

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA
MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE ABASTECIMIENTO
Y MOVIMIENTO DE MATERIA PRIMA EN LA EMPRESA
AGROEXPORTADORA**

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

AUTOR

XAVIER DEL CARMEN BONILLA NEYRA

ASESOR

JOSELITO SANCHEZ PEREZ

<https://orcid.org/0000-0002-1525-8149>

Chiclayo, 2020

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA
MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE
ABASTECIMIENTO Y MOVIMIENTO DE MATERIA PRIMA EN LA
EMPRESA AGROEXPORTADORA**

PRESENTADA POR:

XAVIER DEL CARMEN BONILLA NEYRA

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

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Vanessa Lizet Castro Delgado

PRESIDENTE

Alejandro Segundo Vera Lázaro

SECRETARIO

Joselito Sanchez Perez

ASESOR

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad hasta ahora; en segundo lugar, a mis padres, por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora; por último, a mi esposa e hijo que son la razón de seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, gracias a mi familia por apoyarme en cada decisión y proyecto, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermoso que es la vida y lo justo que puede llegar a ser; gracias a Dios por permitirme vivir y disfrutar de cada día.

No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor, a su inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos, les agradezco, y hago presente mi gran afecto hacia ustedes, mi hermosa familia Dina y Alonso.

ÍNDICE

RESUMEN.....	12
ABSTRACT	13
I. INTRODUCCIÓN.....	14
II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA.....	16
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	16
2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	19
2.2.1 Automatización Industrial.....	19
2.2.2 Estructura de la Automatización	21
2.2.3 Tipos de automatización.....	22
2.2.4 Ventajas e inconvenientes de la automatización.....	22
2.2.5 Elementos de la Automatización.....	23
2.2.6 Controladores lógicos programables (PLC).....	25
2.2.6.1 Estructura básica de un PLC.....	25
2.2.6.2 Ventajas y Desventajas del PLC.....	26
2.2.7 Descripción de componentes de estructura básica de PLC	27
2.2.7.1 Fuente de alimentación.....	27
2.2.7.2 Unidad de procesamiento central	27
2.2.7.3 Módulos o Interfaces de entrada y salida (e/s)	27
2.2.7.4 Módulos de memorias	30
2.2.7.5 Unidad de programación	30
2.2.7.6 Partes de controlador lógico programable.....	31
2.2.7.6.1 Referencia del producto.....	32
2.2.8 Actuadores de PLC.....	33
2.2.8.1 Tipos de actuadores	34

2.2.8.1.1	Actuadores neumáticos	34
2.2.8.1.2	Actuadores hidráulicos	34
2.2.8.1.3	Actuadores eléctricos.....	34
2.2.9	Electro Neumática	34
2.2.9.1	Ventajas y Desventajas de la electro neumática	34
2.2.10	Motores Eléctricos.....	36
2.2.11	Interruptor de nivel de paleta rotativa	37
2.2.12	Celda de Carga	37
2.2.13	Diseño Asistido por Computadora	38
2.2.14	Productividad y Producción	39
2.2.15	Diagrama Hombre –Máquina.....	40
2.2.16	Diagrama de causa efecto.....	40
2.2.17	Estudio de tiempos	40
2.2.18	Indicadores De inversiones	42
2.2.18.1	Valor Actual Neto (VAN).....	42
2.2.18.2	Tasa Interna de Rendimiento	42
2.2.18.3	Pay Back ó Plazo de Recuperación.....	43
III.	RESULTADOS	44
3.1	DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN DE LA EMPRESA	44
3.1.1	La empresa	44
3.1.1.1	Historia	44
3.1.1.2	Organigrama	44
3.1.2	Descripción del sistema de producción.....	46
3.1.2.1	Productos	46
3.1.2.2	Proceso de producción.....	47

3.1.2.3	Sistema de Producción.....	47
3.1.2.4	Análisis para el Proceso de Producción.....	47
3.1.2.4.1	Diagrama de Flujo	48
3.1.2.4.2	Diagrama de Análisis Procesos	49
3.1.3	Indicadores actuales de producción.....	50
3.1.3.1	Producción	51
3.1.3.2	Capacidad de Planta.....	52
3.1.3.3	Capacidad Efectiva o Real.....	52
3.1.3.4	Capacidad Ociosa	52
3.1.3.5	Utilización	53
3.1.3.6	Tiempo de ciclo	54
3.1.3.7	Cuello de botella.....	54
3.2	RESUMEN DE INDICADORES DE PRODUCCIÓN	54
3.3	IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y SUS CAUSAS	55
3.3.1	Problemas, causas y propuestas de solución en el sistema de producción.....	56
3.4	DESARROLLO DE PROPUESTA DE MEJORAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN	61
3.4.1	Mejora 1: Mejora del envase convencional por el envase Big bags	61
3.4.2	Mejora 2: Diseño del sistema de abastecimiento y movimiento de materia prima..	64
a)	Elevador de cangilones.....	65
b)	Diseño de la poza de recepción de materia prima.	75
c)	Diseño de la tolva de acumulación.....	77
3.4.3	Mejora 3: Diseño y Cálculo del sistema automatizado.....	85
3.4.3.1	Diseño eléctrico.....	85
3.4.3.2.	Sistema Neumático	87

3.5	RESULTADO DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	101
3.5.1	Nuevos indicadores de producción.....	105
3.6	ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	106
3.6.1	Ahorro en la producción.....	106
3.6.2	Inversión de la implementación	106
3.6.3	Flujo de caja e indicadores económicos	109
	CONCLUSIONES	111
	DISCUSIONES.....	112
	REFERENCIAS	114
	ANEXOS.....	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Componentes de nutrientes de 100g de quinua.....	46
Tabla 2 Producción de quinua en planta- 2014	50
Tabla 3 Eficiencia de máquinas	51
Tabla 4. Producción en área de abastecimiento	51
Tabla 5 Capacidad en área de abastecimiento.....	53
Tabla 6 Utilización en área de abastecimiento.....	54
Tabla 7 Resumen de indicadores.....	55
Tabla 8 Abastecimiento de quinua a poza de producción.....	58
Tabla 9 Peso máximo a transportar	58
Tabla 10 Tiempo de recepción y almacenaje de quinua.	61
Tabla 11 Ficha técnica del montacargas eléctrico 3 Ruedas.....	64
Tabla 12 Tiempo total del proceso de recepción y transportar	73
Tabla 13 Angulo de la pendiente natural y coeficiente de rozamiento de algunos materiales	77
Tabla 14 Configuración del PLC	89
Tabla 15 Configuración de Bits	89
Tabla 16: Estadísticas de utilización de la memoria PLC.....	90
Tabla 17 Configuración del comportamiento del PLC	91
Tabla 18 Leyenda de programación PLC.....	95
Tabla 19 Tiempo de recepción y almacenaje de quinua	101
Tabla 20 Tiempo de recepción y almacenaje de quinua	102
Tabla 21 Apertura y descarga de sacos y big bag´S.....	103
Tabla 22 Apertura y descarga de sacos y big bag´S.....	104
Tabla 23 Comparación sistema manual y sistema automatizado.....	105
Tabla 24 Nuevos indicadores	105
Tabla 25 Ahorro mensual de producción	106
Tabla 26 Inversión.....	106
Tabla 27 Flujo de caja	109
Tabla 28 Indicadores económicos	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Modelo estructural de un sistema automatizado.....	20
Figura 2 Modelo de estructura de la automatización de procesos.....	21
Figura 3 Estructura del PLC.....	26
Figura 4 Señales de entradas y de salidas	29
Figura 5 Unidad de programación básica.....	30
Figura 6 Partes del PLC	31
Figura 7 Medidas del PLC	33
Figura 8 Paletas rotativas para medición de nivel.....	37
Figura 9 Celda de Carga.....	38
Figura 10 Tabla de Westinghouse.....	41
Figura 11 Organigrama	45
Figura 12 Diagrama de flujo del proceso de la quinua	48
Figura 13 Diagrama de análisis de proceso de la quinua	49
Figura 14 Diagrama de Ishikawa	56
Figura 15 Transporte de quinua en sacos	57
Figura 16 Incumplimiento de la normal RT 375-2008 TR	59
Figura 17Apertura y descarga de sacos de quinua en la tolva de recepción.	59
Figura 18 Disconformidad de pesos y color de envase en zona de almacenamiento de materia prima	60
Figura 19 Modelos de Big Bags.....	62
Figura 20 Diseño y medida del Big Bag	63
Figura 21 Carga de un elevador de cangilones	65
Figura 22: Especificaciones Técnicas de elevador de cangilones.....	65
Figura 23 Cangilones de cadena.....	66
Figura 24 Disposición de las cadenas	66
Figura 25 Cangilones	67
Figura 26 Tambor de Accionamiento.....	67
Figura 27 Cabeza del elevador	68
Figura 28 Cabeza del elevador	69
Figura 29 Cabeza del elevador	70

Figura 30 Estructura del elevador	71
Figura 31 Diseño de la poza.....	76
Figura 32 Angulo de reposo	77
Figura 33 Diseño isométrico de la tolva de acumulación	79
Figura 34 Vista isométrica de estructura de la tolva	81
Figura 35 Vista superior y lateral de la tolva de acumulación	82
Figura 36 Diseño de la puerta automática.....	83
Figura 37 Sistema final de transporte y descarga.....	84
Figura 38 Circuito de fuerza 440 vac	86
Figura 39: Sistema Neumático	87
Figura 40 Módulo de programación.....	88
Figura 41 Centro de control	88
Figura 42 PLC	89
Figura 43 Programación ladder del PLC.....	92
Figura 44 Programación ladder del PLC.....	93
Figura 45 Licencia otorgada de SCHNEIDER	95

RESUMEN

Esta investigación se desarrolló en una empresa Agro-exportadora de quinua la cual cuenta con cuatro grandes áreas, empezando por la zona de recepción de materia prima donde se pesa y se descarga la materia prima para luego pasar al área de almacén de producto terminado, luego pasa a la sala de proceso donde la quinua será procesada hasta llegar a tener los estándares de calidad necesarios para ser exportada y por último el área de almacén de producto terminado.

La metodología usada partió del análisis productivo de la empresa agro-exportadora, donde se realizó seguimiento de los procesos de dos áreas en específico el área de recepción y el área de almacén de materia prima, donde, se elaboró diagramas de flujo, diagrama de análisis de proceso y el uso de la herramienta Ishikawa donde se determinó tiempos elevados en el sistema productivo, además de, tener métodos de trabajo que pueden presentar riesgos ergonómicos para los trabajadores.

Para la propuesta de mejora se realizó un diseño de bolsas Big Bags para remplazar los antiguos sacos permitiendo un mejor manejo de la materia prima al momento de su traslado a cada área, además, se realizó un diseño del sistema de abastecimiento y movimiento de materia prima el cual estaría controlado por un sistema automatizado con la ayuda de un montacargas para el transporte de la quinua hacia la estructura.

Finalmente se realizó un análisis financiero con los indicadores del VAN y el TIR para determinar la viabilidad del proyecto

Los resultados obtenidos nos dan valores que indican la mejora del sistema productivo como lo es el aumento de la producción en un 31%, la utilización en 21% y la disminución del tiempo en proceso de un 67%.

Palabras clave: Proceso productivo, Sistema automatizado, Análisis productivo.

ABSTRACT

This research was carried out in a Quinoa Agro-exporting company which has four large areas starting with the raw material reception area where the raw material is weighed and unloaded and then goes to the finished product warehouse area, then passes to the process room where quinoa will be processed until it has the necessary quality standards to be exported and finally the finished product warehouse area.

The methodology used was based on the productive analysis of the agro-exporting company, where the processes of two areas were specifically monitored, the reception area and the raw material storage area, where flow diagrams, analysis diagram were prepared. of process and the Ishikawa tool where it was determined high times in the productive system, in addition to having work methods that can present ergonomic risks for workers.

For the improvement proposal, a design of Big Bags was carried out to replace the old bags allowing a better handling of the raw material at the time of transfer to each area, also, a Design of the supply system and movement of raw material was made which would be controlled by an automated system with the help of a forklift to transport quinoa to the structure.

Finally, a financial analysis was carried out with the indicators of the VAN and the TIR to determine the viability of the project.

The results obtained give us values that indicate the improvement of the production system, such as an increase in production by 31%, utilization by 21% and a decrease in process time by 67%.

Keywords: Production process, Automated system, Productive analysis.

I. INTRODUCCIÓN

En un mundo globalizado las empresas necesitan la implementación continua de tecnologías para cumplir con las exigencias de sus clientes debido que se encuentran inmersos en un ambiente competitivo, como lo son las exportaciones a nivel mundial que cada año incrementan. De acuerdo con información de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, la demanda de alimentos en la agroindustria aumentará en un 30%, lo que representa un reto para los trabajadores del sector, ya que las agroindustrias innovaran en tecnologías para poder satisfacer la creciente demanda [1], entre estas tecnologías cabe resaltar la implementación de la automatización que en las industrias tiene como fin mejorar la eficiencia del proceso, uniendo distintos métodos que permiten saber qué está ocurriendo en el proceso con la ayuda de los Controladores Lógicos Programables ó PLC, motores, neumática y sensores.

A nivel nacional en el Perú se observa que el aumento de mano de obra en las agroindustrias es creciente, desde el año 2010 hasta el año 2017 la mano obra en este sector se elevó de 147 000 de trabajadores a 382 000 de trabajadores [2], esto se da por una elevada demanda en las agroindustrias; por ello, es necesario que las empresas implementen nuevas tecnologías para cumplir con un mercado tan competitivo como lo es el sector agroindustrial. La automatización es parte de esta innovación, que en el Perú se está iniciando en este camino; pero, nuestro país está aún muy lejos de una implementación total, si lo comparamos con otros países de Sudamérica. En estos últimos años se ha iniciado un real interés por automatizar el sector productivo en el Perú. Debido a la globalización las empresas se han dado cuenta que compiten no solo con empresas nacionales si no también con empresas internacionales y que la única forma viable de mantenerse en el mercado es automatizando [3].

La región Lambayeque cuenta con una gran oferta laboral según el presidente de la Cámara de Comercio y Producción de Lambayeque, demostrando que en los últimos cinco años el crecimiento laboral que existe en la región de Lambayeque es muy interesante [4]; pero

también, se debe tener en cuenta la ergonomía de los trabajadores que muchas veces por el desmesurado crecimiento de grandes y pequeñas empresas no le dan la importancia necesaria a la salud de los trabajadores. Por ello se debe tener en cuenta tres factores de importancia para automatizar una empresa, que la actividad a ejecutar sea de riesgo para el ser humano, que la actividad sea de sobre carga laboral para el trabajador y la colaboración parcial entre hombre-máquina de ser necesario [5].

La empresa Agro exportadora de grano seco, situada en Lambayeque, tiene cuatro áreas importantes que son: recepción y almacén de materia prima, sala de proceso, almacén de producto terminado y zona de descarte; el inconveniente que presenta es entre el área de recepción y almacén de Materia Prima y sala de proceso, lo cual genera retrasos en el transporte en áreas generando una pérdida de 107,3 horas al mes y el otro inconveniente es el abastecimiento a la poza de recepción de la sala de proceso generando una pérdida de 104,7 horas al mes. A todo ello se suma el incumplimiento a la norma básica de ergonomía y la ley de seguridad y salud en el trabajo de los estibadores terrestres y transportistas manuales, que presenta un incremento de personal rotativo, lo cual ha generado el incremento de renuncias del personal e incluso ausencia inesperada.

Ante la situación mostrada, es necesario realizar un análisis al sistema productivo, para determinar cuáles son las causas que afectan al proceso productivo.

El objetivo de esta investigación es proponer la mejora de productividad en el área de abastecimiento y movimiento de materia prima en la empresa Agro – Exportadora de grano seco, para lo cual se tuvo que diagnosticar la situación actual del área de abastecimiento y movimiento de materia prima, así como también poder diseñar un sistema automatizado en el abastecimiento y movimiento de materia prima, una vez obtenida el diseño realizar la simulación del sistema de automatización y finalmente realizar un análisis Costo - Beneficio de la propuesta.

Con este proyecto se propone disminuir los tiempos de transporte y abastecimiento de materia prima y aumentar la productividad de los procesos, logrando que la empresa se posicione como número uno en el ranking de agro-exportadores de grano secos con productos de buena calidad.

II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Internacionales

[6] In its research entitled “Embedded Systems: An Alternative for Cuban Agroindustry Automation”, it is written that this research developed automation technology, based on integrated systems as an economic and suitable alternative for agricultural industries in Cuba. To achieve this research, the comparison and search of available automation systems was carried out, taking into account the systems that are based on Programmable Logic Controllers and the technology based on integrated systems. Determining that an integrated system for a task that does not represent an ergonomic risk is more economical and appropriate for an agricultural industry.

[6] En su investigación titulada “Embedded Systems: An Alternative for Cuban Agroindustry Automation” realizada en Mayabaque-Cuba. Redacta que la presente investigación desarrolló la tecnología de automatización, basándose en sistemas integrados como una alternativa económica y adecuada para las industrias agrícolas en Cuba. Para el logro de esta investigación se realizó la comparación y búsqueda de sistemas de automatización disponibles. Tomando en cuenta los sistemas que se basan en Controladores Lógicos Programables y la propia tecnología basada en sistemas integrados. Determinando que un sistema integrado para una tarea que represente un riesgo ergonómico, es más económico y adecuado para una industria agrícola.

En este artículo toma en cuenta los diferentes controladores lógicos programables ó PLC que son aplicados a las agroindustrias demostrando que es necesario su implementación para las agroindustrias que presenten riesgo ergonómico.

[7] En su artículo titulado “Automatización del proceso de secado de producto húmedo, usando un método de control multivariable simplificado” desarrollada en Colombia. Tiene como objetivo principal la reducción de producto no conforme, que se genera en una empresa del sector minero, por la utilización manual de las entradas y salidas del proceso. Se realizó un diseño para la indentificación del proceso, se estimaron los controladores de

acción proporcional e integral, además se realizó el diseño de los desacopladores. Los resultados obtenidos de la comparación entre el proceso real y la simulación a escala de los diseños demostraron la efectividad del sistema implementado.

En esta investigación demuestra la efectividad de un sistema automatizado en una agroindustria, al comparar el proceso real y una simulación del sistema, demostrando que la implementación de la automatización en las empresas agroindustriales mejora la eficiencia del proceso productivo.

[8] En su artículo titulado “Automatización de una planta industrial de alimentación mediante control distribuido” realizada en la Universidad de Coruña en la ciudad de Coruña – España, tuvo como principal objetivo la búsqueda de un sistema automatizado integral de todo el proceso de fabricación de arroz con leche, para lo cual se planteó el uso de dos posibles métodos: Sistema de control distribuido (DCS) y sistema de control centralizado (CCS). Concluyendo que con implementación del primer método se logró un diseño simple, una actualización de datos, mejor control en tiempo real, reducción de costo, mantenimiento práctico para los operadores, y un mejor dominio del proceso en general. El sistema es fundamental para conseguir un elevado porcentaje de disponibilidad, además de lograr un control en tiempo real.

La aplicación de sistemas automatizados en las empresas contribuyen en varios aspectos;entre ellos: control total del proceso, facilidad para recolección de datos, facilidad de mantenimiento y reducción de costos.

Nacionales

[9] En su tesis titulada “Implementación del Sistema de Reducción de Ruido mediante Automatización Mecánica del Molino Polveador N°1 en el Área de preparación mecánica de muestras en Planta Belen, Chala - Arequipa.2018”(tesis de pregrado) realizada en la Univesidad Tecnológica Del Perú en la ciudad de Arequipa – Perú. Se tuvo como principal objetivo la reducción de ruidos mediante la automatización del molino polveador N°1. Siendo una investigación de tipo experimental y correlacional, busca determinar la relación entre el ruido y la implementación de un sisistema automatizado. Obteniendo como

resultados la disminución de los decibelios en 24,13% estando dentro de la normativas aplicable vigente.

La salud de los operarios en todas las empresas debería ser de vital importancia. En este proyecto se relaciona los fuertes ruidos por la utilización manual de un molino y como estos disminuyen con la implementación de un sistema automatizado colaborando con la salud de los trabajadores.

[10] En su tesis titulada “Automatización del sistema de dosificación del líquido de gobierno en la producción de conservas para empresas agroindustriales para reducir tiempos de llenado y pérdidas en el proceso” realizada en la Universidad Nacional de Trujillo en la ciudad de Trujillo – Perú. Se planteó como principal objetivo la identificación de las características de un sistema automático de dosificación del líquido de gobierno para conservas agroindustriales que permita la reducción de pérdidas y tiempos en el dosificado. Se usó el método empírico experimental, tomando como muestra a las empresas agroindustriales con sistema de dosificación en la Libertad. Para esta investigación se emplearon instrumentos de recolección de datos e instrumentos tecnológicos para la implementación del sistema de dosificado; de los cuales, se obtuvo como resultados que los desperdicios se reducen desde 33,33 % hasta 99,07% , además los tiempos de llenado también reducen en comparación del sistema manual.

Esta investigación muestra como la aplicación de un sistema automatizado reduce los desperdicios de un proceso, influyendo de manera directa con la productividad de la empresa.

Locales

[11] En la investigación titulada “Diseño de un sistema de riego por goteo para 18.21 HA de palto mediante el uso de aguas subterráneas en el centro poblado Cuculí - distrito de Chongoyape - región de Lambayeque” (tesis de pregrado) realizada en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo en la ciudad de Lambayeque-Perú. Se planteó como principal objetivo realizar un diseño automatizado de riego hidráulico por goteo; para lo cual, se realizó un estudio topográfico del terreno y se extrajo muestras del suelo en tres capas, para

determinar el caudal siendo este 29,82 litro por segundo. Por ende, se diseñó el sistema de riego automatizado consiguiendo el 90% de eficiencia hídrica para el cultivo.

Los sistemas automáticos son usados para tener más exactitud y control de los procesos, por ello implementarlos genera incrementos en la productividad de las empresa, además de aumentar la eficiencia.

[12] En su investigación titulada “Diseño de la reingeniería para automatizar el proceso de generación de vapor de la caldera APIN en la empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A.” (tesis de pregrado) realizada en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo en la ciudad de Lambayeque-Perú. Se planteó como objetivo Realizar el diseño de la reingeniería para la automatización del proceso de generación de vapor en la empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A.. Por ello se determinó que el manejo de la caldera era manual, siendo imprecisa la medición de llenado o vaciado de la misma. Por ende, se implementó un rediseño de ingeniería a través de controladores proporcionales e integrales, logrando con esto optimizar la productividad del proceso.

La implementación de los controladores proporcionales e integrales más conocidos como PLC en las agroindustrias proporciona una mejora en la productividad como se muestra en la empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A..

2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.2.1 Automatización Industrial

La automatización es referente de la eliminación parcial o total de la acción humana en la realización de diversas tareas sean agrícolas, científicas administrativas o industriales. Se emplea la automatización en actividades simples, tales como la medición de la temperatura de un horno o el mando secuencial de una herramienta, como también se aplica a las más complejas, tales como la dirección mediante ordenar de una unidad química o la gestión automatizada de una entidad bancaria [13]

La automatización se puede clasificar en dos partes diferenciadas; por un lado, la parte operativa, conformada por dispositivos, máquinas o subprocesos, diseñados para la realización de determinadas funciones de fabricación; siendo más puntual pueden ser

máquinas que realicen las funciones de operaciones mecanizadas o también de subprocesos dedicados a tareas tales como la destilación, fundición, carga etc. Por otro lado, se tiene la parte de Control o Mando, que, independientemente de su aplicación tecnológica electrónica, neumática, hidráulica etc., es la parte encargada de coordinar las diferentes operaciones de la parte operativa bajo control. [13]

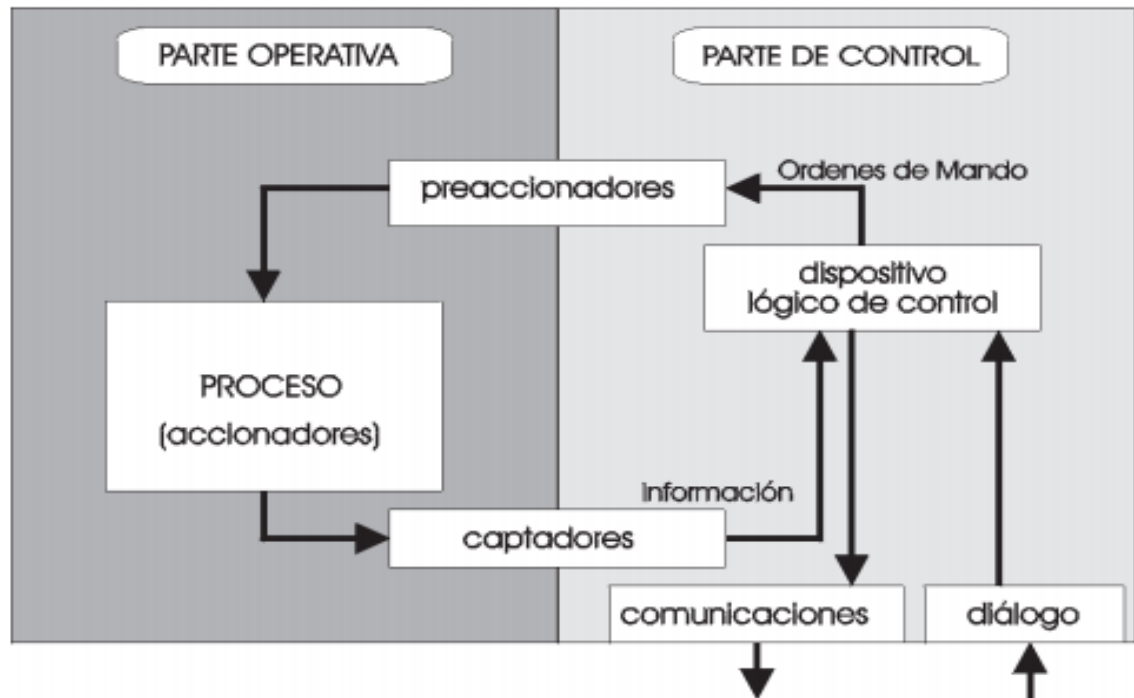


Figura 1 Modelo estructural de un sistema automatizado

Fuente: [13]

2.2.2 Estructura de la Automatización

El proceso de automatización industrial se entiende como la actividad tecnológica que tiene como objetivo el apoyo o sustitución de la actividad humana, a través de dispositivos electrónico o mecánicos. [14]

El modelo estructural general de un proceso de automatización se muestra en la figura 2, en donde se observa que para un óptimo sistema automatizado se necesita de: entender el proceso productivo a detalle, definir las variables del proceso por medir y controlar, y identificar la tecnología de control que se encargara de procesar, capturar y manipular las señales desde los sensores y actuadores. Además, el dispositivo lógico de control debe poseer capacidades de comunicación y diálogo con otras unidades u operarios. [14]

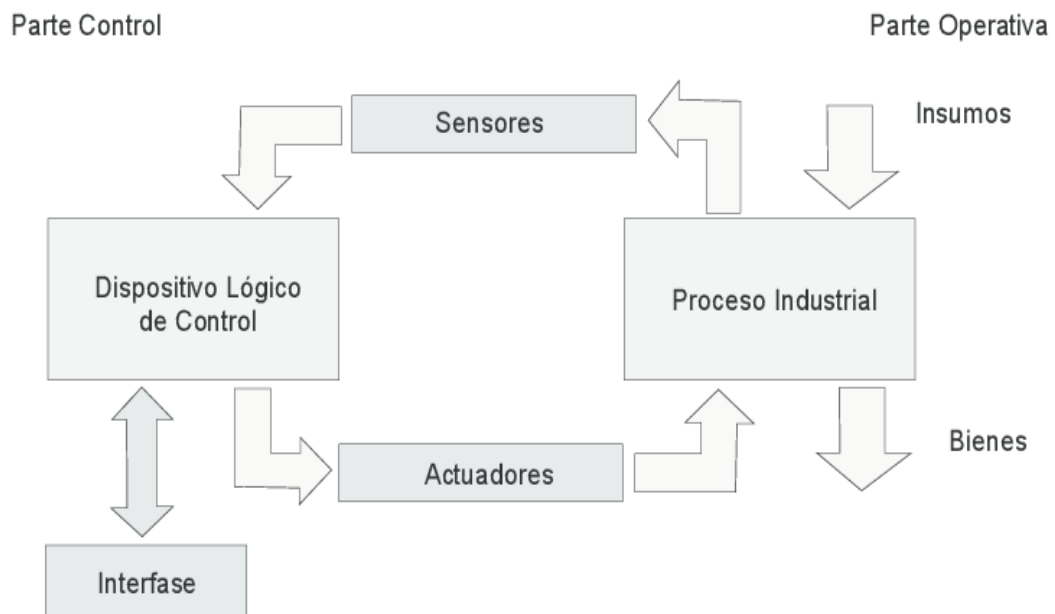


Figura 2 Modelo de estructura de la automatización de procesos

Fuente: [14]

2.2.3 Tipos de automatización

- **La automatización fija:** Se aplica cuando la cadena de operaciones del proceso está conformada de equipos, máquinas y líneas de transferencia. Las industrias químicas y más puntualmente las refinerías de petróleos, donde la alimentación, operación y control del proceso se lleva a cabo por medio de tableros electrónicos computarizados. [15]
- **La automatización Programable:** Es donde el equipo se diseña con un elevado grado de flexibilidad, de manera que puede ser utilizado en la elaboración de una gran variedad de partes. [15]
- **La automatización flexible:** Se caracteriza por ser una parte extendida de la automatización programable en donde permite elaborar una mayor cantidad de productos en series más cortas. [16]

2.2.4 Ventajas e inconvenientes de la automatización

Varias han sido las ventajas que presenta la aplicación de sistemas automatizados como:

- **Productividad:** El aumento de la velocidad de producción, disminución de la mano de obra en el proceso productivo y el uso más eficaz de materiales, insumos y maquinarias. [15]
- **Calidad:** El uso de mejores herramientas y máquinas, hacen que los procesos de producción se acerquen cada vez más al nivel de calidad requerido por las empresas. [15]
- **Eliminación de la intervención humana en líneas de producción:** La aplicación de la automatización tiene como fin directo la reducción de la intervención humana en el proceso productivo. Desde el punto de vista técnico el ser humano es uno de los principales causantes en la variación en las líneas de producción. [15]

- **Eliminación de la intervención humana en ambientes insalubres o peligrosos para la salud:** El uso de la automatización evita poner a la mano de obra en actividades de alto riesgo o también en lugares insalubres, ya que dichas actividades serían realizadas por máquinas y sistemas computarizados, cuidando así la salud de los trabajadores. [15]
- **Eficiencia en el manejo de materiales:** El 60% de un sistema de producción pertenece al manejo de los materiales. Con sistemas automatizados haciendo uso de computadoras y máquinas, logran que el flujo de materiales a través del proceso sea más ágil y eficiente, reduciendo el inventario y el lead time. [15]
- **Reducción del tiempo de preparación de máquina:** Otra tarea que consume gran tiempo dentro de una empresa es la preparación de las máquinas de producción. Con el uso de sistemas computarizados estas tareas son realizadas fuera de las líneas de producción y con anticipación. [15]

También existen desventajas dentro de la automatización de procesos entre ellas están:

- **Desempleo:** La implementación de máquinas y sistemas computarizados en una empresa conlleva a la reducción de la mano de obra en las empresas, lo cual radica en un alto índice de desempleo. [15]
- **Relegación del ser humano por la máquina:** Este es un tema controversial para las empresas, teniendo en cuenta que el reemplazo de las máquinas por la mano de obra es un factor claro en la automatización; pero, esto conlleva que hay actividades en las cuales la labor humana es de suma importancia y no puede ser reemplazada por la maquinaria. [15]

2.2.5 Elementos de la Automatización

Hay muchas áreas y tecnologías que intervienen en la automatización. Las más importantes, junto con algunos de sus elementos, son:

Mecánica:

- Herramientas
- Mecanismos
- Máquinas
- Elementos de transporte

Eléctrica:

- Automatismos eléctricos
- Motores eléctricos de corriente continua y corriente alterna.
- Cableados de fuerza y de mando
- Aparillajes eléctricos en general

Tecnología Electrónica:

- Controladores analógicos
- Sensores / Transductores
- Pre-accionadores
- Drivers de accionamientos
- Comunicaciones
- Telemando y Telemetría
- Sistemas de comunicación inalámbrica

Neumática y electro-neumática:

- Cilindros neumáticos
- Válvulas neumáticas y electro-neumáticas
- Automatismos neumáticos

Hidráulica y electro-hidráulica:

- Cilindros hidráulicos
- Válvulas hidráulicas y electro-hidráulicas
- Automatismos hidráulicos

Aplicaciones de Control e Informática Industrial:

- Controladores de procesos
- Control por computador
- Control embutido (embedded control)
- Autómatas programables
- Visión artificial
- Robótica
- Mecatrónica / Control de movimiento
- Células de fabricación flexible
- Células de Mecanizado
- Células de Montaje Automático
- Control Numérico
- Sistemas CAD-CAM (Computer Aided Design & Manufacturing)
- Sistemas CIM (Computer Integrated Manufacturing System)
- Redes y buses de comunicaciones

2.2.6 Controladores lógicos programables (PLC)

Las empresas que cuentan con un sistema automatizado deben brindar una alta confiabilidad, gran eficiencia y flexibilidad. Una de las bases primordiales de estas cualidades es un dispositivo electrónico llamado controlador lógico programable (PLC). Estos dispositivos electrónicos son diseñados con el fin de controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales de control. [17]

2.2.6.1 Estructura básica de un PLC

Un controlador lógico programable está conformado por un conjunto de circuitos impresos, donde están ubicados las partes electrónicas. [18]

El controlador programable lógico tiene la estructura común de varios sistemas programables, por ejemplo una laptop. La estructura básica del hardware de un controlador. Programable propiamente dicho está constituido por: [18]

- Fuente de alimentación.
- Unidad de procesamiento central.
- Módulos de interfaces entradas/salidas E/S.
- Módulo de memorias.
- Unidad de programación.

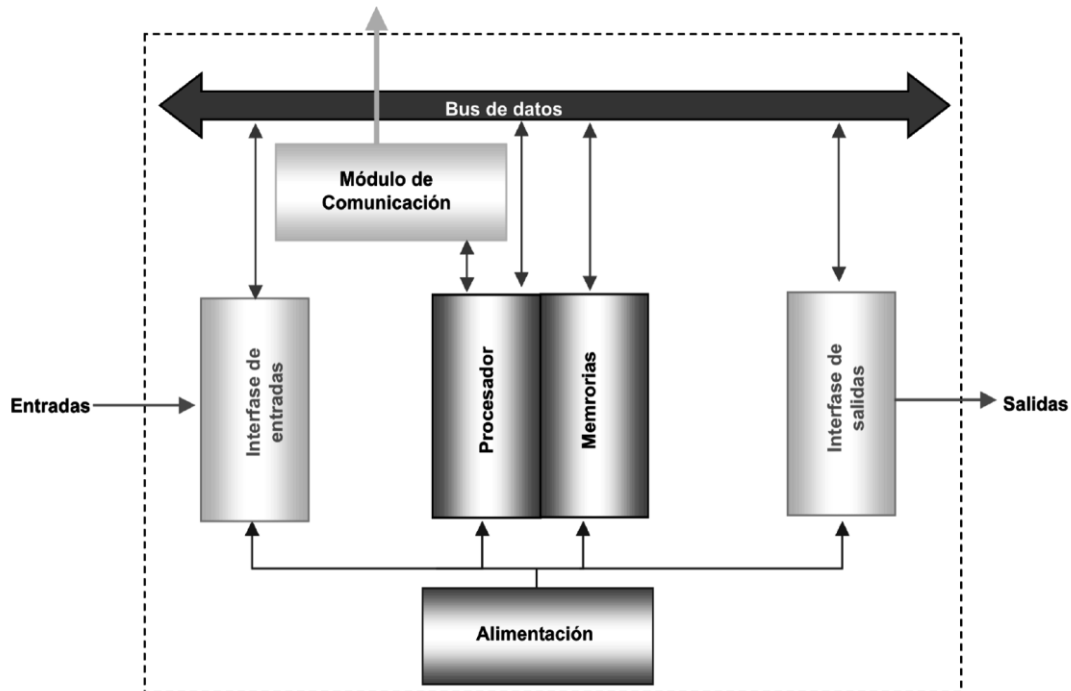


Figura 3 Estructura del PLC

Fuente: [18]

2.2.6.2 Ventajas y Desventajas del PLC

Entre las ventajas de la aplicación de los Controladores Lógicos Programables tenemos: [18]

- Menos tiempo de elaboración de proyectos
- Mínima área de ocupación

- Reducción de costos
- Mantenimiento económico
- Posibilidad de controlar varias máquinas
- Fácil instalación

En cuanto a los inconvenientes que puedan surgir por el uso de los PLC solo podría nombrarse su probable elevado costo y la necesaria capacitación del personal.

2.2.7 Descripción de componentes de estructura básica de PLC

2.2.7.1 Fuente de alimentación

El objetivo de la fuente de alimentación en un controlador, es brindar la energía a la unidad de procesamiento central y a las demás tarjetas según la configuración del Controlador Lógico Programable. + 5 V para alimentar a todas las tarjetas + 5.2 V para alimentar al programador + 24 V para los canales de lazo de corriente 20 mA. [18]

2.2.7.2 Unidad de procesamiento central

Es la parte primordial del controlador programable, que de otra forma podría decirse que es la cabeza de todo el sistema. La unidad base está formada por microprocesadores y memorias; que conforman una unidad de control, la memoria interna del programador RAM, temporizadores, contadores, memorias internas tipo relé, imágenes del proceso entradas/salidas, etc. Su objetivo es diagnosticar las señales de las entradas, aplicar el programa de control y tener control total de las salidas, el procesamiento es permanente y a gran velocidad. [18]

2.2.7.3 Módulos o Interfaces de entrada y salida (e/s)

Se les define como el lazo entre la computadora del controlador y los dispositivos de del sistema. A través de ellos se inicia el cambio de data ya sea para la obtención de

datos o la del mando para el control de máquinas del proceso. Tipos de módulos de entrada y salida, debido a que existen gran variedad de dispositivos exteriores (captadores actuadores), encontramos diferentes tipos de módulos de entrada y salidas, cada uno de los cuales sirve para manejar cierto tipo de señal (discreta o análoga) a determinado valor de tensión o de corriente en DC o AC. [18]

- Dispositivos de entrada:

Los dispositivos de entrada y salida son aquellos equipos que intercambian (o envían) señales con el PLC.

Cada dispositivo de entrada es utilizado para conocer una condición particular de su entorno, como temperatura, presión, posición, entre otras.

Entre estos dispositivos podemos encontrar:

- Sensores Inductivos Magnéticos,
- Ópticos, Pulsadores
- Termo cuplas
- Termo resistencias
- Encoders

- Dispositivos de salida:

Los dispositivos de salida son aquellos que responden a las señales que reciben del PLC, cambiando o modificando su entorno. [18]

Entre los dispositivos típicos de salida podemos hallar:

- Contactos de motor
- Electroválvulas
- Indicadores luminosos o simples relés

Generalmente los dispositivos de entrada, los de salida y el microprocesador trabajan en diferentes niveles de tensión y corriente. En este caso las señales que entran y salen del PLC deben ser acondicionadas a las tensiones y corrientes que maneja el microprocesador, para que éste las pueda reconocer. Ésta es la tarea de las interfaces o módulos de entrada o salida. [18]

Las entradas se pueden clasificar en:

- Entradas Digitales:

Son aquellas que pueden optar por dos funciones básicas, la de encendido y la de apagado, estado lógico 1 o 0. [19]

Los módulos de entradas digitales trabajan con señales de tensión. Cuando por un circuito de entrada llega tensión, se interpreta como “1” y cuando no hay tensiones se interpreta como “0”. Existen módulos o interfaces de entradas de corriente continua para tensiones de 5, 12, 24 o 48 Vcc y otros para tensión de 110 o 220 Vca. [19]

Las señales de entrada y salida del controlador lógico programable (PLC), se muestra en la siguiente figura 4

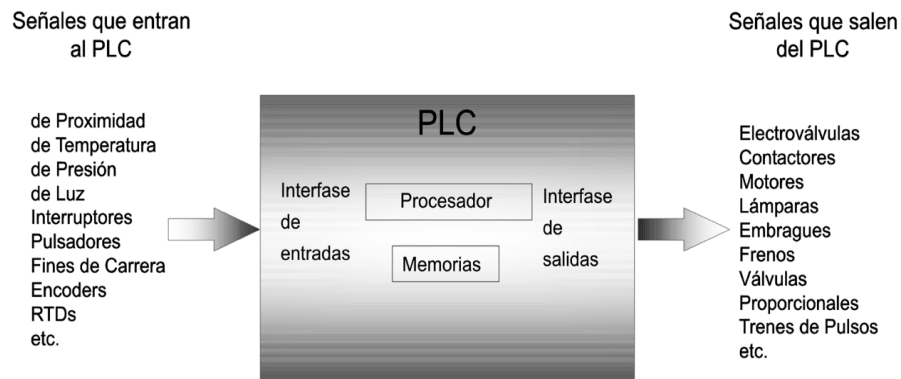


Figura 4 Señales de entradas y de salidas
Fuente: [19]

2.2.7.4 Módulos de memorias

Tienen como función almacenar la información de manera provisional o permanente
Se cuenta con dos tipos de memorias:

- Volátiles (RAM)
- No volátiles (EPROM y EEPROM)

2.2.7.5 Unidad de programación

Los terminales de programación, tienen como función ser el medio de comunicación entre el hombre y los equipos, estas máquinas están conformadas por teclados y dispositivos visuales. [18]



Figura 5 Unidad de programación básica

Fuente: [20]

2.2.7.6 Partes de controlador lógico programable

Twido compacto, ver figura 6

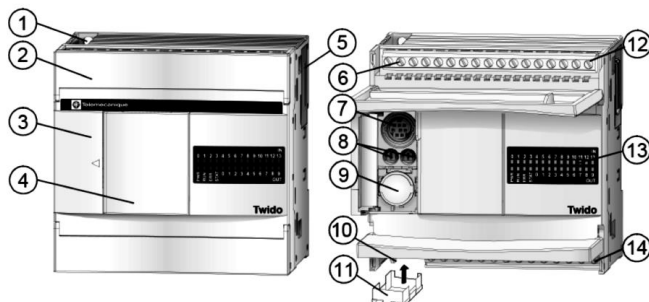


Figura 6 Partes del PLC
Fuente: [20]

1. Orificio de montaje.
2. Cubierta de terminales.
3. Tapa con bisagra.
4. Cubierta extraíble del conector de visualización del operador.
5. Conector de ampliación - sólo en el controlador TWDLCAA24DRF.
6. Terminales de alimentación de sensores.
7. Puerto serie 1.
8. Potenciómetros analógicos - TWDLCAA10DRF y TWDLCAA16DRF tienen uno.
9. Conector de puerto serie 2 - TWDLCAA10DRF no tiene ninguno.
10. Terminales de fuentes de alimentación de 100 a 240 V CA.
11. Conector de cartuchos - ubicado en la parte inferior del controlador.
12. Terminales de entrada.
13. LED.
14. Terminales de salida.

2.2.7.6.1 Referencia del producto.

- Twido compacto:

Descripción de las referencias y sus características a partir del código.

TWDL A

- **Tipo.**

CA: modelo compacto, alimentación en 100/240 Vca.

MD: modelo modular, alimentación en 24 Vcc.

- **Cantidad de Entradas / Salidas**

10: 6 entradas + 4 salidas.

16: 9 entradas + 7 salidas.

20: 12 entradas + 8 salidas.

24: 14 entradas + 10 salidas.

40: 24 entradas + 16 salidas.

- **Características de Entradas / Salidas**

Dxx: entradas 24 Vcc NPN/PNP DFR: salidas a Relé.

DUK: salidas a transistor NPN DTK: salidas a transistor PNP

DRT: salidas a relé + salidas a transistor PNP

- **Dimensiones.**

Las medidas están dadas en milímetros, ver figura 7.

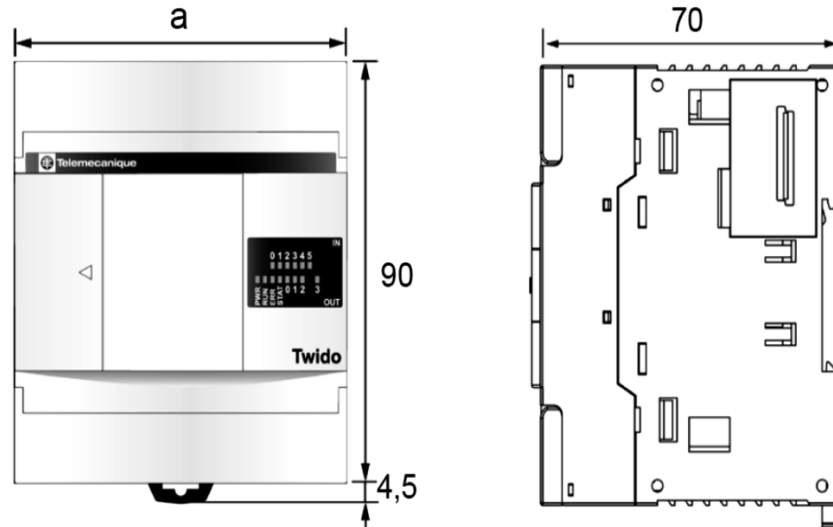


Figura 7 Medidas del PLC
Fuente: [21]

- **Modelos compactos**

Referencias “a”, ver figura 7

TWDLCAA 10DRF 80

TWDLCAA 16DRF 80

TWDLCAA 24DRF 95

2.2.8 Actuadores de PLC

Un actuador es un dispositivo con la capacidad de producir una fuerza que genera un cambio de posición, velocidad o estado sobre algún componente mecánico, a partir de la transformación de energía. [22]

Existen dos grupos de actuadores:

- Por el tipo de energía que usa:
- Por el movimiento que genera:

2.2.8.1 Tipos de actuadores

2.2.8.1.1 Actuadores neumáticos

Los actuadores neumáticos convierten la energía acumulada por el aire comprimido en trabajo mecánico ya sea de movimiento rotatorio o rectilíneo. [22]

2.2.8.1.2 Actuadores hidráulicos

El funcionamiento de los actuadores hidráulicos es muy parecido al de los neumáticos con la gran diferencia que, en vez de almacenar aire, almacena algún líquido, sea agua, aceite o algún otro tipo de fluido, el cual convierten la energía almacenada en trabajo mecánico de movimiento circular o rectilíneo. [22]

2.2.8.1.3 Actuadores eléctricos

Los actuadores eléctricos transforman la energía eléctrica en energía mecánica, estos actuadores son los de mayor uso en el mercado actual. [22]

2.2.9 Electro Neumática

Un sistema electro neumático es una integración de los componentes eléctricos y el control automático controlado por medio de Controladores Lógicos Programables (PLC). [23]

2.2.9.1 Ventajas y Desventajas de la electro neumática

Dentro de la electro neumática es importante conocer la secuencia de mando para realizar un óptimo esquema de conexiones. Cada uno de los elementos de la secuencia de mando una actividad determinada en el procesamiento y la transmisión de señales.

Ventajas:

- Mediana fuerza (porque se pueden lograr fuerzas mucho más altas con la hidráulica).
- Altas velocidades de operación.
- Menos riesgos de contaminación por fluidos (especialmente si se utiliza en la industria de alimentos o farmacéutica).
- Menores costos que la hidráulica o la electricidad neta.

Desventajas:

- Alto nivel sonoro.
- No se pueden manejar grandes fuerzas.
- El uso del aire comprimido, si no es utilizado correctamente, puede generar ciertos riesgos para el ser humano.
- Altos costos de producción del aire comprimido.

Cálculo del cilindro

Las fuerzas generadas en un cilindro en la extensión del pistón son: [20]

$$F(\text{newtons}) = P(\text{MPa}) * \frac{\pi * D^2}{4} * 0,9$$

$$F(\text{newtons}) = P(\text{MPa}) * \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4} * 0,9$$

Siendo:

P= Presión de operación(MPa)

D=Diámetro interior del cilindro(mm)

d=Diámetro del vástago del pistón(mm)

0,9=Coefficiente de rozamiento de rodamientos

2.2.10 Motores Eléctricos

Un motor eléctrico hace utilización de la energía eléctrica para la generación de energía mecánica, por medio de la interacción de campos magnéticos y conductores de corriente. [24]

Aplicación

Los motores eléctricos son mayormente encontrados en diversas actividades como industriales, bombas, máquinas, incluso en aparatos electrodomésticos. Estos pueden ser impulsados por la corriente directa o por la corriente alterna de una rejilla de distribución eléctrica central. [24]

Cálculo de Motores Síncronos

Para el cálculo de motores síncronos es necesario estimar su velocidad, factor de potencia, torsión de la carga y deslizamiento. [25]

$$Velocidad\ Síncrona = \frac{120 f}{P} rpm$$

Siendo:

f =frecuencia de la corriente

P = número de polos del motor

Para el deslizamiento

$$Deslizamiento = \frac{velocidad\ sincrónica - velocidad\ a\ plena\ carga}{velocidad\ sincrónica}$$

2.2.11 Interruptor de nivel de paleta rotativa

Las paletas rotativas son elementos mecánicos para la medición de nivel que con la ayuda de un interruptor on- off detiene o activa las paletas que determinan la proximidad de niveles altos o bajos. [26]

Con frecuencia son utilizados para detectar productos que no sean lo suficientemente sólidos para detener la paleta. [26]

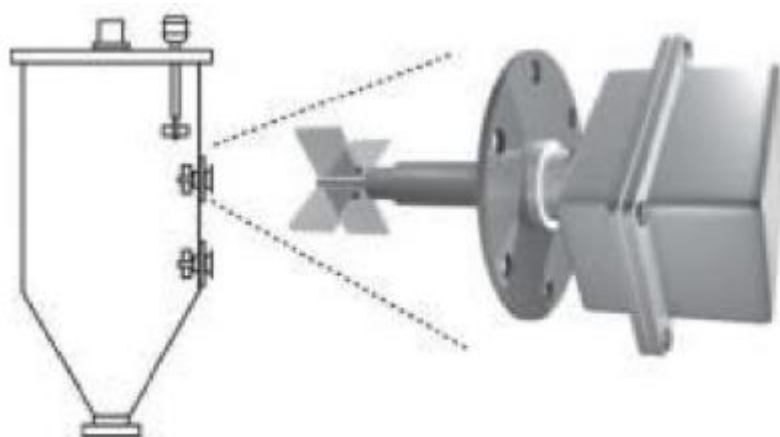


Figura 8 Paletas rotativas para medición de nivel
Fuente: [26]

2.2.12 Celda de Carga

En la industria una celda de carga inteligente digital es el corazón de una máquina mecánica universal, gracias a los resultados altamente confiables, rápidos y precisos. La invención de la celda de carga y su aplicación a los diferentes sistemas de pesaje y esfuerzo, transformó totalmente la industria y revolucionó con esta nueva técnica de sensores de peso digitales para beneficio de la gran cantidad de usuarios a nivel comercial, industrial y personal que requieren mayor precisión y confiabilidad en sus operaciones. Hoy en día, muchas industrias en el mundo utilizan las Celdas de carga

obteniendo resultado más específicos y fiables debido a su calibración electrónica digital y la facilidad para su mantenimiento en su periodo de vida útil. La celda de carga, también conocida como células de carga o celdas de carga, son transductores que convierten una fuerza a una salida eléctrica medible. [27]



Figura 9 Celda de Carga
Fuente: [27]

2.2.13 Diseño Asistido por Computadora

Fue desarrollado en la época de los sesenta. Sin embargo, había muy pocos usuarios CAD (Diseño asistido por computadora) en aquellas décadas ya que era muy costoso y de un difícil manejo. En la actualidad el sistema CAD más conocido y comercial es el AutoCAD el cual tiene una amplia aplicación en diferentes tareas, por ejemplo: [28]

- Arquitectura.
- Elaboración de diseños piezas.
- Elaboración de diseño de maquinaria.
- Elaboración de diseño de autos.
- Elaboración de diseño de nuevos productos.

2.2.14 Productividad y Producción

- Productividad

El concepto de productividad hace referencia a la eficiencia de procesos productivos es decir se refiere al volumen de producción por cada unidad de factor utilizado [29]

$$Productividad = \frac{y}{x}$$

Siendo:

Y=output

X=unidad de factor utilizado

- Producción

Es aquella actividad que usa factores productivos como la mano de obra, capital, bienes y servicios, con el fin de obtener otros bienes y servicios. [30]

- Factor Humano

$$Productividad \text{ de mano de obra} = \frac{\text{Materia prima que sale (procesada)}}{\text{Mano de obra (Nº de operarios)}}$$

2.2.15 Diagrama Hombre –Máquina

El Diagrama Hombre–Máquina es la ilustración sobre una escala de tiempo de la sucesión sincronizada de tareas ejecutadas por el hombre y por la máquina que él maneja. Se utiliza para localizar de oportunidades de optimización en una estación de trabajo (tomando en cuenta que los tiempos allí mostrados están normalizados), ya que a partir ahí se puede identificar el nivel de utilización de cada uno de los componentes del sistema, con el fin de incrementar la productividad del proceso. [31]

- Porcentaje de Utilización

$$U\% = \frac{\Sigma \text{Tiempo de ciclo}}{\Sigma \text{Tiempo de ciclo acumulado}}$$

2.2.16 Diagrama de causa efecto

Esta herramienta ofrece respuesta a una pregunta, como el análisis de Pareto, diagramas Scatter o histogramas; en el momento de generar el diagrama causa-efecto, normalmente se ignora si estas causas son o no responsables de los efectos. Por otra parte, un diagrama causa-efecto bien organizado sirve como vehículo para ayudar a los equipos a tener una concepción común de un problema complejo, con todos sus elementos y relaciones claramente visibles a cualquier nivel de detalle requerido. [32]

2.2.17 Estudio de tiempos

Trata de medir el esfuerzo de la mano de obra para lograr incrementar su rendimiento. A través de dos métodos los tiempos de Westinghouse y la tabla de General Electric [33]

Lo primero para estandarizar los tiempos es hallar el factor de calificación, este valor se obtiene a través de los valores de la calificación de nivelación del sistema Westinghouse, donde se evalúa 4 características de los operarios como se puede observar en la figura 10. [34]

HABILIDAD			ESFUERZO		
+0.15	A1	Extrema	+0.13	A1	Excesivo
+0.13	A2	Extrema	+0.12	A2	Excesivo
+0.11	B1	Excelente	+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente	+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena	+0.05	C1	Bueno
+0.03	C2	Buena	+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Regular	0.00	D	Regular
-0.05	E1	Aceptable	-0.04	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable	-0.08	E2	Aceptable
-0.16	F1	Deficiente	-0.12	F1	Deficiente
-0.22	F2	Deficiente	-0.17	F2	Deficiente
CONDICIONES			CONSISTENCIA		
+0.06	A	Ideales	+0.04	A	Perfecta
+0.04	B	Excelente	+0.03	B	Excelente
+0.02	C	Buenas	+0.01	C	Buena
0.00	D	Regulares	0.00	D	Regular
-0.03	E	Aceptables	-0.02	E	Aceptable
-0.07	F	Deficientes	-0.04	F	Deficiente

Figura 10 Tabla de Westinghouse
Fuente: [34]

$$\text{Factor de calificación} = 1 + (\sum \text{valores de la tabla Westinghouse})$$

Con este dato, a continuación, se muestra el proceso para hallar el tiempo normal

$$\text{Tiempo normal} = \text{tiempo promedio} \times \text{factor de calificación}$$

Ahora, como siguiente paso se halla el tiempo estándar:

$$\textit{Tiempo estándar} = \frac{\textit{tiempo normal}}{1 - \textit{factor de suplementos}}$$

2.2.18 Indicadores De inversiones

2.2.18.1 Valor Actual Neto (VAN)

El VAN es un indicador de inversión que tiene por definición que es el valor actual de todos los flujos de caja generados por algún proyecto de inversión restándole el monto de inversión inicial del mismo proyecto. [35]

$$VAN = -A + \frac{FNC_1}{(1+k)^1} + \frac{FNC_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{FNC_n}{(1+k)^n}$$

Siendo,

A= Capital invertido o coste inicial.

FNC= Flujo neto de caja.

k= Tipo de actualización.

n=Horizonte temporal de la inversión o vida útil estimada para la inversión.

2.2.18.2 Tasa Interna de Rendimiento

El TIR tiene por definición que es descuento que iguala en VAN con el desembolso inicial, es decir, es la tasa de descuento que iguala a cero el VAN. [35]

$$VAN = -A + \frac{FNC_1}{(1+r)^1} + \frac{FNC_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{FNC_n}{(1+r)^n} = 0$$

Siendo,

A= Capital invertido o coste inicial.

FNC= Flujo neto de caja.

k= Tipo de actualización.

r= TIR del proyecto

2.2.18.3 Pay Back ó Plazo de Recuperación

Se define como el plazo requerido para recuperar la inversión original del proyecto de inversión. [36]

$$\textit{Payback} = \textit{Año de la ultima caja negativa} + \frac{\textit{último valor negativo}}{\textit{primera caja positiva}}$$

III. RESULTADOS

3.1 DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN DE LA EMPRESA

3.1.1 La empresa

3.1.1.1 Historia

En el año 2002, la empresa agro-exportadora de grano secos, inicia sus actividades, de exportaciones con los siguientes productos: maíz morado, pallar bebe, zarandaja, frijol palo seco, papa seca, chuño de maíz morado.

Los procesos de los productos eran sub contratados inicialmente.

En el año 2013, la empresa agro-exportadora de granos secos, decide construir una planta para procesar granos, pero esta vez dedicado al proceso de quinua en la zona norte del Perú.

Como empresa busca contar con tecnología de punta que permita cumplir con los más altos estándares mundiales de calidad logrando obtener una certificación grado A.

Cuenta con una política de responsabilidad social para los clientes, colaboradores y accionistas, garantizando la seguridad de los alimentos que provee, cumpliendo las leyes peruanas e Internacionales, y minimizando nuestro impacto en el medio ambiente y en las comunidades donde operamos.

3.1.1.2 Organigrama

El organigrama de la empresa es del tipo vertical. A continuación, como se observa en la figura 11.

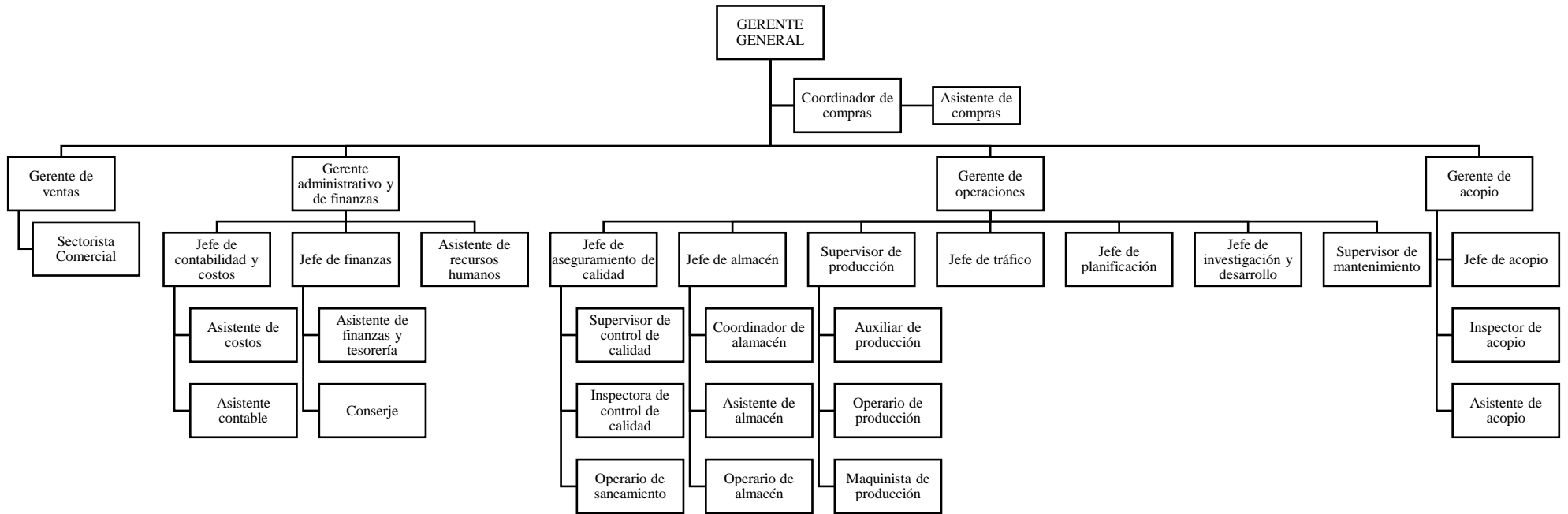


Figura 11 Organigrama

3.1.2 Descripción del sistema de producción

3.1.2.1 Productos

a) Descripción del producto

La quinua es un producto originario de los altiplanos andinos y su consumo se remonta a épocas antiguas. La exportación de la quinua empezó desde la década de los noventa por su alto contenido nutricional como se puede evidenciar en la siguiente tabla 1.

Tabla 1 Componentes de nutrientes de 100g de quinua

CONTENIDO	QUINUA
Valor Calórico	350 kcal
Proteína	13,81 g
Grasas	5,01 g
Carbohidratos	59,74 g
Agua	16,65 g
Fibra	5,20 g
Minerales	1,74 g
Vitaminas	0,12 g

Fuente [37]

b) Desechos

- Grano partido / saponina

Se vende a empresas ganaderas que usan el grano seco como alimento para el ganado

- Tallo y Hojas secas

Son usadas para abastecer los hornos.

c) Desperdicios

- Sacos de color negro
- Pallets
- Pajarafia

3.1.2.2 Proceso de producción

- **Verificación de peso:** este es el primer paso de todo el sistema productivo de la empresa donde se registra si el peso del camión es correcto según el registro que se tenga.
- **Recepción de materia prima y paletización de sacos:** se recibe la materia prima y los sacos son apilados en pallets para ser llevados hacia el almacén.
- **Transporte / Caídas de sacos:** en esta actividad se dejan caer los sacos fuera de los pallets para ser puestos en almacén.
- **Despacho y paletizado de sacos:** en esta actividad los sacos son paletizados nuevamente para transportarlos a la planta de procesos.
- **Transporte / Caída de sacos:** en este punto los sacos deben ser bajados de los pallets para dejarlos en un almacén temporal, hasta que pasen a ser procesados.
- **Apertura y descarga de sacos:** en esta actividad los operarios deben traer de manera manual los sacos en carretillas, presentando un riesgo ergonómico para ellos. Luego se procede a cortar los sacos, para posteriormente descargarlos en el pozo. El proceso mencionado al ser manual genera demoras en el proceso y lesiones en los trabajadores.

3.1.2.3 Sistema de Producción

Sistema de producción por lotes.

3.1.2.4 Análisis para el Proceso de Producción

3.1.2.4.1 Diagrama de Flujo

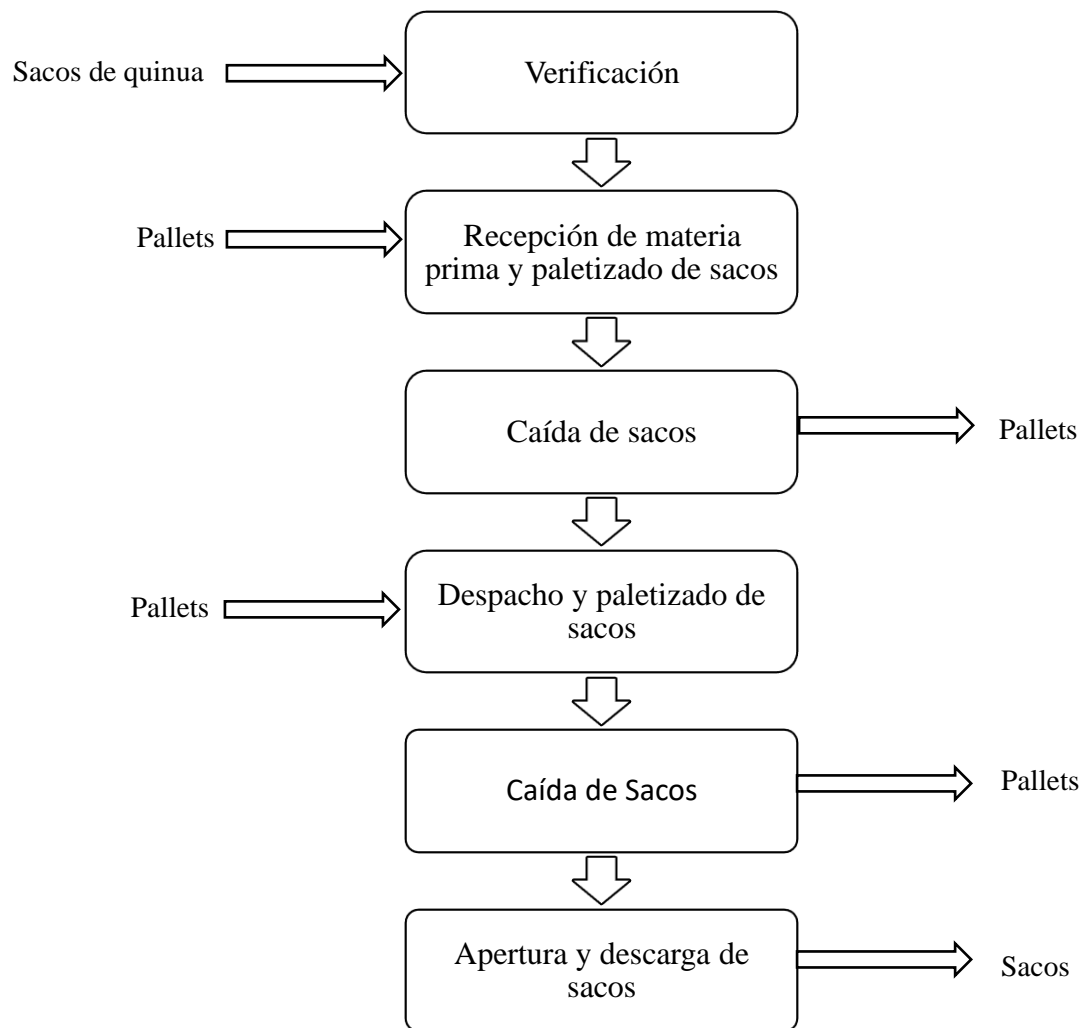
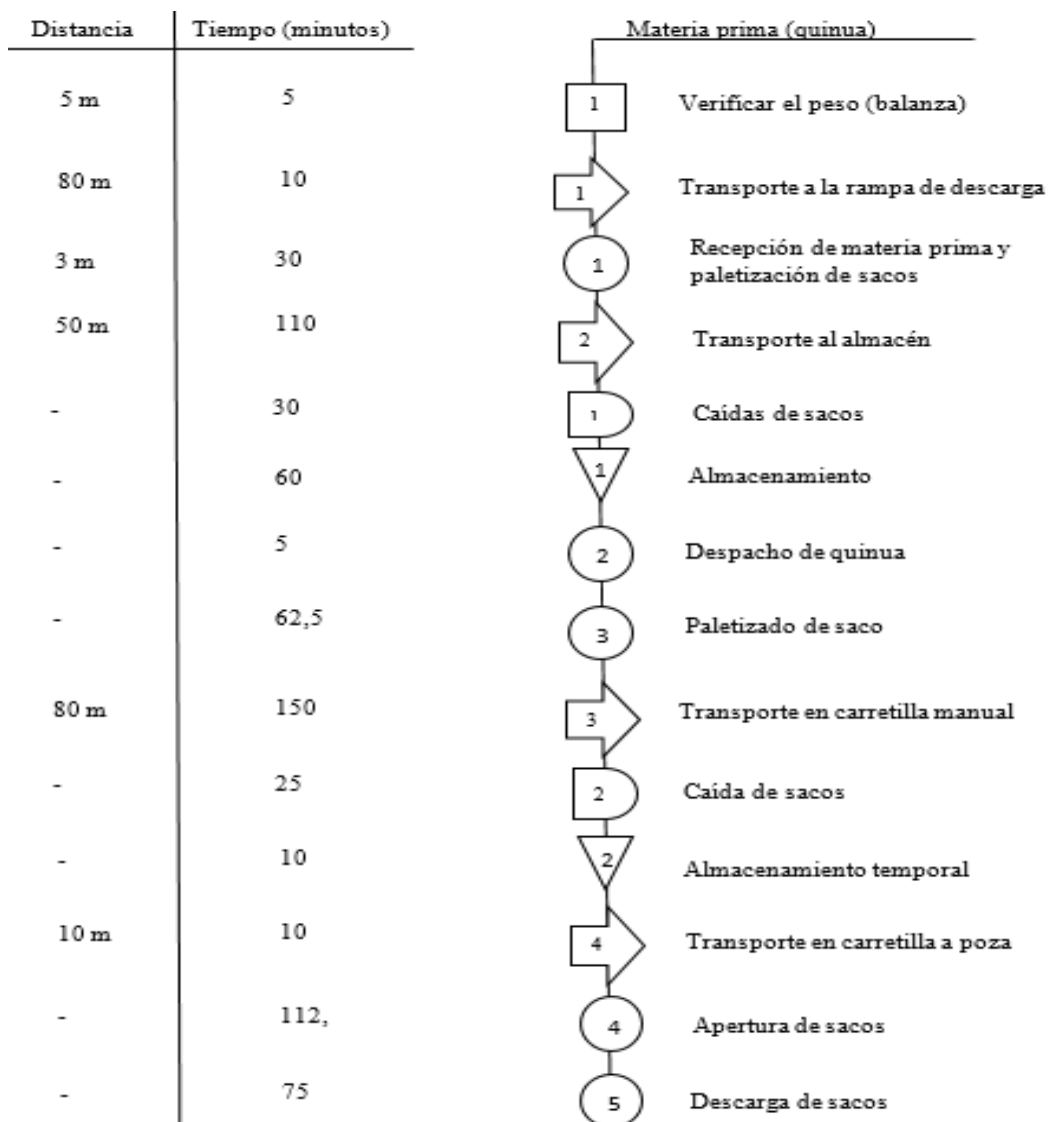


Figura 12 Diagrama de flujo del proceso de la quinua

3.1.2.4.2 Diagrama de Análisis Procesos



ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (minutos)	DISTANCIA (metros)
Operación	5	285	3
Inspección	1	5	5
Transporte	4	280	220
Almacenaje	2	70	
Demora	2	55	
TOTAL	14	695	228

Figura 13 Diagrama de análisis de proceso de la quinua

3.1.3 Indicadores actuales de producción

Los indicadores de producción son de gran importancia para los procesos productivos, como bien se sabe que a partir de estos se realiza la mejora continua. Entre los indicadores podemos mencionar la producción, capacidad, utilización.

La capacidad de la producción de la línea de proceso de quinua es de 1 363,6 kg/hora con eficiencia promedio de 68,2 % de utilización de las maquinas, ver tabla 2 y 3, Según especificaciones técnica de las máquinas tienen una capacidad de 2 000 kg / horas en promedio, y el costo de sub contratista promedio al mes es S/ 21 504,00

Tabla 2 Producción de quinua en planta- 2014

Mes	Cantidad (kg)	Horas / trabajadas	Eficiencia utilización	Costo / MO (4 operario)	Costo / sub contrata
ene-14	779 970	572	68,18%	S/ 3 512,40	S/ 16 964,00
feb-14	780 954	528	68,27%	S/ 3 512,40	S/ 16 985,00
mar-14	781 979	572	68,35%	S/ 3 512,40	S/ 17 986,00
abr-14	782 972	572	68,44%	S/ 3 512,40	S/ 18 008,00
may-14	783 979	572	68,53%	S/ 3 512,40	S/ 18 032,00
jun-14	784 976	550	68,62%	S/ 3 512,40	S/ 18 054,00
jul-14	785 970	550	68,70%	S/ 3 512,40	S/ 27 116,00
ago-14	786 979	572	68,79%	S/ 3 512,40	S/ 27 116,00
sep-14	787 979	572	68,88%	S/ 3 512,40	S/ 27 705,00
oct-14	788 981	572	68,97%	S/ 3 512,40	S/ 27 116,00
nov-14	789 979	572	69,05%	S/ 3 512,40	S/ 21 482,00
dic-14	790 507	550	69,10%	S/ 3 512,40	S/ 21 490,00
Total	9 425 225	6 754	68,66%	S/ 42 148,80	S/ 258 054,00

Fuente: Agro – exportadora.

Tabla 3 Eficiencia de máquinas

Maquinarias	Marca	Cantidad	Capacidad (Kg/hora)	Eficiencia (%)
Pre limpia	Oliver	1	2 500	99
Escarificadora	Nacional	4	2 400	98
Gravimétrica	Oliver	1	2 200	100
Despedradora	Oliver	1	2 000	100
Selector Óptico	Daewon GSI	1	2 000	100
Elevador de cangilón	Oliver	8	3 000	93,3

Fuente: Agro - exportador

3.1.3.1 Producción

Para el área de abastecimiento se tiene como tarea principal el suministro de la materia prima hacia la poza de alimentación, iniciando de esta manera el proceso productivo.

La producción se indica de forma mensual durante el año 2014; además se precisa el tiempo de descarga que conlleva para el suministro de este producto; siendo para el mes de enero 779 970 kg, con un tiempo requerido de 106,6 horas. Estos datos se aprecian en la tabla 4

Tabla 4. Producción en área de abastecimiento

Mes	Cantidad (en sacos 80kg)	Cantidad (en Kg)	Tiempo (horas)
ene-14	9 750	779 970	106,6
feb-14	9 762	780 954	106,7
mar-14	9 775	781 979	106,9
abr-14	9 787	782 972	107
may-14	9 800	783 979	107,1
jun-14	9 812	784 976	107,3
jul-14	9 825	785 970	107,4
ago-14	9 837	786 979	107,6
sep-14	9 850	787 979	107,7
oct-14	9 862	788 981	107,8
nov-14	9 875	789 979	108
dic-14	9 881	790 507	108
Promedio	9 818	785 435,4	107,3

Fuente: Agro exportadora

3.1.3.2 Capacidad de Planta

La capacidad de planta de la empresa es de 2000 kg/hora trabajando 2 turnos por día de 10 horas cada uno, así pues, se proyecta un total de 1 200 000 kg al mes, trabajando a condiciones ideales.

$$\text{Capacidad de Planta} = \text{cap. máq.} * \text{turnos} * \text{horas} * \text{días}$$

$$\text{Capacidad de Planta} = (2000 * 2 * 10) * 30$$

$$\text{Capacidad de Planta} = 1\,200\,000 \frac{\text{kg}}{\text{mes}}$$

3.1.3.3 Capacidad Efectiva o Real

La capacidad real con la que la empresa trabaja en promedio es 785 435,4 kg al mes.

$$\text{Capacidad Efectiva} = \frac{\sum \text{producción en un periodo}}{\text{Periodo}}$$

$$\text{Capacidad Efectiva} = 785\,435,4 \frac{\text{kg}}{\text{mes}}$$

3.1.3.4 Capacidad Ociosa

La capacidad que la empresa está perdiendo en promedio es de 414 564,6 kg al mes.

$$\text{Capacidad Ociosa} = 1\,200\,000 \frac{\text{kg}}{\text{mes}} - 785\,435,4 \frac{\text{kg}}{\text{mes}}$$

$$\text{Capacidad Ociosa} = 414\,564,6 \frac{\text{kg}}{\text{mes}}$$

En la tabla 5 se muestra la capacidad efectiva, de planta y ociosa que existe en el área de abastecimiento de planta.

Tabla 5 Capacidad en área de abastecimiento

Mes	Cantidad (en sacos 80 kg)	Capacidad efectiva (en Kg)	Capacidad de planta (Kg)	Capacidad ociosa (Kg)
ene-14	9 750	779 970	1 200 000.00	420 030
feb-14	9 762	780 954	1 200 000.00	419 046
mar-14	9 775	781 979	1 200 000.00	418 021
abr-14	9 787	782 972	1 200 000.00	417 028
may-14	9 800	783 979	1 200 000.00	416 021
jun-14	9 812	784 976	1 200 000.00	415 024
jul-14	9 825	785 970	1 200 000.00	414 030
ago-14	9 837	786 979	1 200 000.00	413 021
sep-14	9 850	787 979	1 200 000.00	412 021
oct-14	9 862	788 981	1 200 000.00	411 019
nov-14	9 875	789 979	1 200 000.00	410 021
dic-14	9 881	790 507	1 200 000.00	409 493
Promedio	9 818	785 435,4	1 200 000.00	414 564,60

Fuente: Agro-exportadora

3.1.3.5 Utilización

La utilización viene a estar dada por la relación de la capacidad efectiva entre la capacidad de planta, siendo en promedio para el área de abastecimiento de 65%. En la tabla 6 se precisan la utilización por mes durante el año 2014.

$$Utilización = \frac{Producción Real}{Capacidad Proyectada} \times 100$$

$$Utilización = \frac{785\,435,4 \text{ kg/mes}}{1\,200\,000 \text{ kg/mes}} \times 100 = 65\%$$

Tabla 6 Utilización en área de abastecimiento

Mes	Capacidad efectiva (en Kg)	Capacidad de planta (Kg)	Utilización %
ene-14	779 970	1 200 000	65%
feb-14	780 954	1 200 000	65%
mar-14	781 979	1 200 000	65%
abr-14	782 972	1 200 000	65%
may-14	783 979	1 200 000	65%
jun-14	784 976	1 200 000	65%
jul-14	785 970	1 200 000	65%
ago-14	786 979	1 200 000	66%
sep-14	787 979	1 200 000	66%
oct-14	788 981	1 200 000	66%
nov-14	789 979	1 200 000	66%
dic-14	790 507	1 200 000	66%
Promedio	785 435,4	1 200 000	65%

Fuente: Agro-exportadora

3.1.3.6 Tiempo de ciclo

El tiempo de ciclo se halló por el estudio de tiempos realizados en la empresa como se puede observar en el anexo 1, para la ejecución de este estudio se tomó como guía la tabla de general electric (anexo 3) en la cual se observa que, al tener un ciclo mayor de 40 min, solo se necesitan 3 tomas de tiempo.

$$\text{tiempo de ciclo} = 695 \text{ min}$$

3.1.3.7 Cuello de botella

El cuello de botella hace referencia al tiempo más largo de todas las actividades operativas que se muestran en la Figura 13:

$$\text{cuello de botella} = 150 \text{ min}$$

3.2 RESUMEN DE INDICADORES DE PRODUCCIÓN

Los indicadores hallados en el diagnóstico de la empresa nos muestran el estado actual de la agro-exportadora. En la siguiente tabla 7 se dará el resumen y la interpretación de los indicadores.

Tabla 7 Resumen de indicadores

Nombre del indicador	Valor	Interpretación
Producción	785 435,4 kg/mes	La producción mensual se tomó del promedio del historial de producción que tuvo la empresa en el periodo del año 2014, teniendo como resultado una producción de 785 435,4 kilogramos por mes en promedio.
Capacidad de planta	1 200 000 kg/mes	La empresa trabajando 2 turnos diarios y cada uno de 10 horas debería lograr producir 1 200 000 kilogramos al mes siendo esta su capacidad de planta.
Capacidad efectiva o real	785 435,4 kg/mes	La empresa en realmente produce 790 507 kilogramos al mes
Capacidad ociosa	414 564,6 kg/mes	La empresa deja de producir por diversos factores la cantidad de 409 493 kilogramos al mes
Utilización	65 %	La empresa utiliza solo el 65 % de la capacidad de su planta
Tiempo de ciclo	695 min	La empresa demora 695 min para poder la poza en un lote de 30 000 kg de quinua
Cuello de botella	150 min	La empresa tiene como su mayor demora en el proceso de abastecimiento, la apertura de sacos siendo este 150 min en un lote de 30 000 kg

Fuente: Elaboración propia

3.3 IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y SUS CAUSAS

Usando como método la observación directa en cada uno de los procesos realizados por el personal y a través de entrevistas informales, permitió la recolección de la información pertinente sobre el desarrollo de las tareas, puntos críticos, debilidades, mejoras, para la identificación de los problemas.

Con estos puntos ya mencionados se logró la identificación de los siguientes problemas en el proyecto como se puede apreciar en la figura 14

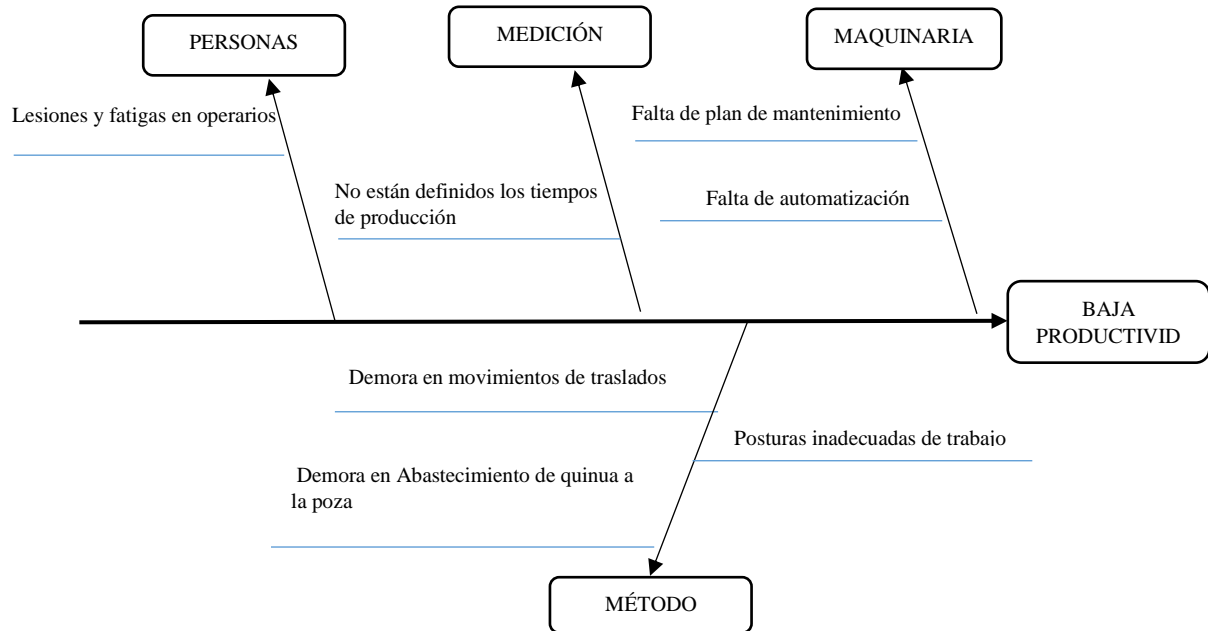


Figura 14 Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración propia

Las problemáticas halladas y representadas a través del diagrama de Ishikawa se evidenciarán por medio de imágenes y tablas, que respaldarán la autenticidad de cada problemática planteada.

3.3.1 Problemas, causas y propuestas de solución en el sistema de producción

Problema de producción 1: Demora en movimiento y transporte de materia.

Causas: los métodos de trabajo usados para transportar los sacos apilados encima de una carretilla son inestables como se puede apreciar en la figura 15 los sacos se caen con facilidad generando retrasos al volver a apilarlos para su posterior traslado al área de producción, además, se genera costos adicionales por los subcontratistas a los cuales se les paga más por volver a cargar los sacos.

Cabe resaltar que el transporte de los sacos de quinua (materia prima) son realizados en una carretilla hidráulica.



Figura 15 Transporte de quinua en sacos
Fuente: Agro-exportadora

El pago a los contratistas es de S/ 6.00 soles por 1000 kg de quinua resaltados, cabe resaltar que cada saco pesa 80 kg tomando como referencia que el transporte de cada saco tendría un costo de 1,28 soles. En la tabla se puede apreciar el costo de S/ 150 803, 60 que se obtuvo en el año 2014 por el servicio de subcontratar el traslado de la quinua.

Tabla 8 Abastecimiento de quinua a poza de producción

TRANSPORTE DE QUINUA				
Mes	Cantidad	unid	Tiempo (Horas)	Costo de Subcontratar
ene-14	779 970	kg	106,6	S/ 12 479,52
feb-14	780 954	kg	106,7	S/ 12 495,26
mar-14	781 979	kg	106,9	S/ 12 511,66
abr-14	782 972	kg	107	S/ 12 527,55
may-14	783 979	kg	107,1	S/ 12 543,66
jun-14	784 976	kg	107,3	S/ 12 559,62
jul-14	785 970	kg	107,4	S/ 12 575,52
ago-14	786 979	kg	107,6	S/ 12 591,66
sep-14	787 979	kg	107,7	S/ 12 607,66
oct-14	788 981	kg	107,8	S/ 12 623,70
nov-14	789 979	kg	108	S/ 12 639,66
dic-14	790 507	kg	108	S/ 12 648,11
TOTAL	9 425 225	kg	1 256,7	S/ 150 803,60

Problema de producción 2: Cargas pesadas al Abastecer la poza de producción.

Los operarios en esta área ejercen un gran esfuerzo físico que radica en su salud, ya que tienen que transportar los sacos de la zona de almacenamiento temporal a la poza para el inicio del proceso de producción, según la norma de ergonomía RM 357-2008 TR, la cual considera que para no comprometer la seguridad y salud de los trabajadores se deben manejar ciertos límites dentro de las empresas, las cuales se pueden observar en la siguiente tabla 9.

Tabla 9 Peso máximo a transportar

SITUACIÓN	PESO MÁXIMO		POBLACIÓN PROTEGIDA
	HOMBRE	MUJER	
En general	25 kg	15 kg	85 %
Mayor protección	15 kg	9 kg	95 %
Trabajadores entrenados	40 kg	24 kg	No disponible

Fuente: norma de ergonomía RM 357-2008 TR

Como se puede apreciar en la tabla 9 el peso máximo a soportar por un trabajador capacitado y con experiencia en cargas pesadas, debería ser como máximo 40 kg teniendo en cuenta su salud, pasar ese límite de peso presentaría riesgos a la salud de cualquier operario.

En la figura 16 se puede observar un operario moviendo un saco de 80 kg a la poza de producción y en la figura 17 podemos observar cómo se realiza la apertura y descarga de los sacos a la poza. Todo esto lleva a más retrasos en la producción además de ser un riesgo para la salud de los trabajadores.



Figura 16 Incumplimiento de la normal RT 375-2008 TR

Fuente: Agro-exportadora



Figura 17 Apertura y descarga de sacos de quinua en la tolva de recepción.

Fuente: Agro-exportadora

Problema de producción 3: Almacenamiento de materia prima

La empresa agro-exportadora, tiene sucursales de centros de acopios de quinua en las ciudades de Ayacucho, Andahuaylas, Tacna, Cuzco.

En cada centro de acopio la empresa realiza lotes de 30 000 kg de quinua, los envases son sacos de polietileno de diferente color, medidas y los agricultores no tiene cuidado y son inocuos por qué usan sacos de polietileno de segundo uso.

La empresa no puede poner condiciones a los agricultores para poder utilizar sacos de primer uso, por qué se molestan y van a vender a otro lado. Solo le queda comprar la materia prima a agricultores por la demanda que tiene hoy en día la quinua, lo cual genera un problema para manipular ver figura 18



Figura 18 Disconformidad de pesos y color de envase en zona de almacenamiento de materia prima

Fuente: Agro-exportadora

En la tabla 10 se evidencian el tiempo que se demora en almacenar y recepcionar los sacos de quinua.

Tabla 10 Tiempo de recepción y almacenaje de quinua.

Mes	Cantidad		Tiempo (horas)
ene-14	779 970	kg	106,6
feb-14	780 954	kg	106,7
mar-14	781 979	kg	106,9
abr-14	782 972	kg	107
may-14	783 979	kg	107,1
jun-14	784 976	kg	107,3
jul-14	785 970	kg	107,4
ago-14	786 979	kg	107,6
sep-14	787 979	kg	107,7
oct-14	788 981	kg	107,8
nov-14	789 979	kg	108
dic-14	790 507	kg	108
TOTAL	9 425 225	sacos	1 288,1

3.4 DESARROLLO DE PROPUESTA DE MEJORAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

En función a los problemas analizados anteriormente se presentarán las propuestas de mejoras para realizar un mejor tiempo, a la vez mejorar la productividad y ergonomía de los trabajadores.

3.4.1 Mejora 1: Mejora del envase convencional por el envase Big bags

Los Big Bag's presentan innumerables diferencias y muchas opciones de almacenamiento y transporte. Todos los Big Bag's son confeccionados de acuerdo con las especificaciones técnicas y necesidades de cada cliente. En tejidos con o sin lámina, forrados internamente.

Colores disponibles: natural (Blanco), marrón o negro, etc.

Los Big Bag's son embalajes ideales para el acondicionamiento, almacenaje y transporte de azúcar, harina de trigo, granos y semillas en general, fertilizantes, minerales, alimentos balanceados, productos químicos y petroquímicos, farmacéuticos, herbicidas y refractarios, residuos industriales y otros.

Pueden ser comercializados en tejido de polipropileno de alta resistencia y con tratamiento contra rayos ultravioleta y son confeccionados para soportar

S.W.L.s (carga máxima de trabajo) de 100 hasta 2000 Kg en la siguiente figura 19 se pueden observar los modelos

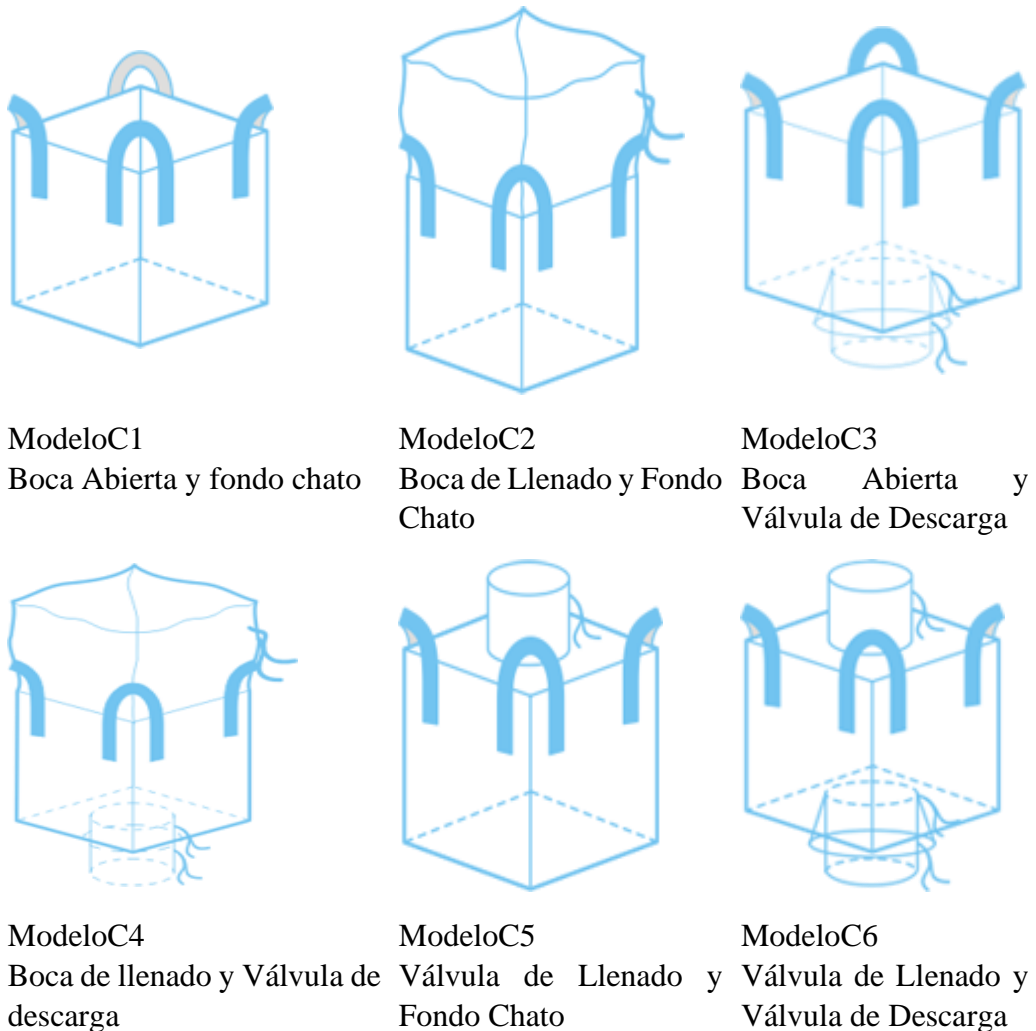


Figura 19 Modelos de Big Bags

- **Selección del modelo.**

La selección se determinó, mediante el uso de la reutilización del envase, que nos permita llenar y vaciar sin coser el envase, para este caso es el modelo C6, con válvula de llenado y válvula de descarga.

- **Determinación de medida del envase.**

La medida se determinó por la siguiente fórmula y teniendo en cuenta el ancho y largo de un pallet de madera (100 x 120 cm). Según el fabricante tiene que respetar las medidas cuadradas para poder ser apilar uno sobre otro.

- **Especificación técnica de la quinua:**

Densidad real: 710 kg / m³

Humedad: 12 %

Saponina: 2%

- **Determinación de volumen.**

$$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

$$V = \frac{1\,000\text{ kg}}{710\text{ kg/m}^3} = 1,41\text{ m}^3$$

- **Dimensión del Big Bag's**

Se determina la dimensión por la siguiente formula:

$$V = \text{Altura} \times \text{Largo} \times \text{Ancho}$$

$$V = 1.0 \times 1.0 \times 1.5$$

$$V = 1.5\text{ m}^3$$

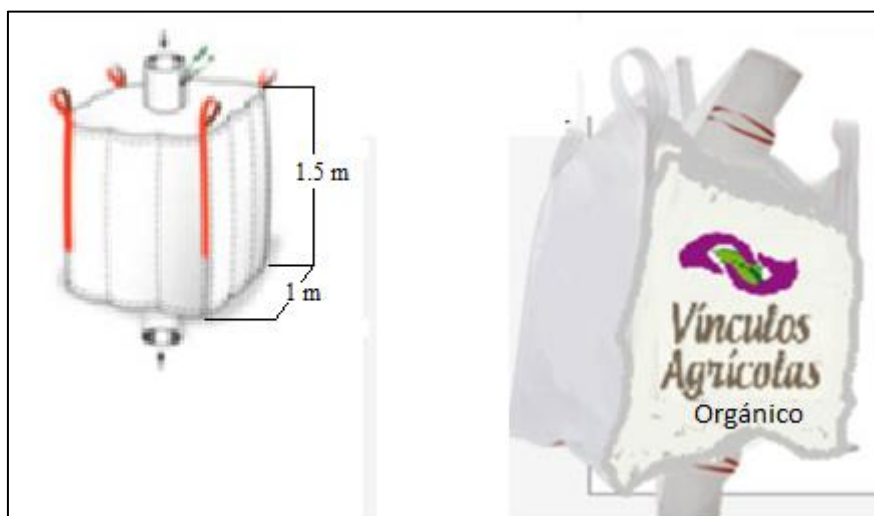


Figura 20 Diseño y medida del Big Bag

3.4.2 Mejora 2: Diseño del sistema de abastecimiento y movimiento de materia prima

a) Montacargas Eléctrico.

Se optó por el modelo eléctrico por motivo de seguridad al producto, sin emisión de gases y para acceder a espacios reducidos.

La capacidad de carga del montacargas eléctrico se determinó por el peso del big bag's.

Tabla 11 Ficha técnica del montacargas eléctrico 3 Ruedas.

Detalles Técnicos		C3E150R
Fabricante		BT
Procedencia		Italia
Modelo		C3E150R
Motor		Electric
Tipo de operación		Sentado
Capacidad de carga	kg	1 500
Centro de carga	mm	500
Distribución del peso s/carga delantero/trasero	kg	1280/1 650
Distribución del peso c/carga delantero/trasero	kg	3 820/610
Numero de ruedas delantero/trasero (x=tracción de ruedas)		2/1x
Tipo de llantas, delantero/trasero		Súper elásticas
Dimensiones de las llantas delanteras		18x7-8
Dimensiones de las llantas traseras		18x7-8
Rodadura delantera	mm	909
Rodadura trasera	mm	0
Carro porta horquillas ISO-FEM		II A
Velocidad de desplazamiento, sin/con carga	km/h	12,5/12,0
Freno de servicio		Hidráulica
Freno de estacionamiento		Freno de mano
Velocidad de elevación, sin/con carga	m/s	0,52/0,30
Velocidad de descenso, sin/con carga	m/s	0,52/0,59
Fuerza de tracción, sin/con carga	N	1 670/1 370
Fuerza de tracción máxima, sin/con carga	N	7 500/7 200
Pendiente máxima, sin/con carga	%	11,0/6,5
Pendiente máxima superable, sin/con carga	%	25,0/16,0
Potencia de motor de marcha	kW	5,1
Potencia de motor de elevación	kW	7,5
Voltaje de la batería, capacidad nominal	V/Ah	24/480
Peso con batería	kg	2 930
Sistema de dirección		Hidráulica
Tipo de unidad de control de velocidad		AC Mosfet
Presión de trabajo para alimentos	bar	140

Fuente: Toyota.

b) Elevador de cangilones.

Se hará uso de un tipo de elevador de cangilones:

- **Cangilones montados sobre banda o cadena con descarga centrífuga:** la descarga en este tipo de cangilones se efectúa a grandes velocidades, ya que el material que elevan es derramado o lanzado en el nivel superior por acción de la fuerza centrífuga. Se puede apreciar este diseño en la figura 21(a)

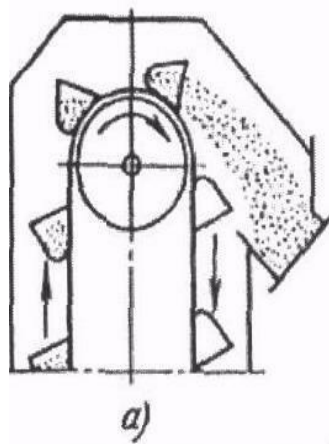


Figura 21 Carga de un elevador de cangilones

Fuente: [38]

Especificaciones técnicas

Correa		Dimensiones (mm)														Calibre (mm)				Cadena	
Modelo de Alta Capacidad	Modelo Estándar	A	B	C	D	E	F	I	J	K	L	M	N	O	P	R	S	T	Forro	Modelo Estándar	Modelo de Alta Capacidad
HB6A11	B6A11	1168	1067	584	483	559	305	660	813	356	178	508	330	305	356	3.5	2.8	2	3.5	C6A11	HC6A11
HB85A11	B85A11	1168	1067	584	483	559	305	660	813	356	229	508	330	305	356	3.5	2.8	2	3.5	O85A11	HO85A11
HB6A18	B6A18	1397	1194	711	483	610	305	864	991	381	178	610	330	305	381	3.5	2.8	2	3.5	C6A18	HC6A18
HB85A18	B85A18	1397	1194	711	483	610	305	864	991	381	229	610	330	305	381	3.5	2.8	2	3.5	O85A18	HO85A18
HB85A24	B85A24	1676	1499	813	686	610	356	1067	1118	406	229	711	330	356	432	3.5	2.8	2	3.5	O85A24	HO85A24
HB106A24	B106A24	1905	1753	940	813	813	356	1219	1219	457	279	762	381	356	508	3.5	2.8	2	3.5	C106A24	HC106A24
HB127A24	B127A24	1905	1753	940	813	813	432	1219	1219	457	330	762	381	432	508	3.5	2.8	2	3.5	C127A24	HC127A24
HB147A24	B147A24	1905	1753	940	813	813	508	1219	1219	457	381	762	457	432	508	3.5	2.8	2	3.5	C147A24	HC147A24
HB127A30	B127A30	2210	2515	1321	1194	813	432	1422	1422	508	330	914	381	432	559	4.8	3.5	2	3.5	C127A30	HC127A30
HB147A30	B147A30	2210	2515	1321	1194	813	508	1422	1422	508	381	914	457	432	559	4.8	3.5	2	3.5	C147A30	HC147A30
HB168A30	B168A30	2210	2515	1321	1194	813	508	1422	1422	508	432	914	457	432	559	4.8	3.5	2	3.5	C168A30	HC168A30
HB188A30	B188A30	2210	2515	1321	1194	813	610	1422	1422	508	483	914	457	432	559	4.8	3.5	2	3.5	C188A30	HC188A30

Figura 22: Especificaciones Técnicas de elevador de cangilones

Fuente: [38]

- **Partes del elevador de cangilones**

- **Correa:**

En términos de diseño y estructura son iguales a las usadas para transporte, pero, se debe tener en cuenta para su selección la dureza de esta y su resistencia a la fricción ya que de esto dependerá la correcta función de los cangilones, como se puede apreciar en la figura 23 vemos como se adhieren los cangilones a las cadenas.

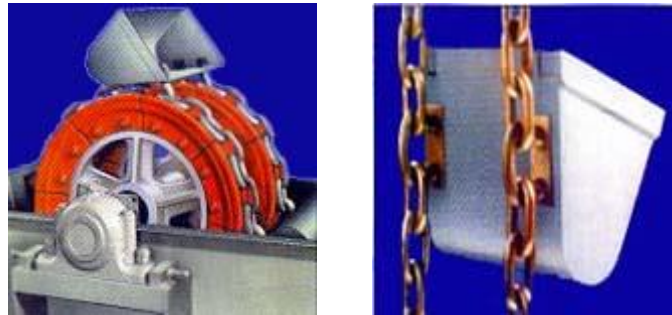


Figura 23 Cangilones de cadena
Fuente: [39]

En algunos casos, existen diseños de doble cadena donde se asegura al cangilón por los laterales, por la parte interior y externa, este diseño se realiza para materiales más pesados como podemos apreciar en la figura 24

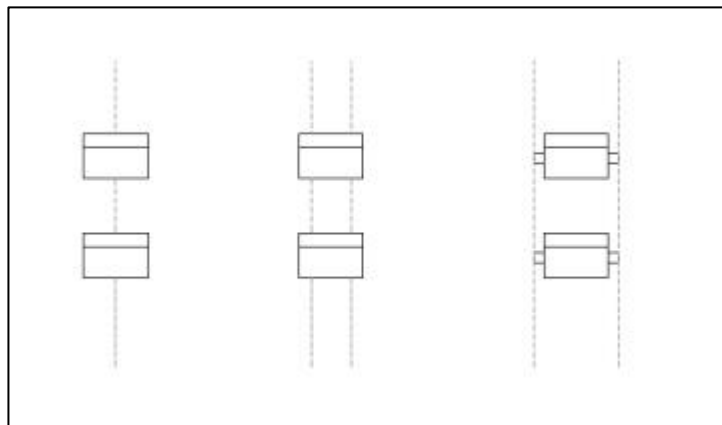


Figura 24 Disposición de las cadenas
Fuente: [39]

- Cangilones

Son los elementos que cargan en su carrera ascendente a la materia. Según su construcción, pueden ser metálicos de chapa soldada o estampados, de material plástico, de fibra, de acero inoxidable o de fundición. Existen muchos diseños según la necesidad del proceso, podemos ver un diseño en la figura 25.

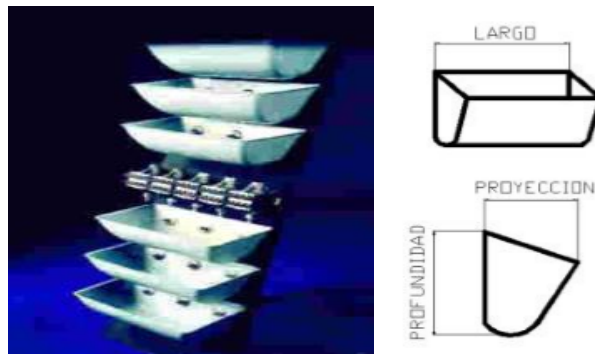


Figura 25 Cangilones

Fuente: [38]

- Tambor de accionamiento

Es el encargado de realizar el movimiento a la correa. Es altamente recomendable el recubrimiento del mismo con caucho a los efectos de protegerlo del desgaste producido por la gran cantidad de polvo que genera el sistema como se aprecia en la figura 26.

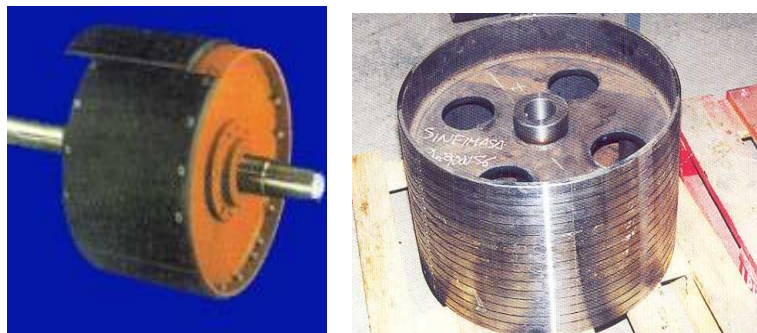


Figura 26 Tambor de Accionamiento

Fuente: [38]

- Cabeza del elevador

También ubicada en la parte superior del elevador, es una estructura metálica que contiene al tambor de accionamiento, formando parte de la misma unidad de accionamiento, el freno y la boca de descarga. El capot de la cabeza o sombrero debe tener el perfil adecuado para adaptarse lo más posible a la trayectoria del material elevado en el momento de producirse la descarga. Esta trayectoria depende de varios factores como pueden ser el tipo de cangilón, la velocidad de la correa y el diámetro del tambor de accionamiento. Ver figura 27.



Figura 27 Cabeza del elevador

Fuente: [39]

- Unidad de accionamiento

Se encuentra ubicada en la parte superior del elevador, está formada por un motor y un reductor el cual está unido directamente al eje del tambor de accionamiento. Toda la unidad se basa en una plataforma construida a tal fin. Ver figura 28



Figura 28 Cabeza del elevador

Fuente: [38]

- **Dispositivo tensor**

Como su nombre lo indica este dispositivo permite el tensado de la correa para lograr un perfecto funcionamiento del sistema.

Este dispositivo puede ser de dos tipos:

- tornillo (el más usual)
- automático (para elevadores de grandes capacidades).

- **Freno automático**

Es un sistema ligado al eje del tambor de accionamiento. Permite el libre movimiento en el sentido de elevación. Cuando por cualquier motivo el elevador se detiene con los cangilones cargados, este sistema impide el retroceso de la correa, evitando así que el material contenido en los mismos sea descargado en el fondo del elevador.

- **Tolva de alimentación**

La alimentación o carga se hace de forma que el material caiga en los cangilones por medio de los siguientes procedimientos, ver en la figura 29

- Mediante Tolva Dosificadora

- Por Dragado
- Mixta (Dándose Los Dos Casos Anteriores)

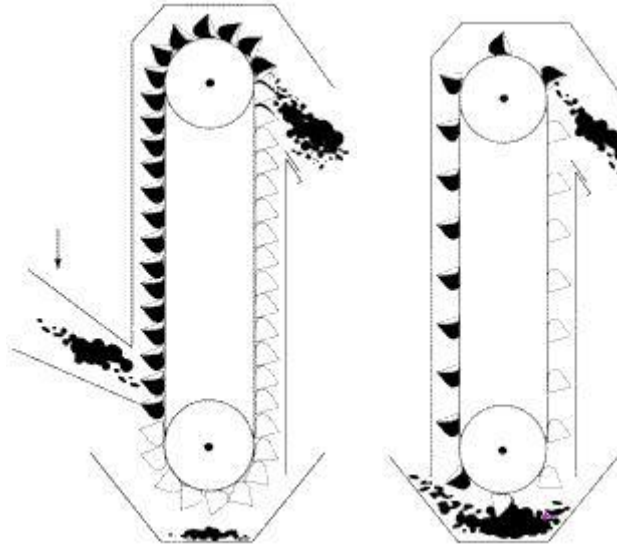


Figura 29 Cabeza del elevador

Fuente: [39]

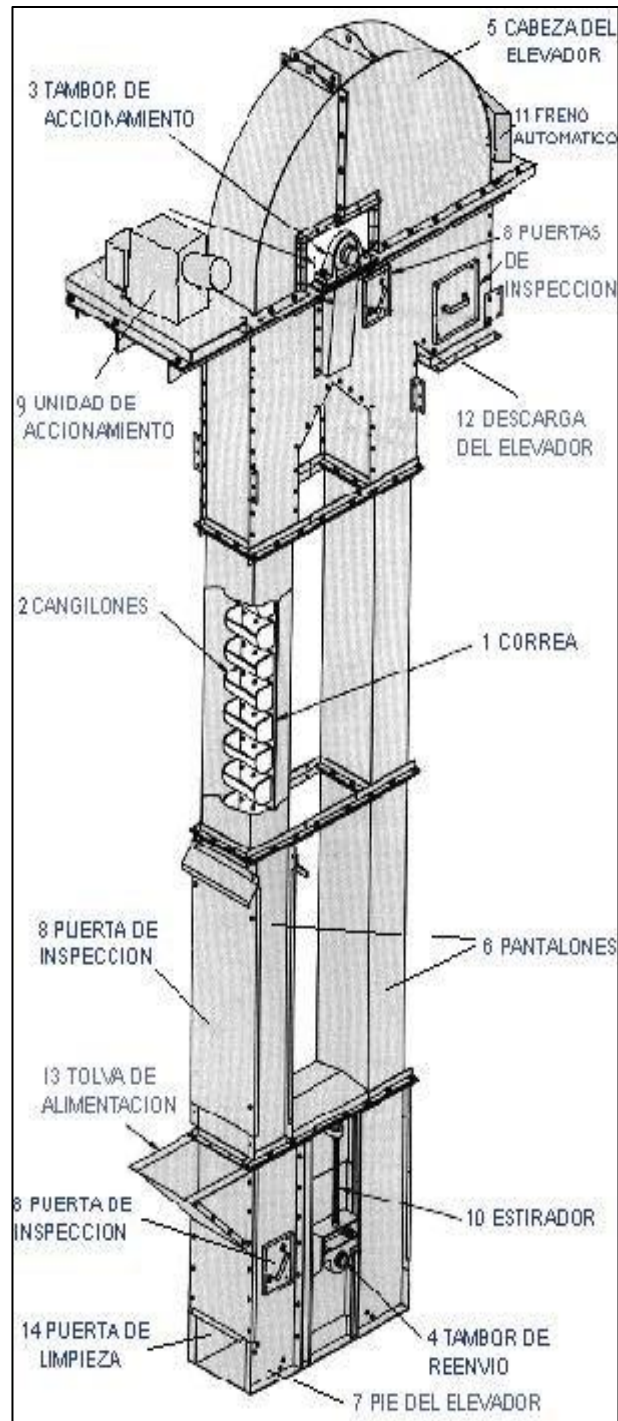


Figura 30. Estructura del elevador

- **La capacidad del elevador:**

Se determinó la capacidad del elevador de cangilones por el tiempo de recorrido del montacargas y área del almacén.

Recorrido máximo permitido en las instalaciones de una planta: 5 km/h

se convierte de km/h a m/min. Para poder determinar la capacidad del elevador.

$$5 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1000\text{m}}{1\text{km}} \times \frac{1\text{h}}{60\text{min}} = 83,3 \text{ m/min}$$

✓ **Tiempo de recorrido del montacargas eléctrico:** En el área de almacén de materia prima, para el cálculo se tomará la distancia máxima.

Se plantea la siguiente pregunta

- ¿Cuántos minutos se demorar en transportar 1 000 kg de quinua en una distancia de 120 metros lineal?

$$\left. \begin{array}{l} A_1 \rightarrow C \\ A_2 \rightarrow X \end{array} \right\} \frac{A_1}{A_2} = \frac{C}{X} \quad X = \frac{A_2 \times C}{A_1}$$

Datos:

- Velocidad del montacargas: 83,3 m/min
- Área de almacén: 120 m

$$\frac{83,3 \text{ m/min}}{120 \text{ m}} = \frac{1}{X} = X = \frac{120 \times 1}{83,3} = 1,4 \text{ m/min}$$

Respuesta: Se demorar 1,4 m/min en transportar la quinua.

✓ **Tiempo total del proceso de recepción y transporte de Materia prima.**

Se realizó el cálculo teniendo en cuenta:

1. La distancia de la zona de ubicación de la balanza (propuesta) hasta el punto más lejos del almacén.
2. Recepcionar y mover 1000 kg (capacidad del big bag's).

Tabla 12 Tiempo total del proceso de recepción y transportar

Maquina	A	B	C	Tiempo total (min) (A + B + C)	Distancia lineal Max (m)
	Tiempo de recorrido (m/min)	Tiempo de paletizado (min)	Tiempo de llegado y pesado (min)		
Montacargas	1,4	1,3	2,3	5	120

Conclusión: Se determinó que se puede recepcionar y transportar 1 000 kg en un tiempo de 5 minutos.

✓ **Capacidad del elevador de cangilones:** Con el resultado obtenido se puede formular la siguiente pregunta y determinar la ecuación a usar.

Planteamiento de pregunta.

- Si en 5 minutos se puede transportar 1 000 kg. ¿Cuántos kilos se puede transportar en un minuto?

$$\left. \begin{array}{l} A_1 \rightarrow C \\ A_2 \rightarrow X \end{array} \right\} \frac{A_1}{A_2} = \frac{C}{X} \quad X = \frac{A_2 \times C}{A_1}$$

Datos:

- Recepción y movimiento de quinua: 1 000 kg en 5 minutos.
- Cuantos

$$\frac{5 \text{ min}}{1 \text{ min}} = \frac{1\,000 \text{ kg}}{X} = X = \frac{1 \times 1\,000}{5} = 200 \text{ kg/min}$$

Respuesta: Se puede transportar 200 kg/ min

❖ **Conclusión:** Se requiere un elevador de cangilones con una capacidad de 200 kg/ min. Esto obedece a tener un elevador que en promedio tiene una altura de 10 m.

- **Capacidad del Motor:**

- ✓ **La potencia del Motor:**

La potencia del motor estará en función del requerimiento del elevador de cangilones; como se calculó anteriormente la capacidad del elevador es de 200 kg/min, que en toneladas sería:

$$200 \frac{kg}{min} \times \frac{60min}{1 hora} = 12\,000 \frac{kg}{h} = 12 t/h$$

Para saber la potencia del motor a utilizar, se tomó en consideración la siguiente ecuación determinada para elevadores de 5 hasta 20 t/h.

$$HP = \frac{A (m) \times C \left(\frac{t}{h}\right)}{160}$$

Siendo:

A=altura del elevador

C=capacidad del elevador

160 = el factor para elevadores de 5-20 toneladas.

La potencia de nuestro motor a requerir sería:

$$Potencia = \frac{10m \times 12t/h}{160} = 0,75 HP$$

Que en kW sería:

$$Potencia = 0,75HP \times \frac{0,7457kW}{1HP} = 0,55 kW$$

Debido a la aplicación que tendrá el motor es que se determinó el uso de un motor trifásico (4 polos) de 60 Hz, ideal para elevadores industriales.

✓ **rpm del Motor:**

Para determinar el rpm que se requiere se tiene la siguiente ecuación.

$$rpm = \frac{120 \times frecuencia}{N^\circ \text{ de polos}}$$

Para nuestro caso tenemos:

$$rpm = \frac{120 \times 60Hz}{4}$$

$$rpm = 1\ 800$$

En conclusión, la capacidad que deberá tener nuestro motor como mínimo es de 1HP, 60Hz Y 1 800 rpm.

c) Diseño de la poza de recepción de materia prima.

La capacidad de la poza de recepción se determina, por la capacidad del elevador 200 kg /min o 12 000 kg/ hora. Para el diseño se tuvo una restricción el espacio a usar espacio disponible 5 x 3 x 2,5 metros. Se realizó el cálculo y se determinó el volumen de la poza: 10 m³. Ver figura 31

• **Especificación técnica de la quinua:**

Densidad real: 710 kg / m³

Humedad: 12 %

Saponina: 2%

• **Volumen disponible:** 10 m³

• **Determinación de Masa.**

Formula:

$$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volúmen}}$$

$$\text{Masa} = 710 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 10 \text{ m}^3 = 7\ 100 \text{ kg}$$

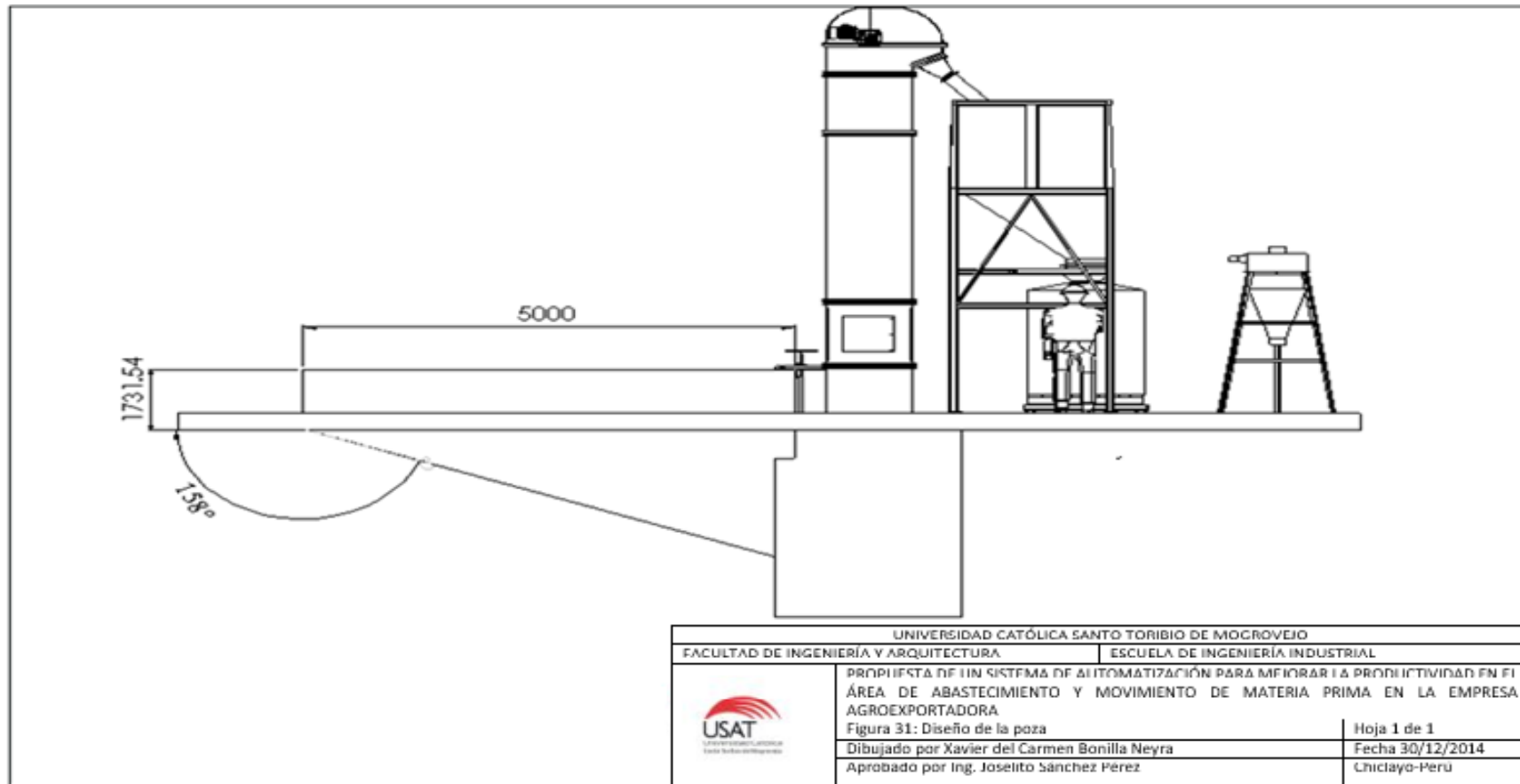


Figura 31 Diseño de la poza

El diseño de la poza está basado en un desplazamiento natural con un ángulo de 25° ver figura 32 y Tabla 13



Figura 32 Angulo de reposo

Tabla 13 Angulo de la pendiente natural y coeficiente de rozamiento de algunos materiales

Material	Angulo de la pendiente natural en grados		Coeficiente de rozamiento sobre acero	
	En reposo, α	En movim. ϕ	En reposo	En movimiento
Antracita	45	27	0,84	0,29
Grava	45	30	1,0	0,58
Arcilla	50	40	0,75	'-
Tierra	45	30	1,0	0,58
Coque	50	35	1,0	0,57
Trigo	35	25	0,58	0,36
Arena	45	30	0,8	0,5
Mineral de hierro	50	30	1,2	0,58
Turba fresada	45	40	0,75	0,6
Carbón lignitoso	50	35	1,0	0,58
Escoria	50	35	1,2	0,7
Cascajo	45	35	0,63	'-

Fuente: [40]

d) Diseño de la tolva de acumulación.

La capacidad de la tolva de acumulación se determina a la capacidad del big bag's y el tiempo de transporte del montacargas eléctrico del mismo.

- ✓ **A= Capacidad del big bag's:** 1 000 kg.
- ✓ **B= Tiempo de transporte del montacargas:** 1 000 kg en 5 min.
- ✓ **C= Medida de seguridad (criterio propio) :** (A+B)X50%= 1 000 kg

Conclusión: La capacidad debe ser $A + B + C = 3\ 000\text{ kg}$.

✓ Determinar el volumen de la tolva: Para ello se empleará la siguiente formula.

- **Especificación técnica de la quinua:**

Densidad real: 710 kg / m³

Humedad: 12 %

Saponina: 2%

- **Determinación de volumen.**

Fórmula:

$$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

$$V = \frac{3000\text{ kg}}{710\text{ kg/m}^3} = 4.2\text{ m}^3$$

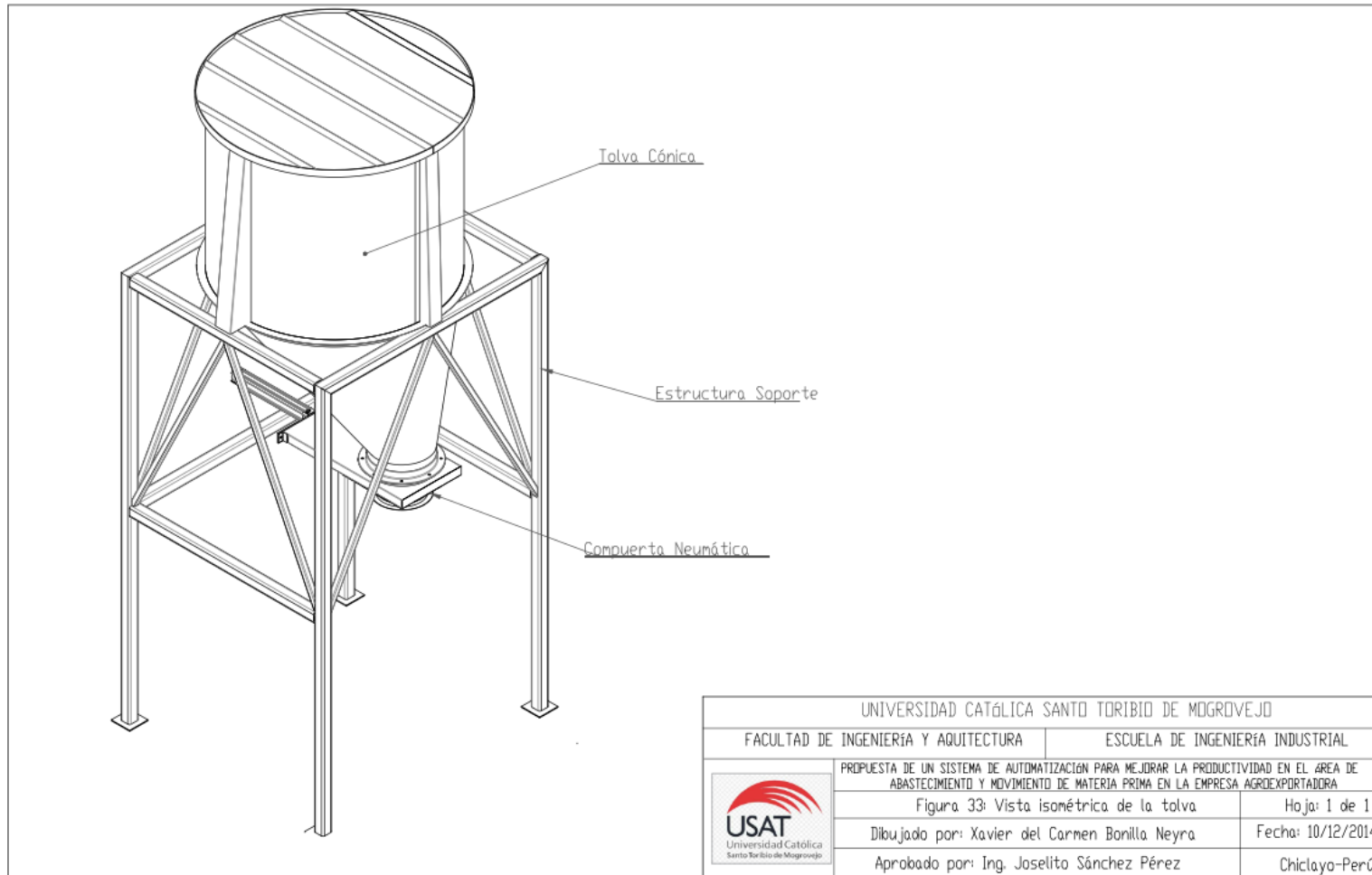


Figura 33 Diseño isométrico de la tolva de acumulación

Como se calculó anteriormente la estructura deberá soportar un total de 3 000 kg, que es la capacidad máxima que tendrá la tolva de acumulación.

Por sus múltiples ventajas como alta resistencia, elasticidad, tenacidad, ductilidad, rapidez de construcción y durabilidad, el acero es cada vez más utilizado en edificaciones de diversos estilos, como también en la construcción de complejas estructuras, de tal manera es que se ha determinado el uso del tipo tubo cuadrado ASTM 3x2 mm el cual es de uso industrial para realizar el tipo de instalación requerida. Ver figura 34

La forma que tiene la tolva de acumulación, tiene criterios propios del diseño que se fácil de limpiar, la descarga de la tolva esta excéntrica por que tiene como finalidad facilitar el ingreso del montacargas eléctrico. Ver figura 35

La dimensión de la compuerta fue dada por el diámetro de la válvula de llenado. Ver figura 36

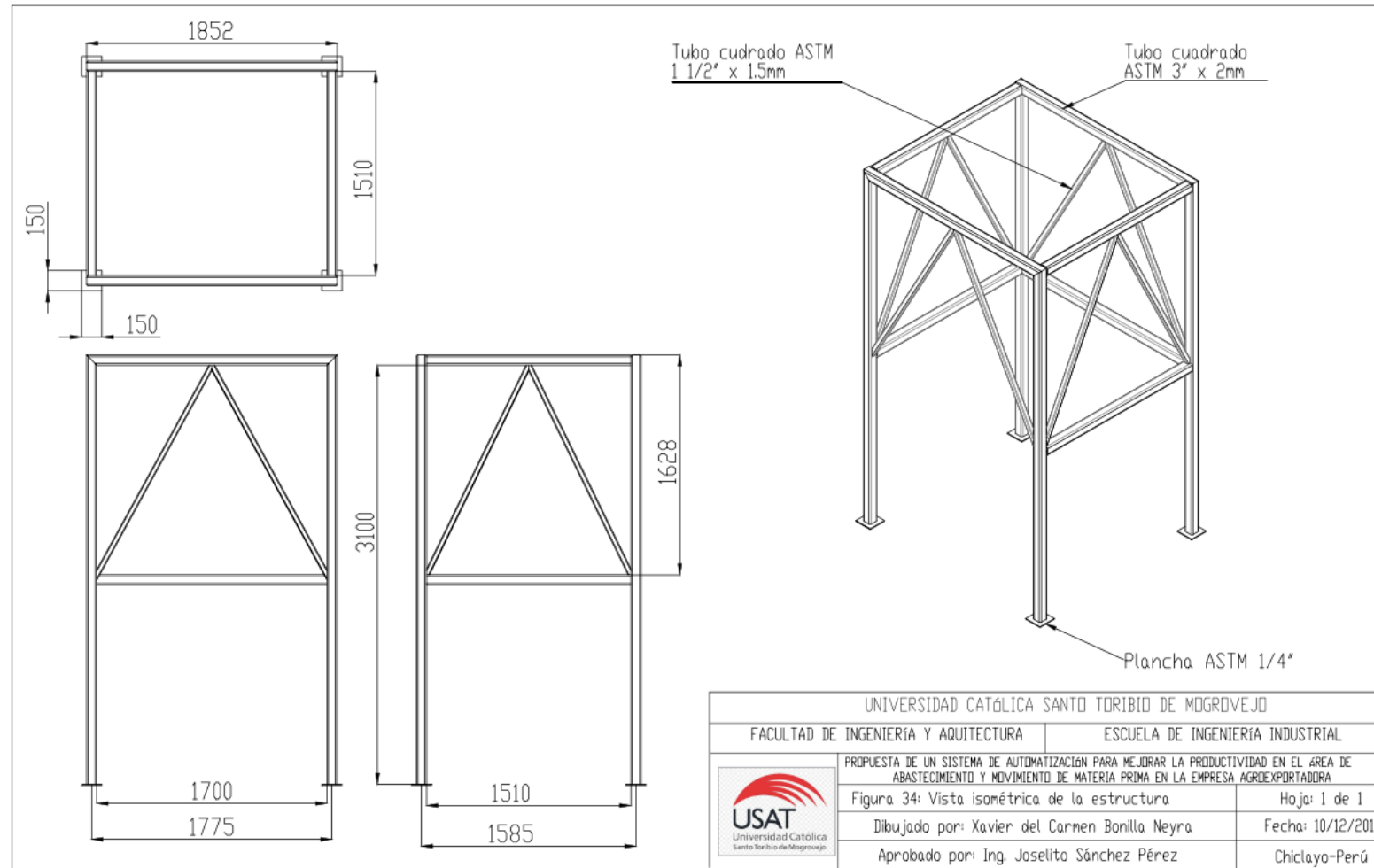


Figura 34 Vista isométrica de estructura de la tolva

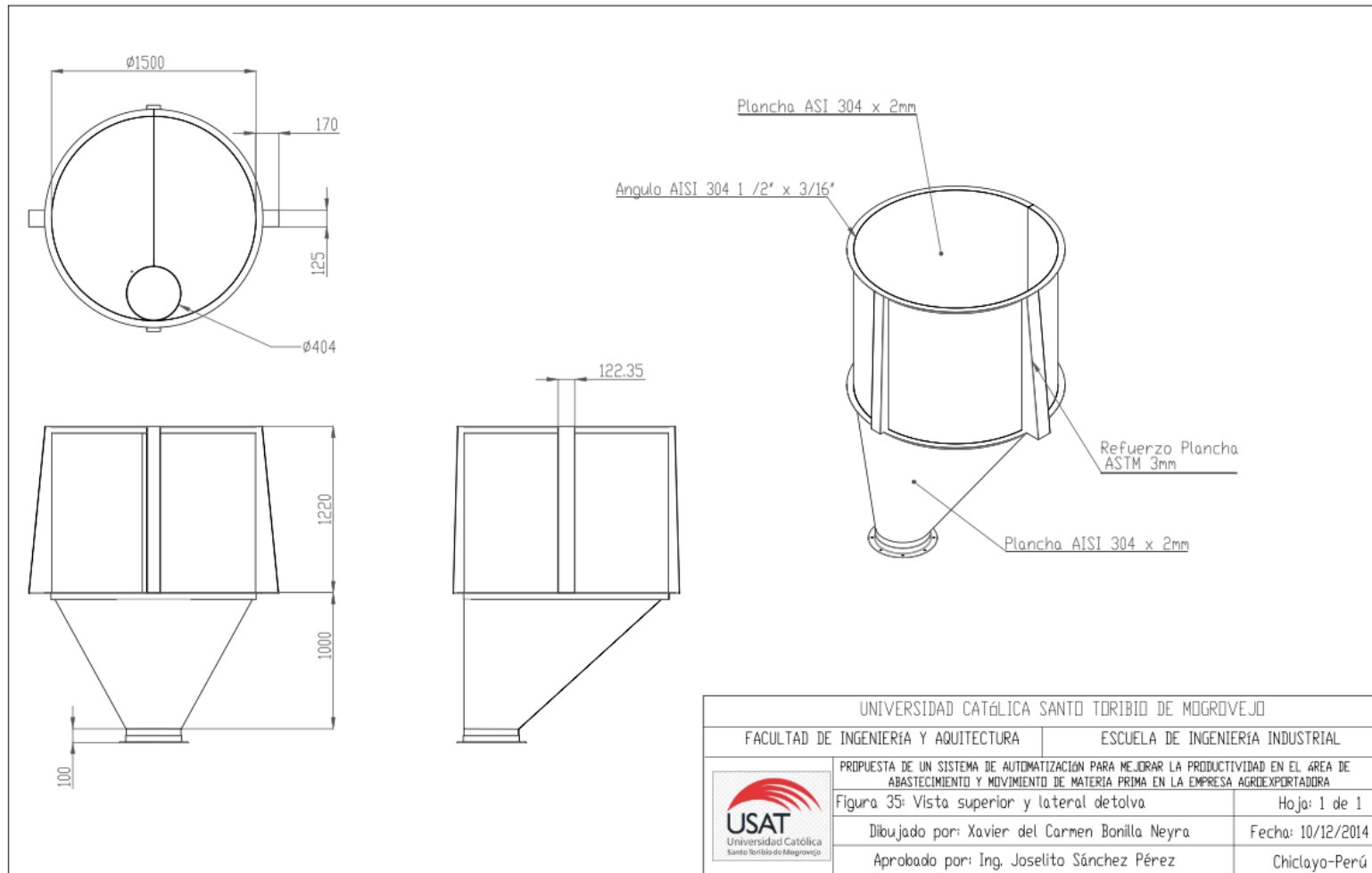


Figura 35 Vista superior y lateral de la tolva de acumulación

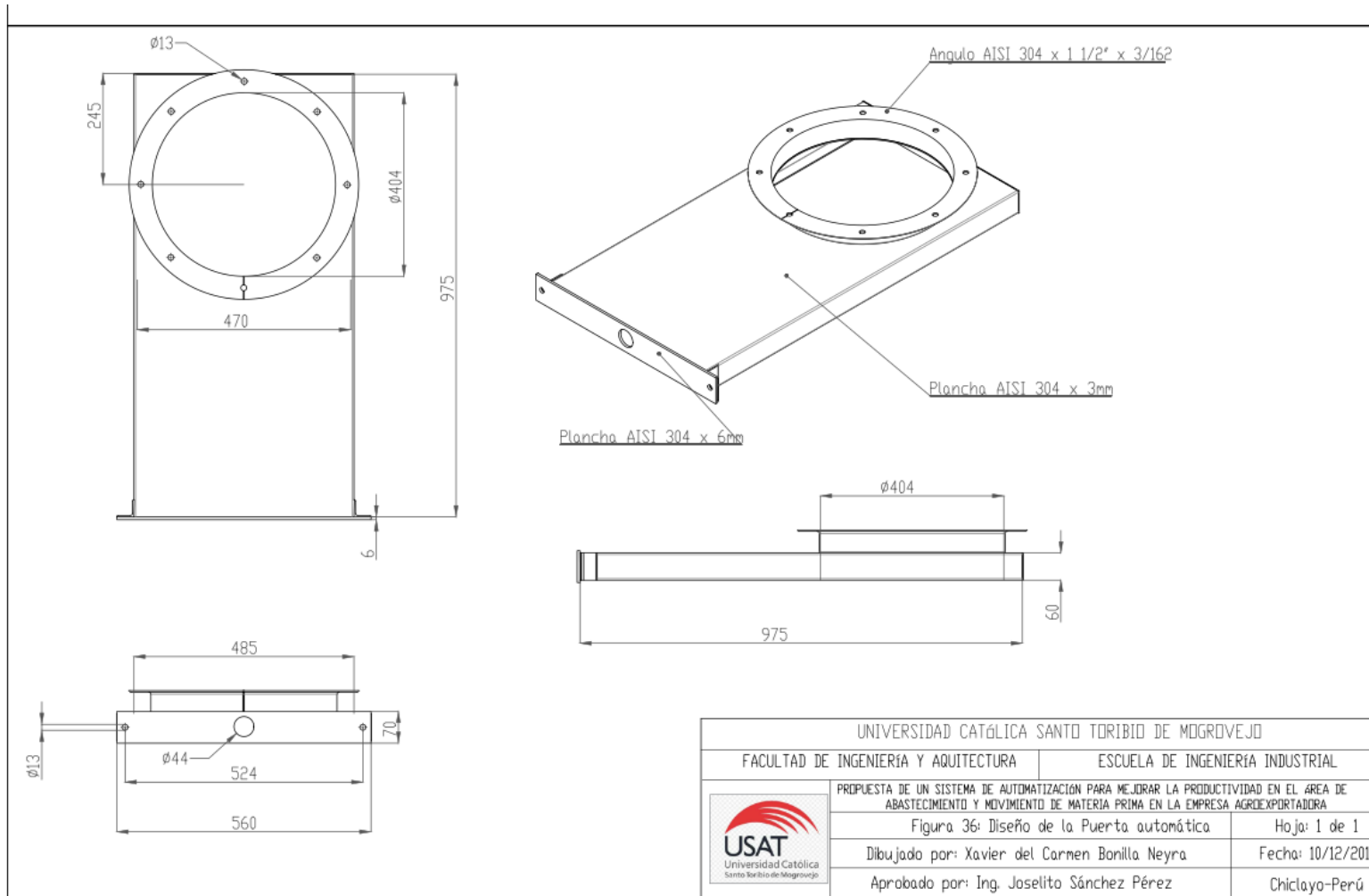


Figura 36 Diseño de la puerta automática

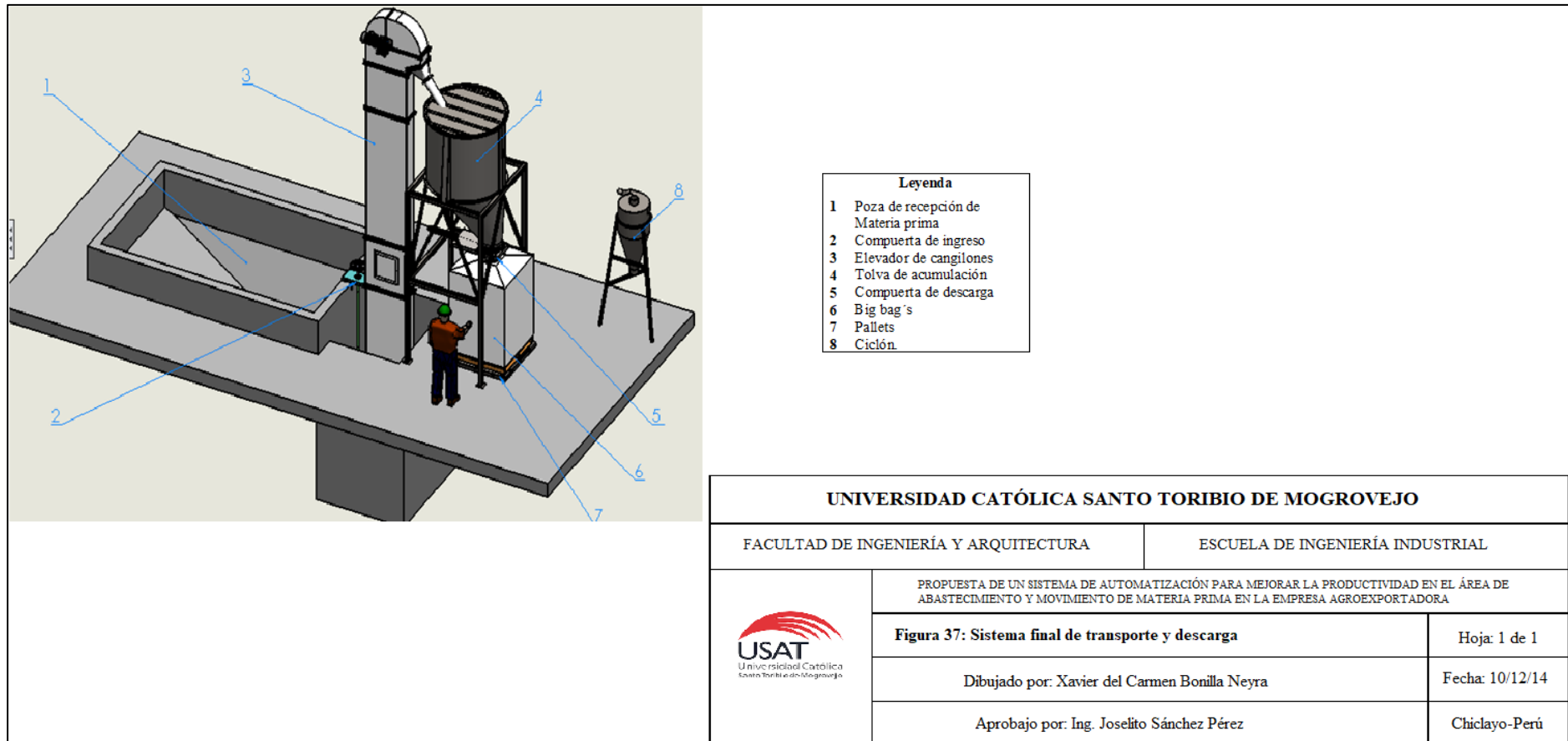


Figura 37 Sistema final de transporte y descarga

3.4.3 Mejora 3: Diseño y Cálculo del sistema automatizado

Para el proceso de automatización dentro de la empresa se requieren la colaboración de los diferentes departamentos, como son producción, logística, calidad y gerencia.

Desde el punto de vista del trabajo que se debe realizar durante la puesta en marcha del proceso de automatización, se debe tomar como metodología la siguiente:

- Automatización
- Supervisión
- Interacción
- Implementación
- Pruebas

3.4.3.1 Diseño eléctrico

Consta de un interruptor trifásico termo magnético que conecta a la línea de la red (ENSA), y su salida se distribuye a la entrada de cada sub interruptores trifásico (sub-principales), después conecta los contactores que va controlar al motor, cuya función es suministrar la energía directamente al motor (M). Ver figura 38

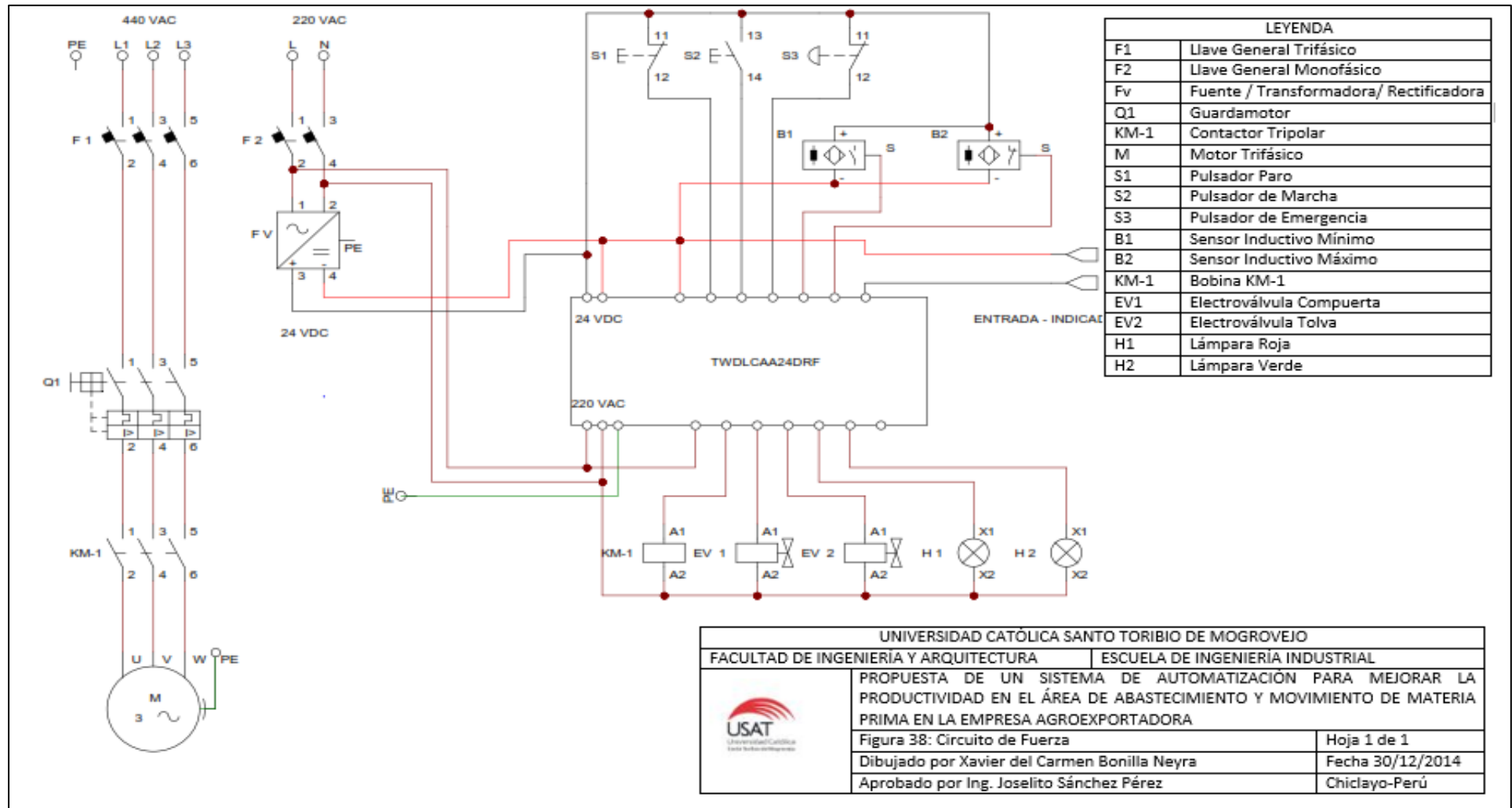


Figura 38 Circuito de fuerza 440 vac

3.4.3.2. Sistema Neumático

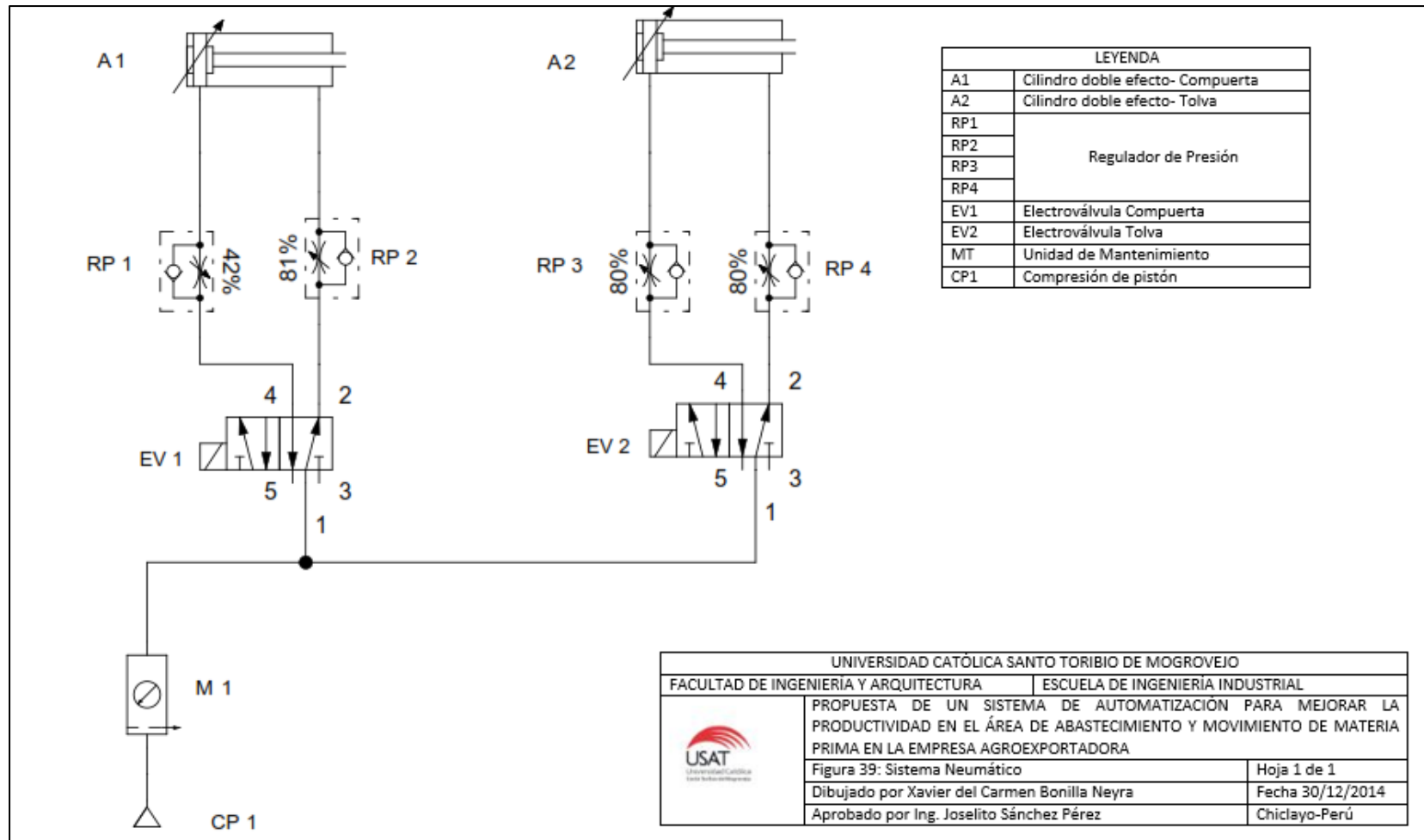


Figura 39: Sistema Neumático

3.1.1.1. Circuito de mando (programación)

Se va utilizar un controlador lógico programable para el circuito de mando (TWDLCAA24DRF) y está compuesto por selectores (star) (stop) donde el star está conectado a la línea 1 (L1) por mediación del fusible y del mismo al stop, de la conexión entre L1 y star y star-stop se conecta el contacto auxiliar(CA) del arrancador magnético, del segundo contacto del stop a uno de los contactos de la bobina (B) del arrancador magnético, del otro contacto de la misma (B) al contacto normalmente cerrado de la protección térmica (PT), y de ahí a la línea 3 (L3), cerrando de esta forma el circuito. Ver figura 49 y ver figura 41



Figura 40 Módulo de programación

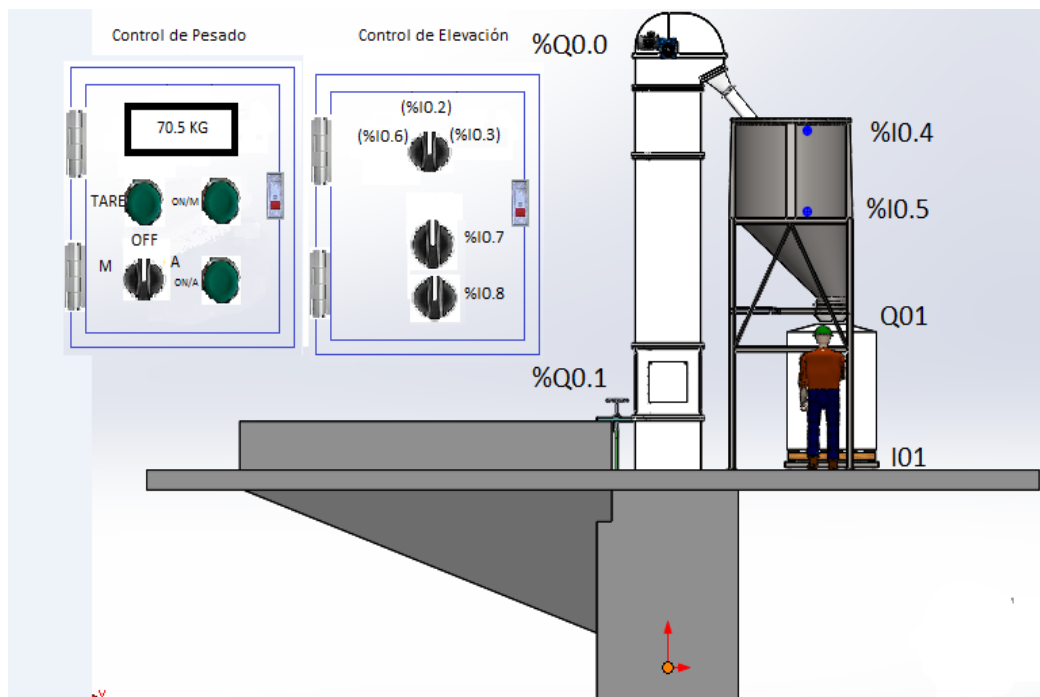


Figura 41 Centro de control

- ✓ Modelo del PLC: TWDLCAA24DRF, ver figura 41



Figura 42 PLC

- **Configuración del temporizador (%TM)**, ver tabla 14

Tabla 14 Configuración del PLC

Uso	%TM	Tipo	Ajustable	Base de tiempo	Preselección
Sí	%TM0	TON	Sí	1 s	10

- **Conjuración del Bits de memoria (%M)**, ver tabla 15.

Tabla 15 Configuración de Bits

Uso	%M	Símbolo	Asignado
Sí	%M1	EMERGENCIA	Sí
Sí	%M3	BLOQUEO	Sí
Sí	%M4	COMPUERTA	Sí
Sí	%M5	ELEVADOR 1	Sí
Sí	%M6	ENCLAVAMIENTO	Sí
Sí	%M7	ENCLAVAMIENTO	Sí
Sí	%M10	ENCLAVAMIENTO	Sí
Sí	%M11	ENCLAVAMIENTO	Sí
Sí	%M12	ENCLAVAMIENTO	Sí

Tabla 16: Estadísticas de utilización de la memoria PLC

Estadísticas de utilización de la memoria		
Datos del usuario		
Bits de memoria	: 13 Bits	0.1%
Palabras de memoria	: 0 Palabras	0.0%
Copia de seguridad realizada	: 206 Palabras	
RAM = EEPROM	: 0 Palabras	
Constantes	: 0 Palabras	0.0%
Configuración	: 227 Palabras	6.6%
Disp. Mem. Datos	: 3133 Palabras	90.8%
Programa de aplicación		
Código ejecutable	: 188 Palabras	1.2%
Datos de programa	: 4 Palabras	0.1%
cambios en línea	: 18 Palabras	0.1%
Disp. Mem. código	: 15537 Palabras	97.4%
Otros		
Datos ejecutivos	: 83 Palabras	2.4%
:	83	2.4%
	Pa	
	la	
	br	
	as	

En la tabla 16 se aprecia las características de la memoria usada para la instalación del sistema automatizado, donde se puede considerar como punto más resaltante son sus 13 Bits de memoria.

Tabla 17 Configuración del comportamiento del PLC

Configurar el comportamiento	
<i>Niveles funcionales</i>	
Gestión de los niveles funcionales	
Gestión :	Automático
Nivel :	Lo más alto posible
<i>Modo de exploración</i>	
Modo de exploración	
Modo :	Normal
Duración (ms) :	-
Watchdog	
Duración (ms) :	250
Evento periódico	
No utilizado :	Sí
<i>Arranque</i>	
Parámetros	
Arranque automático en Run :	No
Entrada Run/Stop:	Ninguno
<i>Almacenamiento automático</i>	
Parámetros	
Almacenamiento automático RAM=>EEPROM Sí	

En la tabla 17 se aprecia la programación del PLC, donde resaltamos su sistema de almacenamiento automático, que debe iniciarse un arranque manual como se puede apreciar

- Programación Lader del PLC.

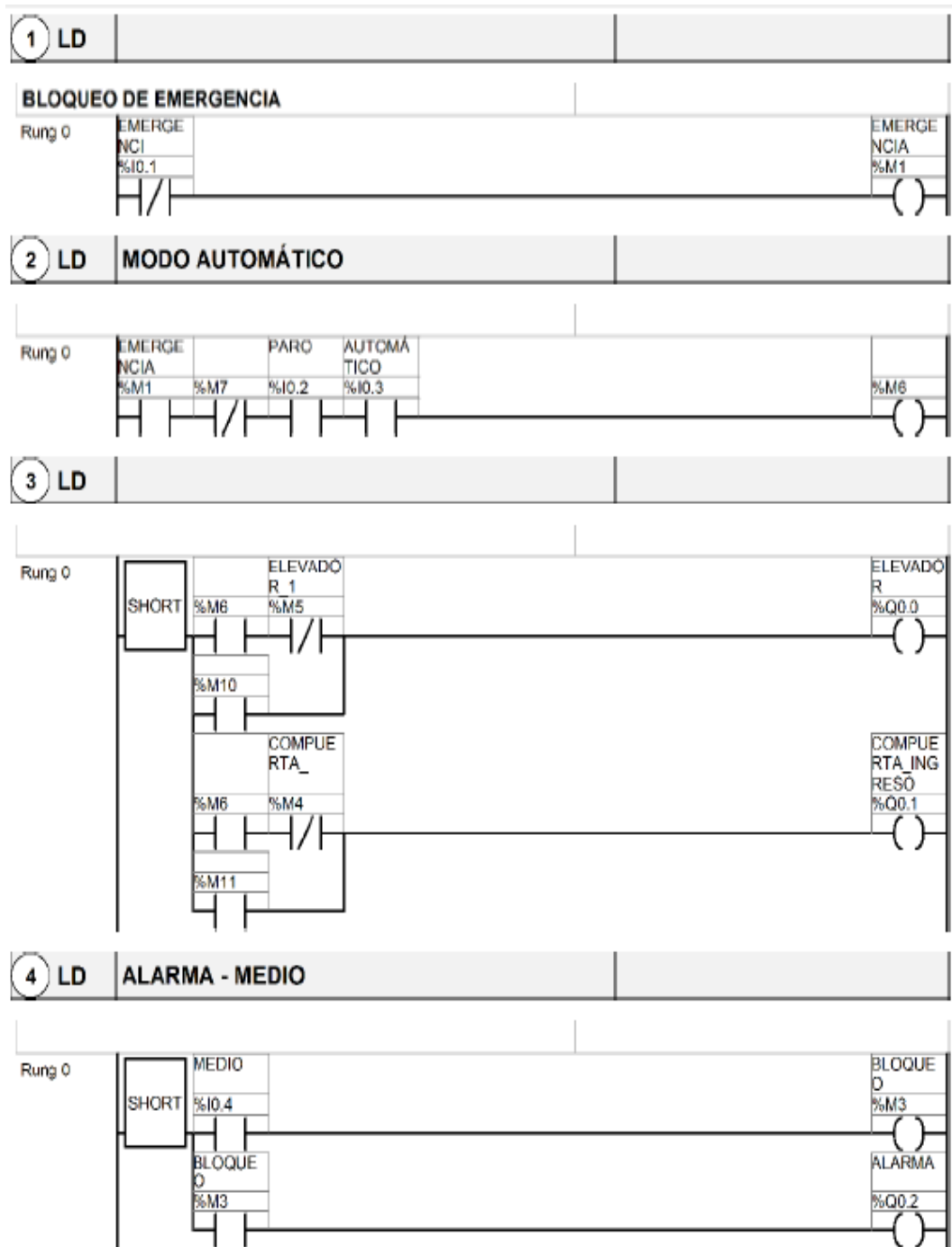


Figura 43 Programación ladder del PLC

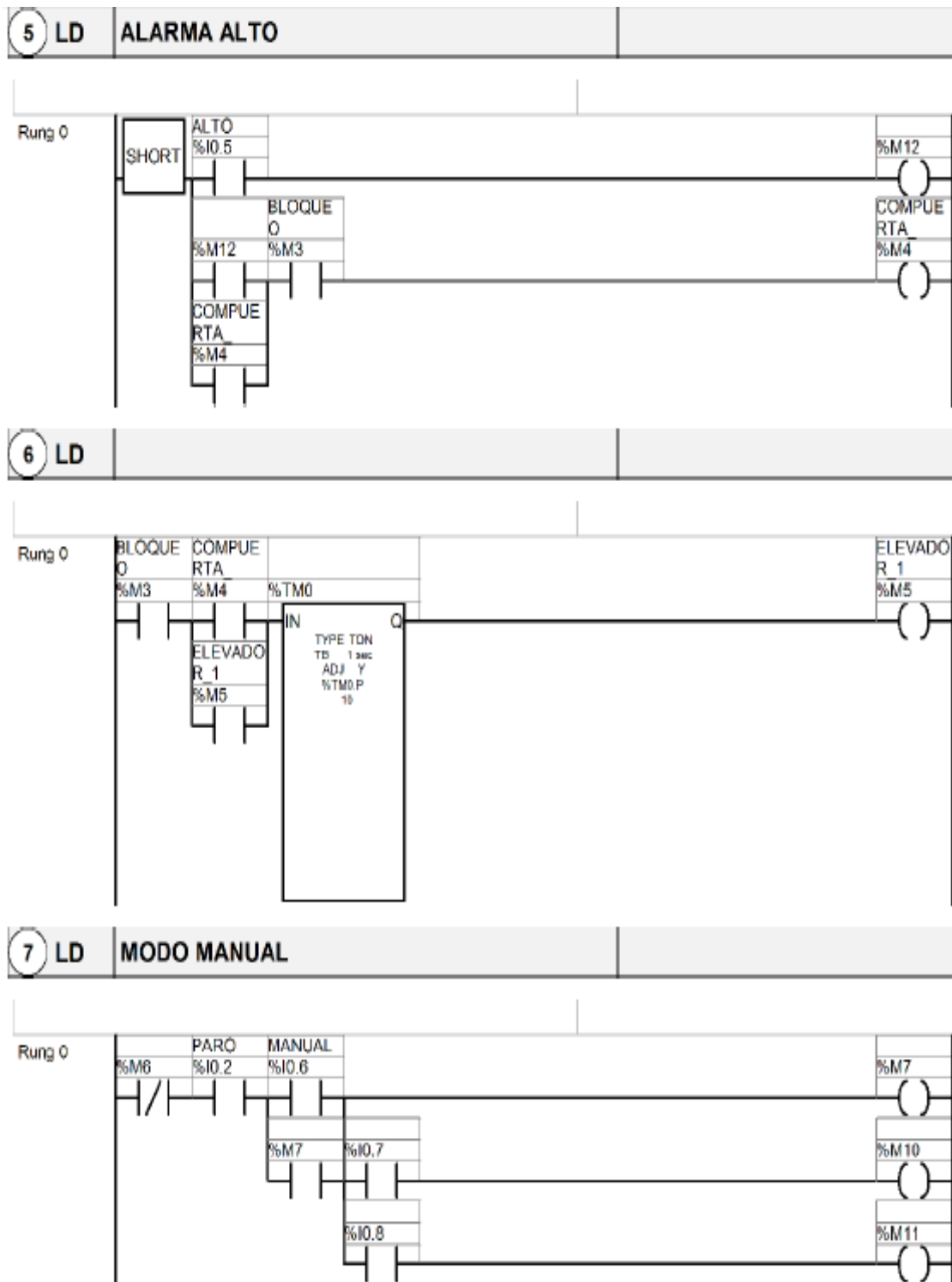


Figura 44 Programación ladder del PLC

Teniendo en cuenta los antecedentes que se cita en el marco teórico de la presente investigación, se ha decidido desde el inicio utilizar el software TWINCAT (PLC) ya que presta las condiciones necesarias para la creación de entornos de cualquier automatizado. A continuación, se redactará y explicará la lógica que se aprecia en la figura 43 y 44

- Secuencia de la simulación para modo automático:

El circuito eléctrico inicia con %I0.3, se pulsa una sola vez y energiza %M6 es una bobina de seguridad que activa al elevador de cangilones %Q0.0 y al mismo tiempo activa a la compuerta de la poza de recepción %Q0.1, da inicio a la secuencia de la operación de llenado a la tolva de acumulación, en un lapso de 5 minutos que equivale a 1 000 kg de transporte de quinua el sensor de paleta rotativa detectará el nivel medio %I0.4 y activará la alarma %Q0.2 y da acceso al nivel alto. Transcurrido un lapso de 5 minutos de llenado se activará el sensor %I0.5 y da acceso de bloqueo la compuerta de la poza de recepción y activa %TM0 que es un temporizador TOM que funciona a la conexión, se ha considera el conteo de 10 s para dicha simulación, transcurrido los 10 s se detiene el elevador %Q0.0. y vuelve a realizar las mismas funciones mediante el sistema de cíclico. %M4 y %M5.

- **Leyenda:**

Tabla 18 Leyenda de programación PLC

En uso	Dirección	Símbolo	Comentario
Sí	% Q0.2	ALARMA	Color naranja
Sí	% I0.5	ALTO	Sensor de nivel
Sí	% I0.3	AUTOMÁTICO	Selector M-2-A
Sí	% M3	BLOQUEO	Medio
No	% M9	COMPUERTA	
Sí	% M4	COMPUERTA_	Bloqueo
Sí	% Q0.1	COMPUERTA_ INGRESO	Cilindro neumático
Sí	% Q0.0	ELEVADOR	
Sí	% M5	ELEVADOR_1	Bloqueo
No	% M8	ELE_CANGILON	
Sí	% I0.1	EMERGENCI	
Sí	% M1	EMERGENCIA	
Sí	% I0.6	MANUAL	Selector M-0-A
Sí	% I0.4	MEDIO	Sensor de nivel
Sí	% I0.2	PARO	Selector M-0-A
No	% I0.0	PARO_DE_EMERGENCIA	

En la tabla número 18 se aprecia la simbología usada en la programación del PLC y el nombre de cada componente que será instalado en el sistema de automatización real.

Acerca de

Licencia: _____

Compañía: XAVIER
 Apellido de usuario xavier
 Nombre del usuario bonilla
 Estado: Versión registrada

Figura 45 Licencia otorgada de SCHNEIDER

En la figura 45 se observa la licencia otorgada para la utilización del programa para crear la simulación del sistema automatizado, para su posterior instalación en el proceso real.

3.4.4. Mejora 4: Propuesta de Plan de Mantenimiento Preventivo

3.4.4.1. Análisis de Criticidad

En la empresa Agro exportadora las máquinas y equipos son de suma importancia para el procesamiento de la quina hasta llegar a los estándares de calidad adecuados para su pronta exportación, por lo que sin estas máquinas el proceso productivo sería afectado en su totalidad o parcialmente, afectado la productividad de la planta de procesamiento. En ese sentido, el costo del mantenimiento que se les debe dar a las máquinas es un tanto elevado, pues ante una falla afecta directamente en los plazos de entrega del producto al cliente final.

Tabla 19 Análisis de Criticidad de Maquinarias

Máquina	Criticidad	Motivos
Montacarga eléctrico	B	Su falla afecta parcialmente el proceso.
Pre limpiador	A	Su falla detiene completamente el proceso.
Escarificadora	A	Su falla detiene completamente el proceso.
Gravimétrica	A	Su falla detiene completamente el proceso.
Despedradora	A	Su falla detiene completamente el proceso.
Selector Óptico	A	Su falla detiene completamente el proceso.
Elevador de cangilón	A	Su falla detiene completamente el proceso.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la Tabla 19, se determinó que las máquinas con un nivel de criticidad del Tipo A son el pre-limpiador, escarificadora, gravimétrica, despedradora, selector óptico y elevador de cangilón. Así mismo, se consideró al Montacarga eléctrico con un nivel de criticidad del Tipo B, puesto que, de fallar, afectaría parcialmente el proceso productivo.

3.4.4.2. Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF)

La elaboración del AMEF permitirá tomar medidas de control con el objetivo de prevenir, minimizar o eliminar en su totalidad las fallas y problemas que pudieran presentar las máquinas y equipos.

Tabla 20 Niveles de Gravedad del Modo de Fallo

Valor	Gravedad (G)	Criterio
9 – 10	Crítica	Fallo potencial que afecta la seguridad del proceso y calidad del producto.
7 – 8	Importante	El nivel del fallo se considera importante ya que acarrea altos gastos de reparación, perjudicando el cumplimiento de entrega del producto.
4 – 6	Moderado	El fallo puede provocar un bajo rendimiento en el sistema causando insatisfacción en el cliente.
1 – 3	Leve	Fallo de escasa importancia, el cual no influye en el producto.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21 Nivel de Ocurrencia del Modo de Fallo

Valor	Gravedad (G)	Criterio
9 – 10	Crítica	Fallo frecuente por el cual nadie puede controlar poniendo en peligro la seguridad y calidad del producto.
7 – 8	Importante	Fallo con cierta frecuencia en procesos similares.
4 – 6	Moderado	Fallo ocasional en procesos similares.
1 – 3	Leve	Fallo inusual en el proceso.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22 Nivel de Detección del Modo de Fallo

Valor	Gravedad (G)	Criterio
9 – 10	Crítica	Fallo difícil de detectar.
7 – 8	Importante	El cliente puede notar la falta de control a causa de un fallo.
4 – 6	Moderado	Existe una probabilidad de que ocurra un fallo y que el cliente lo detecte pero pase desapercibido.
1 – 3	Leve	Existe claramente la detección del fallo y el cliente final lo detecte.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23 Análisis de Modo de Fallo y Efectos de las Máquinas

Máquina	Modo de Fallo	Efecto	Causas	Método de detección	G	O	D	NRP (Inicial)	Medida de Control
Montacarga eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> - Lubricación o engrase - Desgaste - Rotura - Suciedad 	<ul style="list-style-type: none"> - No arranca - Desplazamiento con dificultad - Desgaste de cadena y rodaje 	Mala calidad de lubricante.	Según lo que observe el técnico.	8	7	4	224	Engrasar cadena de elevación e inclinación, limpieza de motor.
Pre limpiador	<ul style="list-style-type: none"> - Rotura de tornillo - Rotura de correa - Traba en cadena y ruptura de discos - Ruptura de malla 	<ul style="list-style-type: none"> - La quinua no puede ser transportada por detención de bandas. - Las poleas pueden quemarse por falta de movimiento. - Las impurezas pasan por la malla rota. 	Mala calidad de material.	No hay control de detección.	9	6	6	324	Cambiar tornillos, correas, bandas, limpiar ductos y soldar malla.
Escarificadora	<ul style="list-style-type: none"> - Atascamiento en los rodillos. - Desgaste en chumaceras. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ruptura de rodillos. - Exceso de ruido. 	Falta de lubricación, inadecuada rectificación	No hay control de detección.	7	6	6	252	Limpieza y lubricación.
Gravimétrica	<ul style="list-style-type: none"> - Fuga de aire - Obstrucción en las mallas 	<ul style="list-style-type: none"> - Ruptura de manguera y mallas 	Inadecuada hermetización de manguera y falta de lubricación	Piezas visibles ⁷	7	8	3	168	Revisión periódica.

Despedradora	<ul style="list-style-type: none"> - Desgaste de jebe - Obstrucción en las mallas 	<ul style="list-style-type: none"> - Inadecuado manejo de máquina. 	No se cambiaron en el momento y mala calidad del material.	No hay control de detección.	4	4	7	112	Limpieza y engrase de piezas.
Selector Óptico	<ul style="list-style-type: none"> - Ruptura de las lámparas - Obstrucción de filtros 	<ul style="list-style-type: none"> - No puede ser utilizado 	Lámpara desprotegida y falta de limpieza.	Según lo que observe el técnico.	9	4	5	180	Chequeo de componentes.
Elevador de cangilón	<ul style="list-style-type: none"> - Fallas en el órgano de tracción, banda o eslabones de la cadena. - Fallas en los cubos, apoyos en las ruedas. - Desgaste en rodadura de los sprockets - Desgaste en superficie de rodadura de rieles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Piezas desgastadas. - Paras en el proceso. - Accidentes. 	Fluencia, desgaste o rotura.	Según lo que observe el técnico.	8	6	6	288	Limpieza y engrase de piezas.

Fuente: Elaboración propia

3.4.4.2. Plan de Mantenimiento Preventivo Propuesto

Tabla 24 Plan de Mantenimiento Preventivo

Máquina / Equipo	Frecuencia de mantenimiento	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
		1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q
Montacarga eléctrico	Mensual	■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■			■
Pre limpiador	Bimestral		■				■				■			■				■				■			■
Escarificadora	Bimestral	■				■				■				■				■				■			■
Gravimétrica	Trimestral					■						■						■							■
Despedradora	Bimestral			■				■				■				■				■					■
Selector Óptico	Trimestral		■						■					■						■					■
Elevador de cangilón	Trimestral	■						■						■						■					■

Resumen	
Mantenimiento Interno	■
Mantenimiento Externo (Tercerizado)	■
Parada de Planta	■

Fuente: Elaboración propia



3.5 RESULTADO DE LA IMPLEMENTACIÓN

- Reducción de tiempo y eliminación del costo de sub contratista, se tomó en cuenta los resultados ya obtenidos en el ejercicio de la capacidad del elevador de cangilones (200 kg / min) y tiempo de recorrido del montacargas eléctrico (5min). Ver tabla 25 y 26

Tabla 25 Tiempo de recepción y almacenaje de quinua

ANTES					DESPUES				
Tiempo de recepción y almacenaje de quinua					Tiempo de recepción y almacenaje de quinua				
Mes	Cantidad		Tiempo (horas)	Costo del Sub contrata (S/0.009 / kilo)	Mes	Cantidad		Tiempo (horas)	Costo del Sub contrata (S/0.009 / kilo)
ene-14	779 970	kg	106,60	S/ 7 019,73	ene-15	857 967,0	kg	71,5	-
feb-14	780 954	kg	106,70	S/ 7 028,59	feb-15	1 015 240,2	kg	84,6	-
mar-14	781 979	kg	106,90	S/ 7 037,81	mar-15	1 094 770,6	kg	91,2	-
abr-14	782 972	kg	107,00	S/ 7 046,75	abr-15	939 566,4	kg	78,3	-
may-14	783 979	kg	107,10	S/ 7 055,81	may-15	1 097 570,6	kg	91,5	-
jun-14	784 976	kg	107,30	S/ 7 064,78	jun-15	1 177 464,0	kg	98,1	-
jul-14	1 178 955	kg	107,40	S/ 10 610,60	jul-15	-	-	-	-
ago-14	1 178 955	kg	107,60	S/ 10 610,60	ago-15	-	-	-	-
sep-14	1 178 955	kg	107,70	S/ 10 61,60	sep-15	-	-	-	-
oct-14	1 178 955	kg	107,80	S/ 10 61,60	oct-15	-	-	-	-
nov-14	789 979	kg	108	S/ 7 109,81	nov-15	-	-	-	-
dic-14	790 507	kg	108	S/ 7 114,56	dic-15	-	-	-	-
TOTAL	10 991 136	sacos	1 288,1	S/ 98 920,22	TOTAL	6 182 578,8	sacos	515,2	S/. -

Tabla 26 Tiempo de recepción y almacenaje de quinua

Antes	Después
Recepción en sacos (80kg)	Recepción en big bag's
	

Fuente: Agro-exportadora.

- **Reducción de tiempo en el abastecimiento de quinua en la poza de producción:**

En el comparativo se ha tomado el tiempo promedio de la apertura y descarga de los sacos de 80 kg (1 min) y el tiempo de apertura y descarga de los Big Bag's de 1000 kg (1 min). ver tabla 27 y tabla 28.

Tabla 27 Apertura y descarga de sacos y big bag'S

Antes				Después			
Tiempo de apertura y descarga de sacos				Tiempo de apertura y descarga de sacos			
Mes	Cantidad (80 kg)		Tiempo (horas)	Mes	Cantidad (1000 kg)		Tiempo (horas)
ene-14	9 750	sacos	162,5	ene-15	858	Big Bag's	14,3
feb-14	9 762	sacos	162,7	feb-15	1 015	Big Bag's	16,9
mar-14	9 775	sacos	162,9	mar-15	1 095	Big Bag's	18,2
abr-14	9 787	sacos	163,1	abr-15	939,6	Big Bag's	15,7
may-14	9 800	sacos	163,3	may-15	1 098	Big Bag's	18,3
jun-14	9 812	sacos	163,5	jun-15	1 177	Big Bag's	19,6
jul-14	9 825	sacos	163,7	jul-15	-		-
ago-14	9 837	sacos	164,0	ago-15	-		-
sep-14	9 850	sacos	164,2	sep-15	-		-
oct-14	9 862	sacos	164,4	oct-15	-		-
nov-14	9 875	sacos	164,6	nov-15	-		-
dic-14	9 881	sacos	164,7	dic-15	-		-
total	117 815	sacos	1 963,6	total	6 183	Big Bag's	103

Tabla 28 Apertura y descarga de sacos y big bag'S

ANTES	DESPUES
Abastecimiento a poza e producción en sacos	Abastecimiento a poza en big bag's
	

Fuente: Agro-exportadora

A continuación, se aprecia el tiempo requerido para el abastecimiento al área de producción, comparando el tiempo demandado por el sistema manual (antiguo) y el sistema automatizado. Teniendo de esta manera una minimización considerable de tiempos para el mes de enero siendo sólo de 14,3 horas, gracias a la implementación del nuevo sistema en la línea de producción. Ver tabla 29

Tabla 29 Comparación sistema manual y sistema automatizado

Tiempo de apertura y descarga de sacos				
Mes	Cantidad (big bag)	Cantidad (1000 kg)	Tiempo(horas) Sistema Manual	Tiempo (horas) Sistema Automatizado
ene-15	858	858 000	117,26	14,3
feb-15	1 015	1 015 000	138,68	16,9
mar-15	1 095	1 095 000	149,69	18,2
abr-15	939,6	939 600	128,40	15,7
may-15	1 098	1 098 000	150,00	18,3
jun-15	1 177	1 177 000	160,89	19,6
Promedio	1 030	1 030 433	140,82	17,2

Fuente: Elaboración propia

3.5.1 Nuevos indicadores de producción

Tabla 30 Nuevos indicadores

Nombre del indicador	Indicador antes de la propuesta	Indicador después de la propuesta	Variación %
Producción	785 435,4 kg/mes	1 030 433,33 kg/mes	Aumento 31%
Capacidad de planta	1 200 000 kg/mes	1 200 000 kg/mes	Se mantuvo igual
Capacidad efectiva o real	785 435,4 kg/mes	1 030 433,33 kg/mes	Aumento 31%
Capacidad ociosa	414 564,6 kg/mes	169 566,7 kg/mes	Disminuyo 59%
Utilización	65%	86%	Aumento 21%
Tiempo de ciclo	694,5 min	227,33 min	Disminuyo 67%
Cuello de botella	150 min	30 min	Disminuyo 80%

Nota: En los Anexos 1 y 2 se muestra el estudio de tiempos antes y después de la propuesta

Fuente: Elaboración propia

3.6 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

3.6.1 Ahorro en la producción

Con la implementación del sistema se redujo el costo de los sub contratista porque ya no se requiere de sus servicios y la reubicación de puesto a 2 operarios porque ya no es necesario realizar turno nocturno, Además, los operarios fueron capacitados para el manejo de la monta cargas eléctrico. A continuación, se puede apreciar en la tabla 31 los ahorros de forma monetaria.

Tabla 31 Ahorro mensual de producción

Ahorro al mes	
Operario (-2)	S/ 1 751.00
Sub contrata (abastecimiento y transporte)	S/ 21 504.00
Sacos	S/ 762.00
Total	S/ 24 017.00

Fuente: Elaboración propia

3.6.2 Inversión de la implementación

La inversión realizada para el sistema de automatización se especifica en la tabla 32 dando la descripción y costo de cada componente del sistema.

Tabla 32 Inversión

Ítem	DESCRIPCIÓN	COSTOS
1	Montacargas eléctrico (Cap. 1500 kg)	S/ 88 760,00
2	Carro Eléctrico p/ tecele de 1 tonelada	S/ 2 415,26
3	Tecele elet. Bk-1 - 1tn, gancho 3m	S/ 2 364,38
4	Construcción de Poza de materia prima	S/ 5 004,00
5	Recubierto de tolva de materia prima	S/ 3 200,00
6	Elevador de cangilones (Cap: 200 kg/min)	S/ 22 000,00
7	Tolva de acumulación material inox 304 (Cap. 4.2 m3)	S/ 10 000,00
8	Materiales para automatizar los equipos Eléctricos	S/ 7 540,67
9	Big bag (Cap. 1000 kg) 300 UND	S/ 17 100,00
10	Soporte para descargar los big bag con sistema pescante	S/ 5 440,00
	TOTAL	S/ 163 824,31

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33 Costos del Plan de Mantenimiento Preventivo

Máquina	Mantenimiento	Monto por ejecución	Número de ejecuciones	Monto Acumulado	Monto en parada de planta	Monto Total
Montacarga eléctrico	Interno	S/. 120.00	11	S/. 1,320.00	S/. 200.00	S/. 1,520.00
Pre limpiador	Interno	S/. 200.00	6	S/. 1,200.00	S/. 200.00	S/. 1,400.00
Escarificadora	Interno	S/. 150.00	6	S/. 900.00	S/. 200.00	S/. 1,100.00
Gravimétrica	Interno	S/. 150.00	3	S/. 450.00	S/. 200.00	S/. 650.00
Despedradora	Interno	S/. 150.00	5	S/. 750.00	S/. 200.00	S/. 950.00
Selector Óptico	Externo	S/. 450.00	4	S/. 1,800.00	S/. 200.00	S/. 2,000.00
Elevador de cangilón	Externo	S/. 500.00	4	S/. 2,000.00	S/. 200.00	S/. 2,200.00
					TOTAL	S/. 9,820.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34 Depreciación de Activos Fijos

Activo	Monto S/	Año					Depreciación total
		1	2	3	4	5	
Máquina y equipos	S/ 40 000,00	S/7 000,00	S/7 000,00	S/7 000,00	S/7 000,00	S/7 000,00	S/35 000,00
Tecnología y software	S/ 5 000,00	S/900,00	S/900,00	S/900,00	S/900,00	S/900,00	S/4 500,00
Total	S/ 45 000,00	S/7 900,00	S/7 900,00	S/7 900,00	S/7 900,00	S/7 900,00	S/39 500,00

Fuente: Elaboración propia

3.6.3 Flujo de caja e indicadores económicos

Tabla 35 Flujo de caja

Inversión inicial	S/ 163 824,3					
		AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS						
Quinoa		S/ 1 500 000	S/ 1 500 000	S/ 1 500 000	S/ 1 500 000	S/ 1 500 000
Depreciación						S/ 5 000
TOTAL INGRESOS		S/ 1 500 000	S/ 1 500 000	S/ 1 500 000	S/ 1 500 000	S/ 1 500 000
EGRESOS						
Gastos de ventas		S/ 125 000	S/ 125 000	S/ 125 000	S/ 125 000	S/ 125 000
Gastos administrativos		S/ 240 000	S/ 240 000	S/ 240 000	S/ 240 000	S/ 240 000
Salarios y sueldos		S/ 264 000	S/ 264 000	S/ 264 000	S/ 264 000	S/ 264 000
Energía		S/ 12 300	S/ 12 300	S/ 12 300	S/ 12 300	S/ 12 300
Materia prima e insumos		S/ 730 000	S/ 730 000	S/ 730 000	S/ 730 000	S/ 730 000
Mantenimiento preventivo		S/9 820	S/9 820	S/9 820	S/9 820	S/9 820
TOTAL EGRESOS		S/ 1 371 300	S/ 1 371 300	S/ 1 371 300	S/ 1 371 300	S/ 1 371 300
Utilidad Bruta		S/118 880	S/118 880	S/118 880	S/118 880	S/123 880
Depreciación		S/7 900,00	S/7 900,00	S/7 900,00	S/7 900,00	S/7 900,00
(-) Impuesto 30%		S/35 664	S/35 664	S/35 664	S/35 664	S/37 164
Flujo neto	-S/ 163 824,3	S/91 116	S/91 116	S/91 116	S/91 116	S/94 616
Flujo acumulado	-S/ 163 824,3	-S/72 708,30	S/18 407,70	S/109 523,70	S/200 639,70	S/295 255,70

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36 Indicadores económicos

Indicadores económicos	
TIR	48%
VAN	S/ 187 947,17
Pay Back	1,8

Fuente: Elaboración propia

Para la obtención de los Indicadores hallados en la tabla 35 se usó una tasa de interés de 10% según el banco HSBC al cual se le realizó el préstamo para la inversión del sistema.

Como se puede apreciar en la tabla 36, el tiempo de retorno de inversión será de 1 año 3 meses, además, los valores del VAN y el TIR resultan ser óptimos por ser mayores a cero.

$$VAN = -163\,824,3 + \frac{-72\,708,30}{(1+0.1)^1} + \frac{18407.7}{(1+0.1)^2} + \frac{109523.7}{(1+0.1)^3} + \frac{200639.7}{(1+0.1)^4} + \frac{295255.7}{(1+0.1)^5}$$

$$VAN = S/187\,947,17$$

$$TIR = -163\,824,3 + \frac{-72708,3}{(1+r)^1} + \frac{18407.7}{(1+r)^2} + \frac{109523.7}{(1+r)^3} + \frac{200639.7}{(1+r)^4} + \frac{295255.7}{(1+r)^5}$$

$$TIR = 48\%$$

$$Payback = \text{Año de la última caja negativa} + \frac{\text{último valor negativo}}{\text{primera caja positiva}}$$

$$Payback = 1 + \frac{-72708,3}{91116}$$

$$Payback = 1.8$$

CONCLUSIONES

- **Objetivo 1: Diagnóstico de la situación actual**

Como conclusión del diagnóstico de la empresa agro-exportadora se obtuvo como principales problemas en su proceso son sus métodos de trabajo y la ejecución manual de las operaciones, generando un tiempo de 694,5 min para un lote de 30 000 kg y una producción mensual de 785 435,4 kg/mes.

- **Objetivo 2: Desarrollo de las propuestas de mejora**

Para mejorar los problemas de la empresa se propuso el cambio de los sacos convencionales por un modelo de saco Big Bags, el cual, brindará mejor almacenamiento y reducirá el costo de compra de sacos ya que este es reutilizable. Además, se realizó un diseño de automatización para el proceso de abastecimiento y transporte de la materia prima con lo cual reducirían los tiempos a 227,33 min por 30 000 kg de quinua y su producción aumentaría en 31% a 1 030 433,33 kg/mes demostrando que la implementación de sistema de automatización mejora la productividad de la empresa.

- **Objetivo 3: Costo – beneficio de la propuesta**

Para la evaluación del costo beneficio se realizó un flujo de caja de 5 años para ver la rentabilidad del proyecto resultando que la inversión se recuperaría en 1 año 8 meses, verificando los valores del VAN (S/. 187 947,17) y el TIR (48%), el proyecto es óptimo.

DISCUSIONES

En la presente investigación se plantearon objetivos para llegar a maximizar la productividad de la empresa, para ello también se usó una revisión de la literatura para corroborar o diferir de los resultados hallados en la investigación.

- **Objetivo 1 Diagnostico de la situación actual:**

En la empresa se encontraron problemas en tiempos, ergonómicos y de productividad, ya que , presentaban muchas demoras y largos tiempo por sus procesos manuales, además de presentar un riesgo ergonómico por la sobrecarga sometida a los trabajadores, todo esto conlleva a la baja productividad que se ve reflejada en la producción de la empresa que solo alcanza un 70 % de utilización de su capacidad de planta. Asi mismo, se hizo una revisión de la literatura en el articulo de [6] que nos dice que la agroindustria en Cuba presenta factores de riesgos ergonómicos para las empresas, influyendo directamente en su productividad. Sugiriendo como una de las posibles soluciones para esta industria a la automatización.

- **Objetivo 2 desarrollo de las propuestas de mejora:**

Al aplicarse la propuesta de mejora se obtuvieron resultados favorables para la empresa, como lo es la reducción de tiempos en un 67%, aumento de la producción en un 31%,etc siendo estos indicadores que demuestran que la automatización en el sector agroindustrial ayuda a mejorar su productividad; basándose tambien en la literatura en el articulo de [7] que redacta que el uso manual en los procesos puede generar demoras y productos no conformes retrasando la producción, por ende, se aplicó un diseño automatizado para los procesos manuales logrando asi demostrar la efectividad de la automatización disminuyendo el producto no conforme y reduciendo los tiempos en el proceso.

- **Objetivo 3 costo beneficio de la propuesta:**

Para la aplicación del costo beneficio de la propuesta se realizó un flujo de caja, en el cual su evidencie su rentabilidad en los indicadores financieron VANy TIR los cuenles resultaron respectivamente S/ 586 141 y 74% lo cual demuestra que el valor actual neto es conveniente para el proyecto al igual que la tasa interna de retorno; como dice [6] en su artículo las empresas que implementen sistemas automatizados presenta a lo largo de su implementación una mejora económica,

al igual que un aumento de su productividad, por lo que, en comparación con la literatura si mejora económicamente la implementación de un sistema automatizado.

REFERENCIAS

- [1] Santander PyMes, «Santander PyMes,» 27 octubre 2017. [En línea]. Available: <https://www.santanderpyme.com.mx/detalle-noticia/el-futuro-de-la-agroindustria.html>. [Último acceso: 10 octubre 2019].
- [2] Banco Central De Reserva Del Perú, «Reporte De Inflación,» Lima, 2018.
- [3] A. Paredes, «Tecnología 21,» 3 febrero 2017. [En línea]. Available: <http://prensa.tecnologia21.com/automatizacion-robotica-peru>. [Último acceso: 10 octubre 2019].
- [4] agraria, «agraria.pe,» Agraria.pe Redacción, 5 mayo 2014. [En línea]. Available: <https://agraria.pe/noticias/lambayeque-sector-agroindustria-es-la-principal-fuente-de-e-6634>. [Último acceso: 10 10 2019].
- [5] J. Cañas, «Ergonomía en los sistemas de trabajo,» Granada, 2011.
- [6] L. Silva y Yanoy, «Embedded Systems: An Alternative for Cuban Agroindustry Automation,» *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 28, n° 3, 2019.
- [7] H. López y Luis, «Automatización del proceso de secado de producto húmedo, usando un método de control multivariable simplificado,» *Revista Politécnica*, vol. 15, n° 28, pp. 20-31, 2019.
- [8] G. Gonzales y Francisco, «Automatización de una planta industrial de alimentación mediante control distribuido,» *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, n° 27, pp. 1-17, 2018.
- [9] O. Magnatte, «Implementación del Sistema de Reducción de Ruido mediante Automatización Mecánica del Molino Polveador N°1 en el Área de preparación mecánica de muestras en Planta Belen, Chala - Arequipa.2018,» Arequipa, 2019.
- [10] M. Layola y breynner, «Automatización del sistema de dosificación del líquido de gobierno en la producción de conservas para empresas agroindustriales para reducir tiempos de llenado y pérdidas en el proceso,» Trujillo, 2015.

- [11] J. Risco y Villalobos, «Diseño de un sistema de riego por goteo para 18.21 HA de palto mediante el uso de aguas subterráneas en el centro poblado Cuculí - distrito de Chongoyape - región de Lambayeque,» Lambayeque, 2019.
- [12] C. Chaname, «Diseño de la reingeniería para automatizar el proceso de generación de vapor de la caldera APIN en la empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A.,» Lambayeque, 2018.
- [13] G. Moreno, Automatización de Procesos Industriales, València: Universitat Politècnica de València, 1999.
- [14] L. Murillo, «Automatización de pequeña escala con Open Hardware,» *Tecnología en Marcha*, vol. 28, n° 1, pp. 15-23, 2014.
- [15] J. Acuña, «AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL: definición y conceptos,» *Tecnología en marcha*, vol. 10, n° 1, pp. 27-30, 1990.
- [16] A. Sánchez, M. Pérez y I. Nuez, «Las tecnologías de automatización flexible en España,» ICE Económico, 200.
- [17] H. Vallejo, «Los Controladores Lógicos Programables,» *TODOPIC*, vol. 6, n° 7, pp. 1-6, 2005.
- [18] C. Villarreal, «Controladores Lógicos Programables,» 2017.
- [19] M. M, Controlador Lógico Programable, Buenos Aires: Automatización Micromecánica s.a.i.c., 2016.
- [20] A. Creus, NEUMÁTICA E HIDRÁULICA, Barcelona, 2011.
- [21] M. M, Controladores Programables del Twiso guía de ayuda, 2002.
- [22] L. Corona, G. Abarca y J. Mares, Sensores y Actuadores, azcapotzalco: Grupo Editorial Patria, 2014.
- [23] J. Mendoza, Introducción al Estudio de Sistemas Neumáticos y Electroneumáticos, bogota.

- [24] J. Polonia, «Control de motores eléctricos,» PUENTES, 2013.
- [25] R. García, «Manual de formulas de ingeniería,» Limusa, Balderas, 2004.
- [26] M. Juan, «FUNDAMENTOS DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PROCESOS,» 2017.
- [27] Silicon Technology, «Celda de Carga,» cite energia, Lima, 2017.
- [28] G. Sánchez, «USO DE LA TECNOLOGÍA EN EL AULA,» 2013.
- [29] J. Guevera, La productividad sectorial en España, Economía y sociedad, 2011.
- [30] H. Isabel, Temas de Investigación en economía de la empresa bancaria, Madrid, 2012.
- [31] S. Sira, «Aplicación tecnológica del Diagrama Hombre Maquina,» *INGENIERÍA UC*, vol. 18, nº 3, pp. 17-28, 2011.
- [32] E. Romero y J. Díaz, «El uso del diagrama de causa efecto en el análisis de casos,» *RLEE*, vol. 40, nº 3-4, pp. 127-142, 2010.
- [33] M. Sánchez y E. Díaz, Recursos humanos y dirección de equipos en restauración, 2019.
- [34] E. Trejo, ESTUDIO DE TIEMPO CON CRONOMETRO, Ciudad de México , 2005.
- [35] I. Aguiar, FINANZAS CORPORATIVAS EN LA PRÁCTICA, Madrid: DELTA PUBLICACIONES.
- [36] J. Weygandt, Managerial Accounting Tool for Business Decision Making, 2010.
- [37] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, «Quinoa 2013 año internacional,» 2013. [En línea]. Available: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:c2Nv7hg3kZQJ:www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/es/%3Fno_mobile%3D1+&cd=14&hl=es&ct=clnk&gl=pe. [Último acceso: 4 noviembre 2019].

- [38] j. Árnal, «Diseño de una instalación para la producción de 500.000 T/año de cemento Portland,» Zaragoza, 2010.
- [39] X. Blum, «PLANEACIÓN, MONTAJE T PUESTA EN SERVICIO DE LOA EQUIPOS PARA EL PROCESO DE LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO EN LA EMPRESA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.,» Bucaramanga, 2015.
- [40] A. Miravete y E. Larrodé, «Transportadores y elevadores,» REVERTÉ, S.A., Zaragoza, 2004.
- [41] A. Caso, Técnicas de Medición del Trabajo, Madrid: FC EDITORIAL, 2006.

ANEXOS

ANEXO 1 Estudio de tiempos (antes de la propuesta)

ESTUDIO DE TIEMPOS					
ESTUDIO DE TIEMPOS					
Descripción del proceso		Tiempos cronometrados (Minutos)			
		T1	T2	T3	Tiempo promedio
1	Verificación del peso	4	5	6	5
2	Transporte a la rampa de descarga	8	12	10	10
3	Recepción de la materia prima y paletización de sacos	29	32	29	30
4	Transporte al almacén	112	109	109	110
5	Caídas de sacos	29	30	31	30
6	Almacenamiento	57	60	63	60
7	Despacho de quinua	3	5	7	5
8	Paletizado de sacos	64	60	63	62,5
9	Transporte en carretilla manual	148	147	155	150
10	Caídas de sacos	25	24	26	25
11	Almacenamiento temporal	10	10	10	10
12	Transporte en carretilla a poza	10	10	10	10
13	Apertura de sacos	111	112	110	112
14	Descarga de sacos	75	76	74	75
	Total	685	692	703	694,5

ANEXO 2 Estudio de tiempos (después de la propuesta)

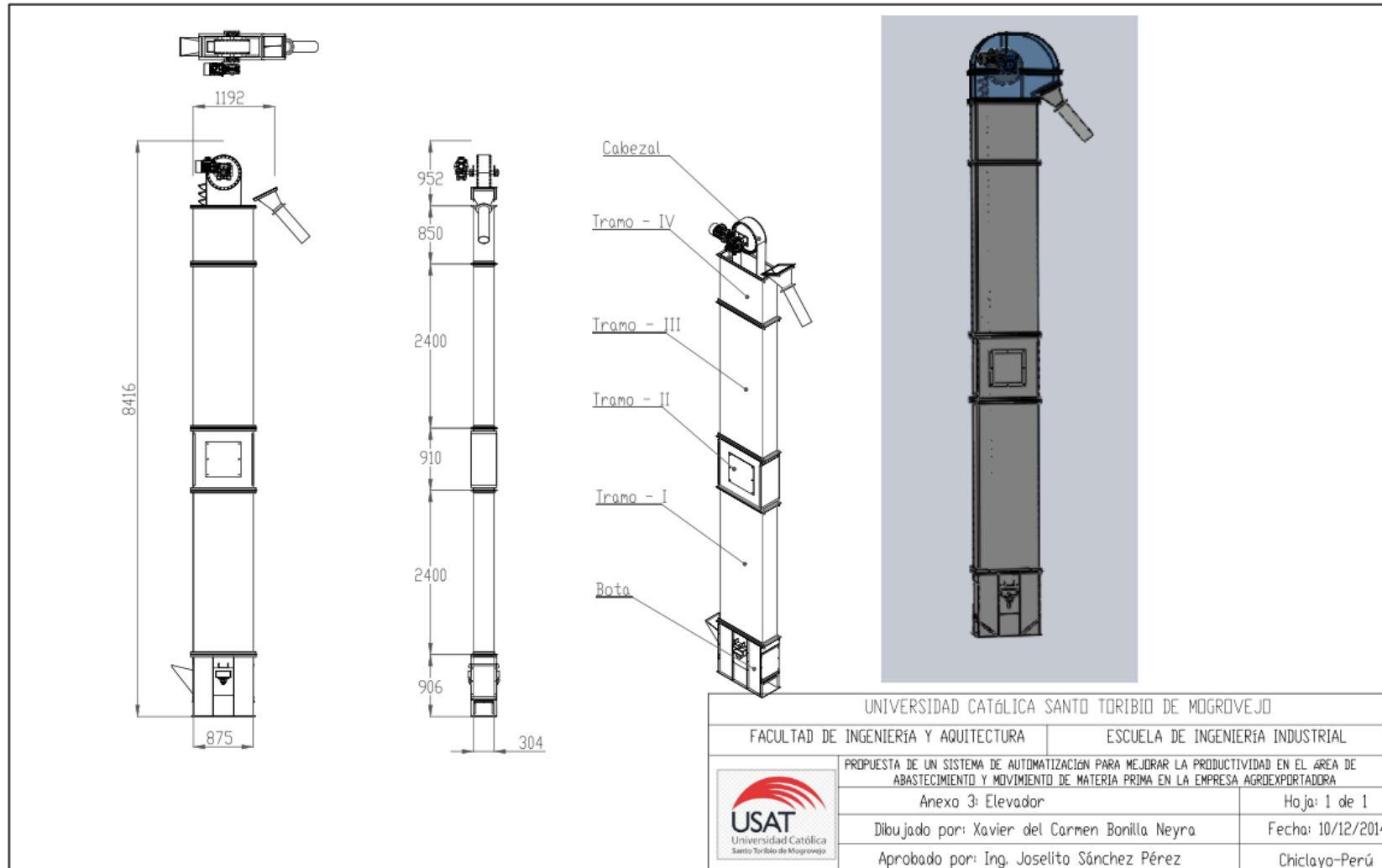
ESTUDIO DE TIEMPOS					
Descripción del proceso		Tiempos cronometrados (Minutos)			
		T1	T2	T3	Tiempo promedio
1	Verificación del peso	6	5	8	6,3
2	Transporte a la rampa de descarga	6	5	6	5,7
3	Recepción de la materia prima y paletización de sacos	11	13	10	11,3
4	Transporte al almacén	26	24	28	26
5	Caídas de sacos	24	22	21	22,3
6	Almacenamiento	25	24	27	25,3
7	Despacho de quinua	11	9	10	10
8	Paletizado de sacos	16	17	17	16,7
9	Transporte en carretilla manual	31	30	29	30
10	Caídas de sacos	15	14	16	15,0
11	Almacenamiento temporal	3	3	3	3
12	Transporte en carretilla a poza	4	4	4	4
13	Apertura de sacos	24	22	26	24
14	Descarga de sacos	27	27	29	27,7
	Total	685	692	703	227,3

Anexo 3 Tabla de general electric

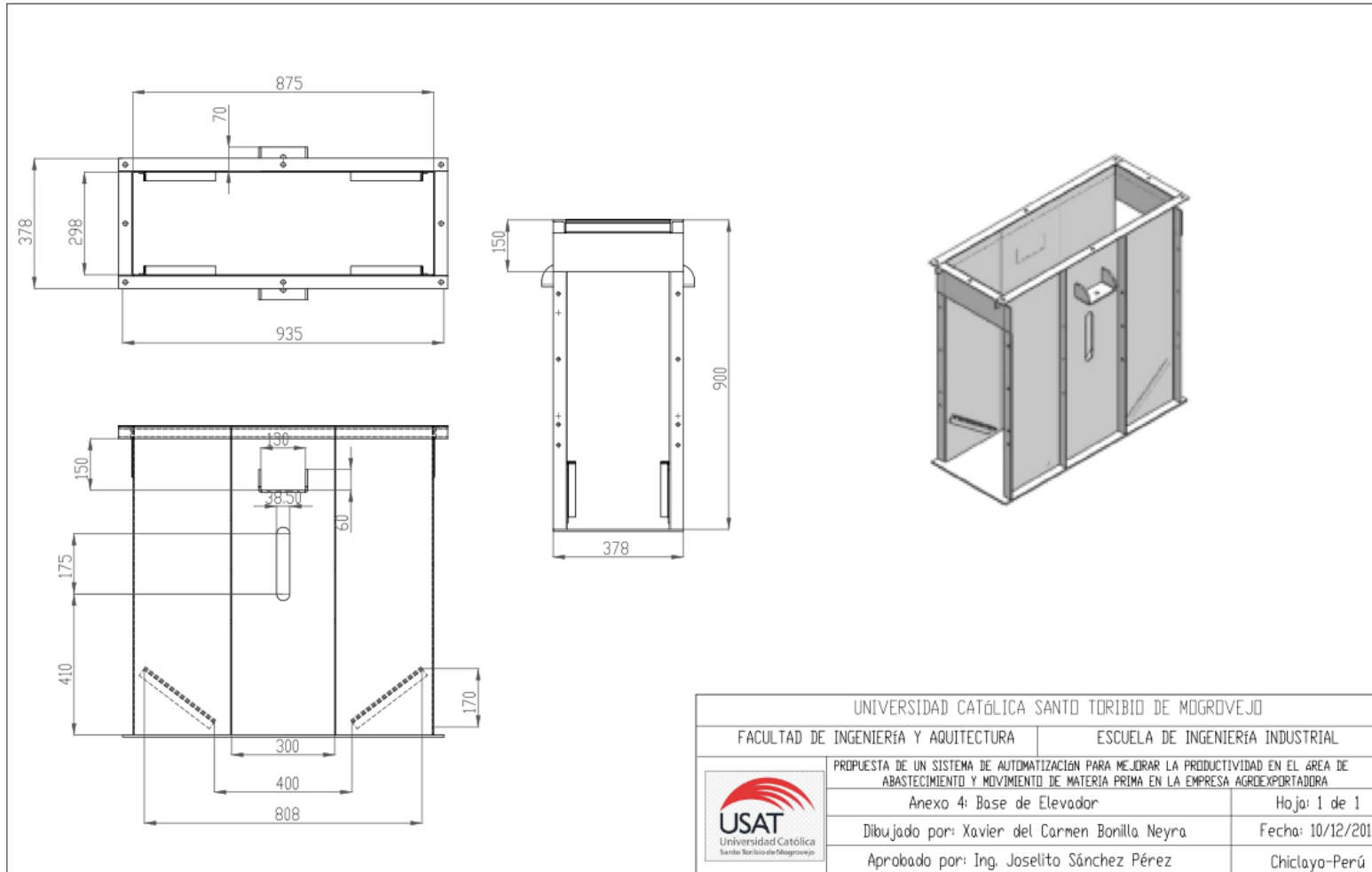
Tiempo de ciclo en minutos	Número de ciclos a observar
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,67	40
1,00	30
2,00	20
2,00 a 5,00	15
5,00 a 10,00	10
10,00 a 20,00	8
20,00 a 40,00	5
De 40,00 en adelante	3

Fuente: [41]

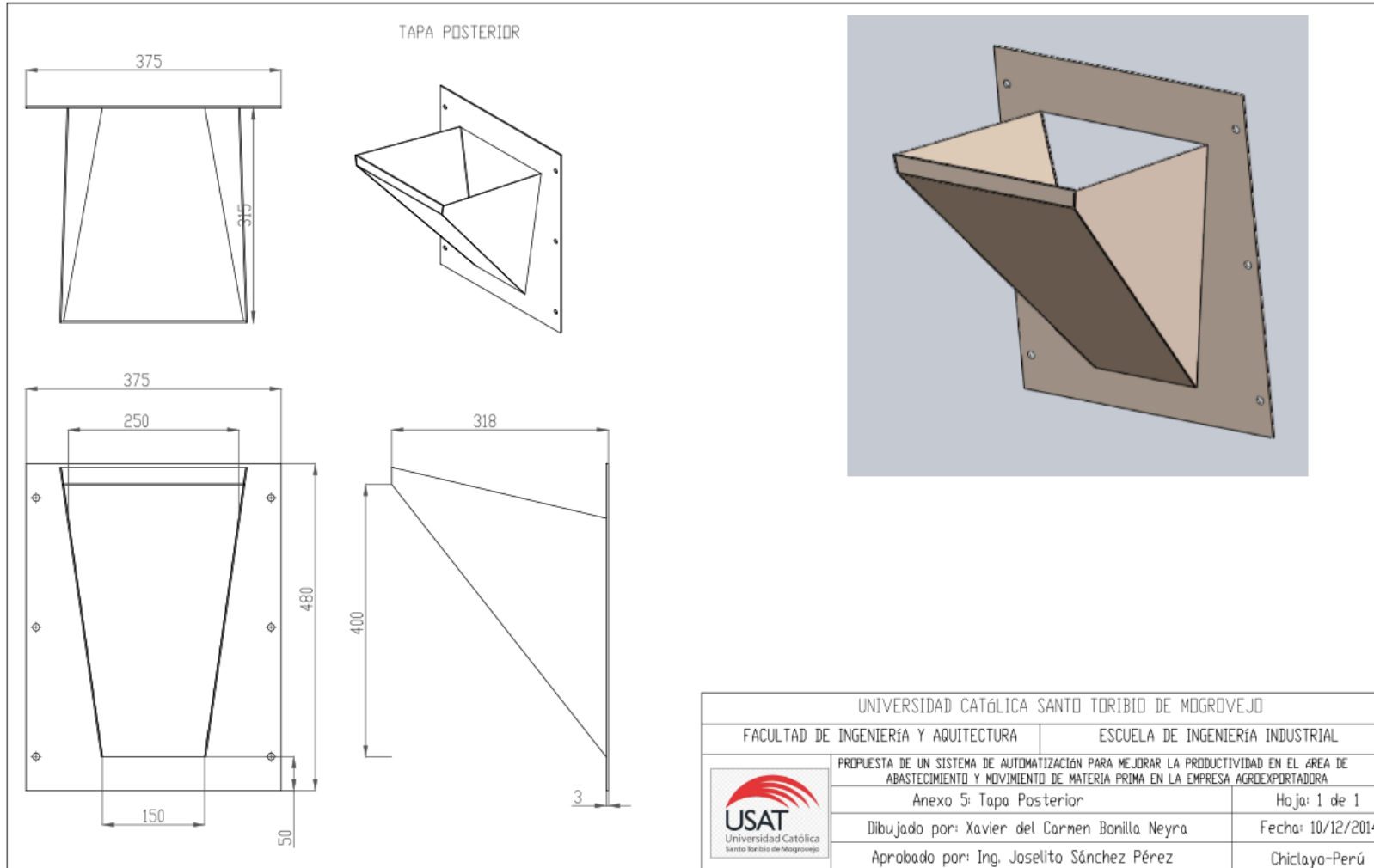
Anexo 4. Elevador



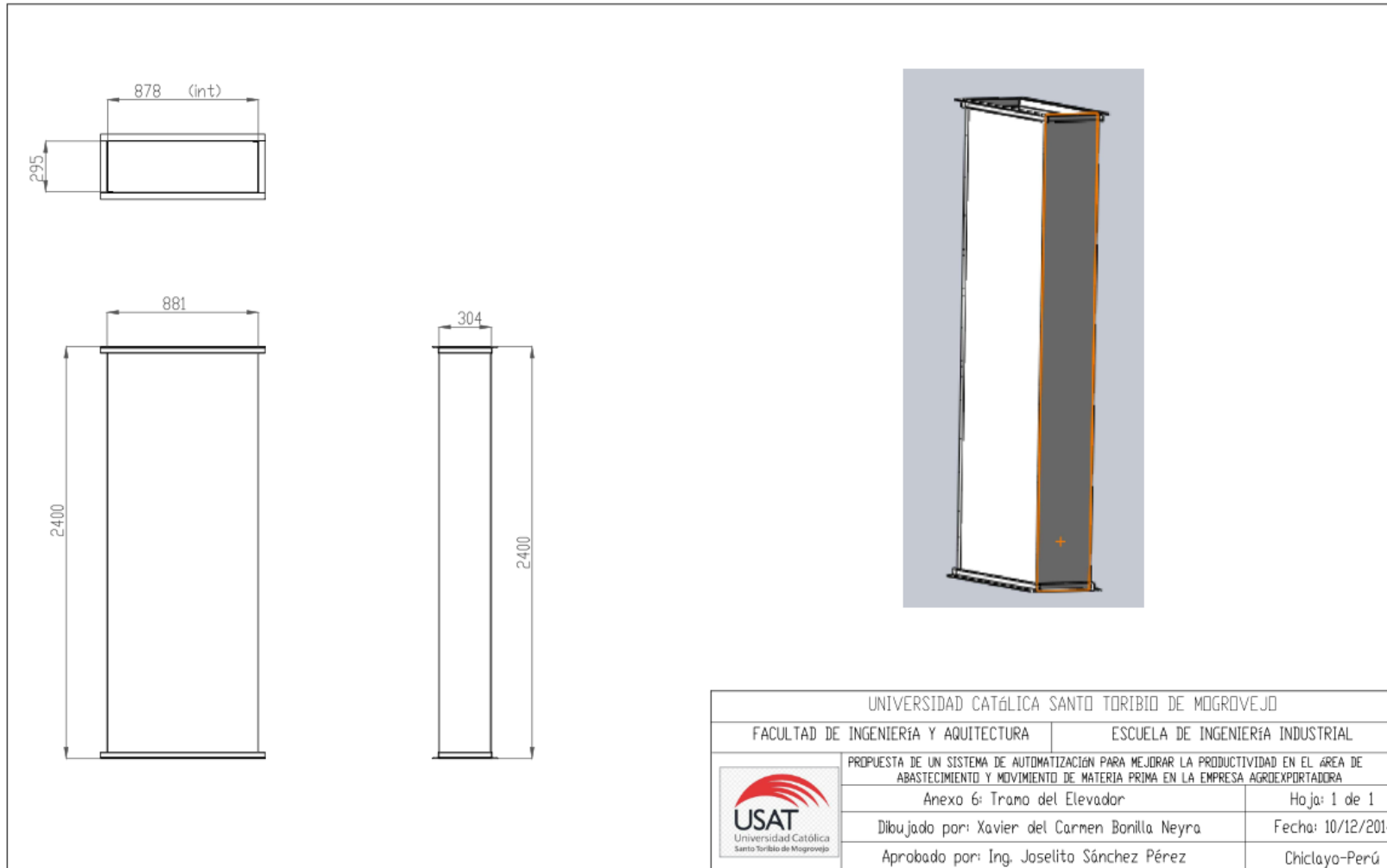
Anexo 3. Base de Elevador



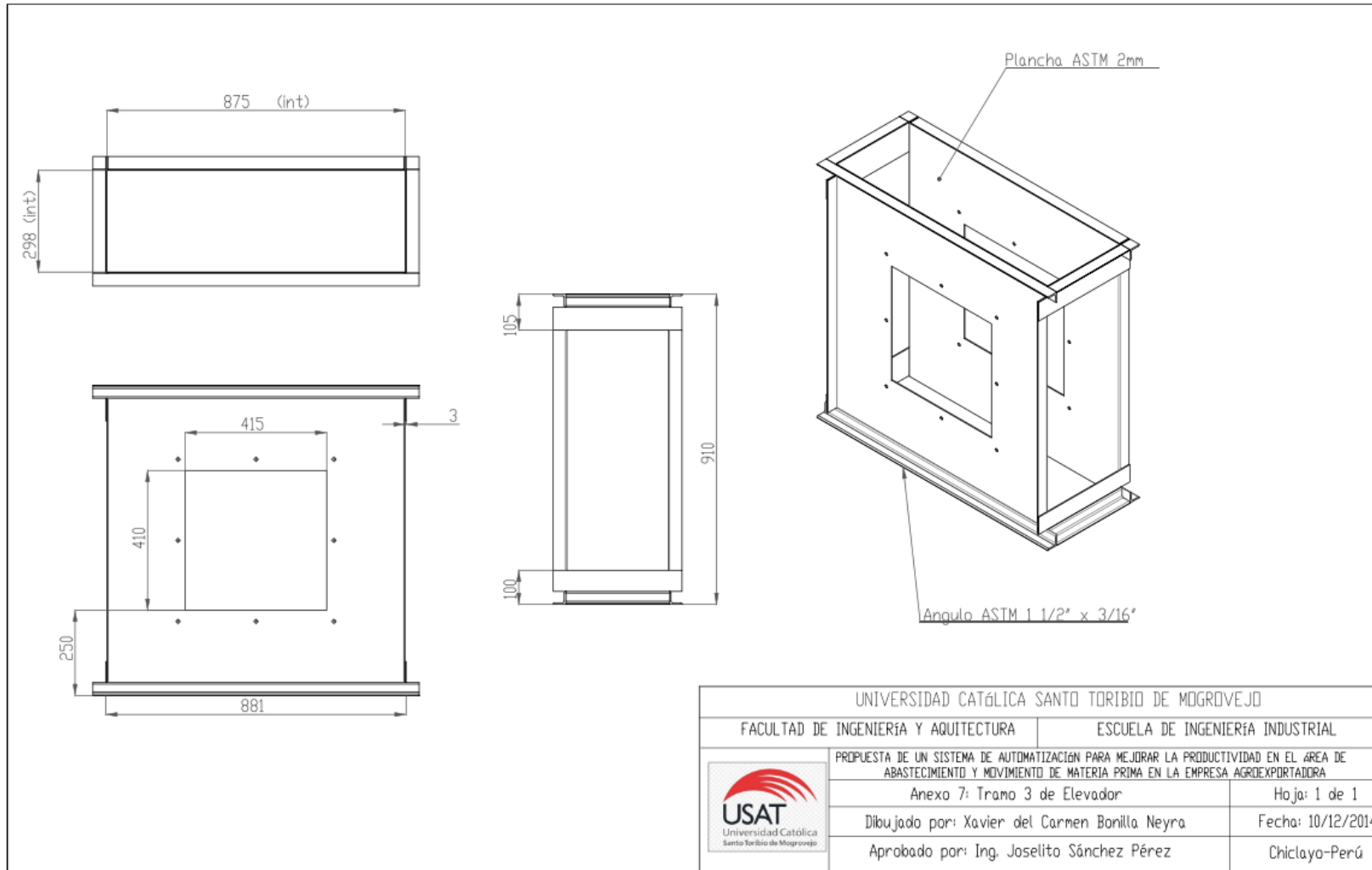
Anexo 4. Tapa Posterior



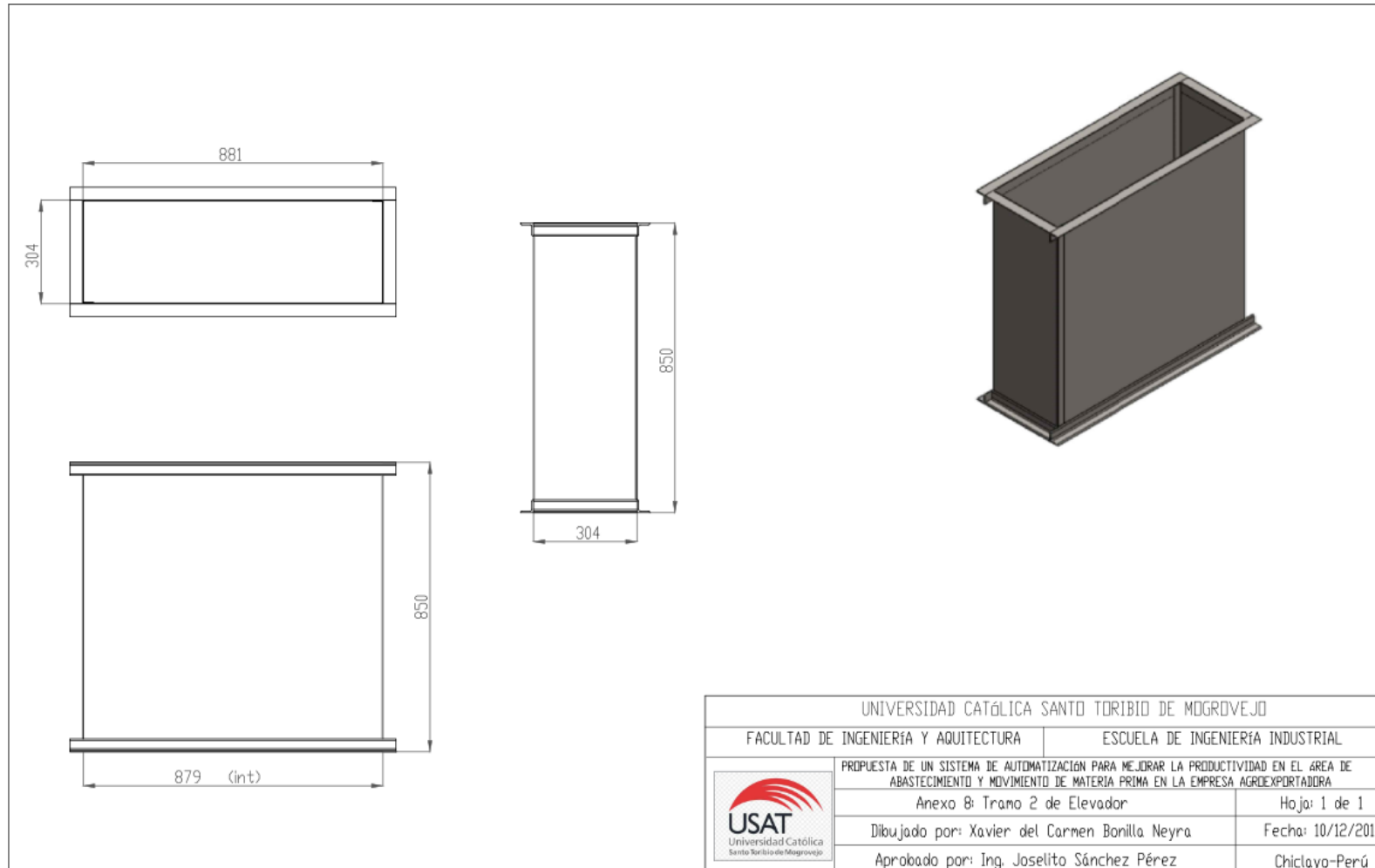
Anexo 5. Tramo de Elevador



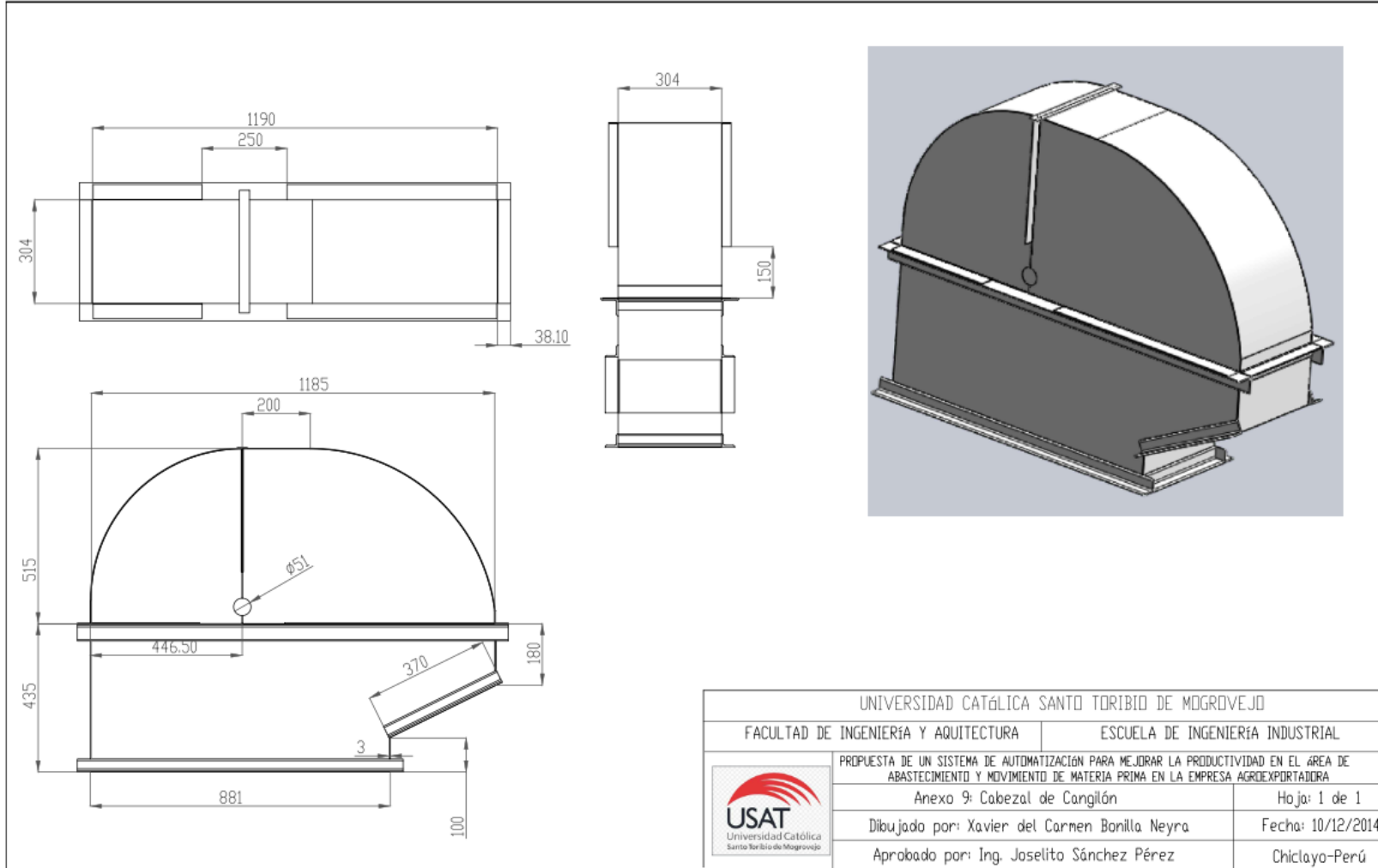
Anexo 6. Tramo 3 de Elevador



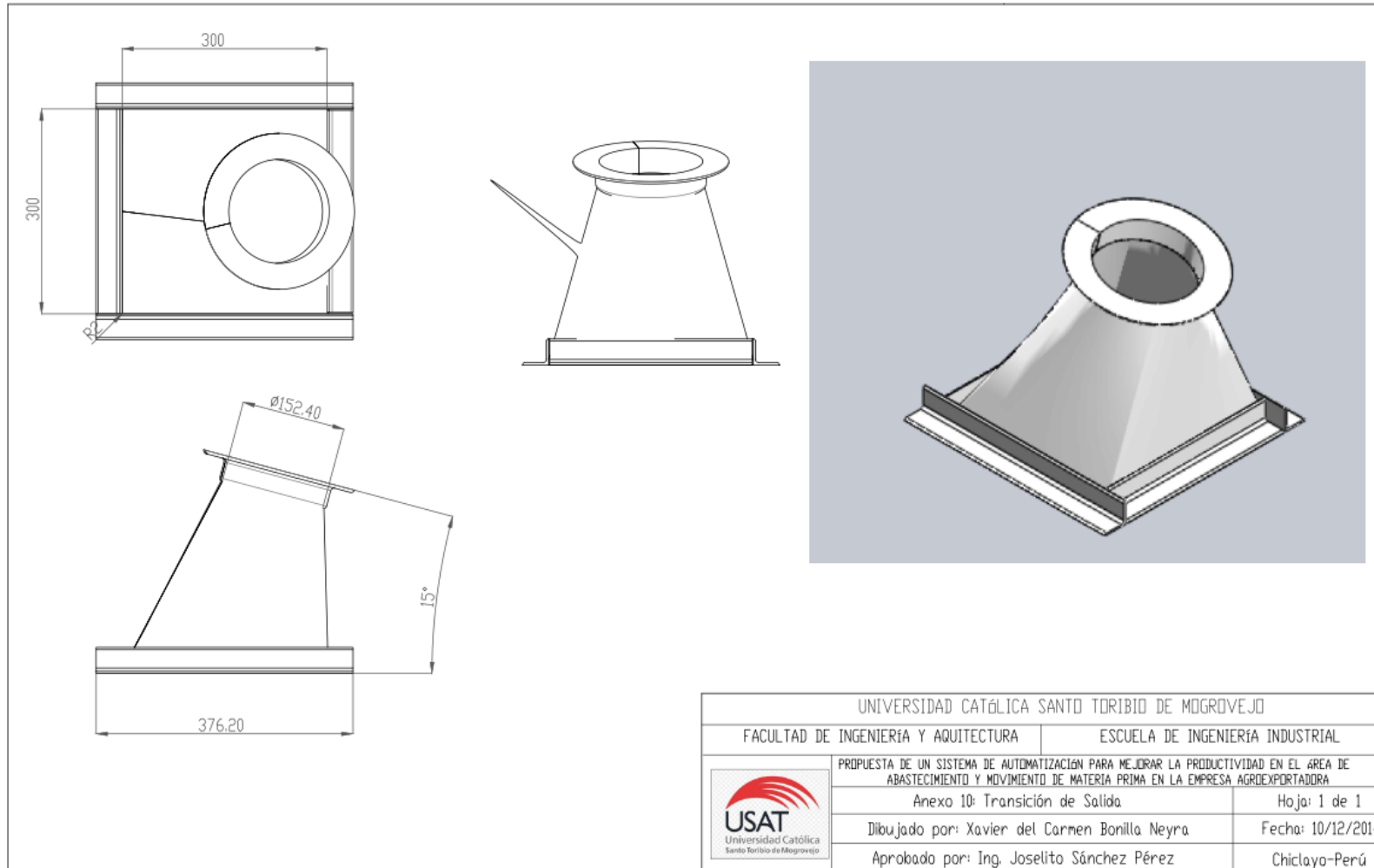
Anexo 7. Tramo 2 de Elevador



Anexo 8. Cabeza de Cangilón



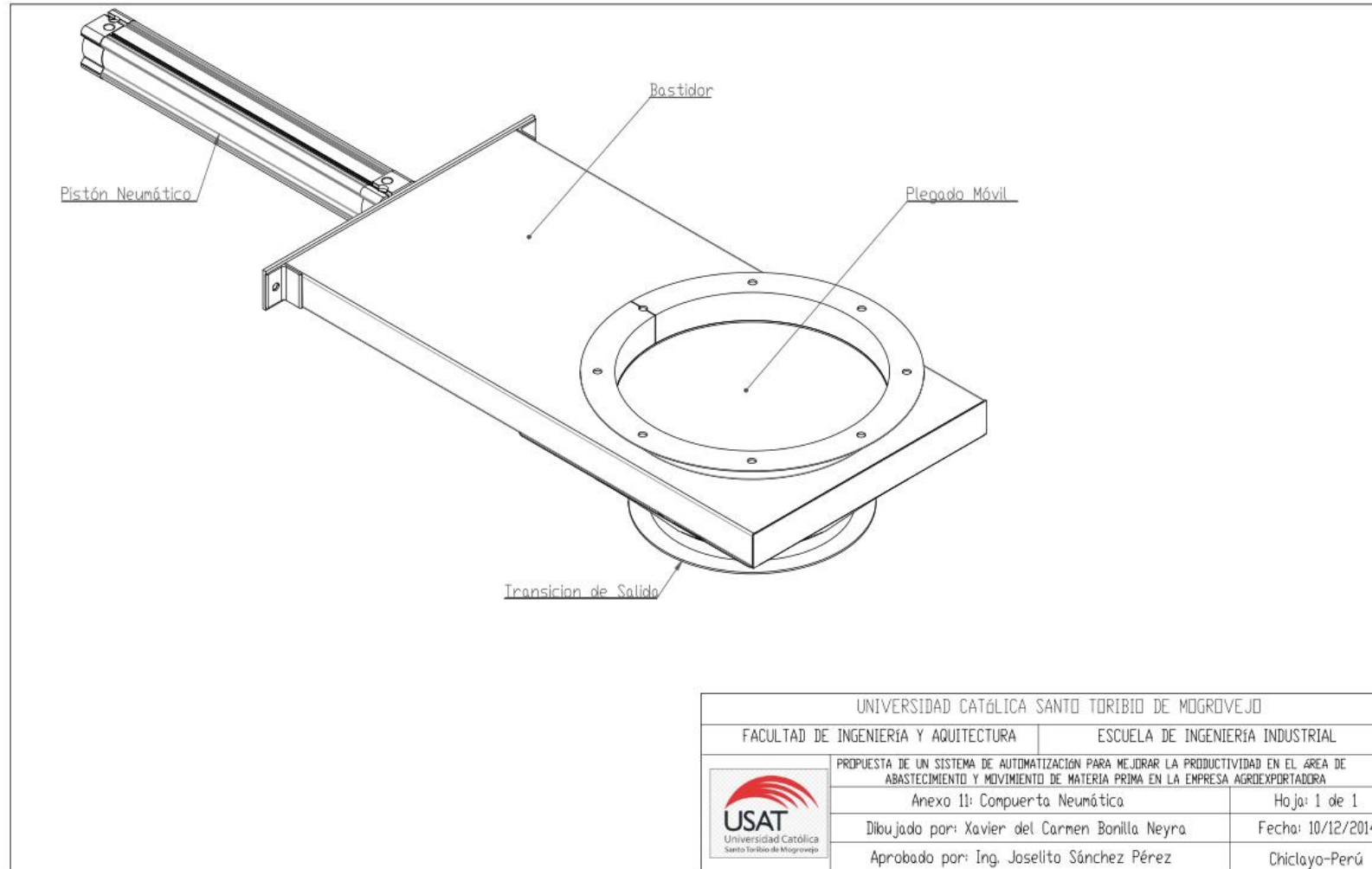
Anexo 9. Transición de Salida



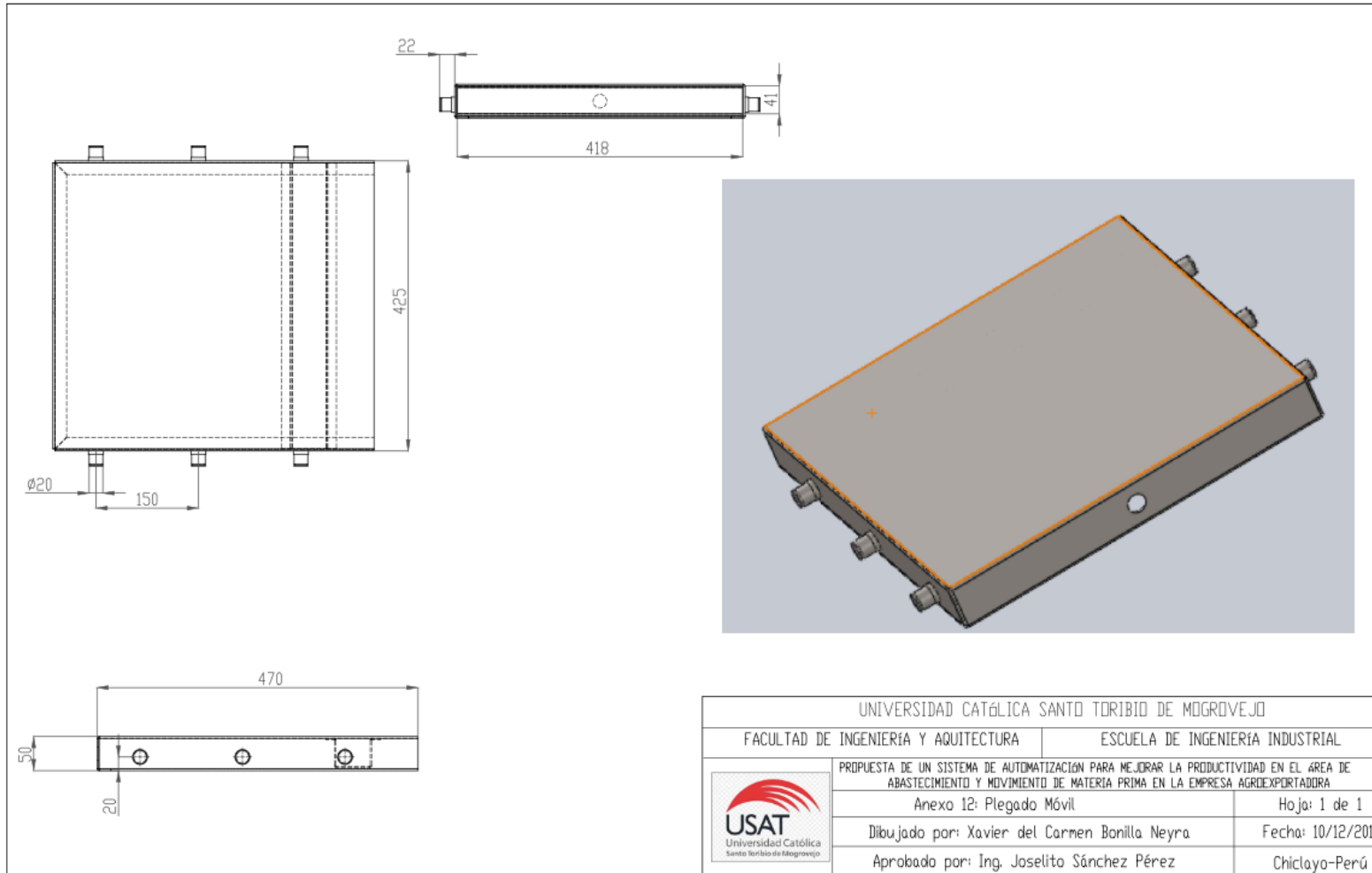
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MUGROVEJO	
FACULTAD DE INGENIERIA Y AQUitectura	ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
PROPUESTA DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE ABASTECIMIENTO Y MOVIMIENTO DE MATERIA PRIMA EN LA EMPRESA AGROEXPORTADORA	
Anexo 10: Transición de Salida	Hoja: 1 de 1
Dibujado por: Xavier del Carmen Bonilla Neyra	Fecha: 10/12/2014
Aprobado por: Ing. Joselito Sánchez Pérez	Chiclayo-Perú



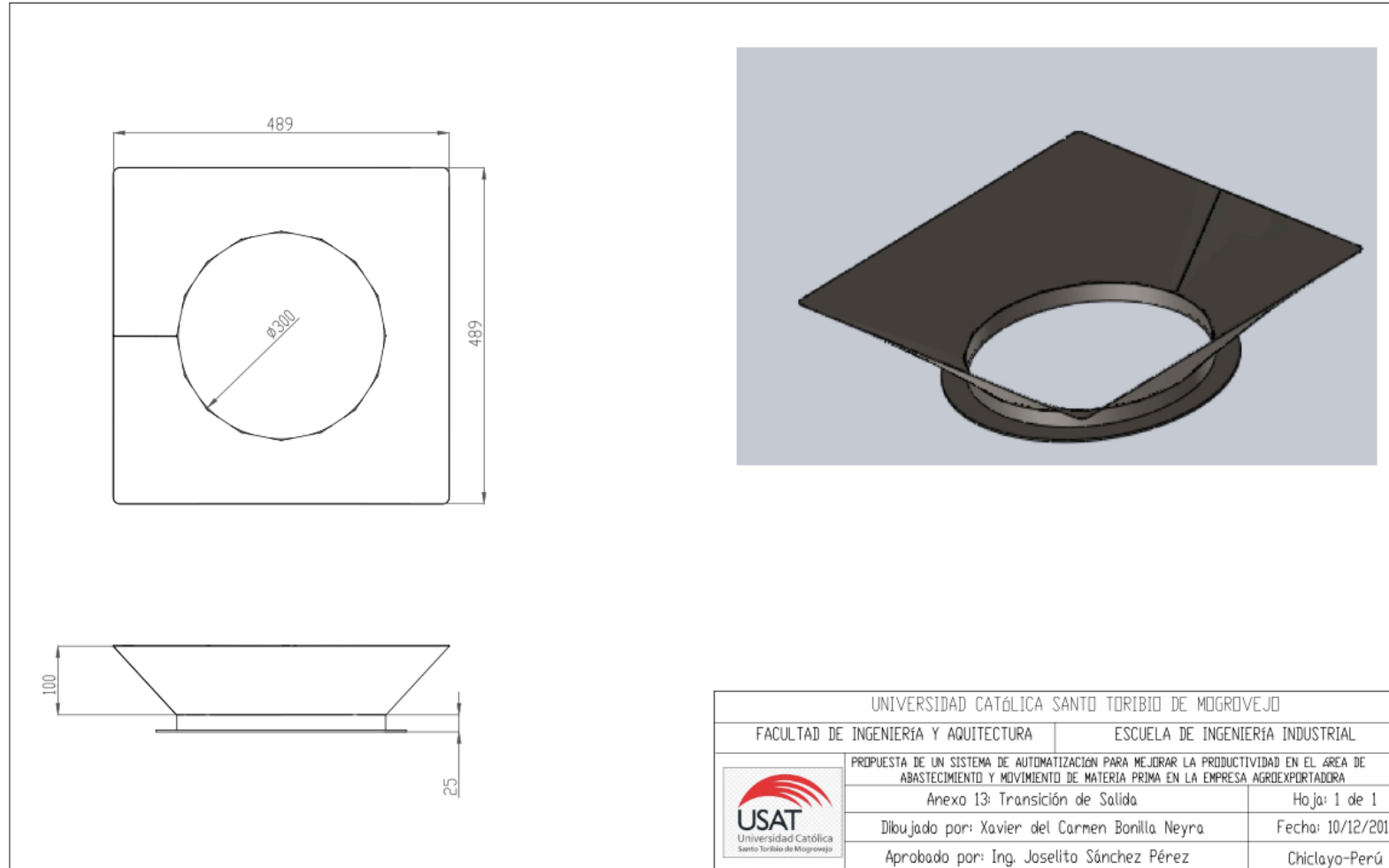
Anexo 10. Compuerta Neumática



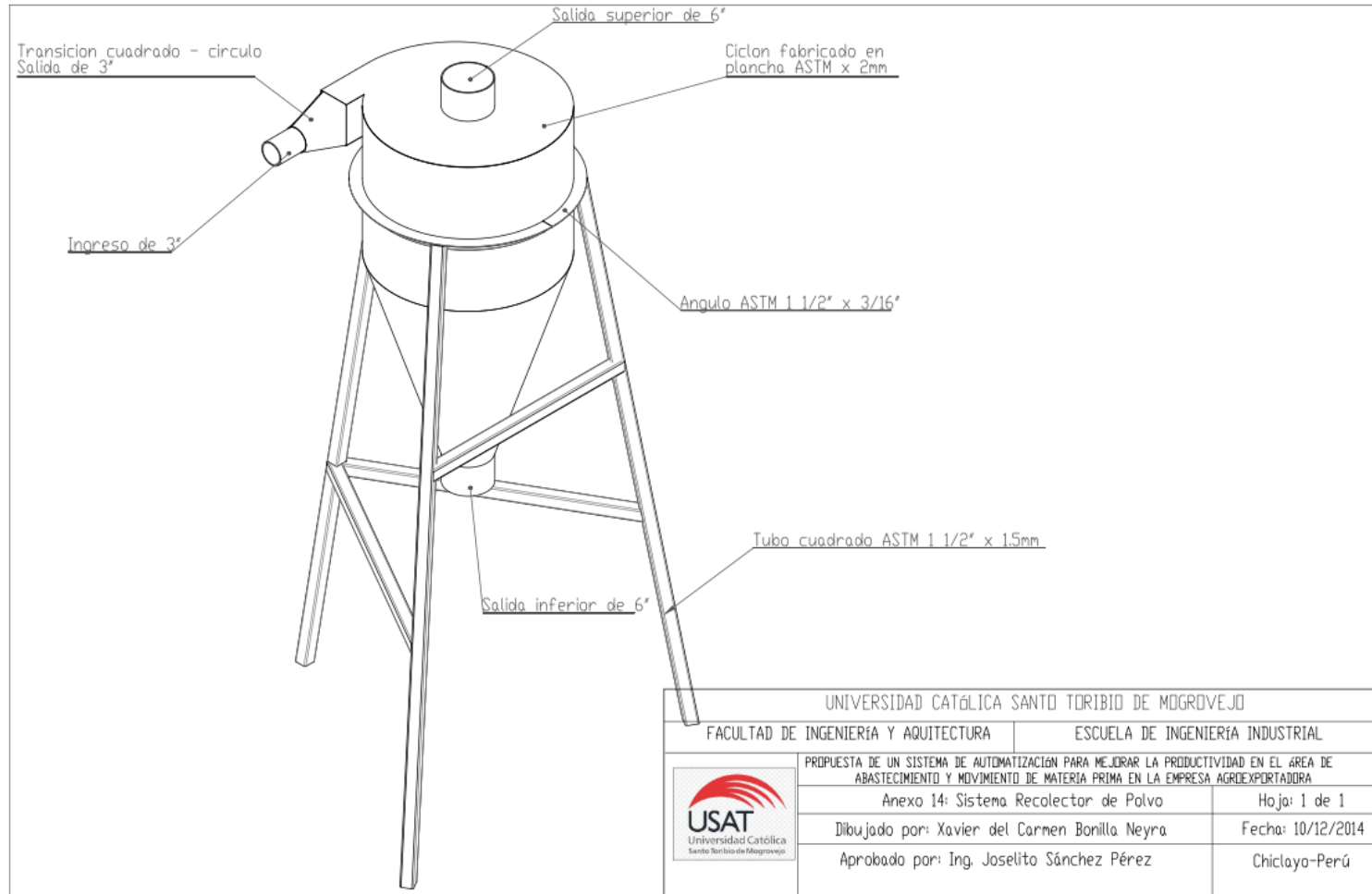
Anexo 11. Plegado Móvil



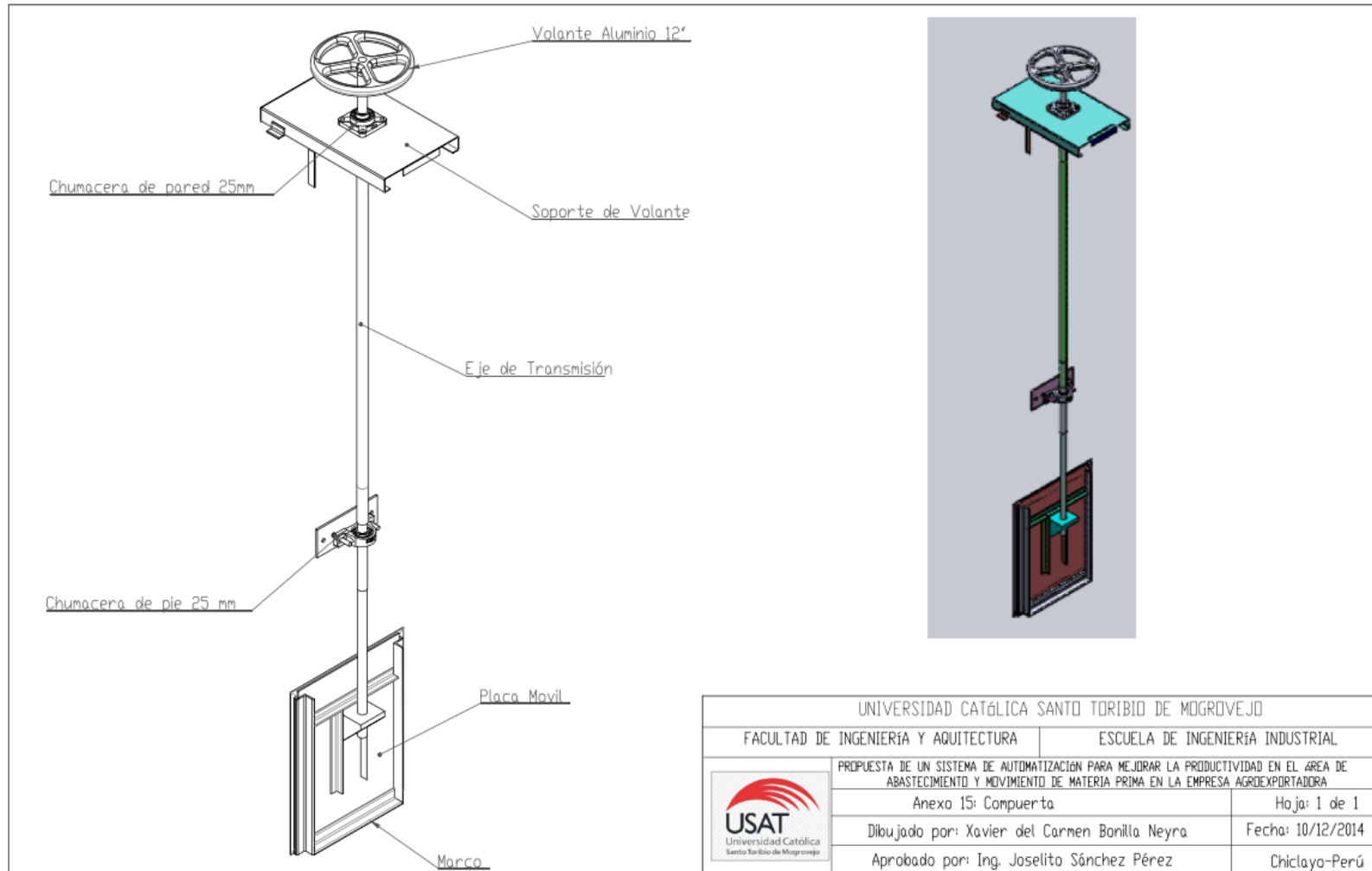
Anexo 12. Transición de Salida



Anexo 13. Sistema Recolector de Polvo



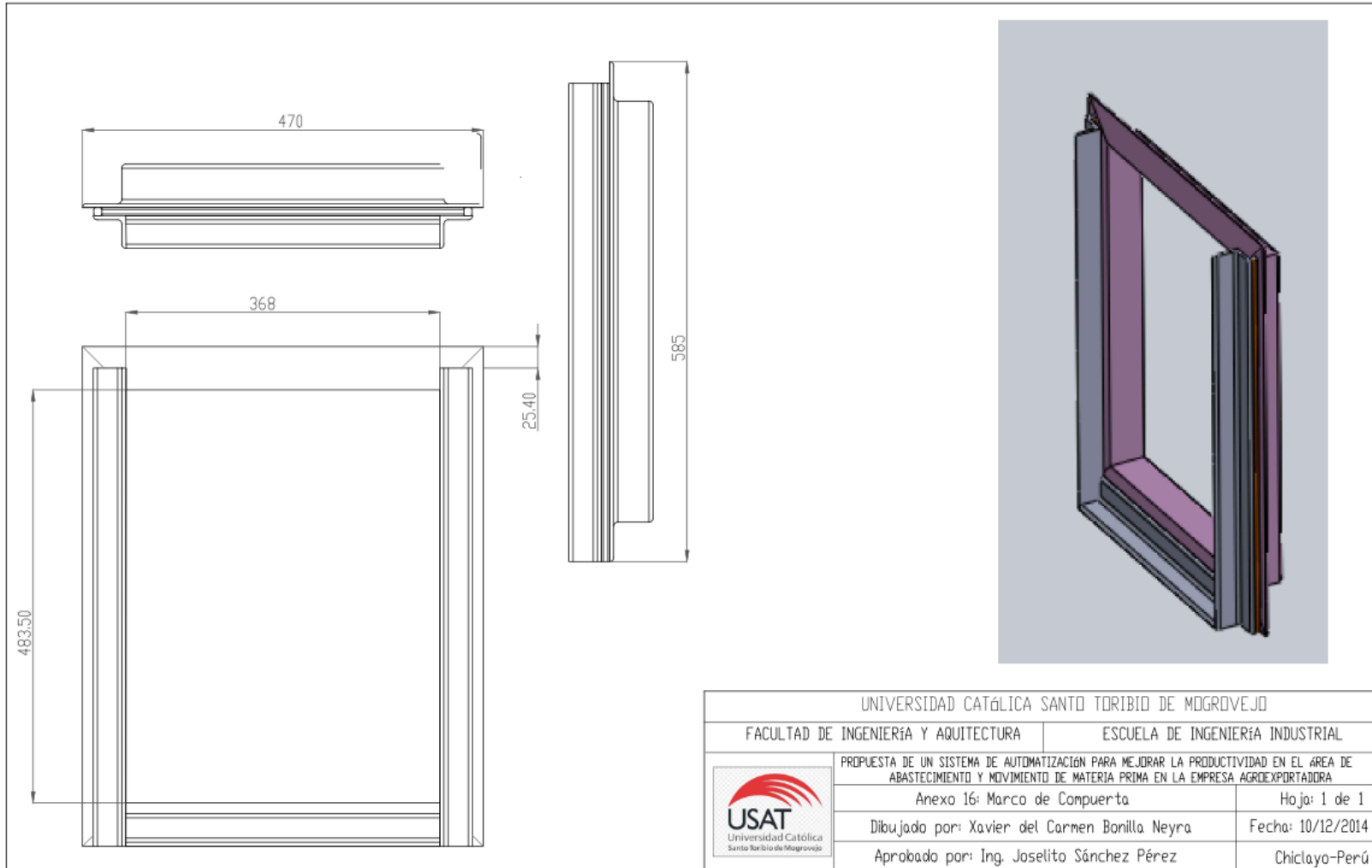
Anexo 14. Compuerta



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO	
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROPUESTA DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE ABASTECIMIENTO Y MOVIMIENTO DE MATERIA PRIMA EN LA EMPRESA AGROEXPORTADORA	
Anexo 15: Compuerta	Hoja: 1 de 1
Dibujado por: Xavier del Carmen Bonilla Neyra	Fecha: 10/12/2014
Aprobado por: Ing. Joselito Sánchez Pérez	Chiclayo-Perú



Anexo 15. Marco de Compuerta



Anexo 16. Compuerta Móvil

