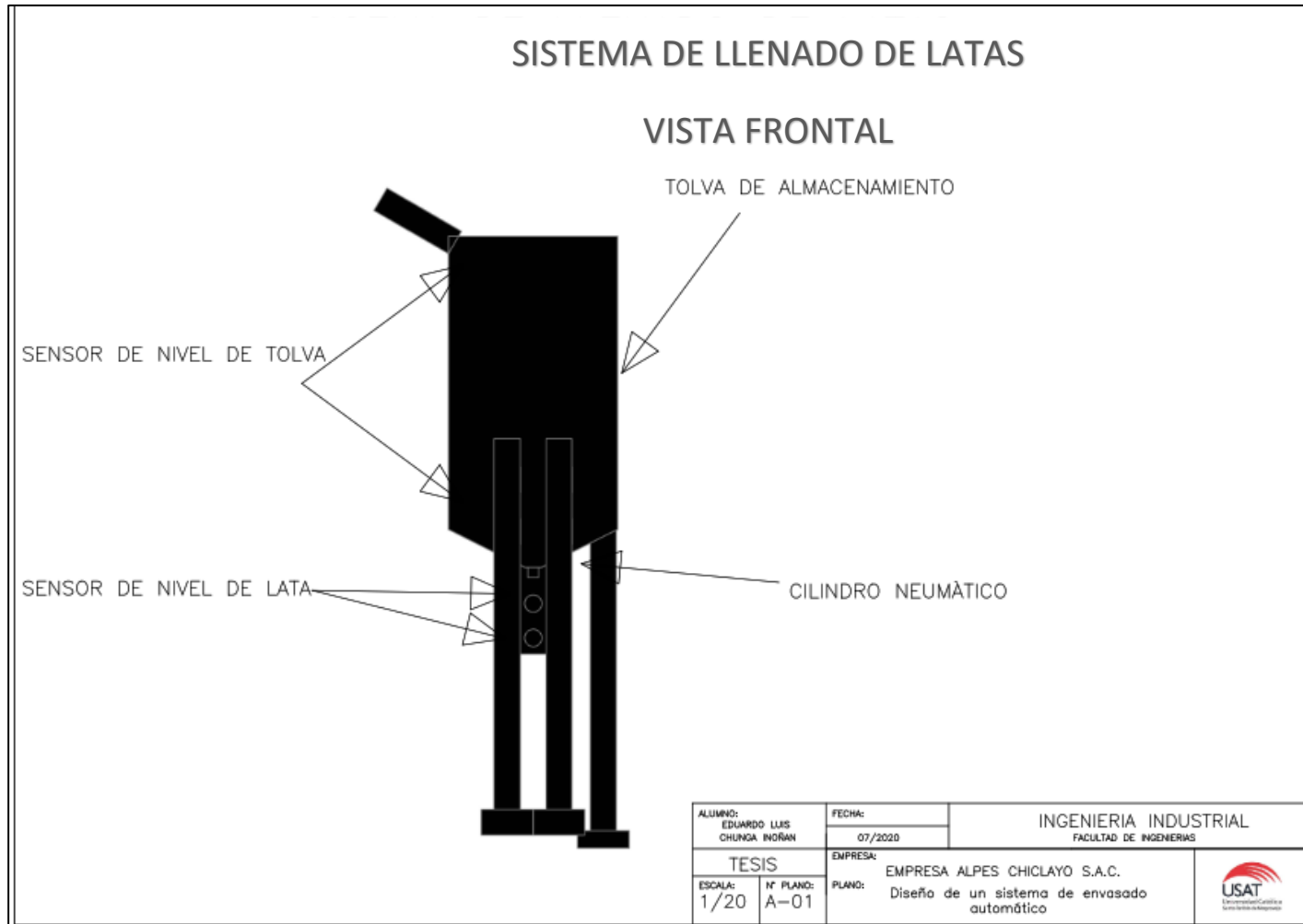
**Figura 29.** Sensor capacitivo 875C de CC

*Fuente:* Allen-Bradley

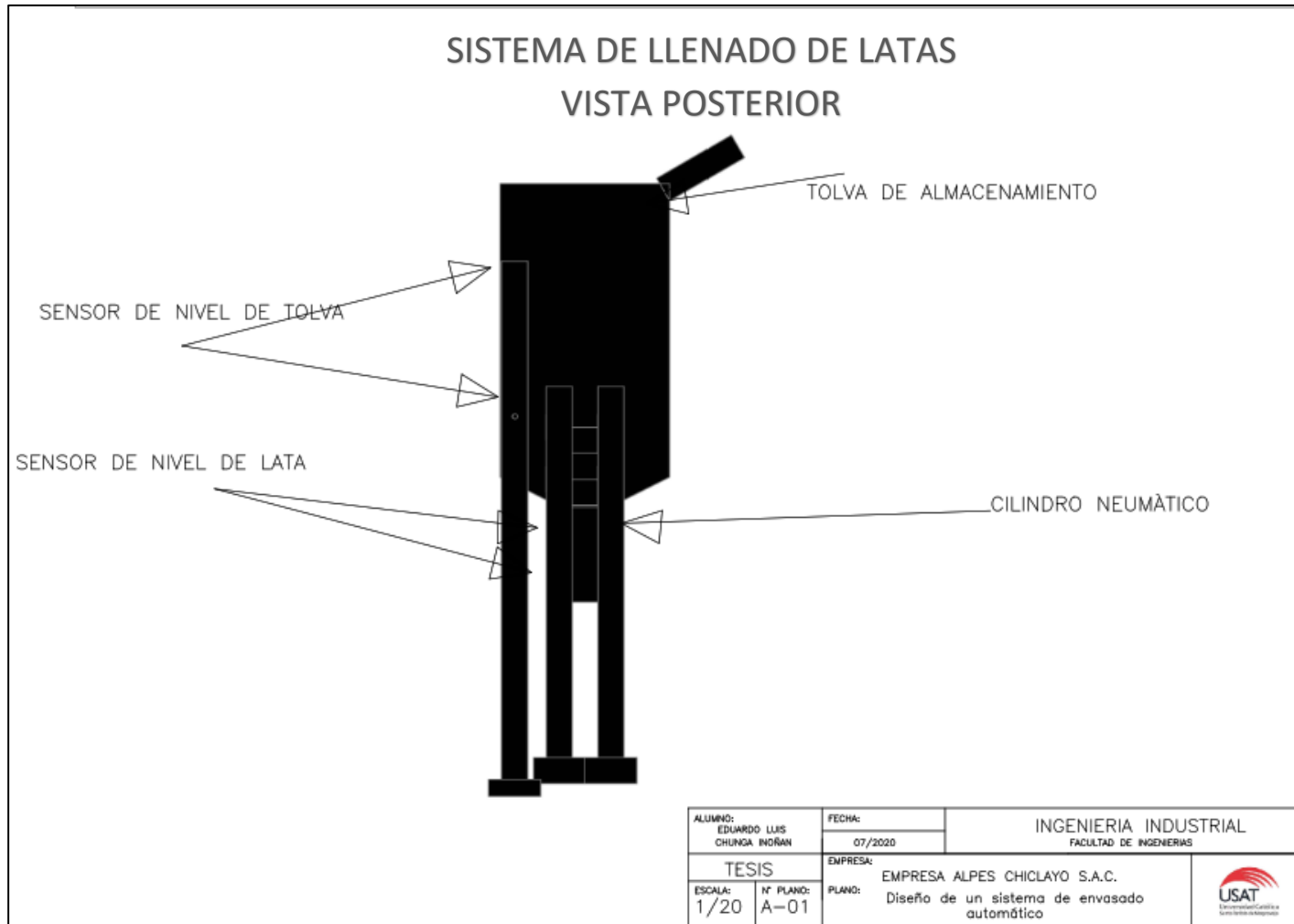
En las figuras 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36 y 37 se observan las vistas del diseño del sistema de llenado de latas de conserva de gandul verde.



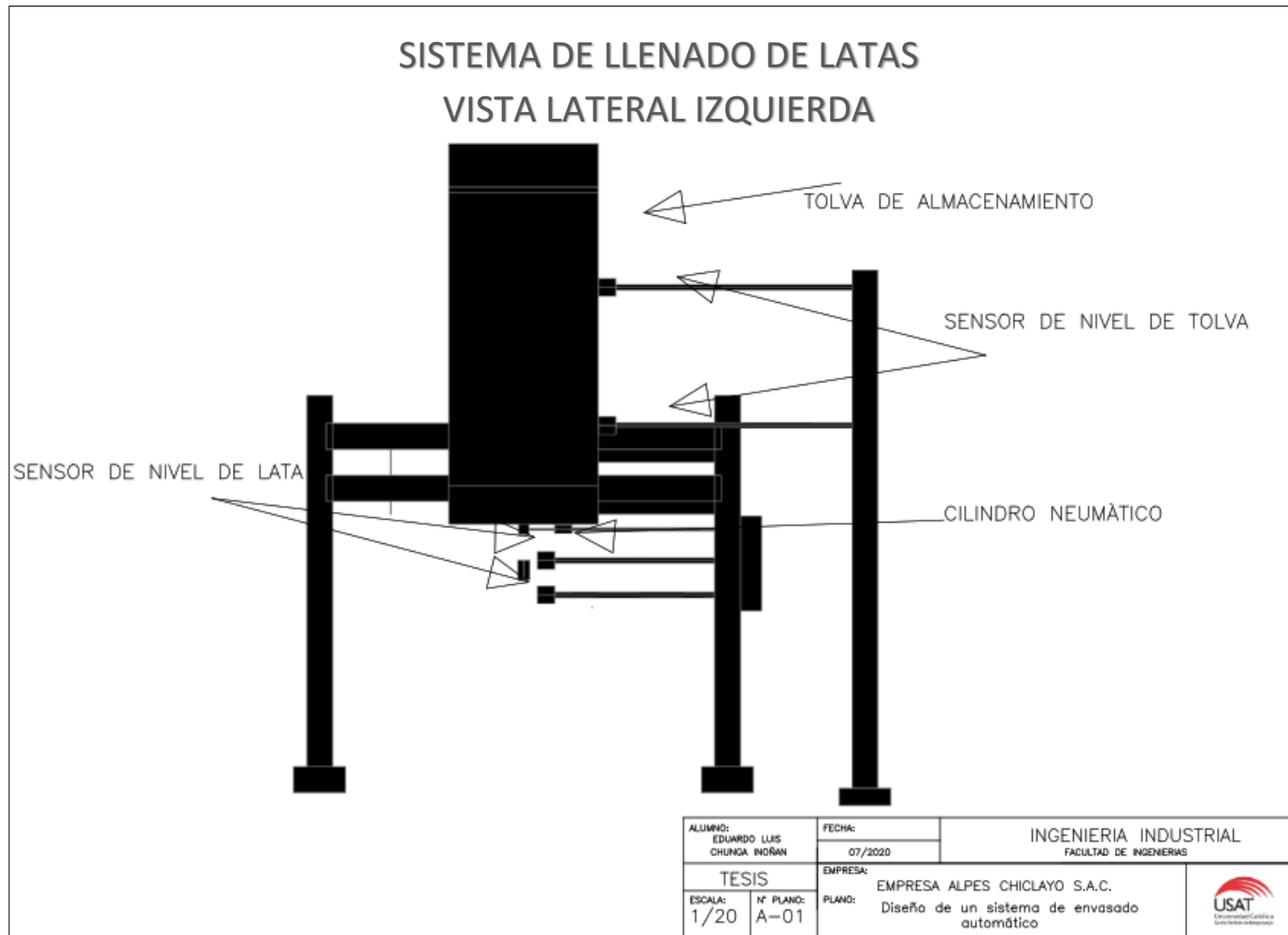
**Figura 30.** Diseño del sistema de llenado de latas de conserva de gandul verde (Vista planta)



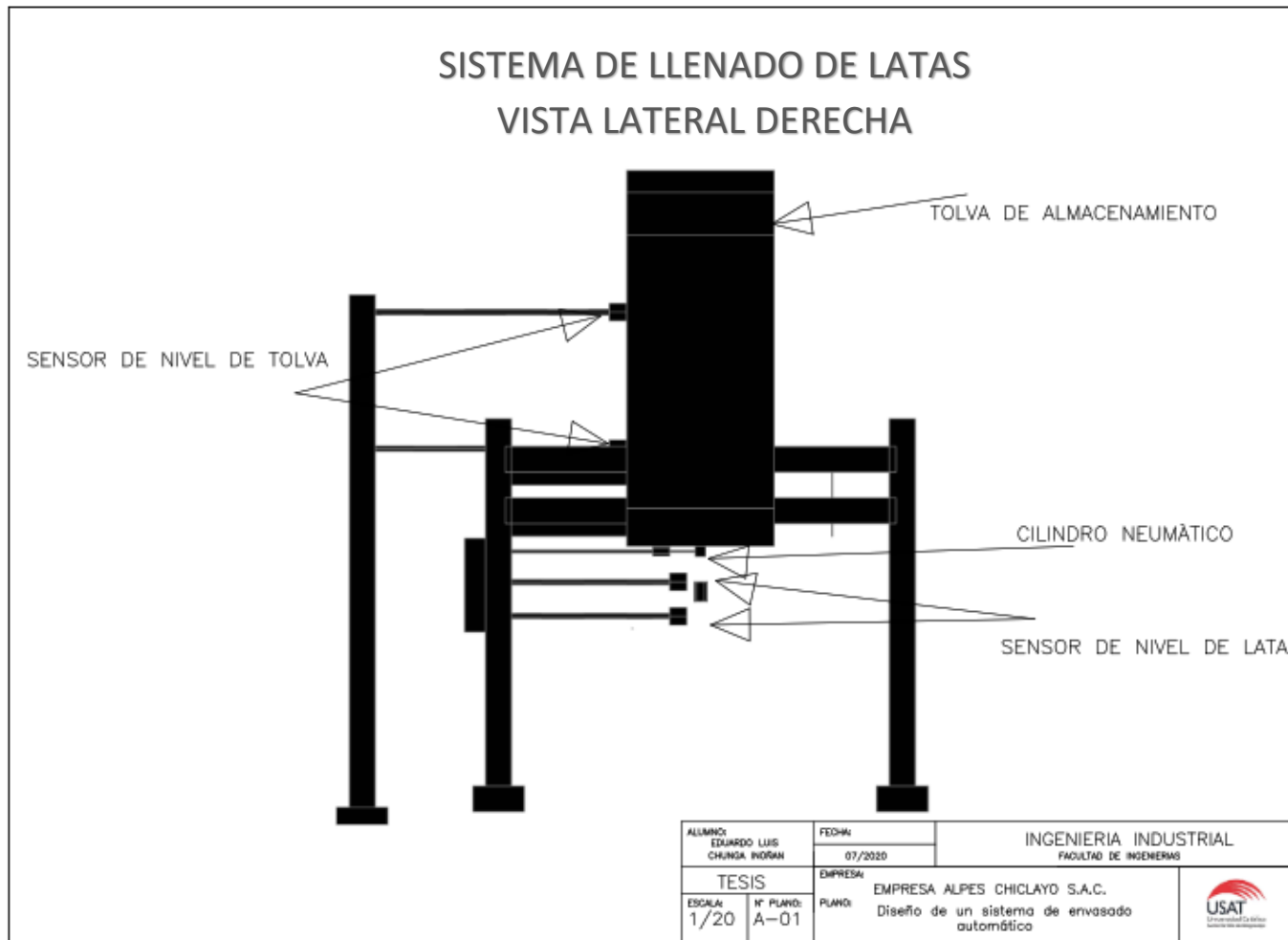
**Figura 31.** Diseño del sistema de llenado de latas de conserva de gandul verde (Vista frontal)



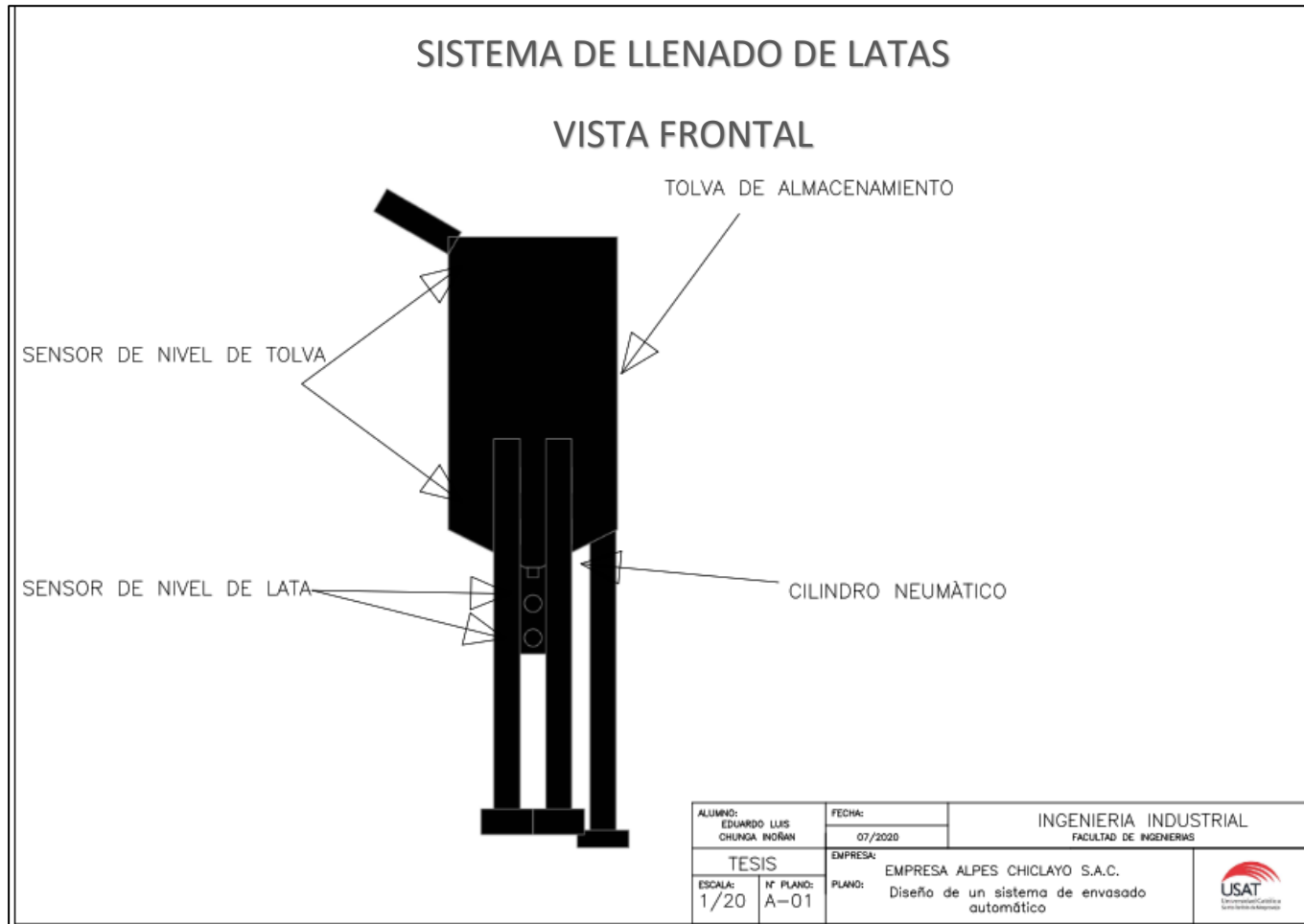
**Figura 32.** Diseño del sistema de llenado de latas de conserva de gandul verde (Vista posterior)



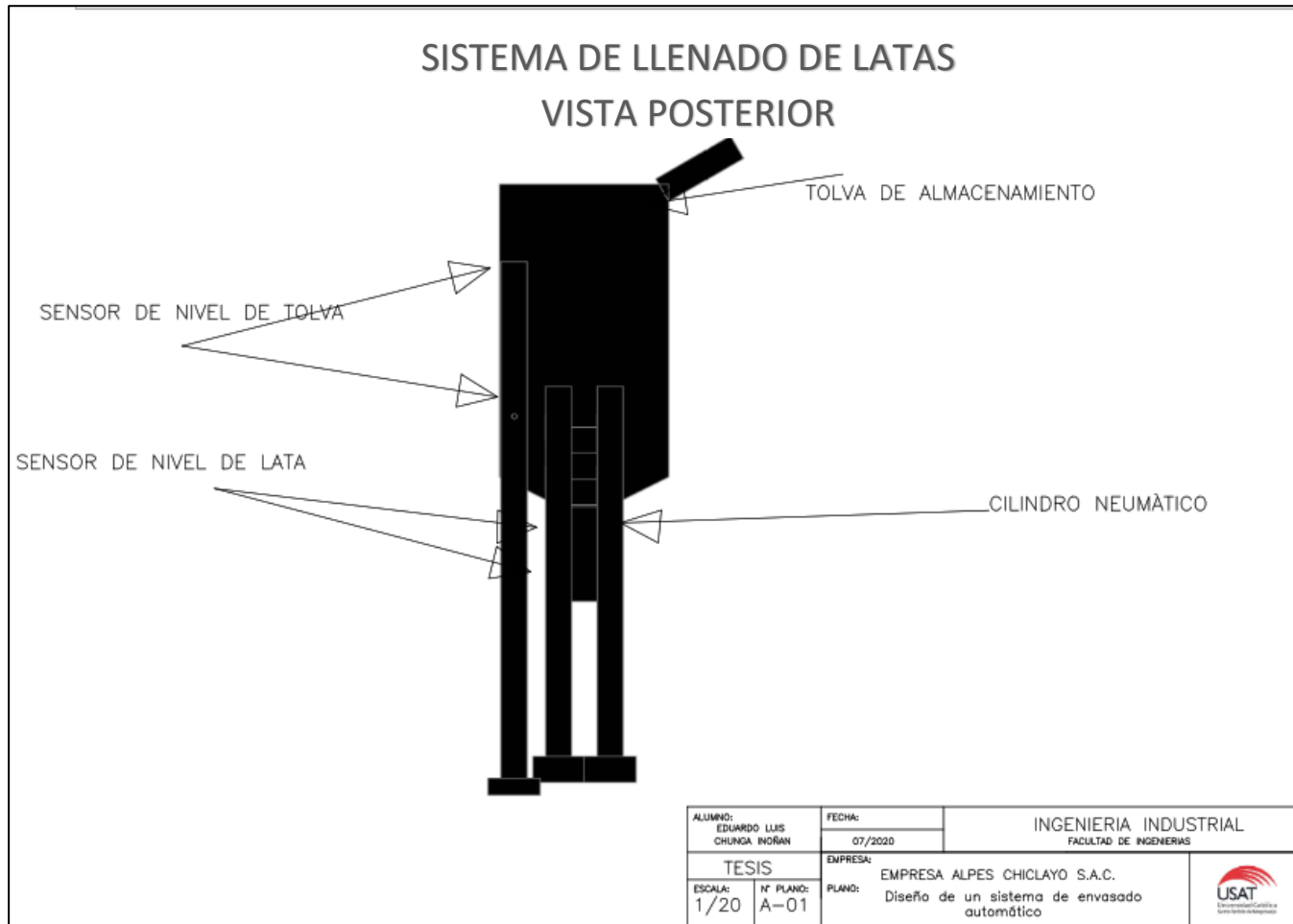
**Figura 33.** Diseño del sistema de llenado de latas de conserva de gandul verde (Vista lateral izquierda)



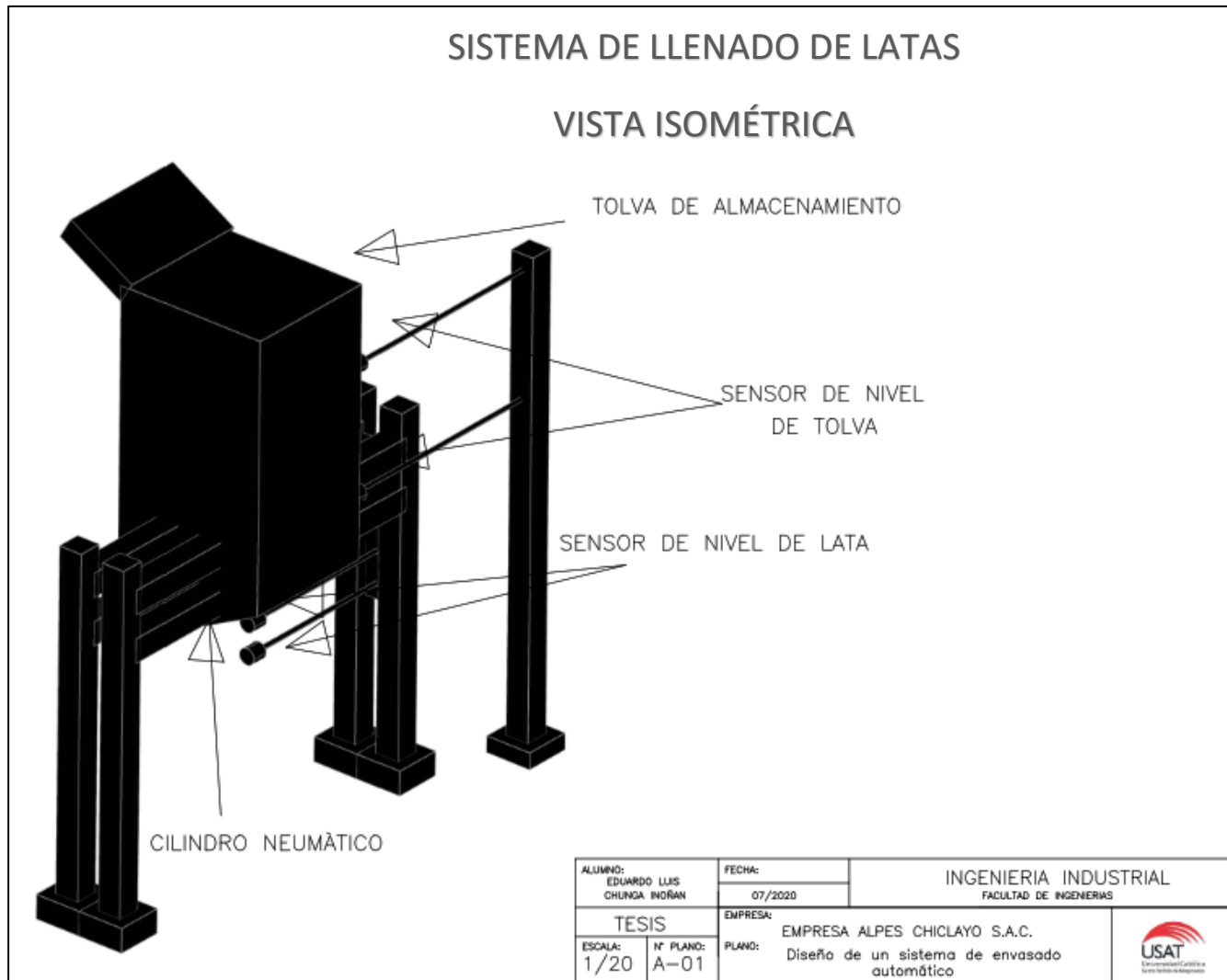
**Figura 34.** Diseño del sistema de llenado de latas de conserva de gandul verde (Vista lateral derecha)



**Figura 35.** Diseño del sistema de llenado de latas de conserva de gandul verde (Vista frontal)



**Figura 36.** Diseño del sistema de llenado de latas de conserva de gandul verde (Vista posterior)



**Figura 37.** Diseño del sistema de llenado de latas de conserva de gandul verde (Vista isométrica)

### 3.2.1.3. Sistema de transporte de latas para trasladar los envases al punto de llenado

#### A. Faja Transportadora

Al igual que en el sistema de elevación de materia prima, se determinará el tipo de faja transportadora que se tiene que utilizar y sus dimensiones de tal modo que se aproveche al máximo el espacio disponible, teniendo en cuenta que el espacio disponible para este sistema es de 2 metros de ancho y 3 metros de largo, ya que el resto de espacio fue utilizado para desarrollar el “Sistema de elevación de materia prima”. Se dispondrá de un sistema de transporte con orientación horizontal con soportes de contención en los extremos por seguridad de los envases y para su fácil transporte.

Esta faja transportará los envases vacíos hacia el punto de llenado, se utilizará una banda de transporte de PVC lisa de seria Clina debido a sus características fisiológicas neutras ideales para transporte de productos alimentarios y por su resistencia a la abrasión.

La longitud de la faja transportadora se calcula teniendo en cuenta la longitud de la estación horizontal ( $L_{eh}$ ), el diámetro del rodillo ( $D_{rod}$ ), el cual es calculado en el punto B de esta sección; y el número de tramos ( $N_{tr}=2$ , ida y vuelta).

$$L_{ft} = N_{tr} * L_{eh} + D_{rod} * \pi$$
$$L_{ft} = 2 * 2 + 0,063m * 3,1416$$
$$L_{ft} = 4,198m$$

El ancho mínimo de esta banda transportadora se determina según el diámetro de los envases a transportar (7,3cm) por lo que se selecciona un ancho de 7,5 cm para poder contar con un margen superior al mínimo por seguridad y facilidad del transporte.

En resumen, la banda transportadora tendrá una longitud de 4,198 m, un ancho de 0,075m. y un espesor comercial de 1 mm (Ver Anexo N°2).

## B. Rodillos

Para calcular la cantidad de rodillos a utilizar primero se va a determinar la distancia o paso que debe de haber entre los rodillos por lo que se utilizará la Tabla 12 de donde se obtiene que la distancia máxima entre los rodillos es de 1,65 metros optando por trabajar con esta distancia.

La cantidad de rodillos se calculará para sección horizontal (Leh) de 2 metros de largo, por lo tanto, la cantidad de rodillos con un paso (Pest) de 1,65 es:

$$N^{\circ} \text{ de rodillos} = \frac{L_{eh}}{P_{est}} + 1$$

$$N^{\circ} \text{ de rodillos} = \frac{2m}{1,65m} + 1$$

$$N^{\circ} \text{ de rodillos} = 2,21 \cong 2 \text{ rodillos}$$

Entonces el sistema de transporte de latas contará con 2 rodillos, los cuales serán de tipo liso, con un diámetro de tubo de 63 mm y un diámetro de eje de 20 mm debido a que es un rodillo de tipo comercial que se adaptará fácilmente al sistema (Ver Anexo N°3).

## C. Motor

### C.1. Velocidad de la faja transportadora

Para calcular la velocidad de la faja transportadora se tendrá en cuenta el ritmo de producción ideal de 70 latas/minuto y el diámetro de cada lata (7,3 cm) que será el espacio que ocupa sobre la faja transportadora, de tal modo que:

$$v_t = 70 \frac{\text{latas}}{\text{minuto}} * \frac{7,3 \text{ cm}}{\text{lata}} * \frac{1m}{100cm} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ s}}$$
$$v = 0,0852 \text{ m/s}$$

### C.2. Capacidad lineal

Esta capacidad (Cl) determinará la cantidad de materia por metro lineal que gravitará sobre la banda, para su cálculo se tendrá en cuenta el ritmo de producción ideal (Rpi=70 latas/minuto), el peso drenado (Pedr=0,361 kg/lata) y la velocidad de transporte (Vt=0,085 2 m/s).

$$C_l = \frac{R_{pi} * P_{dr}}{V_t}$$

$$C_l = \frac{70 \frac{\text{latas}}{\text{min}} * 0,361 \frac{\text{kg}}{\text{lata}} * \frac{1 \text{ min}}{60s}}{0,085 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$C_l = 4,94 \text{ kg/m}$$

### C.3. Potencia motriz

Para calcular la potencia primero se determina el peso total (F) que cargaría la faja transportadora, el cual sería la suma del peso de la materia prima (Pmp) con el peso de la propia faja (Pft).

El peso de la materia prima (Pmp) se calcula teniendo en cuenta la capacidad lineal (Cl) y la longitud de la estación horizontal (Leh)

$$P_{mp} = C_l * (L_{ei} + L_{eh})$$

$$P_{mp} = 4,94 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 2\text{m}$$

$$P_{mp} = 9,88 \text{ kg}$$

El peso de la faja transportadora la obtenemos de acuerdo a los datos brindados en el catálogo de Esbelt, el cual se muestra en el Anexo N°2; se tiene en cuenta que por un ancho de 2 metros se tiene un peso de 2,5 kg/m<sup>2</sup>, por lo tanto, el peso para un ancho de 0,075 m (P0.75) por metro cuadrado es:

$$P_{0.075} = \frac{2,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 0,075\text{m}}{2\text{m}}$$

$$P_{0.075} = 0,09375 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

El área de la faja transportadora, teniendo en cuenta que la faja transportadora tiene 4,198 m de largo y 0,075 m de ancho, es:

$$A_{ft} = L_{ft} * \text{Ancho}$$

$$A_{ft} = 4,198 \text{ m} * 0,075 \text{ m}$$

$$A_{ft} = 0,31485 \text{ m}^2$$

Por lo tanto, el peso de la faja transportadora (Pft) es:

$$P_{ft} = A_{ft} * P_{0.6}$$

$$P_{ft} = 0,31485 \text{ m}^2 * 0,09375 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$P_{ft} = 0,0295 \text{ kg}$$

Con el peso de la materia prima a transportar ( $P_{mp}$ ) y el de la faja transportadora ( $P_{ft}$ ) ya calculados, se procede a obtener la fuerza resistente a la marcha ( $F$ ) teniendo en cuenta la gravedad ( $g=9,81\text{m/s}^2$ )

$$F = (P_{mp} + P_{ft}) * g$$

$$F = (9,88 + 0,0295) * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 97,21 \text{ N}$$

Con los datos previamente calculados, se procede a calcular la potencia requerida por el motor que hará girar la faja transportadora de serie Clina. A lo largo del presente proyecto, a este motor también se le denominará como Motor 2.

Para determinar la potencia motriz mínima requerida ( $P_1$ ), se tendrá también en cuenta la velocidad de la faja transportadora ( $v=0,0852\text{m/s}$ ) y el rendimiento mecánico ( $n=1$ , debido a que se busca el máximo rendimiento de la unidad motriz), por lo tanto:

$$P_1 = F \frac{v}{1000n}$$

$$P_1 = 97,21\text{N} * \frac{0,0852 \frac{m}{s}}{1000 * 1}$$

$$P_1 = 8,2823 * 10^{-3} \text{ kw}$$

Entonces, dado a que se requiere un motor con larga vida útil, se selecciona un motor eléctrico trifásico de 0,25 hp, de 900 RPM, de polo de 60 Hz y con un eje de 10 mm, de acuerdo al Anexo N°4.

#### **C.4. Motorreductor**

Para el cálculo de las RPM requerida ( $RPM_{req}$ ), se tendrá en cuenta la velocidad de la faja transportadora ( $v=0,0852 \text{ m/s}$ ) en minutos y el diámetro del rodillo ( $D_r=159 \text{ mm}$ )

$$RPM_{req} = \frac{v}{\pi D_r}$$

$$RPM_{req} = \frac{0,0852 \frac{m}{s} * \frac{60s}{1min}}{3,1416 * 0,063 m}$$

$$RPM_{req} = 25,83$$

Por lo tanto, la relación de transmisión (RT) es:

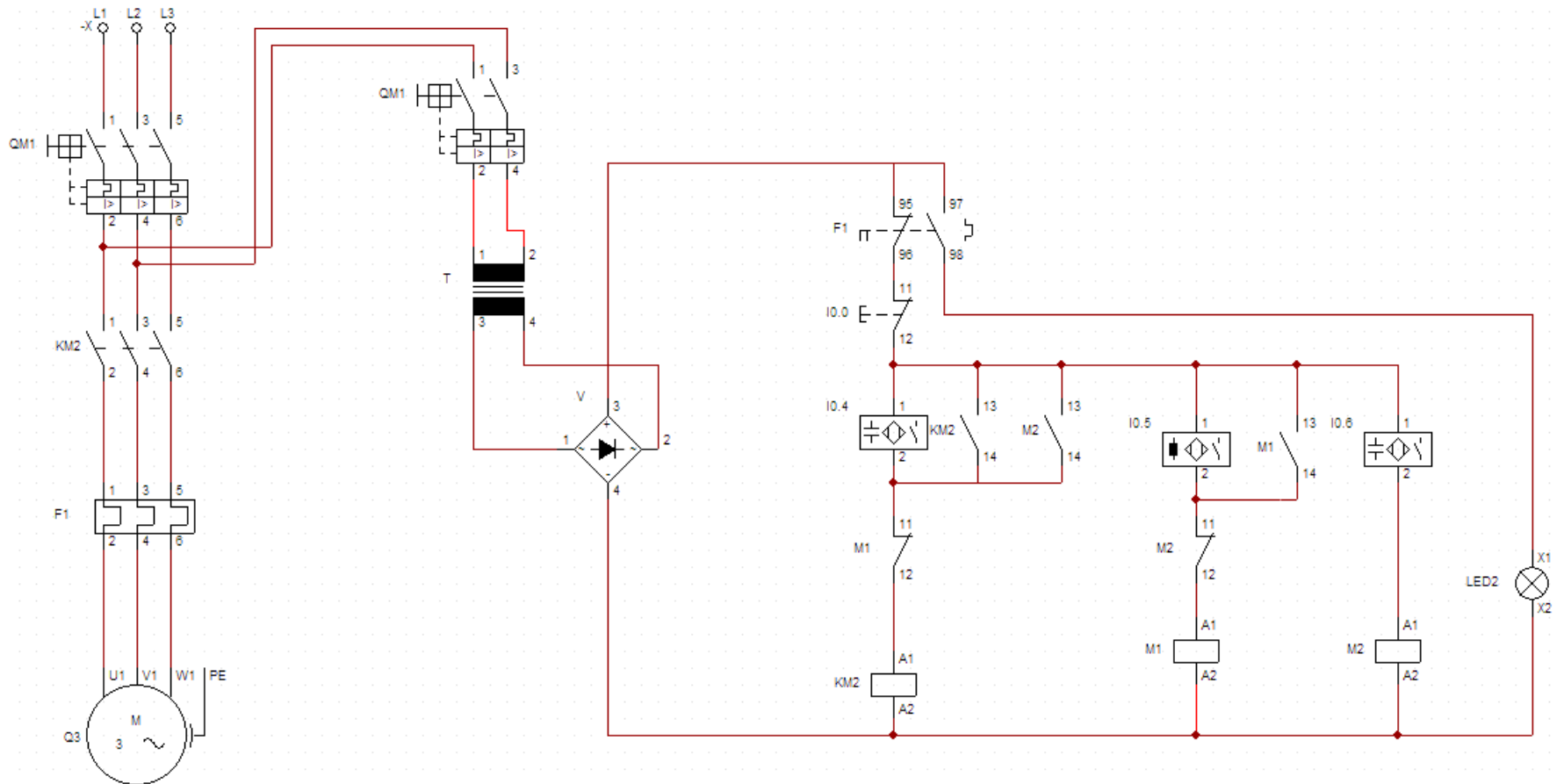
$$RT = \frac{RPM \text{ entrada}}{RPM \text{ salida}}$$

$$RT = \frac{900 \text{ rpm}}{25,83 \text{ rpm}}$$

$$RT = 34,84$$

Este motor permite accionar los rodillos que en consecuencia harán girar la faja transportadora lisa de serie Clina. A lo largo del presente proyecto, a este motor también se le denominará como Motor 2.

La figura 38 muestra el sistema de fuerza (Izquierda) y el sistema de mando (Derecha) con el que se cuenta para el accionamiento del motor 2.



**Figura 38.** Circuito de fuerza y mando del motor 2

*Fuente:* Elaboración Propia

### **Leyenda:**

**QM1:** Llave termo magnética o disyuntor.

**KM2:** Contactor electromagnético.

**F1:** Relé térmico.

**Q3:** Motor 2.

**T:** Transformador.

**V:** Rectificador.

**I0.0:** Pulsador de apagado de emergencia.

**I0.4:** Sensor capacitivo inferior (Tolva de almacenamiento).

**I0.5:** Sensor inductivo (Captador de presencia de latas).

**M1:** Memoria 1.

**I0.6:** Sensor capacitivo de nivel de llenado de latas.

**M2:** Memoria 2.

### **C.5. Disyuntor, Relé Térmico y Contactor**

Para determinar qué tipos de arrancadores directos se necesitan para este sistema, se tendrá en cuenta la Tabla de Coordinación Tipo 2 presentada en el Catálogo de Schneider Electric mostrada en el Anexo N°5, seleccionando la Coordinación Tipo 2 debido a que ésta asegura la continuidad del servicio y no existe riesgo para el operador.

Coordinación tipo 2 - Arranque directo																
Motor trifásico 50/60 Hz									Con dos productos			Con tres productos				
220 V			380 V			440 V			Guardamotor		Contactor	Guardamotor		Contactor	Relé	
P	I <sub>e</sub>	I <sub>q</sub>	P	I <sub>e</sub>	I <sub>q</sub>	P	I <sub>e</sub>	I <sub>q</sub>	Referencia	Ajuste	Referencia	Referencia	Ajuste	Referencia	Referencia	Ajuste
HP	A	kA	HP	A	kA	HP	A	kA	(1)	A	(2)	(1)	A	(2)	(3)	A
M1			M1			M1			D1		KM1	Q2		KM1	RT1	
						0.5	0.9	130	GV2-P05	0.83...1	LC1-D09	GV2-L05	1	LC1-D09	LRD-06	0.63...1
0.25	1.04	130	0.5	1.03	130				GV2-P06	1...1.6	LC1-D09	GV2-L06	1.6	LC1-D09	LRD-06	1...1.7
0.33	1.47	130	0.75	1.6	130	0.75	1.3	130	GV2-P06	1...1.6	LC1-D09	GV2-L06	1.6	LC1-D09	LRD-06	1...1.7
0.5	1.8	130	1	2	130	1	1.68	130	GV2-P07	1.8...2.5	LC1-D09	GV2-L07	2.5	LC1-D09	LRD-07	1.8...2.8
						1.5	2.37	130	GV2-P07	1.8...2.5	LC1-D09	GV2-L08	4	LC1-D09	LRD-08	2.5...4
									GV2-P08	2.5...4	LC1-D09	GV2-L08	4	LC1-D09	LRD-08	2.5...4
0.75	2.75	130	1.5	2.6	130				GV2-P08	2.5...4	LC1-D09	GV2-L08	4	LC1-D09	LRD-08	2.5...4
1	3.5	130	2	3.5	130				GV2-P08	2.5...4	LC1-D09	GV2-L08	4	LC1-D09	LRD-10	4...8
						2	3.06	130	GV2-P08	2.5...4	LC1-D09	GV2-L08	4	LC1-D09	LRD-10	4...8
1.5	4.4	130	3	5	130	3	4.42	130	GV2-P10	4...6.3	LC1-D09	GV2-L10	6.3	LC1-D09	LRD-10	4...8
						4	5.77	130	GV2-P10	4...6.3	LC1-D09	GV2-L10	6.3	LC1-D09	LRD-10	4...8
									GV2-P14	6...10	LC1-D12	GV2-L14	10	LC1-D09	LRD-12	5.5...8
2	6.1	130	4	6.6	130				GV2-P14	6...10	LC1-D12	GV2-L14	10	LC1-D09	LRD-14	7...10
			5	8.5	130	5	7.9	130	GV2-P14	6...10	LC1-D12	GV2-L14	10	LC1-D09	LRD-14	7...10
3	8.7	130	7.5	11.5	130				GV2-P16	9...14	LC1-D25	GV2-L14	10	LC1-D09	LRD-14	5...13
4	11.5	130				7.5	10.4	50	GV2-P16	9...14	LC1-D25	GV2-L16	14	LC1-D25	LRD-16	9...13
						10	13.7	50	GV2-P16	9...14	LC1-D25	GV2-L16	14	LC1-D25	LRD-21	12...18
5	14.5	130	10	15.5	50	12	16.9	50	GV2-P20	13...18	LC1-D25	GV2-L20	18	LC1-D25	LRD-21	12...18
						15	20.1	50	GV2-P21	17...23	LC1-D25	GV2-L22	25	LC1-D25	LRD-22	16...24
7.5	20	130	15	22	50				GV2-P22	20...25	LC1-D25	GV2-L22	25	LC1-D25	LRD-22	16...24
10	27	130	20	30	35	20	26.5	50	GV2-P32	24...32	LC1-D32	GV3-L32	32	LC1-D40A	LRD-332	23...32
12	32	50	25	37	50				GV3-P40	30...40	LC1-D50A	GV3-L40	40	LC1-D50A	LRD-340	30...40
						25	32.5	50	GV3-P40	30...40	LC1-D50A	GV3-L40	40	LC1-D50A	LRD-340	30...40
						30	39	50	GV3-P50	37...50	LC1-D50A	GV3-L50	50	LC1-D50A	LRD-350	37...50
15	39	50	30	44	50				GV3-P50	37...50	LC1-D50A	GV3-L50	50	LC1-D50A	LRD-350	37...50
20	52	50	40	60	50	40	51.5	50	GV3-P65	48...65	LC1-D65A	GV3-L65	65	LC1-D65A	LRD-365	48...65
25	64	100	50	72	70	50	64	65	NSX100HM2.3M	50...100	LC1-D80	GV3-L65	65	LC1-D80	LRD-3361	55...70
30	75	100	60	85	70				NSX100HM2.3M	50...100	LC1-F115	NS80HMA	80	LC1-D80	LRD-3363	63...80
						60	76	65	NSX100HM2.3M	50...100	LC1-D80	NS80HMA	80	LC1-D80	LRD-3365	63...80
40	103	100				75	90	65	NSX100HM2.3M	50...100	LC1-D115 6	NSX100HMA	100	LC1-D115 6	LRD-4366	80...104
									NSX100HM2.3M	50...100	LC1-F115	NSX100HMA	100	LC1-F115	LR9-F5367	80...100
50	126	100	75	105	70	100	125	65	NSX100HM2.3M	70...150	LC1-D150 6	NSX160HMA	150	LC1-F150	LR9-F5369	90...150
									NSX100HM2.3M	70...150	LC1-F150	NSX160HMA	150	LC1-F150	LR9-F5369	90...150
60	150	100	100	138	70	125	148	65	NSX250HM2.3M	100...220	LC1-F185	NSX250HMA	220	LC1-F185	LR9-F5371	132...220
75	182	100	125	170	70	150	178	65	NSX250HM2.3M	100...220	LC1-F225	NSX250HMA	220	LC1-F225	LR9-F5371	132...220
			150	208	70	-	215	65	NSX400HM2.3M	160...320	LC1-F265	NSX400HM1.3M	320	LC1-F265	LR9-F7375	200...330
100	240	100	177	245	70				NSX400HM2.3M	160...320	LC1-F330	NSX400HM1.3M	320	LC1-F330	LR9-F7375	200...330
125	295	100	214	300	70				NSX400HM2.3M	160...320	LC1-F265	NSX400HM1.3M	320	LC1-F265	LR9-F7375	200...330
						-	256	65	NSX830HM2.3M	250...500	LC1-F400	NSX830HM1.3M	500	LC1-F400	LR9-F7379	300...500
150	356	100				-	353	65	NSX830HM2.3M	250...500	LC1-F400	NSX830HM1.3M	500	LC1-F400	LR9-F7379	300...500

Figura 39. Tipos de arrancadores recomendados según el Motor de 0,25 hp a utilizar

Fuente: Elaboración Propia

Para seleccionar los arrancadores directos que se tiene un Motor de 60 Hz y 0,25 hp; además que la empresa trabaja con 220V, por lo tanto, se seleccionan los arranques directos GV2-L06 y LRD-06 tal como lo muestran la Figura 40 y Figura 41 respectivamente:



**Figura 40.** Disyuntor o Guardamotor magnético modelo: GV2-L06

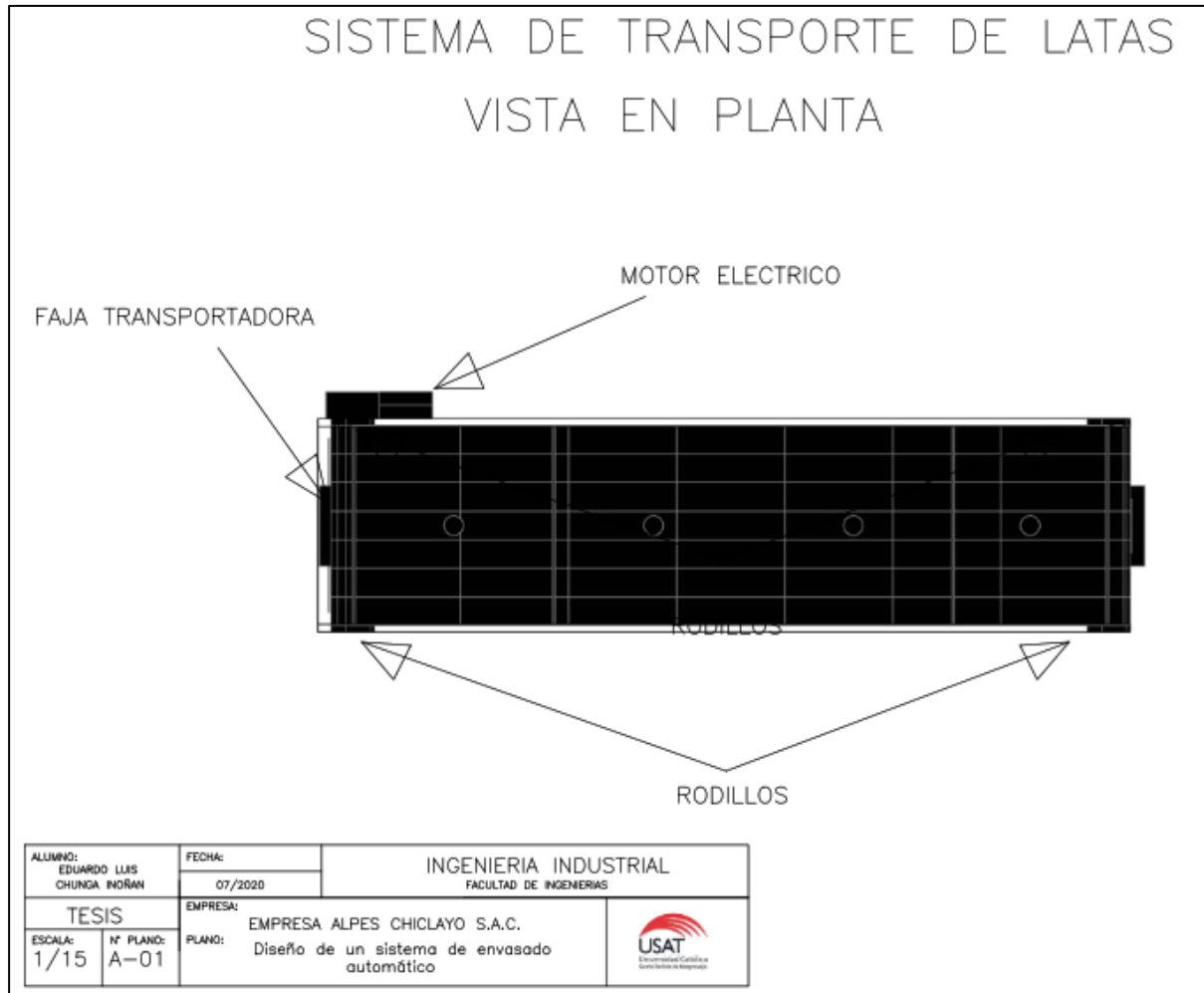
*Fuente:* Schneider Electric.



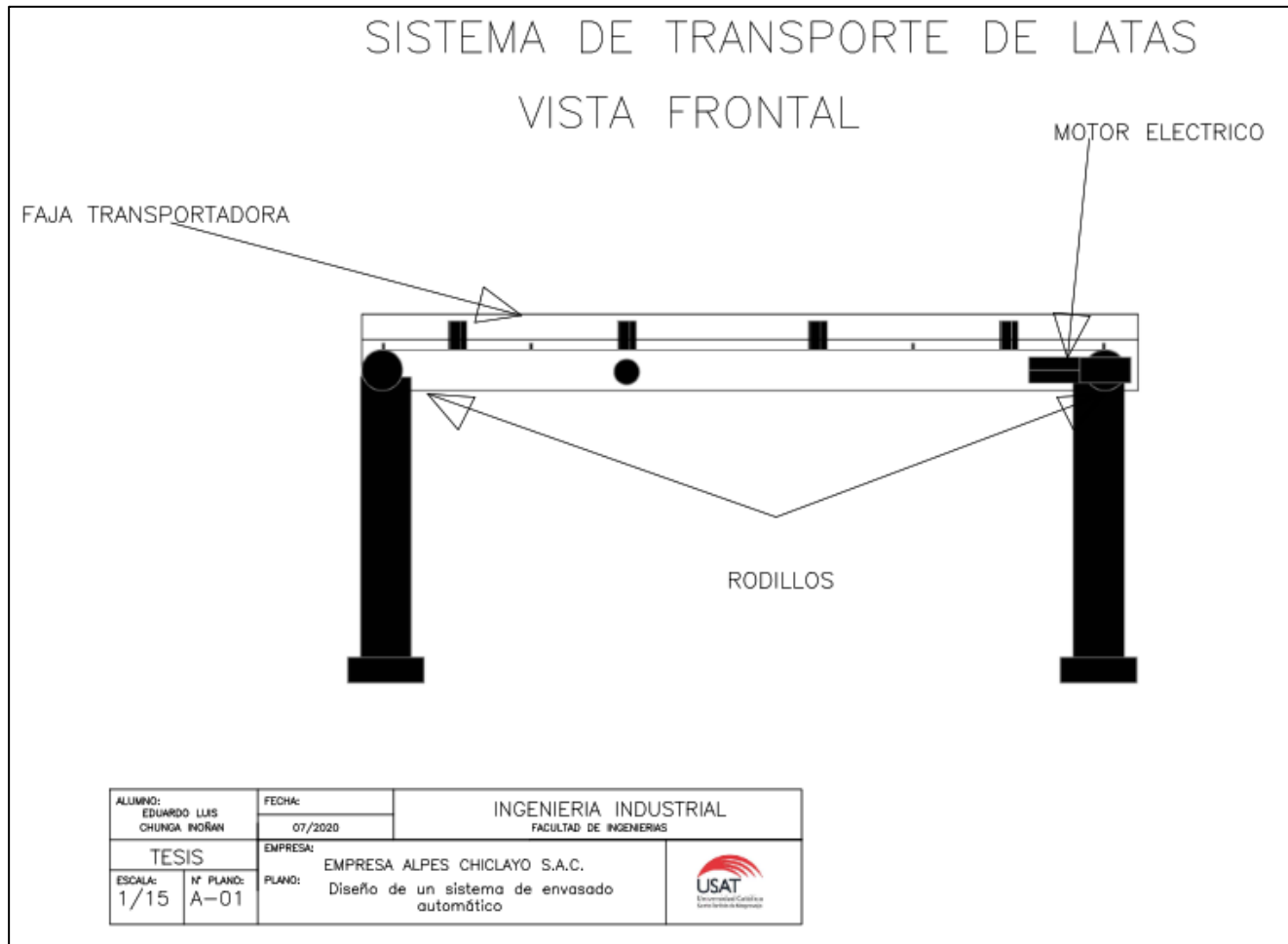
**Figura 41.** Relé modelo: LRD-06

*Fuente:* Schneider Electric.

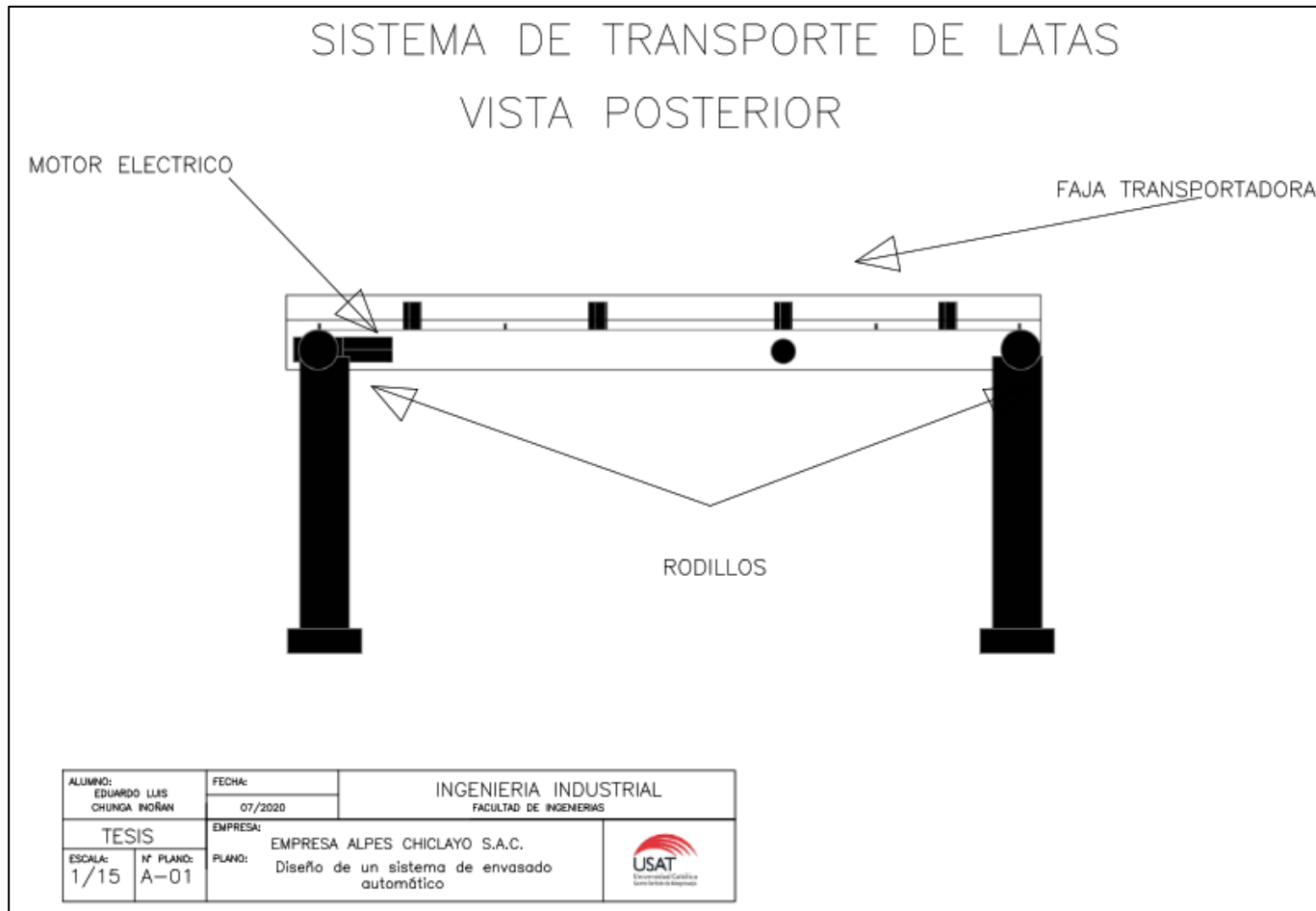
En las figuras 42, 43, 44, 45, 46 y 47 se observan las vistas del diseño del sistema de transporte de latas de conserva de gandul verde.



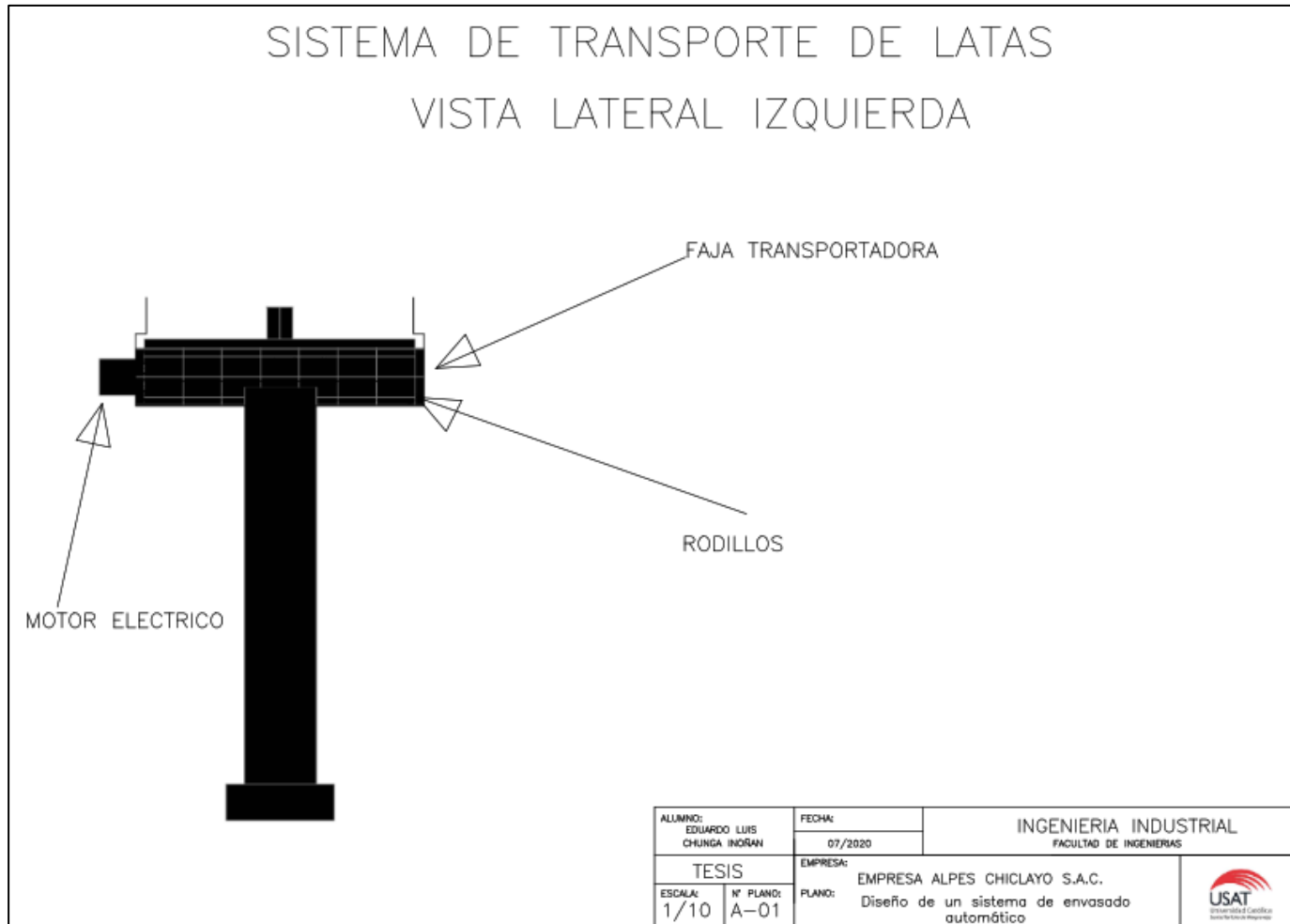
**Figura 42.** Diseño del sistema de transporte de latas de conserva de gandul verde (Vista en planta)



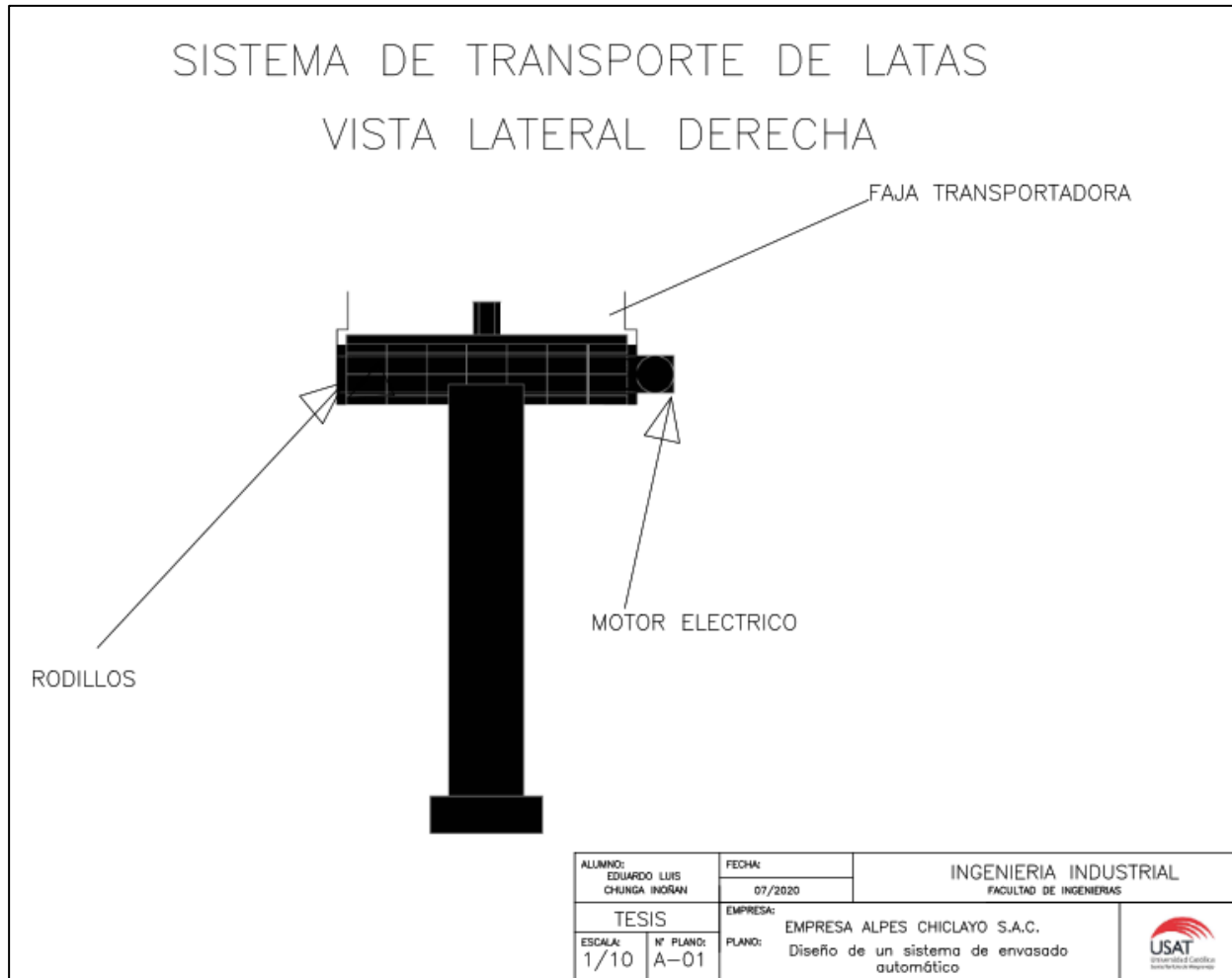
**Figura 43.** Diseño del sistema de transporte de latas de conserva de gandul verde (Vista frontal)



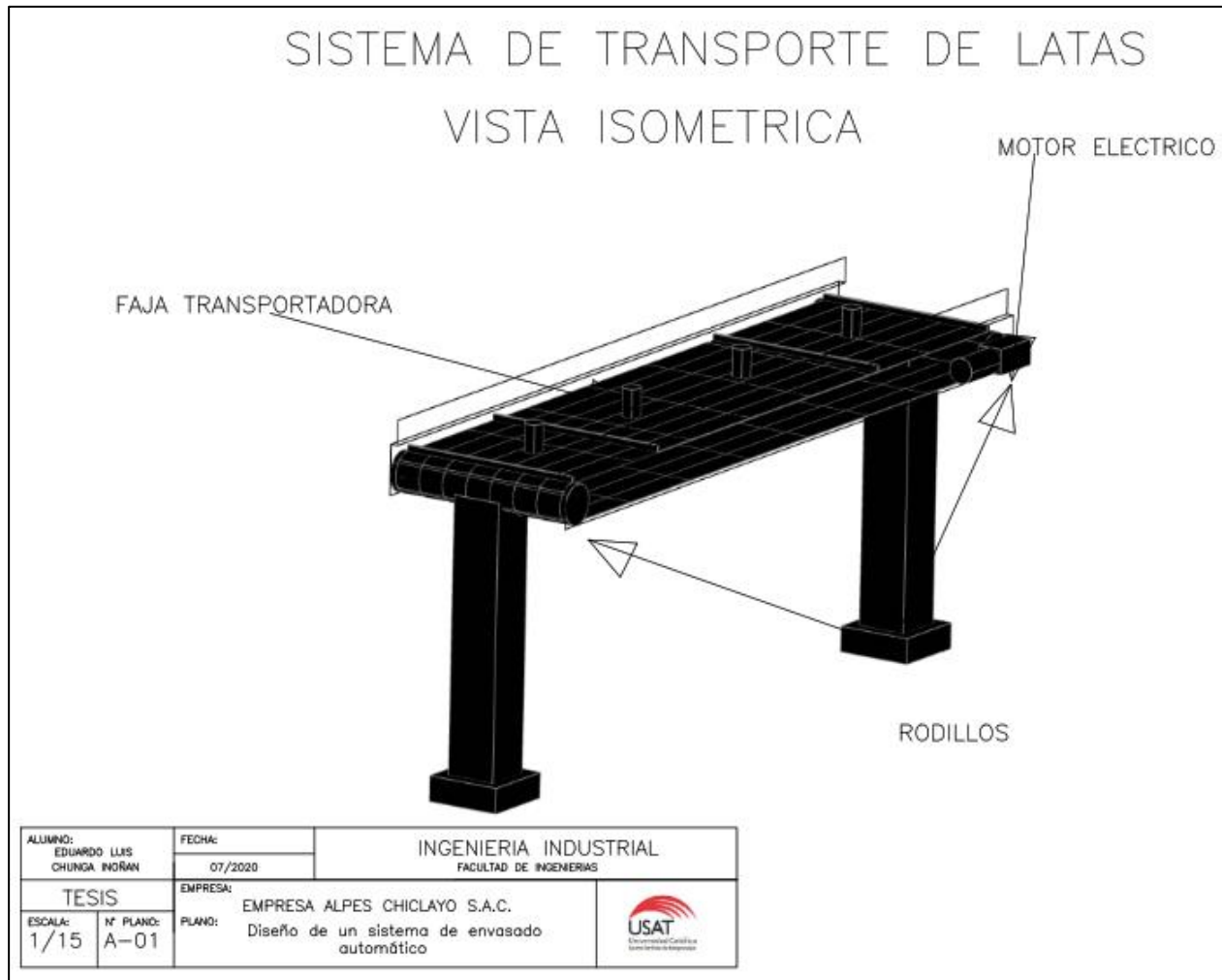
**Figura 44.** Diseño del sistema de transporte de latas de conserva de gandul verde (Vista posterior)



**Figura 45.** Diseño del sistema de transporte de latas de conserva de gandul verde (Vista lateral izquierda)



**Figura 46.** Diseño del sistema de transporte de latas de conserva de gandul verde (Vista lateral derecha)



**Figura 47.** Diseño del sistema de transporte de latas de conserva de gandul verde (Vista isométrica)

### 3.2.1.4. Sistema de control mediante PLC para sincronizar el sistema

Para lograr la sincronización del sistema, se hecho uso de un PLC TWDLCD24DRF programado con el programa Twidosoft, tal como lo muestran la Figura 48 y la Figura 49.

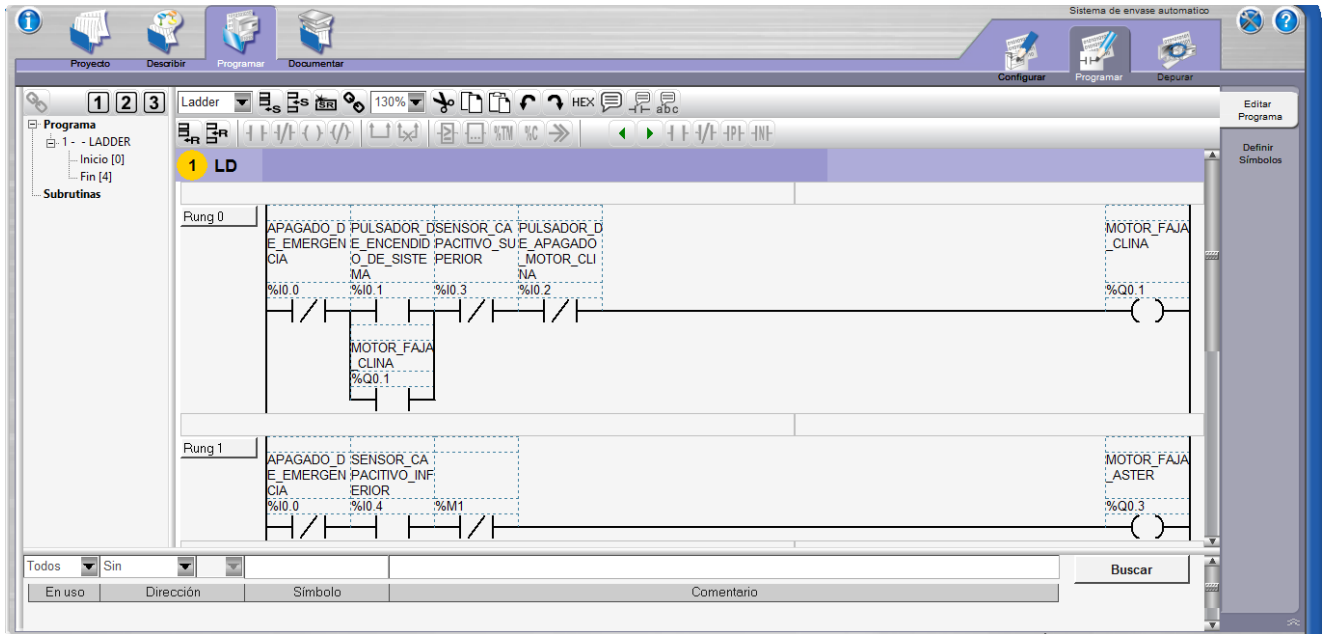


Figura 48. Programación en Twido-Parte 1

Fuente: Elaboración Propia

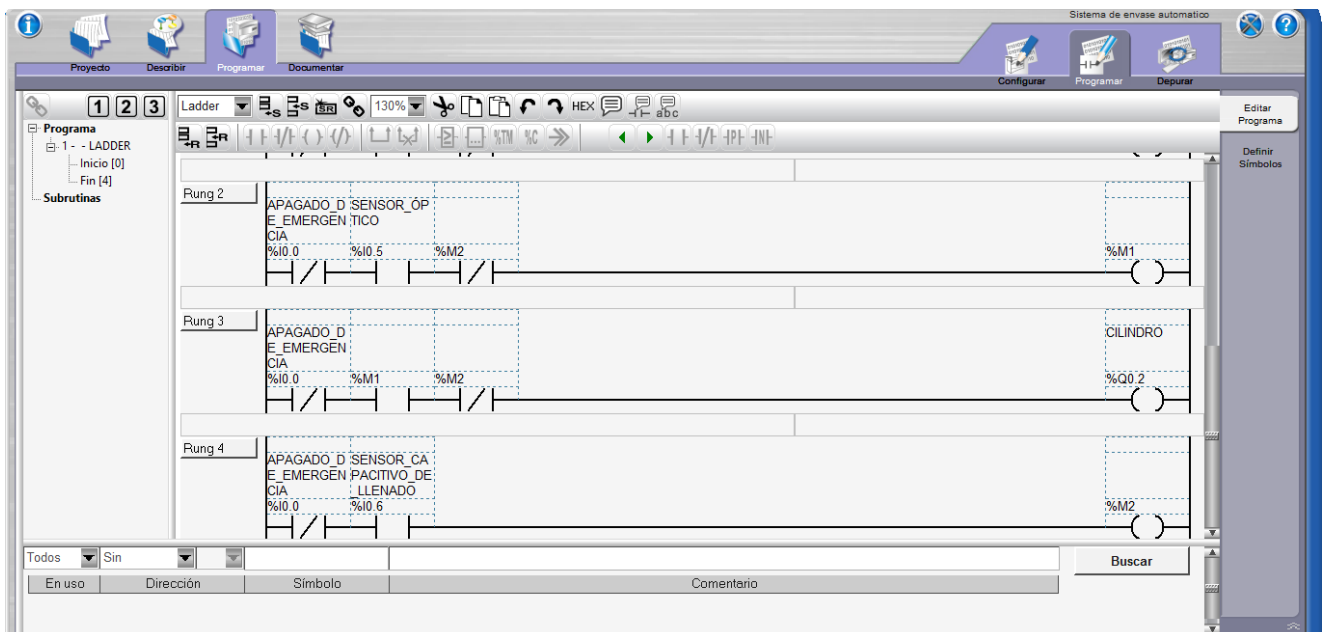


Figura 49. Programación en Twido-Parte 2

Fuente: Elaboración Propia

## **Leyenda**

**I0.0:** Apagado de emergencia.

**I0.1:** Pulsador de encendido del sistema.

**I0.2:** Pulsador de apagado de motor que activa la faja Clina.

**I0.3:** Sensor capacitivo de nivel superior (Tolva de almacenamiento).

**I0.4:** Sensor capacitivo de nivel inferior (Tolva de almacenamiento).

**I0.5:** Sensor óptico (Captador de presencia de latas).

**I0.6:** Sensor capacitivo de nivel de llenado de latas.

**Q0.1:** Motor que activa la faja con relieve Clina.

**Q0.2:** Contactador que activa el cilindro neumático.

**Q0.3:** Motor que activa la faja lisa Clina.

**M1:** Memoria 1.

**M2:** Memoria 2.

### **3.2.2. Diseño del sistema automatizado para el control de presión en las tuberías de vapor**

De acuerdo a los datos obtenidos del diagnóstico por causas, se formula la propuesta un sistema automatizado de control de presión en las tuberías de vapor como solución a la causa **C.2**.

La condición ideal de este sistema es trabajar a una temperatura de 100°C y una presión de 103,421 Kpa (15 psi); por lo que se utilizará un PT100, una válvula proporcional y un módulo de ampliación analógica TWDALM3LT que será programado en el software Labview haciendo uso del controlador PID.

Se selecciona un PT100 debido a que es un sensor de temperatura que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica; y es compatible con los módulos de ampliación disponibles que ofrece Twido. Por lo que se elige el SITRANS TH100 (Figura 50) de la marca Siemens debido a que es un modelo económico y eficiente.



**Figura 50.** SITRANS TH100

*Fuente:* Siemens

La válvula proporcional es ideal para este sistema debido a que puede ajustarse electrónicamente para una serie de cargas sin necesidad de accionamientos físicos. Teniendo en cuenta el Anexo N°10, se selecciona la válvula proporcional de modelo VP2302BE1461MB200 (Figura 51) debido a que tiene una presión de salida de 0,2-2,0 bar, un orificio de 16mm y una señal de control de 4-20 mA.



**Figura 51.** Válvula proporcional VP2302BE1461MB200

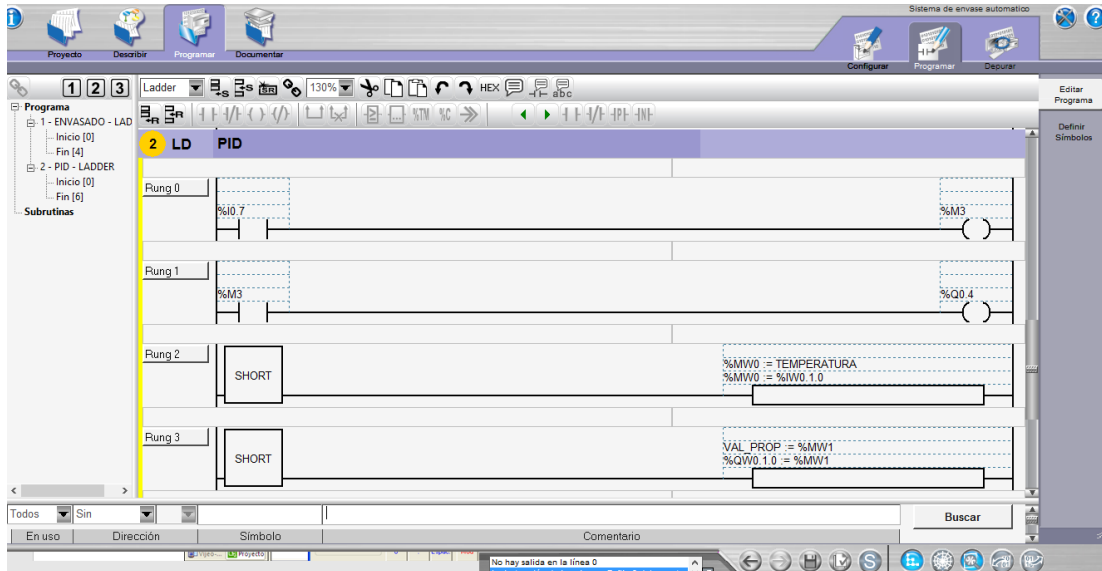
*Fuente:* Norgren

Se elige el módulo de ampliación TWDALM3LT debido a que cuenta con dos entradas analógicas y una salida (0-10V, 4-20mA), 12 bits, bloque de terminales de tornillo extraíble. Termopar K, J, T y PT100 de 3 hilos; por lo tanto, este módulo sería compatible con los otros componentes.

Mazzone Virginia [16] en su publicación controladores PID, explica a cerca de las modificaciones de los esquemas de control PID aplicando el método de oscilación de Ziegler y Nichols, llegando a la conclusión que la función de transferencia a lazo abierto es:

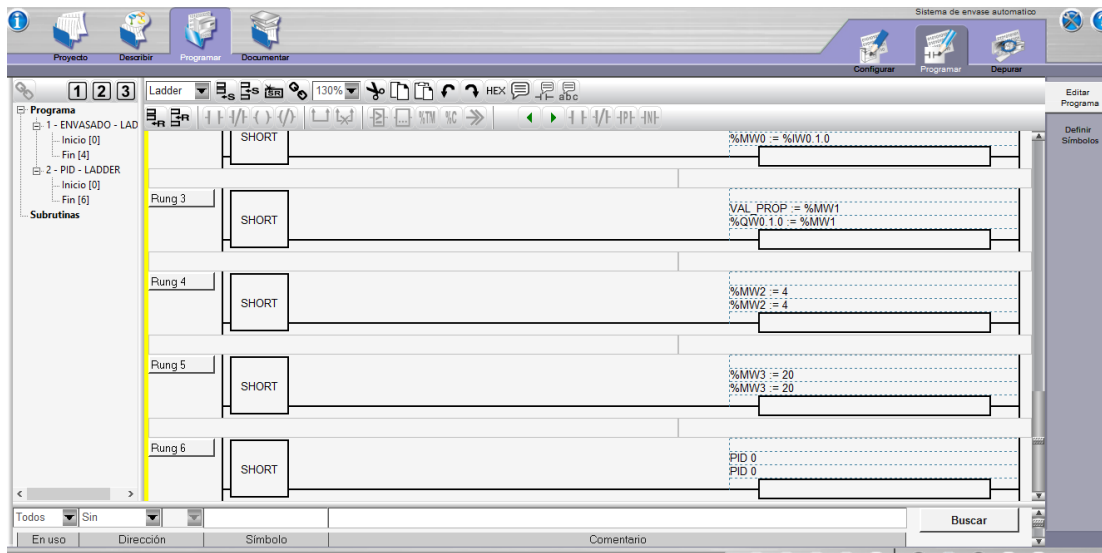
$$G_o(s)C(s) = \frac{52.8s^2 + 109.32s + 58.93}{s(s + 22.2)(s + 1)^3}$$

Por tanto, la programación en el software Twido se muestra en la Figura 52.



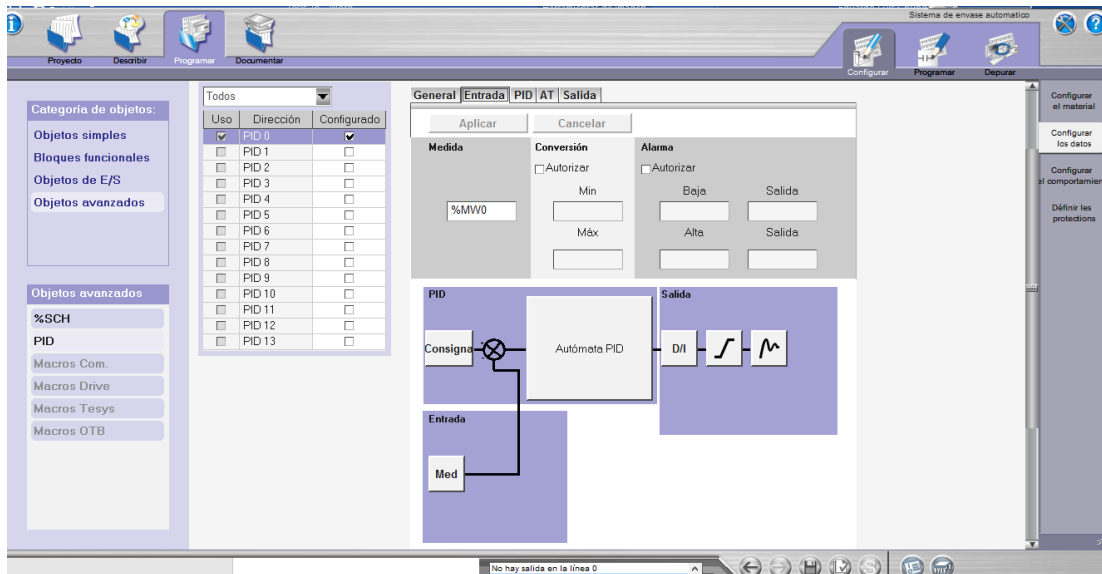
**Figura 52.** Programación para control de vapor en Twido-Parte 1

*Fuente:* Elaboración Propia.



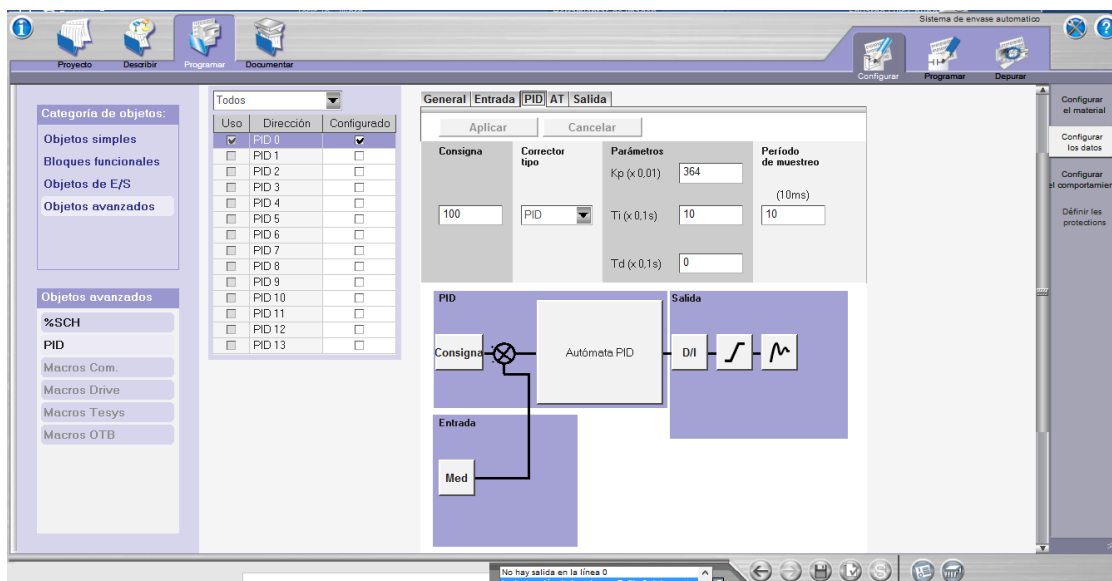
**Figura 53.** Programación para control de vapor en Twido-Parte 2

*Fuente:* Elaboración Propia.



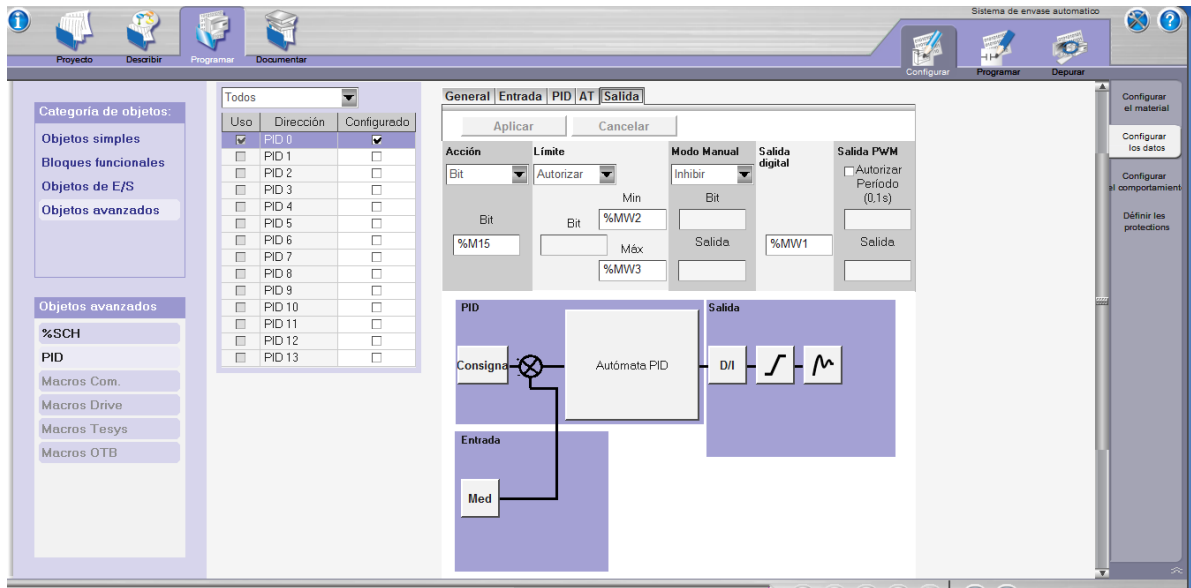
**Figura 54.** Programación para control de vapor en Twido-Parte 3

*Fuente: Elaboración Propia.*



**Figura 55.** Programación para control de vapor en Twido-Parte 4

*Fuente: Elaboración Propia.*



**Figura 56.** Programación para control de vapor en Twido-Parte 5

*Fuente:* Elaboración Propia.

### Leyenda

**IW1.0:** PT100.

**QW1.0:** Válvula proporcional.

**M3:** Memoria 3.

**M4:** Memoria 4.

**I0.7:** Interruptor de arranque del PID

**MW2:** Señal mínima de salida

**MW3:** Señal máxima de salida

De tal modo que, si la temperatura registrada por el PT100 es menor a 100 °C (setpoint), enviará señal de abrir a la válvula proporcional para que incremente la temperatura, pero si ésta se excede de 100°C, se enviará señal de cerrar a la válvula proporcional de tal modo que la temperatura se regule a 100°C.

### 3.2.3. Capacitación al personal

De acuerdo a los datos obtenidos del diagnóstico por causas, se formula la propuesta de capacitación al personal como solución a la causa D.1.

El operario que estará a cargo de controlar el área de envasado de conserva de gandul, así como también otra persona que lo reemplace ante cualquier eventualidad, deben estar capacitados en el manejo del PLC y el Twido para que

sean capaces de afrontar cualquier problema relacionado al funcionamiento del sistema automatizado de envasado.

Actualmente, TECSUP brinda el curso “PLC: Programación y Aplicaciones” con una duración de 40 horas en la ciudad de Trujillo en horario de sábado de 8:00 a 16:00 y una inversión de S/.1 428 por persona. Este curso brinda los siguientes conocimientos:

Introducción a los sistemas de control automático.

Arquitectura del controlador programable.

Ventajas de un PLC.

Lenguajes de programación y formas de representación.

Diagrama de contactos. Plano de funciones.

Programación básica. Operaciones lógicas. Operaciones combinatorias.

Memorias internas. Operación Set/Reset. Temporizadores. Contadores.

Comparadores.

Aplicaciones industriales

Por lo que es recomendable que estos operarios reciban este tipo de formación; además, la empresa debe preparar a las personas encargadas de operar las máquinas presentes en el sistema de producción con el fin de evitar averías por mala manipulación.

La Tabla 16 muestra la comparación entre los indicadores actuales y los indicadores después de la propuesta:

**Tabla 16.** Comparación de indicadores de la propuesta

<b>Causas</b>	<b>Indicador actual</b>	<b>Indicador después de Propuesta</b>
A.1: Deficiente método manual.	$D_{mp} = I_{mp} * (1 - R_e)$ $D_{mp} = 1\ 184,7\ kg/día$	$D_{mp} = I_{mp} * (1 - R_e)$ $D_{mp} = 0\ kg/día$
B.1: Ausencia de equipos de medición.	$MP_{ex} = (Pe_r - Pe_{un}) * P_{día}$ $MP_{ex} = 63\ 300\ g/día$	$MP_{ex} = (Pe_r - Pe_{un}) * P_{día}$ $MP_{ex} = 0\ g/día$
C.1: Bajo ritmo de producción	$P_d = T_b * R_p$ $P_d = 30\ 000\ latas/día$	$P_d = T_b * R_p$ $P_d = 42\ 000\ latas/día$
C.2: Sobrecalentamiento de las tuberías de vapor.	$P_{pr} = \frac{T_b}{F_p + T_o}$ $P_{pr} = 26\ Paradas/día$	$P_{pr} = \frac{T_b}{F_p + T_o}$ $P_{pr} = 0\ Paradas/día$
D.1: Falta de capacitación del personal	Costo de mantenimiento= S/.14 425	Costo de mantenimiento= S/.0

*Fuente:* Elaboración propia

### 3.3. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Con la propuesta de un sistema automatizado de envasado de conserva de gandul verde en la empresa Alpes Chiclayo S.A.C. para incrementar la producción, se determinó el análisis costo beneficio de los gastos asociados a las mejoras frente a los beneficios que trae consigo estas mejoras.

#### 3.3.1. Beneficios de las propuestas

##### 3.3.1.1. Aumento de la producción

Durante el desarrollo de la propuesta se indicó que se van a llegar a producir 12 000 latas más al día igual a 500 cajas diarias (24 latas/caja), equivalente a 96 000 cajas anuales operando 24 días al mes durante el periodo Mayo-Diciembre (8 meses). Se tiene un costo de producción unitario por caja de \$6 equivalente a S/ 19,8 con una tasa de cambio de 3,3. La utilidad promedio es de 10% según dato de la empresa.

*Beneficios del aumento de producción*

$$= 500 \frac{\text{cajas}}{\text{dia}} * 24 \frac{\text{dias}}{\text{mes}} * 8 \frac{\text{meses}}{\text{año}} * \left( 19,8 \frac{\text{soles}}{\text{caja}} * 10\% \right)$$

$$\text{Beneficios del aumento de producción} = 348\,480,00 \frac{\text{soles}}{\text{año}}$$

#### 3.3.2. Costos de la propuesta

Por medio de la Tabla 17 se mostrará los diferentes costos que intervienen en el sistema, tangibles como intangibles. Cabe recalcar que se incorpora dos trabajadores que se van a encargar del manejo del sistema automatizado propuesto. Esto trae consigo adquirir escritorios y computadoras para que realicen su trabajo y las capacitaciones pertinentes. También se consideró todos los materiales necesarios para la automatización y la máquina de envasado.

**Tabla 17.** Costo del sistema propuesto

DESCRIPCIÓN	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
Propuesta de materiales				
Adquisición de maquinaria de envasado	50 000,00	-	-	-
Faja transportadora serie Clina	2 500,00	-	-	-
Rodillo (159mm*30mm)	3 500,00	-	-	-
Tolvas de almacenamiento	2 400,00	-	-	-
Motor 0.5 hp	1 000,00	-	-	-
Disyuntor GV2-L07	800,00	-	-	-
Contactador LC1-D09	1 000,00	-	-	-
Relé LRD-07	400,00	-	-	-
Sensor 875C	4 500,00	-	-	-
Cilindro G435AMSN12A00	800,00	-	-	-
Sensor 871TM	900,00	-	-	-
Faja transportadora lisa serie Clina	900,00	-	-	-
Rodillo (63mm*20mm)	600,00	-	-	-
Motor 0.25 hp	1 000,00	-	-	-
Disyuntor GV2-L06	800,00	-	-	-
Relé LRD-06	500,00	-	-	-
PLC TWDLCDA24DRF	2 500,00	-	-	-
SITRANS TH100	1 000,00	-	-	-
Válvula VP2302BE1461MB200	1 400,00	-	-	-
Módulo TWDALM3LT	4 000,00	-	-	-
Circuitos de conexión	1 000,00	-	-	-
Instalación	20 000,00	-	-	-
Mantenimiento	-	10 000,00	10 000,00	10 000,00
<b>TOTAL</b>	<b>101 500,00</b>	<b>10 000,00</b>	<b>10 000,00</b>	<b>10 000,00</b>
Propuesta para el personal				
Adecuación del área de automatización	30 000,00	-	-	-
02 computadoras y 02 escritorios	10 000,00	-	-	-
Material de oficina	-	1 000,00	1 000,00	1 000,00
Capacitación especializada	-	8 000,00	8 000,00	8 000,00
Remuneración a las 02 personas especialistas	-	52 920,00	52 920,00	52 920,00
Capacitación al personal de planta	-	30 000,00	30 000,00	30 000,00
<b>TOTAL</b>	<b>40 000,00</b>	<b>91 920,00</b>	<b>91 920,00</b>	<b>91 920,00</b>

*Fuente:* Elaboración Propia.

### 3.3.2. Flujo de caja

En la tabla 18 se realizó un flujo de caja, donde se obtuvo un Valor Actual Neto de 263 060,68 soles, una Tasa Interna de Retorno de 96,79%, un beneficio costo de 2,23 y una tasa de recuperación de la inversión de 10 meses con 24 días. Con estos resultados se puede deducir que las propuestas son económicamente viables.

**Tabla 18.** Flujo de caja

CONCEPTO / AÑOS	AÑO 0	AÑO 01	AÑO 02	AÑO 03
<b>I. INGRESOS</b>				
<b>1.-Total Ingreso</b>		S/ 348,480.00	S/ 348,480.00	S/ 348,480.00
Aumento de las utilidades		S/ 348 480,00	S/ 348 480,00	S/ 348 480,00
<b>II. EGRESOS</b>				
<b>2.-Total Egresos</b>	S/ 148 575,00	S/ 107 016,00	S/ 107 016,00	S/ 107 016,00
Propuesta de materiales	S/ 101 500,00	S/ 10 000,00	S/ 10 000,00	S/ 10 000,00
Propuesta para el personal	S/ 40 000,00	S/ 91 920,00	S/ 91 920,00	S/ 91 920,00
(Imprevistos 5%)	S/ 7 075,00	S/ 5 096,00	S/ 5 096,00	S/ 5 096,00
<b>Utilidad Operativa</b>		S/ 241 464,00	S/ 241 464,00	S/ 241 464,00
(Depreciación)		S/ 5 000,00	S/ 5 000,00	S/ 5 000,00
<b>Utilidad antes de Impuestos</b>		S/ 236 464,00	S/ 236 464,00	S/ 236 464,00
(Impuesto a la Renta 30%)		S/ 70 939,20	S/ 70 939,20	S/ 70 939,20
<b>Flujo de Caja Anual</b>	<b>-S/ 148 575,00</b>	<b>S/ 165 524,80</b>	<b>S/ 165 524,80</b>	<b>S/ 165 524,80</b>
<b>Caja acumulada</b>	<b>-S/ 148 575,00</b>	<b>S/ 16 949,80</b>	<b>S/ 182 474,60</b>	<b>S/ 347 999,40</b>
VAN	263 060,68			
TIR	96,79%			
B/C	2,23			
TR	10 meses con 24 días			

## **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1. CONCLUSIONES**

1. Mediante la implementación del sistema automatizado se logra incrementar la producción en un 40%, por lo que también se necesita mayor ingreso de materia prima a la planta. Se concluye del diagnóstico del área de envasado que las causas que generan pérdidas son el deficiente método manual, la ausencia de equipos de medición, el bajo ritmo de producción, el sobrecalentamiento de las tuberías de vapor y la falta de capacitación del personal, llegando a generar una pérdida económica mensual de S/.716 328,8.
2. Se realizó la propuesta de un sistema automatizado de envasado para aumentar la producción, un sistema de control de temperatura de vapor para evitar las paradas que producen producto en espera y la capacitación al personal en temas de PLC.
3. El sistema automatizado fue programado mediante un PLC Twido el cual está conectado a diferentes entradas, con el fin de optimizar los recursos.
4. Mediante el análisis costo beneficio se determinó un Valor Actual Neto de 263 060,68 soles, una Tasa Interna de Retorno de 96,79%, un beneficio costo de 2,23 y una tasa de recuperación de la inversión de 10 meses con 24 días.

## **4.2. RECOMENDACIONES**

Se recomienda que la empresa cumpla con las capacitaciones a los operarios.

Se recomienda la implementación de un plan de mantenimientos preventivos para evitar pérdidas en planta.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. Carro Paz y D. González Gómez, «Capítulo 2: Productividad y competitividad,» de *Administración de las operaciones*, Universidad Nacional de Mar del Plata, 2007.
- [2] C. Rueda, «Automatización Industrial, áreas de aplicación para ingeniería,» 2008.
- [3] C. L. Navarro, J. Pérez y D. Restrepo, «El Guandul (*Cajanus Cajan*), una alternativa en la industria de los alimentos,» *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol. 12, nº 2, pp. 197-206, Julio - Diciembre 2014.
- [4] Ministerio de agricultura y ganadería de Costa Rica, «Gandul,» 1991.
- [5] R. X. Garzón Cuadro, «Tecnología programada de los proceso de envasado de agua para el mejoramiento de la producción de la planta purificadora Bless Water,» Babahoto, 2017.
- [6] J. Gonzáles Prado y J. Velásquez Costa, «Prototipo automatizado para el llenado y tapado de botellas de plástico,» *Industrial Data*, vol. 20, nº 1, pp. 125-130, 2017.
- [7] M. Pûta, «Sistemas de control para aplicaciones industriales basados en PLC,» 2016.
- [8] J. A. Cifuentes Guzmán, J. E. García Caicedo, M. A. Guerrero Matabajoy, C. J. Gordillo Covalada y J. M. Villota Paz, «Evaluación del sistema automatizado para la envasadora de líquidos en la empresa Probionar,» Nariño, 2016.
- [9] M. F. Akbar, «LKP: Implementación de Siemens PLC en el área de la industria del cigarrillo de Tresno PT. Bentoel Group,» 2018.
- [10] P. Ponsa y T. Granollers, «Sistemas de automatización,» *Submitted by admin on Jue*, nº 81, 2014.
- [11] Atlantic International University AIU, «Curso: automatizacion y control,» VirtualPro, 01 diciembre 2013. [En línea]. Available: <https://www.revistavirtualpro.com/biblioteca/automatizacion-y-control>. [Último acceso: 02 septiembre 2020].
- [12] F. Ebel, *Fundamentos de la Técnica de automatizacion- Libro Tecnico*, Alemania: Denkendorf, 2008.
- [13] A. Cuenca, «Foros de Electrónica,» Forum software by XenForo, 2018. [En línea]. Available: <https://www.forosdeelectronica.com/resources/la-realimentaci%C3%B3n.9/>. [Último acceso: 02 Septiembre 2020].
- [14] Alpes Chiclayo S.A.C..
- [15] A. Heras López, *Diseño de cinta transportadora y estructura auxiliar para planta de procesado de arcillas.*, España: Euromeca, 2014.
- [16] V. Mazzone, «Control Automático 1,» Marzo 2002. [En línea]. Available: <https://www-eng.newcastle.edu.au/~jhb519/teaching/caut1/Apuntes/PID.pdf>. [Último acceso: 03 Setiembre 2020].

## VI. ANEXOS

### Anexo N°1: Medidas de latas de 15 oz- Envases Layta

Capacidad		Medidas					Presentación					Fotos
Nominal	mililitros	AMERICAN ESTANDAR (EXTERIOR)			Milímetros (mm) (INTERIOR)		Fondo normal	AFT	Peel off	Estándar	Apilable	
		Diámetro superior	Diámetro inferior	Altura	Diámetro	Altura						
5.5 onzas	171	200	202	308	52	89	X	X			X	
5.5 onzas	171	202	202	308	52	89	X	X		X		
3.4 onzas	192	211	211	212	65	69	X	X		X		
4 onzas	192	211	211	212	65	69	X	X		X		
8 onzas	224	211	209	300	65	63	X	X			X	
8 onzas	224	211	211	300	65	63	X	X		X		
10.5 onzas	310	211	211	400	65	101	X	X		X		
12 onzas	380	211	211	413	65	121	X	X		X		
15 onzas	431	300	214	407	73	113	X	X			X	
15 onzas	431	300	300	407	73	113	X	X		X		

### Anexo N°2: Catálogo Esbelt de fajas Serie Clina

esbelt.com		Catálogo Web > Bandas Transportadoras																					
Banda	Cobertura Superior				Cobertura Inferior				Características Especiales	Temperatura		Tejidos		Banda		F	C	Carga N/m			Ancho Max. mm		
	Material	Color	Espesor mm	Acabado	Material	Color	Espesor mm	Acabado		Constante	puntual	Num. Telas	Trama	Espesor mm	Peso Kg/m <sup>2</sup>			Rotura	1%	1.5%			
<b>Serie Clina</b>																							
C08UF	PU	Blanco 00	0.30	Liso	-	Crudo	0.00	Tejido WP AE	POA EU PRC A V AB	-10	90	-15	110	1	Rígida	1.00	1.10	10	30	50	5	7	2000
C08UFMT	PU	Blanco 00	0.30	Mate	PU	Crudo	0.10	Impreg AE	POA EU PRC A V AB LP	-10	90	-15	110	1	Rígida	1.00	1.10	10	30	50	5	7	2000
C09UF	PU	Blanco 00	0.25	Liso	PU	Crudo	0.10	Impreg AE	POA EU PRC A V AB	-10	90	-15	110	2	Rígida	1.20	1.35	10	30	100	8	12	2000
C09UFMT	PU	Blanco 00	0.25	Mate	PU	Crudo	0.10	Impreg AE	POA EU PRC A V AB LP	-10	90	-15	110	2	Rígida	1.20	1.35	10	30	100	8	12	2000
C10FF	-	Crudo	0.00	Algodon-Poliest	-	Crudo	0.00	Algodon-Poliest	POA EU LA V LP	-15	90	-25	110	2	Flexible	1.40	1.25	10	10	110	7	10	2200-3000
C10UF	PU	Blanco 00	0.30	Liso	-	Crudo	0.00	Tejido WVP	POA EU LA V AB	-10	90	-15	110	2	Rígida	1.45	1.60	20	50	120	10	18	2000
C11FF	-	Crudo	0.00	Tejido WP	-	Crudo	0.00	Tejido WP AE	POA EU PRC LP	-15	80	-25	100	2	Rígida	1.30	1.40	30	30	120	9	12	3000
C12CF	PVC	Blanco 00	0.50	Liso	-	Crudo	0.00	Tejido WVP	POA EU LA V	-15	80	-25	100	2	Rígida	2.10	2.50	35	55	120	10	15	3000
C12DF	PVC	Blanco 00	0.70	Grabado D	-	Crudo	0.00	Tejido WVP	POA EU LA V	-15	80	-25	100	2	Rígida	2.30	2.50	35	55	120	10	15	2000
C12UF	PU	Blanco 00	0.30	Liso	-	Crudo	0.00	Tejido WVP	POA EU LA V AB	-10	80	-15	105	2	Rígida	1.60	1.90	20	50	120	10	16	2000-3000
C12UFMT	PU	Blanco 00	0.30	Mate	-	Crudo	0.00	Tejido WVP	POA EU LA V AB LP	-10	80	-15	105	2	Rígida	1.50	1.70	20	50	120	10	16	2000-3000
C13FF	-	Crudo	0.00	Tejido	-	Crudo	0.00	Tejido	POA EU LP	-15	80	-25	100	2	Rígida	2.00	2.30	40	40	120	9	12	3000
C16FF	-	Crudo	0.00	Algodon-Poliest	-	Crudo	0.00	Algodon-Poliest	POA EU LP	-15	80	-25	100	2	Rígida	2.55	2.20	40	40	160	5	8	2200
C17CF	PVC	Blanco 00	1.00	Liso	PVC Duro	Blanco 00	0.10	Impregnado	POA EU LA V SW	-15	80	-25	100	1	Rígida	2.75	3.10	100	150	150	17	25	2000-3000
C20CF	PVC	Blanco 00	0.80	Liso	-	Crudo	0.00	Tejido WVP	POA EU LA V	-15	80	-25	100	2	Rígida	2.80	3.30	55	75	200	15	22	3000

### Anexo °3: Catálogo Conveyor de rodillos lisos

		Longitud del rodillo L (mm)															
D	d1(mm)	200	250	315	380	465	530	600	670	750	950	1150	1400	1600	1800	2000	2200
63	20	2/1.3	2.4/1.6	2.9/1.9	3.4/2.2	4.1/2.7	4.6/3	5.2/3.5	5.7/3.8	6.4/4.3	8/5.3	9.6/6.4	11.6/7.7	13.2/8.8	14.8/9.9	16.4/10.9	18/12
89	20	2.4/1.8	2.9/2.2	3.6/2.6	4.2/3	4.8/3.6	5.4/4.1	6/4.5	6.6/5	7.8/5.7	9.7/7.0	11.2/8.2	14/10.2	16.1/11.27	18/13.1	20/14.5	21.9/15.9
	25	3.1/2.2	3.6/2.5	4.3/3.1	5/3.4	5.9/4	6.6/4.4	7.4/5.0	8.3/5.6	9.2/6.2	11.4/7.6	13.6/9.0	16.4/10.8	18.6/12.2	20.8/13.6	23/15	25.2/16.4
	30	3.5/2.2	4.2/2.6	5/3.2	5.8/3.5	6.9/4.1	7.8/4.5	8.7/5	9.6/5.7	10.7/6.3	13.3/7.7	15.9/9.1	19.1/10.9	21.7/12.3	24.3/13.8	26.9/15.2	29.5/16.5
101.6	20	2.9/2.2	3.4/2.6	4.2/3.2	4.9/3.7	5.9/4.5	6.6/5	7.4/5.7	8.2/6.3	9.1/7.0	11.4/8.7	13.7/10.5	16.6/12.7	18.8/14.4	21.1/16.2	23.4/17.9	25.7/19.7
	25	3.6/2.7	4.3/3.2	5.1/3.8	5.9/4.3	7.0/5.1	7.8/5.6	8.7/6.2	9.6/6.9	10.6/7.6	13.2/9.4	15.7/11.1	18.9/13.3	21.4/15	24/16.8	26.5/18.5	29/20.2
108	20	3/2.3	3.6/2.8	4.4/3.4	5.1/3.9	6.2/4.8	6.9/5.3	7.8/6.1	8.6/6.7	9.6/7.5	12/9.3	14.4/11.2	17.4/13.5	19.7/15.3	22.1/17.2	24.5/19	26.9/20.9
	25	3.7/2.8	4.4/3.3	5.3/4.0	6.1/4.5	7.3/5.4	8.1/5.9	9.1/6.6	10/7.3	11/8.0	13.7/9.9	16.4/11.8	19.7/14.1	22.3/15.9	25/17.8	27.6/19.6	30.3/21.5
	30	3.7/2.6	5.7/3.7	6.6/4.2	7.6/4.8	8.9/5.6	9.9/6.3	11/7	12/7.5	13.2/8.3	16.2/10.1	19.3/12.1	23/14.3	26.1/16.3	29.1/18.1	32.1/19.9	35.2/21.9
	35					9.8/6.2	10.8/6.7	11.9/7.3	13/7.9	14.2/8.5	17.3/10.1	20.4/11.7	24.3/13.7	27.4/15.3	30.5/16.9	33.6/18.5	36.7/20.1
133	20	4.1/3.6	4.8/4.2	5.7/4.9	6.5/5.6	7.7/6.6	9.0/7.4	9.10/8.3	11.1/9.2	12.4/10.3	15.5/12.8	18.5/15.3	22.4/18.5	25.5/21.1	28.6/23.7	31.7/26.2	34.8/28.8
	25	4.2/3.5	5.7/4.6	6.8/5.5	7.8/6.2	9.3/7.4	10.4/8.2	11.5/9.0	12.7/10	14/11.0	17.4/13.6	20.7/16.1	24.9/19.3	28.3/21.9	31.6/24.4	35/27	38.3/29.5
	30	5.1/4.1	6.8/4.8	8.1/6.4	9.2/6.4	10.8/7.5	12/8.4	13.3/9.3	14.6/10.1	16.1/11.2	19.9/13.8	23.6/16.4	28.2/19.5	31.9/22.1	35.7/24.7	39.4/27.2	43.1/29.8
	35					12/7.9	13.4/8.8	14.8/9.5	16.2/10.5	17.9/11.6	22/14.2	26.1/16.7	31.2/19.9	35.3/22.4	39.4/25	43.5/27.5	47.6/30.1
	40						19.1/13.5	20.6/14.3	22.3/15.3	26.5/17.7	30.7/20.1	35.9/23.1	40.1/25.5	44.3/27.9	48.5/30.3	52.7/32.7	
159	25	6.6/5.7	7.7/6.6	9.2/7.9	10.7/9.1	12.7/10.8	14.1/11.9	15.8/13.3	17.4/14.7	19.2/16.2	23.8/20	28.4/23.8	34.1/28.5	38.7/32.3	43.3/36.1	47.9/39.9	52.5/43.7
	30	6.4/5.4	8.7/6.7	10.3/7.9	11.6/8.8	14/10.7	15.6/12	17.4/13.4	19.1/14.6	21.1/16.2	26/19.9	31/23.8	37.2/28.5	42.2/32.4	47.1/36.1	52.1/39.9	57/43.8
	35					4.9/10.8	16.6/12	18.5/13.2	20.4/14.7	22.5/16.2	27.9/20.1	33.2/23.8	39.9/28.6	45.2/32.3	50.6/36.2	55.9/39.9	61.5/43.7
	40						22.8/15.4	24.9/16.8	27.2/18.3	33/22.1	38.9/25.9	46.2/30.7	52.1/34.5	57.9/38.3	63.8/42	69.6/45.9	
	50							30.3/22.1	33.1/24.0	40.1/28.6	47.1/33.2	55.8/38.6	62.8/43.5	69.8/48.1	76.8/52.7	83.8/57.3	
193	40							32.3/25.1	35.2/27.2	38.6/29.6	47.0/35.6	55.4/41.6	65.9/49.1	74.3/55.1	82.7/61.1	91.1/67.1	99.5/73.1
	50							27.2/19.4	29.6/20.9	32.3/22.6	39.1/26.8	45.9/31.0	54.4/36.2	61.2/40.4	68.0/44.6	74.8/48.8	81.6/53.0
	60							35.6/26.4	39.0/30.9	42.8/33.8	52.4/41.0	62.0/48.2	74.0/57.2	83.6/64.4	93.2/71.6	102.8/78.8	112.4/86.0
	60							41.8/31.0	45.7/33.6	50.1/36.6	61.1/44.0	72.5/51.4	85.8/60.6	96.8/75.4	107.8/75.4	118.8/82.8	129.8/90.2

### Anexo N°4: Catálogo de motores Siemens

Descripción				Modelo	
Potencia en HP	Velocidad en RPM	Tensión a 60Hz en Volts	Tamaño Armazón NEMA	GP10 Uso General Catálogo Spiridon	SD10 Uso Severo Catálogo Spiridon
0.5	900	208-230/460	143T	A7B10000048458	no disponible
0.75	1800	208-230/460	143T	A7B10000048472	A7B10000048469
	1200	208-230/460	143T	A7B10000048459	A7B10000048474
	900	208-230/460	145T	A7B10000048490	A7B10000048475
1	3600	208-230/460	143T	A7B10000012670	A7B10000047493
	1800	208-230/460	143T	A7B10000012675	A7B10000047514
	1200	208-230/460	145T	A7B10000012678	A7B10000047515
	900	208-230/460	182T	A7B10000048088	A7B10000048042
1.5	3600	208-230/460	143T	A7B10000012671	A7B10000048041
	1800	208-230/460	145T	A7B10000012676	A7B10000047516
	1200	208-230/460	182T	A7B10000012683	A7B10000048043
	900	208-230/460	184T	A7B10000048499	A7B10000048044
2	3600	208-230/460	145T	A7B10000012672	A7B10000048045
	1800	208-230/460	145T	A7B10000012677	A7B10000047517
	1200	208-230/460	184T	A7B10000012684	A7B10000048046
	900	208-230/460	213T	A7B10000048089	A7B10000048047
3	3600	208-230/460	182T	A7B10000012679	A7B10000048048
	1800	208-230/460	182T	A7B10000012681	A7B10000047518
	1200	208-230/460	213T	A7B10000012689	A7B10000048049
	900	208-230/460	215T	A7B10000048090	A7B10000048050
5	3600	208-230/460	184T	A7B10000012680	A7B10000048051
	1800	208-230/460	184T	A7B10000012682	A7B10000047519
	1200	208-230/460	215T	A7B10000012690	A7B10000048052
	900	208-230/460	254T	A7B10000048091	A7B10000048054
7.5	3600	208-230/460	213T	A7B10000012685	A7B10000048055
	1800	208-230/460	213T	A7B10000012687	A7B10000047520
	1200	208-230/460	254T	A7B10000012697	A7B10000048066
	900	208-230/460	256T	A7B10000048092	A7B10000048067
10	3600	208-230/460	215T	A7B10000012686	A7B10000048068
	1800	208-230/460	215T	A7B10000012688	A7B10000048030
	1200	208-230/460	256T	A7B10000012699	A7B10000048069
15	3600	208-230/460	254T	A7B10000012692	A7B10000048071
	1800	208-230/460	254T	A7B10000012695	A7B10000048031
20	3600	208-230/460	256T	A7B10000012694	A7B10000048072
	1800	208-230/460	256T	A7B10000012696	A7B10000048032

## Anexo 5: Catálogo Schneider Electric.

### > Guardamotores magnéticos para protección contra cortocircuitos



#### GV2 - LE

Guardamotor magnético

Protección contra cortocircuitos Coordinación Tipo 1

Rango de relé térmico a asociar (A)	Calibre (A)	I Corte 415 V.	Referencia	Precio Sr.	Cantidad Indivisible
1 - 1.7	1.6	> 100KA	GV2LE06	213.00	1
1.6 - 2.5	2.5	> 100KA	GV2LE07	213.00	1
2.5 - 4	4	> 100KA	GV2LE08	213.00	1
4 - 6	6.3	> 100KA	GV2LE10	213.00	1
5.5 - 8 / 7 - 10	10	> 100KA	GV2LE14	214.00	1
9 - 13	14	15KA	GV2LE16	213.00	1
12 - 18	18	15KA	GV2LE20	257.00	1
16 - 24	25	15KA	GV2LE22	266.00	1
23 - 32	32	10KA	GV2LE32	319.00	1

4



#### GV2-L

Guardamotor magnético

Protección contra cortocircuito. Aptos para Coordinación tipo 2

Rango de relé térmico a asociar (A)	Calibre (A)	I Corte 415 V.	Referencia	Precio Sr.	Cantidad Indivisible
1 - 1.7	1.6	> 100KA	GV2L06	233.00	1
1.6 - 2.5	2.5	> 100KA	GV2L07	233.00	1
2.5 - 4	4	> 100KA	GV2L08	233.00	1
4 - 6	6.3	> 100KA	GV2L10	233.00	1
5.5 - 8 / 7 - 10	10	> 100KA	GV2L14	266.00	1
9 - 13	14	50KA	GV2L16	287.00	1
12 - 18	18	50KA	GV2L20	287.00	1
16 - 24	25	50KA	GV2L22	353.00	1
23 - 32	32	35KA	GV2L32	418.00	1



#### GV3-L

Guardamotor magnético

Protección contra cortocircuito. Aptos para Coordinación tipo 2

Rango de relé térmico a asociar (A)	Calibre (A)	I Corte 415 V.	Referencia	Precio Sr.	Cantidad Indivisible
30 - 40	40	50KA	GV3L40	514.00	1
37 - 50	50	50KA	GV3L50	565.00	1
48 - 65	65	50KA	GV3L65	590.00	1

#### Compact NS - MA

Guardamotor Magnético (con regulación magnética)

Protección contra cortocircuito. Aptos para Coordinación tipo 2

## Anexo N°6: Catálogo Allen-Bradley de Sensores capacitivos

### 875C de CC de 3 cables

Cara de plástico/cuerpo roscado de latón niquelado

#### Selección de productos

Cilindro Diám. y Tipo	Distancia de detección nominal [mm (pulg.)]	Blindado	Configuración de salida		Frecuencia de conmutación (Hz)	Núm. de cat.			
						Tipo cable	Conector estilo Micro	Conector estilo Pico	
12 mm roscado	2.5 (0.09)	Sí	N.A.	PNP	100	875C-M2NP12-A2	-	-	
18 mm roscado	1 (0.04)...5 (0.20)					NPN	875C-MSNP18-A2	-	875C-MSNP18-P3
				N.C.			875C-MSNN18-A2	-	875C-MSNN18-P3
						875C-MSCP18-A2	-	875C-MSCP18-P3	
						875C-MSCN18-A2	-	875C-MSCN18-P3	
						30 mm roscado	2 (0.08)...10 (0.39)	PNP	875C-M10NP30-A2
			NPN	875C-M10NN30-A2					875C-M10NN30-D4
PNP	875C-M10CP30-A2			875C-M10CP30-D4				-	
	NPN		875C-M10CN30-A2	875C-M10CN30-D4				-	

Cable con un conector normal recomendado (-2 = 2 m (6.5 pies))

889D-F4AC-2      889P-F3AB-2

#### Cables con un conector y accesorios

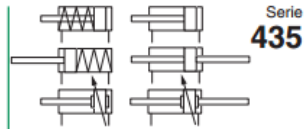
Descripción	Número de página
Soportes de montaje	2-210...2-214
Tuercas de montaje	2-221...2-222
Cajas de terminales	8-1
Otros cables con un conector disponibles	8-1

## Anexo N°7: Catálogo Numatis de cilindros hidráulicos

**numatics**

### CILINDROS REDONDOS

Ø 8 a 25 mm  
simple o doble efecto  
ISO 6432



Serie  
**435**

#### PRESENTACIÓN

- Excelente resistencia a los agentes externos (tubo y vástago de acero inox.)
- Fijaciones integradas en la parte delantera y tenón tipo MP4 en la parte trasera para montaje articulado
- Fijación compacta por atornillado directo del fondo delantero o trasero en chasis de máquina
- Cilindros de doble efecto con o sin amortiguación neumática

#### INFORMACIÓN GENERAL

<b>Detección</b>	Previstos para detectores magnéticos de posición
<b>Fluido</b>	Aire o gas neutro filtrado, lubricado o no
<b>Presión de utilización</b>	[1 bar = 100 kPa]
<b>simple efecto</b>	2 a 10 bar
<b>doble efecto</b>	10 bar, máx.
<b>Temperatura ambiente</b>	-10°C a +70°C
<b>Velocidad máx. óptima</b>	≤ 1 m/s (para un funcionamiento óptimo)
<b>Velocidad máx. admisible</b>	2 m/s
<b>Normas</b>	ISO 6432



**B**

#### CONSTRUCCIÓN

<b>Tubo amagnético</b>	Acero inoxidable amagnético
<b>Vástago</b>	Acero
<b>Fond. delantero y trasero</b>	Aleación ligera anodizada (acero inox. : opción SSC)
<b>Juntas de amortiguación</b>	PUR (poliuretano)
<b>Amortiguación <sup>W</sup></b>	Neumática, regulable por los 2 lados por tornillos imperdibles
<b>Tuerca de vástago/tuerca fondo</b>	Acero cincado
<b>Casquillo</b>	Aleación ligera POM (poliacetal) equipado de un imán permanente anular
<b>Junta de pistón</b>	PUR (poliuretano)
<b>Desmontaje</b>	No se puede desmontar

Doble efecto <sup>W</sup>
longitud de amortiguación
Ø 16 mm = 12,5 mm
Ø 20 mm = 17,5 mm
Ø 25 mm = 18 mm

<sup>W</sup> opción CSH

Modelos CAD 2D/3D - In 3D