



# **PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA RALLADORA INDUSTRIAL DE YUCA PARA LA PRODUCCIÓN DE CONCENTRADOS PORCINOS**

**Alexander Enrique Suarez Bermúdez  
Jhoan David González Díaz**

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica  
Cartagena, Colombia  
2020

# **PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA RALLADORA INDUSTRIAL DE YUCA PARA LA PRODUCCIÓN DE CONCENTRADOS PORCINOS**

**Alexander Enrique Suarez Bermúdez  
Jhoan David González Díaz**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Ingeniero Electromecánico**

Director (a):

Ingeniero Daniel Yabrudy

Línea de Investigación:

Automatización de procesos industriales

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Cartagena, Colombia

2020

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

Cartagena (2020)

### *Dedicatoria*

*Este trabajo lo dedico primeramente a Dios por permitir tener vida y salud, y porque ha estado conmigo a cada momento, protegiéndome y dándome fortaleza y sabiduría para continuar, en todo este proyecto.*

*A mis padres, Fanor y Nancy, y a mis hermanos Aldo, Marlon y Mary quienes con sus palabras de aliento y amor no me dejaban decaer para que siempre siguiera adelante, sea perseverante y cumpla con mis ideales, a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación brindándome su apoyo incondicional con sus consejos, paciencia y amor en todo momento. Depositando toda la confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo instante en mi inteligencia y capacidad gracias ellos soy lo que soy ahora.*

*A mis compañeros que con el pasar de los semestres y los años se fue fortaleciendo una gran hermandad, que de corazón le nacía compartir sus conocimientos, momentos de tristezas y alegría, y unidos para tomar una decisión que fuera la más viable en distintos problemas que se presentara.*

*Jhoan David Gonzalez Díaz*

*Dedicatoria*

*A Dios por haberme dado salud, fortaleza y constancia para terminar exitosamente este proyecto.*

*A mis hijos Alexander y Fratianys, y a mi esposa Lina por el apoyo, acompañamiento y ayuda en la ejecución de este proyecto.*

*A mis padres Eladio Suarez y Zunilda Bermúdez por su apoyo condicional en cada momento y/o ayuda para alcanzar mis metas.*

*A mis compañeros con los que en el transcurso de toda mi carrera me brindaron su apoyo y colaboración para llegar a este punto con el que todos soñamos..*

*Alexander Enrique Suarez Bermúdez*

## Agradecimientos

A mis pilares fundamentales en mi vida a mis padres quienes con su lucha, amor insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y a destacar en mi vida, no solo para mí, sino para mi familia y mis hermanos en general. Ellos representaron gran esfuerzo y tesón en momentos de cansancio. Y a ellos este proyecto, que sin ellos, no hubiese podido lograr.

Mi agradecimiento a todo los profesores y directivas de la Universidad Antonio Nariño (UAN) ya que con lo aprendido y la exigencia académica nos han dado un buen ejemplo y me han dedicado su apoyo condicional motivándome en el transcurso del camino, y también mi agradecimiento especialmente a mi director de proyecto Daniel Enrique Yabrudy Mercado, y a los asesores académicos de proyecto de grado el Ingeniero Oscar Porto Solano, e Ingeniero mecánico Juan Vicente Cajal Barros por su colaboración, apoyo y recomendación en el transcurso del trabajo de grado y su ayuda me ha orientado para hacer un trabajo de grado correctamente.

Jhoan David González Díaz

## **Agradecimientos**

A mi familia que con amor me han apoyado incondicionalmente, ellos han sido mi gran fuente de inspiración para salir adelante y llegar al camino del éxito.

A cada uno de mis profesores que me han dado parte de su gran conocimiento en el transcurso de toda mi carrera educativa.

También agradecido con la empresa en la que laboro, Kangupor, por darme la oportunidad de cumplir un sueño de lograr ingresar a una institución y así terminar de realizarme como un profesional.

Alexander Enrique Suarez Bermúdez

## Resumen

El presente proyecto es una propuesta de automatización para una máquina ralladora de yuca industrial suministrada por la Universidad Antonio Nariño, para optimizar el proceso de productividad y eficiencia. Debido al contexto educativo de este proyecto, se realizó un trabajo de tipo de investigación descriptiva, a través de la revisión de documentos de investigación como trabajos de grado y revistas científicas referentes al tema. También se realizó una observación directa al estado de la máquina para la realización del diagnóstico. Se consultó información con terceros (docentes involucrados en la construcción de la máquina), para posteriormente obtener la información que permitió la construcción y diseño de la propuesta de automatización de la máquina ralladora, este proceso de automatización consta de la siguiente metodología: Paso 1 consta de la descripción del sistema implementado para la automatización donde se diseñó de forma manual el sistema eléctrico con PLC y cargarlo al simulador CADe-SIMU, y se procedió hacer pruebas para comprobar su funcionamiento. En el Paso 2 se procedió a escoger el PLC y su programación, el cual se tuvo en cuenta para su selección el tipo y la marca, ya que este cumple con las características y parámetros de rendimiento requeridos para su óptima utilización, se programó e hicieron pruebas en un diagrama de Ladder. Y el Paso 3 en el cual se describe el paso a paso del ensamble del tablero eléctrico, montaje del sistema y pruebas finales.

**Palabras clave:** *Ralladora de Yuca, Automatización, Simulador CADe-SIMU, Tablero eléctrico, PLC o equipo autómatas programable, Diagrama Ladder.*

## Abstract

This project is an automation proposal for an industrial cassava grating machine, supplied by the Antonio Nariño University, to optimize the productivity and efficiency process. Given the educational context of this project, a descriptive research type of work was carried out, through the review of research documents such as undergraduate papers and scientific journals on the subject. A direct observation of the state of the machine was made to carry out the diagnosis. Information was consulted with other people (teachers involved in the construction of the machine), to later obtain the information that allowed the construction and design of the proposal for the automation of the grating machine, this automation process consists of the following methodology: Step 1 It consists of the description of the system implemented for automation where the electrical system with PLC was designed manually and loaded into the CADe-SIMU simulator, and tests were carried out to verify its operation. In Step 2, the PLC and its programming were chosen, which took into account the type and brand for its selection, since it complies with the characteristics and performance parameters required for its optimal use, it was programmed and made tests on a Ladder diagram. And Step 3 which describes the step by step of the electrical panel assembly, system assembly and final tests.

**Key words:** *Cassava Grater, Automation, CADe-SIMU Simulator, Electric panel, PLC or programmable automaton, Ladder Diagram.*

# Contenido

	Pág.
<b>Resumen.....</b>	<b>VIII</b>
<b>Lista de tablas.....</b>	<b>XIII</b>
<b>Lista de Símbolos y abreviaturas .....</b>	<b>XIV</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>1. GENERALIDADES.....</b>	<b>3</b>
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.1.1 Descripción.....	3
1.1.2 Formulación del problema .....	4
1.2 Justificación .....	4
1.3 Objetivos.....	6
1.3.1 General.....	6
1.3.2 Específicos.....	6
1.4 Alcance .....	7
1.5 Enfoque de la investigación .....	7
1.5.1 Herramientas o instrumentos para la recolección de información.....	7
1.5.2 Fuentes de información.....	8
<b>2. Marco Referencial.....</b>	<b>9</b>
2.1. Marco Legal .....	9
2.2. Antecedentes.....	11
2.2.1. Referenciación internacional .....	12
2.2.2. Referenciación nacional.....	13
2.3 Marco Conceptual.....	14
2.4. Metodología .....	21
<b>3. Resultados.....</b>	<b>25</b>
3.1 Estado de máquina ralladora de yuca en estudio.....	25
3.1.1 Características y condiciones actuales de la máquina ralladora de yuca de estudio para la elaboración de la propuesta de automatización. ....	33

---

3.1.2 Diagnostico general de la máquina ralladora de Yuca. ....	34
3.2 Propuesta de automatización de la ralladora de yuca de concentrado porcino. (Según autores del presente proyecto, 2020).....	35
3.2.1 Programación y selección del PLC: .....	47
3.2.1 Protocolos de seguridad y salud a tener en cuenta en la operación y mantenimiento de la máquina ralladora de yuca automatizada (Según autores del presente proyecto, 2020).....	56
3.2.2 Protocolos de seguridad personal. ....	56
3.2.3 Protocolos de mantenimiento .....	58
➤ <b>mantenimiento del tambor rallador:.....</b>	<b>58</b>
➤ <b>mantenimiento de la bandeja .....</b>	<b>58</b>
➤ <b>mantenimiento de tablero eléctrico .....</b>	<b>58</b>
➤ <b>mantenimiento del motor.....</b>	<b>58</b>
<b>4. Presupuestos .....</b>	<b>59</b>
Fuente: Elaboración propia .....	60
<b>5. Conclusiones.....</b>	<b>61</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>63</b>

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1:</b> Diseño de Rallador de máquina de estudio.....	16
<b>Figura 2:</b> Operación de rallado de yuca.....	17
<b>Figura 3:</b> Diseño de Tolva de Máquina de estudio.....	17
<b>Figura 4:</b> Sistema de poleas y correas. ....	19
<b>Figura 5:</b> Diseño de ralladora en estudio.....	32
<b>Figura 6:</b> Plano eléctrico para automatización.....	36
<b>Figura 7:</b> Descripción del diagrama de mando .....	38
<b>Figura 8:</b> Simulador encendido .....	40
<b>Figura 9:</b> Entradas del PCL activadas .....	42
<b>Figura 10:</b> Diagrama de Fuerza.....	43
<b>Figura 11:</b> Activación de disyuntores y pulsador ON. ....	44
<b>Figura 12:</b> Montaje del diagrama de potencia y de mando. ....	45
<b>Figura 13:</b> Contacto de bobina KM1 y energizado de motor.....	46
<b>Figura 14:</b> PLC serie/ XC3-14R-E .....	48
<b>Figura 15:</b> Diagrama de programación Ladder para programar y simular el autómata ...	49
<b>Figura 16:</b> Descripción de simbología de diagrama Ladder.....	50
<b>Figura 17:</b> Tablero eléctrico y sistema PLC.....	51
<b>Figura 18:</b> Evidencias de simulación de pruebas .....	53
<b>Figura 19:</b> Pinza Voltiamperimetrica.....	55

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1:</b> Partes de máquina ralladora de Yuca. ....	25
<b>Tabla 2:</b> Descripción de equipo de estudio .....	33
<b>Tabla 3:</b> Presupuesto.....	59
<b>Tabla 4:</b> Plan de Mantenimiento .....	62

## Lista de Símbolos y abreviaturas

### Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
$A$	Área	$m^2$	$A = \pi r^2$
$Fr.$	Fuerza de rallado		$W * \mu\kappa$
$R$	Radio	R	$\frac{D}{2}$
$Tr$	Torque de rallado		$Fr * b$
$Pr$	Potencia de rallado		$\omega * Tr$

### Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
$\pi$	Pi		3.14
$\omega$	Velocidad angular	1	$\frac{2\pi * \eta}{60}$
$\eta$	Número rmp	360	Rmp

### Subíndices

Subíndice	Término
L	Longitude
D	Diámetro
b	Longitude de manivela
$\mu\kappa$	Coefficiente de fricción

### Abreviaturas

Abreviatura	Término
<i>FIMEB</i>	Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
<i>HMI</i>	Interfase entre Hombre-Máquina
<i>CHI</i>	Interfase entre Hombre-Computadora
<i>PLC</i>	Automata programable.
<i>ARL</i>	Aseguradora de Riesgos Laborales
<i>OMC</i>	Organización Mundial de Comercio
<i>INCUPO</i>	Instituto de Culturas Populares

# Introducción

En el siguiente proyecto se plantea una propuesta para la automatización de una ralladora industrial de yuca, ubicada en el laboratorio de la Facultad de FIMEB., en la Universidad Antonio Nariño Sede Cartagena, dicha maquina cuentan con un procedimiento obsoleto para su funcionamiento y manipulación, por lo que se realizara una propuesta para su automatización a través de un mecanismo electrónico, permitiendo su optimización y eficiente en la producción rallado, con el objeto de mantener su funcionamiento actualizado con las nuevas adaptaciones tecnológicas y que dicha propuesta sirva de herramienta y guía para que futuros estudiantes del programa de electromecánica puedan implementarlo a dicha máquina.

Por lo anterior, en la propuesta se establecen los procedimientos técnicos a desarrollar para la automatización de la máquina en mención, de acuerdo al diagnóstico previo que se realizó a la misma, donde se observó la condición física y funcionamiento de dicho equipo, para establecer los objetivos y desarrollo de la propuesta.

Esta propuesta permitirá gestionar la automatización de un proceso que en la actualidad cuenta con ayuda manual en el desarrollo de producto final el concentrado porcino, por lo anterior este trabajo busca plasmar en un documento las bases técnicas necesarias para el cumplimiento del objetivo general y alcanzar los resultados en la propuesta planteada.



# 1. GENERALIDADES

## 1.1 Planteamiento del problema

### 1.1.1 Descripción

En la actualidad el sector industrial busca mecanismos que permitan dinamizar y mejorar sus procesos de producción, por lo que se apoyan de las nuevas tecnologías electrónicas para implementarlas y convertir sus máquinas en equipos automatizados, que cumpla con las exigencias de productividad, de calidad y economía en el mercado.

Por lo anterior, el proceso de automatización provee a los operadores humanos mecanismos para asistirlos en los esfuerzos físicos del trabajo, dicha automatización disminuye el esfuerzo mental del operador de la máquina. Este procedimiento de automatización además de ser un sistema de control, enmarca también instrumentos industriales, como sensores y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales, (Vera, Vanegas y Quintero, 2009). La automatización como un sistema de fabricación está diseñada con el fin de usar la capacidad de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas anteriormente efectuadas por personas, y para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana.

La automatización considerada como una ramificación de la ingeniería electrónica y mecánica, es de gran importancia al momento de disminuir los tiempos de fabricación, disminución en la contratación de mano de obra, mayor precisión en la fabricación de los productos y optimización de costos derivados de todos los procesos anteriores (Logicbus, 2020).

Lo anterior, permite que se creen interfaces entre “Hombre-Máquina (HMI) o interfaces entre Hombre-Computadora (CHI), formalmente conocidas como interfaces Hombre-Máquina, son comúnmente empleadas para comunicarse con los PLCs y otras computadoras, para labores tales como introducir y monitorear temperaturas o presiones para controles automáticos o respuesta a mensajes de alarma. El personal de servicio que monitorea y controla estas interfaces por lo general son ingenieros. También otra forma de automatización que involucra computadoras es la prueba de automatización, donde las computadoras controlan un equipo de prueba automático que es programado para simular seres humanos que prueban manualmente una aplicación”. (EcuRed, 2019).

En este orden de ideas, la Universidad Antonio Nariño – Sede Cartagena, en su laboratorio de Ingeniería Electromecánica, cuenta con una maquina ralladora industrial de yuca para la producción de concentrado porcino, diseñada por estudiantes egresados de dicho programa. Esta máquina que se manipula de manera semi-manual, diseñada para funcionar a 110 voltios, con un motor de 0.5 HP,

tiene una tolva que no es la adecuada, la cual requiere ser modificada de tal manera que tenga una figura cónica, ya que la actual por su estructura no cumple con las características cónicas adecuadas, para evitar que deje residuos de materia prima en la parte inferior de la máquina. También en el proceso de producción del concentrado al momento de la operación de la misma para el rallado de la yuca, el tiempo gastado después de terminada la materia prima disponible, hasta cuando se vuelve a llenar la tolva, es mucho tiempo desperdiciado el cual se requiere que la maquina pueda ser programada automáticamente para apagarse después de exceder cierto tiempo, lo que permite disminuir costos eléctricos. Por otro lado, la ralladora esta descubierta y no cuenta con un sistema de seguridad que evite la exposición de la persona que la ópera, por lo que también se recomendará en esta propuesta agregar sensores para activar un mecanismo de seguridad que disminuirá los riesgos al operar dicha máquina. Por todo lo anteriormente expuesto, el proyecto de diseñar una propuesta de automatización de la ralladora de yuca para concentrado porcino, es de pertinencia ya que permitirá que el producto que se procese con dicha maquina sea más fácil y eficiente, que genere menos esfuerzo al ser humano, y menos riesgo.

Este proyecto de elaboración de propuesta de automatización de dicha máquina, impactará de manera directa a los futuros ingenieros electromecánicos que tomen la iniciativa de implementar lo establecido en dicha propuesta, partiendo desde los procesos y procedimientos técnicos a desarrollar y la puesta en marcha del nuevo mecanismo electrónico a adaptar a dicho equipo.

### **1.1.2 Formulación del problema**

¿Cómo desarrollar una propuesta de automatización para una maquina ralladora industrial de yuca de concentrado porcino?

## **1.2 Justificación**

La propuesta de automatización de la ralladora de yuca industrial, es un proyecto que ha sido pensado por la necesidad de mejorar el mecanismo de funcionamiento y calidad de producción del equipo en mención, ya que dicha propuesta además de ser una herramienta guía para la implementación de automatización de esta máquina en mención operada manualmente, también pueda ser implementada en procesos industriales de mayor envergadura, que permitirá la fácil ejecución de las actividades de muchas empresas industriales que se dediquen a este tipo de producción, dentro de las cuales también se identifican las granjas, criaderos de cerdos, entre otras empresas que aún no han modernizado sus equipos que funcionan de manera manual. También a su vez optimiza la materia prima y la ejecución de sus procesos obteniendo una mejor calidad del producto, y garantizando rentabilidad en su producción.

A mediados del Siglo XX, “ya existía la automatización en escalas muy pequeñas y en ciertas industrias manufactureras, a través de simples mecanismos que permitían automatizar algunas tareas, (UNED y PAC, 2011)”. Sin embargo el concepto solamente llegó a ser realmente práctico con la adición (y evolución) de las computadoras digitales, cuya flexibilidad permitió manejar cualquier clase de tarea gracias a la combinación requerida de velocidad, poder de cómputo, precio y tamaño empezaron a aparecer en la década de 1960s. Antes de ese tiempo, las computadoras industriales eran exclusivamente computadoras analógicas y computadoras híbridas. Para ese entonces las computadoras digitales tomaron el control de la mayoría de las tareas simples, repetitivas, semiespecializadas y especializadas, con algunas excepciones notables en la producción e inspección de alimentos, ya que "para muchas y muy cambiantes tareas, es difícil remplazar al ser humano, quienes son fácilmente vueltos a entrenar dentro de un amplio rango de tareas, más aún, son producidos a bajo costo por personal sin entrenamiento." Por ende son utilizadas computadoras especializadas que son utilizadas para leer entradas de campo a través de sensores y en base a su programa, generar salidas hacia el campo a través de actuadores. Esto conduce para controlar acciones precisas que permitan un control estrecho de cualquier proceso industrial.” (EcuRed, 2019).

Por lo anterior, se puede afirmar que la elaboración de una propuesta donde se describa el proceso y procedimiento de adaptación del mecanismo de automatización electrónico de la ralladora de yuca, se convierte en el primer paso para la futura implementación de un sistema de manejo electrónico a dicho equipo que brindaría una mayor eficiencia, ya que esta produciría una mayor cantidad de concentrados en menos tiempo, que si lo haría una persona manualmente, por otro lado se ahorra materia prima gracias al cambio de tolvas a cilíndricas, evitando así excesos y desperdicios. Disminuye la fatiga de los operarios por jornada laboral que se encuentra sobre los límites de tolerancia de esfuerzos logrando disminuirlos, por lo que se buscaría poder un bienestar al trabajador en relación a una mejor postura ergonómica. Lo que al incidir sobre el sistema, inciden también en la producción, calidad, seguridad y salud.

Para todo lo expuesto, dentro de la propuesta se establecen las actividades orientadas a cómo realizar el montaje del mecanismo electrónico. Este material servirá de apoyo de estudio a los estudiantes de ingeniería que deseen implementar este mecanismo electrónico a futuros diseños de automatización, permitiendo lograr un impacto en esta población de futuros investigadores.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 General**

Diseñar una propuesta de automatización para la máquina ralladora de yuca industrial suministrada por la universidad Antonio Nariño, que permita aumentar el proceso de producción y disminución del tiempo de rallado de la materia prima.

### **1.3.2 Específicos**

- [1] Realizar un diagnóstico del funcionamiento y estado actual de la maquina ralladora de yuca para proponer un modelo de automatización.
- [2] Diseñar una propuesta para la automatización de una máquina ralladora de yuca que se encuentra ubicada en la Universidad Antonio Nariño de la Sede Cartagena.
- [3] Realizar pruebas funcionales del tablero eléctrico, PLC y sistema de control, a través de simuladores.
- [4] Elaborar la documentación requerida para la operación segura y la adecuada gestión del mantenimiento del equipo.

## **1.4 Alcance**

El presente proyecto tiene un alcance dentro de las ingenierías, y es la mejora de los procesos industriales, a través de la generación de herramientas que permitan el progreso industrial, y que se limita en la elaboración de una propuesta para la restauración y mantenimiento en la automatización de la máquina ralladora de yuca existente en la UAN sede Cartagena, y la elaboración de documentos de operación y mantenimiento.

## **1.5 Enfoque de la investigación**

Debido al contexto educativo de este proyecto, se realizó un trabajo de desarrollo tecnológico, llevado a cabo, a través de la revisión documental de investigaciones y estudios referentes al tema. En el primer proceso de la investigación se realizó una observación directa para la realización del diagnóstico de la máquina en estudio, también se consultó información con terceros, para posteriormente analizar y organizar la información de las condiciones de la máquina y plasmar la información en el documento actual.

### **1.5.1 Herramientas o instrumentos para la recolección de información**

En cuanto a la herramienta o instrumento de recolección de información, se realizaron dos entrevistas, una docente director del proyecto de construcción de la maquina ralladora de yuca y una entrevista a uno de los estudiantes autores y diseñadores. También se realizó un diagnostico físico de la maquina ralladora.

### **1.5.2 Fuentes de información.**

**Primarias:** Docentes asesores que se desempeña en el área donde se encuentra la maquina en la universidad Antonio Nariño sede Cartagena, y que han trabajado en el proyecto de construcción de la misma y estudiantes diseñadores de la maquina ralladora.

**Secundarias:** Como punto de partida se consultó: Proyecto de grado de construcción de la máquina ralladora, la información extraída de revistas electrónicas en internet; otros proyectos a nivel internacional, nacional y local.

## 2. Marco Referencial

A continuación, se referencian las legislaciones, antecedentes, conceptos, y teorías existentes, como argumentos de base para el soporte de este proyecto.

### 2.1. Marco Legal

La legislación Colombiana conlleva una gran importancia, ya que cuenta con diferentes normas cuyo objetivo fundamental es brindar al trabajador una mejor calidad de vida dentro de la organización, velando siempre por su seguridad y salud; como también, buscando mejorar el desarrollo del talento humano en materia de seguridad y salud en el trabajo, ampliando sus conocimientos en materia de riesgos laborales y cómo prevenirlos; de igual forma; dispone la asignación de los recursos necesarios para que el trabajador pueda desempeñar su labor de manera segura incentivando a una cultura de seguridad. Para ello se han establecido obligaciones para los empleadores y Administradoras de riesgos laborales (ARL) como también deberes y derechos para los trabajadores.

**Decreto 591 del 26 de Febrero de 1991:** por el cual se regulan las modalidades específicas de contratos de fomento de actividades científicas y tecnológicas. El **artículo 2º** Para los efectos del presente Decreto, entiéndase por actividades científicas y tecnológicas las siguientes:

1. Investigación científica y desarrollo tecnológico, desarrollo de nuevos productos y procesos, creación y apoyo a centros científicos y tecnológicos y conformación de redes de investigación e información.

2. Difusión científica y tecnológica, esto es, información, publicación, divulgación y asesoría en ciencia y tecnología.

3. Servicios científicos y tecnológicos que se refieren a la realización de planes, estudios, estadísticas y censos de ciencia y tecnología; a la homologación, normalización, metrología, certificación y control de calidad; a la prospección de recursos, inventario de recursos terrestres y ordenamiento territorial; a la promoción científica y tecnológica; a la realización de seminarios, congresos y talleres de ciencia y tecnología, así como a la promoción y gestión de sistemas de calidad total y de evaluación tecnológica.

4. Proyectos de innovación que incorporen tecnología, creación, generación, apropiación y adaptación de la misma, así como la creación y el apoyo a incubadoras de empresas, a parques tecnológicos y a empresas de base tecnológica.

5. Transferencia tecnológica que comprende la negociación, apropiación, desagregación, asimilación, adaptación y aplicación de nuevas tecnologías nacionales o extranjeras.

6. Cooperación científica y tecnológica nacional e internacional.

**Resolución 2013 de Junio 6 del año 1986:** Por la cual se reglamenta la organización y funcionamiento de los comités de Medicina, Higiene y Seguridad Industrial en los lugares de trabajo (conformación del Copasst).

**Ley 100 de Diciembre 23 del año 1993:** Por la cual se crea el sistema de seguridad social integral y se dictan otras disposiciones.

**Decreto Ley 1295 de Junio 22 del año 1994:** Por el cual se determina la organización y administración del Sistema General de Riesgos Profesionales.

**Decreto 1530 de Agosto 26 del año 1996:** Accidente de Trabajo y Enfermedad Profesional con muerte del trabajador.

**Ley 776 de Diciembre 17 del año 2002:** Por la cual se dictan normas sobre la organización, administración y prestaciones del Sistema General de Riesgos Profesionales.

**Decreto 1607 de Julio 31 del año 2002** Por el cual se modifica la Tabla de Clasificación de Actividades Económicas para el Sistema General de Riesgos Profesionales y se dictan otras disposiciones.

**Ley 1562 de Julio 11 del año 2012:** Por la cual se modifica el Sistema de Riesgos Laborales y se dictan otras disposiciones en materia de Salud Ocupacional.

**Resolución 2400 del año 1979:** Riesgo de Máquinas, herramientas y maquinas industriales, Electricidad continua y estática.

*Manipulación y comercialización de alimentos:*

**Resolución 2674 de 2013:** el artículo 126 del Decreto-ley 019 de 2012, establece que los alimentos que se fabriquen, envasen o importen para su comercialización en el territorio nacional, requerirán de notificación sanitaria, permiso sanitario o registro sanitario, según el riesgo de estos productos en salud pública, de conformidad con la reglamentación que expida el Ministerio de Salud y Protección Social. Que conforme con lo anterior, se hace necesario establecer los requisitos y condiciones bajo las cuales el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (Invima), como autoridad sanitaria del orden nacional, deberá expedir los registros, permisos o notificaciones sanitarias. Que la presente resolución fue

notificada a la Organización Mundial del Comercio (OMC), mediante los documentos identificados con las signaturas G/SPS/N/COL/249 y G/TBT/N/COL/191 del 19 y 20 de marzo de 2013.

## 2.2. Antecedentes

Como antecedentes de la presente propuesta, los autores [García y Pión \(2014\)](#), en su proyecto de construcción de la ralladora de yuca industrial electromecánica, para la elaboración de concentrado porcino, se ha convertido en un referente de inspiración para el desarrollo de la presente propuesta de automatización de dicha máquina en mención, la cual tuvo como propósito de su diseño, construcción e implementación desde la funcionalidad electromecánica. El tipo de investigación usado es de desarrollo tecnológico, ya que permitió identificar los pasos y resultados proyectados, utilizando un método de diagrama de bloques donde se evidenciaron los procesos de investigación, diseño, implementación, pruebas y resultados, a través de la construcción y puesta en marcha de la máquina, en los laboratorios de la Universidad Antonio Nariño de Cartagena. Tal investigación se apoyó del estudio de dos proyectos de construcción de ralladoras de yuca: la primera en *Argentina se trata de la empresa INCUPO (Instituto de Culturas Populares)* los cuales para la producción utilizan un rallador de mandioca o yuca como elemento desmenuzador, empleando hojas de sierra de acero logrando aumentar su producción de almidón en un 25% más, que con la utilización del rallador tradicional manual. Dicho rallador se diseñó para rallar entre 150 y 200 kg de mandioca, logrando obtener un producto de alto valor alimenticio, al ser implementada esta nueva tecnología aumentó la productividad y rendimiento, menor esfuerzo físico y mayor producción en menor costo. El segundo proyecto se enfocó en la ralladora de yuca de la empresa INMEGAR de Ecuador, empresa dedicada en diseño y construcción de máquinas agroindustriales, para la obtención de almidones a partir de la yuca o papa, las máquinas fueron construidas en acero al carbono o acero inoxidable destacándose por su firmeza y alto rendimiento.

### 2.2.1. Referenciación internacional

Para los estudiantes Soto R., Toledo N. y Quiroga J. (2014), del programa de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria de La Selva de Perú, el emprender el proyecto “diseño de una maquina ralladora de Yuca”, además de innovar, tiene como objeto obtener una producción optima de almidón de yuca o casabe, el cual representa un alimento sustituto del pan de trigo. Los autores hacen las siguientes recomendaciones: - verificar que el motor este en perfectas condiciones sin ruidos fuera de lo normal, - verificar si no hay impurezas en la tolva para evitar que el tambor giratorio sufra daños y el motor se esfuerce más que su capacidad, - acoplar adecuadamente el tambor giratorio dentro de la tolva, - ajustar los soportes y pernos que sostienen la tolva para evitar que la materia prima se desperdicie. - verificar la correa del sistema de poleas, cambiar si está muy desgastada con grietas alrededor.

El proyecto industrial denominado “propuesta de diseño para la fabricación de máquina automatizada para optimizar la operación de cortes rectos en la manufactura de muebles en melanina”, desarrollado por los autores Palma y Bravo (2012), y que tiene como objeto Optimizar la operación de corte recto en la fabricación de muebles en madera melamina mediante el empleo de una máquina automatizada, que permita mitigar el riesgo de lesión, fatalidad debido a las caídas del material y el uso de equipos por parte del personal operativo, también logra eliminar los tiempos muertos durante el corte, mejora la calidad de las piezas cortadas logrando tener una homogeneidad con lo planificado y aumenta la productividad en la operación de corte. El estudio de métodos; permiten analizar el proceso para mejorarlo y determinar el mejor método de hacer el trabajo. Es una investigación de tipo analítica – descriptiva donde hace una revisión de los distintos métodos funcionales en la medición de tiempo y movimientos para realizar ciertas actividades de producción en una empresa industrial.

Según una encuesta aplicada por Deloitte a nivel global, los ejecutivos indican que su primordial prioridad ahora y en los próximos años es la mejora continua del proceso y el incremento de los niveles de automatización. Actualmente el 30% de ellos consideran como la prioridad tecnológica la automatización de procesos frente a implementar software analítico y computación en la nube. A sí mismo, un 38% planean utilizar tecnologías emergentes como la computación en nube y 13% la automatización robótica de procesos, de acuerdo al informe presentado por la consultora.

### 2.2.2. Referenciación nacional

Según la revista Dinero, realizaron una proyección donde mencionan que la automatización sería un hecho en Colombia en 2020, ya que durante este año se proyecta que el nivel de automatización en el sector empresarial colombiano llegará a ascender de un 25% a 30%, lo que significa un reto importante en cuanto a la apropiación de la tecnología y mejoramiento de las competencias de los empleados.

El estudio sobre “*Automatización de una maquina dispensadora de perros calientes*”, de los autores [Vanegas, Vega y Quintero \(2009\)](#), el cual tiene como objeto gestionar la automatización de un proceso que actualmente se realiza de forma manual, a través del desarrollo del producto final “el perro caliente”, pretendiendo que no solo sea un dispensador, sino que genere el producto a partir de la combinación de los diferentes elementos que los componen (ingredientes). También se elaborará un módulo totalmente automático en el cual se muestra el proceso de elaboración del perro caliente mediante mecanismos neumáticos los cuales emulan el proceso físico en la fabricación, las limitaciones y alcances lo sitúan dentro de la viabilidad a los ponentes del proyecto. Los autores hicieron un estudio en el mercado de los perros calientes, se encontró que en la actualidad no existen máquinas que realicen el proceso de elaboración automáticamente, encontraron dispensadores que exhiben el producto a la vista de los consumidores.

Según Pérez y Salcedo (2005), en su proyecto industrial en la primera etapa desarrollan una investigación descriptiva, identificando distintos proyectos de sellado de cajas. Los autores en su proyecto titulado “Diseño y simulación de una maquina automatizada para el sellado de dos tipos de caja para la industria cosmética”, el cual tiene como objeto mejorar el proceso de sellado de cajas de cartón de en la industria de cosméticos Belcorp. S.A. ya que este proceso se viene ejecutando de manera manual, generando un largo proceso y costos de personal, el proyecto propuesto a través de la máquina diseñar pretende realizar un proceso de sellado de cajas de manera automática, y que pueda diferenciar los distintos tamaños de cajas. A través de simuladores y animación diseñaron unos modelos estructurales los cuales los pusieron a prueba, obteniendo un diseño final. También llegaron a la conclusión que el material para el sellado de las cajas es el adhesivo termo fundible hotmelt, ya que este es más seguro y resistente al calor y permite el reciclaje de las cajas, por no dejar residuos metálicos que dificultan el proceso a diferencia de las grapas y cintas adhesivas.

## 2.3 Marco Conceptual

*Automatización:* En la revista M&M, según Sepúlveda (2015) en su artículo denominado “Automatización: evolución industrial posible”, expresa que viene del griego antiguo ‘auto’ (manejado por sí mismo) y se refiere a la implementación de sistemas o elementos electrónicos, mecánicos y computarizados para controlar procesos industriales, que reemplazan parcialmente a operarios humanos y transfieren las actividades de producción a un conjunto de mecanismos tecnológicos.

Según Herrera (2004) se refiere a la Automatización Industrial como la acción de autonomía para operar por sí mismo que tienen los procesos industriales, donde las actividades productivas son ejecutadas por medio de tareas autónomas, permitiendo que el esfuerzo físico de los seres humanos sea mínimo, e incrementando el uso inteligencia artificial, siendo esto producto de la inteligencia natural, por lo que el sistemas de control es mediante la programación en los distintos tipos de procesadores, generando lo artificial.

Por lo anterior, la automatización toma una importancia significativa ya que reduce los gastos de mano de obra directa, aumenta la calidad de producción, ya que las máquinas automáticas son más precisas, los tiempos de producción son más cortos y reduce los incidentes laborales. Todo lo expresado también son ventajas y beneficios de orden económico, social, y tecnológico, ya que permite a las empresas desarrollarse competitivamente en su entorno.

### ***Tipos de automatización industrial.***

*Automatización fija:* Es utilizada para altos volúmenes de producción, por lo que el diseño de estos equipos especializados justifica su elevado costo, debido a su gran producción para fabricar un determinado producto y ofrece rendimientos y tasas de producción altas. Un claro ejemplo de este tipo de automatización que es muy utilizada en empresas fabricantes de puertas o marcos de estas, donde las producciones son elevadas y las líneas de producción incluyen diseños complejos, en esta producción las maquinas encargadas del corte, ensamble, pintura o laca, entre otras, se programan para que realicen acciones de movimiento repetitivos y optimizar el tiempo, estandarizar los productos y evitar errores humanos (Sepúlveda, 2015).

*Automatización programable:* Se implementa en volúmenes de producción relativamente baja, es importante resaltar que este equipo produce variedad en las referencias de producto. Por lo que, el equipo de producción es diseñado que puede adaptarse a las variables configuraciones del producto; adaptación que se realiza a través de un programa (software). Por ejemplo una empresa empacadora de leche en polvo implementa este tipo de automatización, porque su equipo de producción tanto en la operación como en el mando pueden ser programados, esto quiere decir que cada cincuenta bolsas de leche empacada se cambie la referencia según sea el tamaño de la bolsa. Lo que implica que los dispensadores de leche durante el proceso dejen pasar la cantidad de granos de leche en polvo que se requieran, según sea el caso, las bolsas se cambien, y las bandas transportadoras detengan más o menos el tiempo mientras se llena la bolsa. (Sepúlveda, 2015).

*Automatización flexible:* Este sistema es el más acorde en un rango de producción medio, ya que posee características de automatización fija y de la programada, la cual la conforman una serie de estaciones de trabajo interconectadas entre sí a través de sistemas de almacenaje y manipulación de materiales, controlados en su conjunto por un software. En el momento que la empresa decida implementar la automatización en su proceso de producción, es necesario que conozcan los dos componentes que este sistema requiere para ejecutarse correctamente: la parte operativa y la parte de mando. La parte operativa es la que actúa directamente sobre la máquina; básicamente son los elementos que mueven la máquina y entre ellos están los accionadores (motores, cilindros, compresores) y los captadores (fotodiodos, finales de carreras, entre otros), (Sepúlveda, 2015).

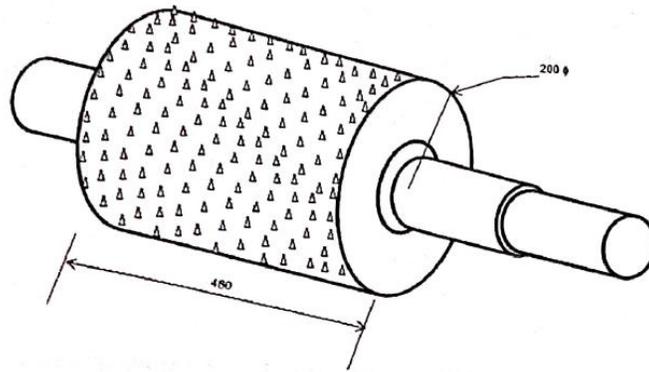
*PLC (Controlador Lógico Programable):* PLC o Controlador Lógico Programable son dispositivos electrónicos muy usados en Automatización Industrial. Un PLC controla la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, procesan y reciben señales digitales y analógicas y pueden aplicar estrategias de control. *Programmable Logic Controller* (Logicbus, 2020).

*Ralladora de yuca:* Las primeras ralladoras de yucas fueron construidas por los indios de kayabi (brazil), estas fueron hechas de madera y tenían detalles de caminos gravados en los bordes de la madera dejando la parte central puntaciones que hacia el trabajo de reducir la yuca en partes más pequeñas. La ralladora utilizada en la cocina fue inventada por primera vez por François Boullier en la década de 1540, utensilio utilizado para rallar alimentos en trozos finos. En la actualidad los ralladores son muy importantes para el uso industrial por tal motivo estos son hechos de metal con motores a corriente eléctrica como electrodomésticos

de cocina, los de motores son usados en industrias dedicado a la industrialización de productos derivados de alimentos como la yuca, papa, camote, naranja, etc., (Soto, Toledo y Quiroga, 2014).

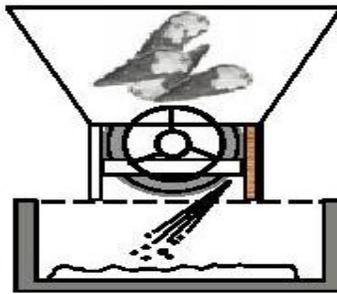
*Rallador o rallo:* Es un cilindro en algunos casos es de madera que va montado en un eje de hierro. El cilindro está recubierto por fuera por una lámina de hierro galvanizado que se perfora en toda su área. Por lo general, se hacen una o dos perforaciones por cm. (Soto, Toledo y Quiroga, 2014). Tiene una velocidad de rotación del cilindro varía de 300 a 400r.p.m. El rendimiento promedio del equipo es de 400 kg de raíces por hora. (Figura 02).

**Figura 1:** Diseño de Rallador de máquina de estudio.



**Fuente:** García y Pión (2014)

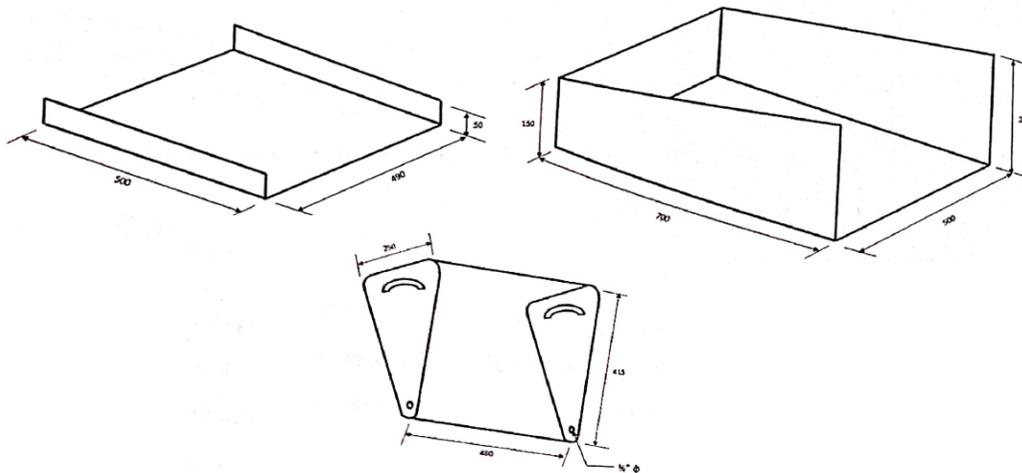
*Operación del rallado:* La superficie áspera y cortante del tambor, constituida por los bordes filudos de múltiples agujeros, establece una línea de corte con la cara interior de acero inoxidable. Ese rallo produce una masa de ralladura de yuca, que será fina o gruesa según el espacio (o “luz”) dejado entre el tambor y el borde de acero inoxidable. Dicha operación de rallado suele hacerse en seco. Sólo en ciertos casos se realiza con agua, ejemplo, cuando la maquinaria puede instalarse dependiendo de alguna inclinación del terreno, esto quiere decir que la gravedad permite que el agua usada pueda fluir fácilmente hacia la siguiente operación. El porcentaje de extracción de materia prima para el concentrado depende del rallado, (Soto, Toledo y Quiroga, 2014). (Figura 03).

**Figura 2:** Operación de rallado de yuca

**Fuentes:** Soto, Toledo y Quiroga, (2014)

De acuerdo a la maquina en mención en este proyecto el rendimiento del proceso de extracción de materia prima es bajo y se desperdicia el afrecho producido debido al diseño actual de la tolva. El rallado no puede ser demasiado fino porque los gránulos muy pequeños no cumplirían con la consistencia física requerida para la elaboración del concentrado final.

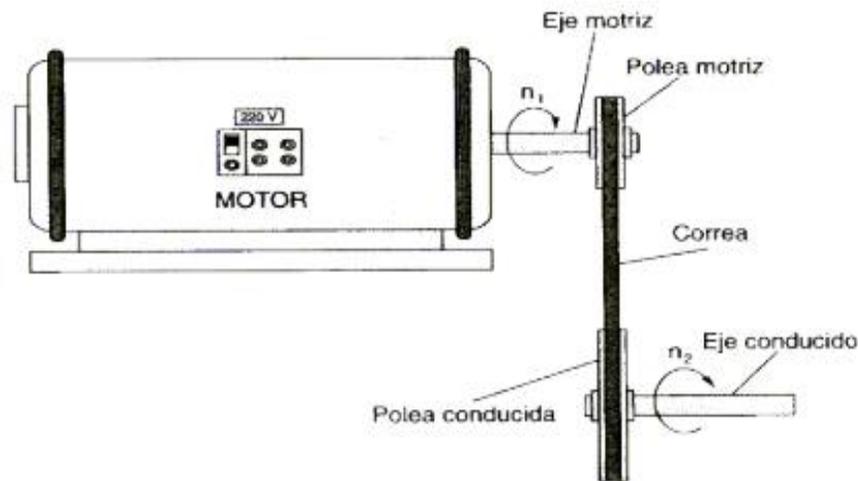
*Tolva:* Es un dispositivo similar a un embudo de gran tamaño destinado al depósito y canalización de materiales granulares o pulverizados, entre otros (alimentos como yucas, papas, etc.). En algunos casos esta tolva se monta sobre un chasis que transporta alimentos agrícolas u otros materiales, por lo general es de forma cónica y hechos de acero inoxidable u otros y siempre es de paredes inclinadas como las de un gran cono, por lo que la carga se efectúa por la parte superior y forma un cono, donde dicha descarga se realiza por una compuerta inferior. (Soto, Toledo y Quiroga, 2014). (Figura 04).

**Figura 3:** Diseño de Tolva de Máquina de estudio.

**Fuente:** García y Pión (2014)

*Motor Eléctrico:* Es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Algunos de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores. Los motores eléctricos de tracción usados en locomotoras realizan a menudo ambas tareas. Este tipo de motores son utilizados por lo general en instalaciones industriales, comerciales y particulares. Pueden funcionar conectados a una red de suministro eléctrico o a baterías, (Soto, Toledo y Quiroga, 2014).

*Sistema de Poleas, Correas y Ejes:* Los sistemas de transmisión de poleas y correas permite transmitir potencia mecánica ejercida por el eje del motor, y entre dos ejes separados entre sí por una cierta distancia. La transmitir movimiento a través de correas se debe al rozamiento de éstas sobre las poleas, de tal forma para que sólo sea posible cuando el movimiento retórico y de torsión que se ha de transmitir entre ejes sea inferior a la fuerza de rozamiento. El valor del rozamiento depende, de la tensión de la correa y de la resistencia de ésta a la tracción; ósea que depende del tipo de material con el que está construida (cuero, fibras, hilos metálicos recubiertos de goma, etc.) y de sus dimensiones. Las poleas son ruedas con una o varias hendiduras en la llanta, sobre las cuales se apoyan las correas. Las correas son cintas cerradas de cuero y otros materiales que se emplean para transmitir movimiento de rotación entres dos ejes generalmente paralelos. Pueden ser de forma plana, redonda, trapezoidal o dentada. Este sistema se emplea cuando no se quiere transmitir grandes potencias de un eje a otro. Por lo general para evitar el desgaste de las correas, se puede utilizar una correa dentada, que aumenta la sujeción. En el proceso de operación, para prevenir que las correas se salgan de las poleas, será necesario que las primeras se mantengan lo suficientemente tensas para que sean la capacidad de transmitir la máxima potencia entre ejes sin llegar a salirse ni romperse. Para evitar este problema se emplean rodillos tensores, estos ejercen sobre las correas la presión necesaria para mantenerlas en tensión. (Soto, Toledo y Quiroga, 2014). (Figura 04).

**Figura 4:** Sistema de poleas y correas.

**Fuente:** Soto, Toledo y Quiroga, (2014).

*Mecanismo multiplicador y reductor de velocidad:* Se denomina mecanismo multiplicador de velocidad a aquél que transforma la velocidad recibida de un motor (velocidad de entrada) en otra velocidad mayor (velocidad de salida), esto es llamado mecanismo reductor de velocidad que transforma la velocidad de entrada en una velocidad de salida menor. Por lo general en casi todo mecanismo de transmisión existen dos ejes, llamados eje motriz y eje conducido o arrastrado. *El eje motriz* genera el movimiento y puede estar acoplado a un motor o ser accionado manualmente por medio de una manivela. *El eje conducido* es el que recibe el movimiento generado por el eje motriz. La velocidad de giro de los ejes se puede medir de dos formas: - Velocidad circular ( $n$ ) en revoluciones o vueltas por minuto (r.p.m.). - Velocidad angular ( $w$ ) en radianes por segundo (rad/seg). La expresión matemática que hace pasar de r.p.m. a rad/seg es:  $w = \frac{(2\pi n)}{60}$  (Soto, Toledo y Quiroga, 2014).

*Yuca:* Conocida como “Manihot esculenta Crantz” durante mucho tiempo se ha convertido en una de las fuentes de alimentación que más se consume en los continentes de África, América Latina y Asia. También su cultivo, procesamiento y comercialización, ha sido una gran fuente generadora de empleos para el sector agrícola, permitiendo que muchos países en proceso de desarrollo hayan logrado tecnificar su agricultura, impactando en su crecimiento productivo, tanto en cultivo, en la cosecha y en su proceso de comercialización en la fase de posproducción. Por lo anterior, una de las organizaciones mundiales que ha contribuido en su

crecimiento agrícola y mejoramiento en la tecnificación de su cultivo y producción es la FAO, (Aristizábal, J., & Sánchez, T., 2007).

La FAO desde los años cincuenta al setenta logró su primera producción de Yuca industrializada en las zonas rurales. También publica un libro “Elaboración de la yuca, la cual incluye información sobre el cultivo de la yuca, temas sobre el procesamiento industrial, como obtención de harina y de almidón, los productos granulados o concentrados para consumo animal, el comercio e industrialización, los diversos usos de la yuca, productos horneados con yuca, control de calidad de los productos, entre otros.” El libro se ha convertido en una herramienta valiosa de consulta para muchos usuarios que trabajan la temática, pero para la actualidad se solicita una versión con tecnologías modernas recientes, (Aristizábal, J., & Sánchez, T., 2007).

También la FAO, a través de del “Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria (AGST)” “ha producido dicha Guía con el objetivo que los gobiernos de los países que hacen parte de los productores de yuca, muestren dicho producto como materia prima para la industrialización que puedan promover tecnologías que produzcan y transformen el producto de manera eficiente, obteniendo productos de mayor calidad que serán más competitivos para un mejor desarrollo agrícola e industrial sostenibles” (Aristizábal, J., & Sánchez, T., 2007).

## 2.4. Metodología

Debido a que todo el diseño y construcción mecánica de la máquina fue tomada en cuenta en el proyecto de grado de estudio (diseño y construcción de una máquina ralladora de yuca para elaboración de concentrado) de referencia de esta propuesta de automatización que solo se concentrará en la parte de la automatización de la máquina en mención, de acuerdo a lo establecido en los objetivos del proyecto, se realizaron los siguientes procedimientos:

1. Para la realización del diagnóstico y las condiciones actuales de la máquina ralladora de yuca, primeramente se hizo una visita a las instalaciones de la universidad Antonio Nariño sede Cartagena, específicamente en el laboratorio donde se ubica esta, en la cual se pudo observar el funcionamiento electromecánico de la misma, concluyendo que la máquina requiere de un sistema de automatización. Lo anterior da inicio al proceso de recolección de la información existente de la máquina, también se consultaron otros estudios referentes al proyecto en mención, por otro lado se entrevistó un docente y a un estudiante que hicieron parte del diseño y construcción de la máquina ralladora de yuca. Por tanto se obtuvo la información requerida para diseñar la propuesta de automatización de la misma.
2. De acuerdo a la información obtenida y su análisis, se evidenciaron las características, condiciones y funcionamiento general de la máquina ralladora de yuca, posteriormente se procede al desarrollo y diseño de la propuesta para la automatización. Lo que requirió diseñar un modelo de tablero eléctrico inicialmente, después se seleccionó el controlador lógico programable, teniendo en cuenta los siguientes aspectos: entradas y salidas, capacidad de programa y memoria, comunicación, seguridad, software, tamaño, precio y marca. Seguidamente se adelantó la programación del sistema eléctrico y del PLC a través del software de simulación.
3. En el siguiente aparte se procedió a realizar las pruebas funcionales del tablero eléctrico, PLC y sistema de control, por medio de simuladores, que permitieron observar el funcionamiento de cada dispositivo conectado y funcionando correctamente la parte eléctrica y electrónica del sistema de control en general, en donde se evidencia el encendido y apagado, verificación de activación del sistema de seguridad.

Para la realización de la documentación requerida para la operación segura y la adecuada gestión del mantenimiento del equipo, se tomaron como referencia las recomendaciones del

proyecto inicial en cuanto a seguridad y a mantenimiento. También se tuvo como referencia la norma de seguridad y salud en el trabajo, para uso de los EPP y se tuvo en cuenta la *Resolución 2400 del año 1979* sobre los Riesgo de Máquinas, herramientas y maquinas industriales, Electricidad continua y estática.

Por lo anterior a continuación se describe el proceso metodológico para realizar una automatización utilizando PLC, según Castro, Padilla y Romero (2005):

**Paso No. 1: Descripción del sistema.**

“Se requiere indagar sobre: procedimiento a seguir en la operación (arranque, paro), cuales son los dispositivos electrónicos y eléctricos que intervienen tales como: a. sensores, b. transductores, c. motores, d. variadores, e. etc. Que variables se miden, cuales se controlan, cuales se monitorean, rangos de operación, función de los dispositivos, entradas y salidas.”

**Paso No. 2: Diagrama de flujo.**

“Es una representación gráfica de los pasos en un proceso. Dicho diagrama es útil para determinar cómo funciona realmente el proceso que realiza la máquina automatizada. El diagrama se utiliza en gran parte de las fases del proceso de mejora continua, sobretodo en definición de proyectos, diagnóstico, diseño e implantación de soluciones, mantenimiento de las mejoras, traslado de materiales, pasos para ventas y procedimientos del proceso.”

**Paso No. 3: Descripción de los equipos del sistema.**

“Agrupación de todos los dispositivos que hacen parte en el proceso, se menciona su función e identifica las entradas y salidas del sistema. Esto permite conocer el sistema y las funciones para los cuales fueron diseñados los dispositivos.

**Paso No. 4: Requerimientos del cliente.**

“Los operadores y jefes de mantenimiento, indican las características de operación, características de los equipos, rango de operación y en algunos casos el rango del costo de los equipos a utilizar.”

**Paso No. 5: Selección del autómata programable.**

“La selección del autómata se realiza dos evaluaciones, una del tipo de autómata y la otra de la marca, lo anterior se debe a las diferentes opciones que brinda el mercado actualmente.”

**Paso No. 5.1: Matriz de decisiones para la selección de PLC.**

“La matriz de selección consta de los siguientes pasos: Elaborar una lista de características de selección, ordenarla, asignar ponderación relativa a cada característica de la selección, establecer parámetros de rendimiento o calificación de utilidad para cada una de las características y calcular los valores de utilidad relativa de los diseños alternativos además de comparar los valores de utilidad relativa”

**Paso No. 5.2: Matriz de decisiones para la selección de la marca del PLC.**

“Para generar esta matriz se debe realizar un procedimiento similar al del paso anterior solamente que aquí se compararan por lo menos cuatro marcas diferentes de autómatas programables seleccionado en la etapa anterior.”

**Paso No.6: Programación del PLC.**

“Dos formas de programar el PLC: El método heurístico o informal y el método formal (redes de Petri o GRAFCET). Para la programación del PLC utilizado en este proyecto, se eligió el mismo que trae el autómata programable, elegido de acuerdo con el software del mismo.

**Paso No. 6.3 (Programa del PLC).**

Este se realiza en el software del autómata elegido, usando el diagrama de Ladder. Cada línea de programa se puede ir leyendo directamente.

**2.4.1. Criterios importantes para tener en cuenta en una ralladora de yuca según Aristizábal, J., & Sánchez, T. (2007).**

- El rallador debe funcionar óptimamente durante numerosos días, igual que en las operaciones de larga duración.
- El consumo de energía debe ser tan bajo como sea posible.
- Las pérdidas en el rallado no deben ser excesivas.
- Las superficies internas del rallador deben ser lisas, utilizando láminas de acero lo menos posible de soldaduras.
- Deben emplearse los materiales más baratos que proporcionen resultados satisfactorios.

### 3. Resultados

#### 3.1 Estado de máquina ralladora de yuca en estudio

La ralladora de yuca para elaboración de concentrado porcino en estudio, de los autores García y Pión (2014), la cual está compuesta de las siguientes partes:

**Tabla 1:** Partes de máquina ralladora de Yuca.

ITEMS	NOMBRES	DESCRIPCIÓN
1	Tolva	Es una bandeja de alimentación de acero inoxidable, tiene una inclinación de 37°, que permitirá que la materia prima se deslice libremente por su propio peso. 6 cm de ancho y de largo tiene 49 cm, el peso tiene alrededor de 1200 g.
2	Polea conducida	Es la rueda que va anclada al eje del tambor rallador y permite el giro del tambor a través de la correa que va con la polea anclada al motor.
3	Clavija macho	Es el enchufe que se conectan al tomacorriente para establecer una conexión que permita el paso de la corriente eléctrica.
4	Guarda motor	Es un interruptor magneto térmico, para la protección del motor de la máquina ralladora eléctrica. "este que el dispositivo al recibir la carga eléctrica sea más robusto frente a las sobre intensidades transitorias de los arranques de los motores."
5	Chumacera en forma omega.	Es una pieza de metal con una muesca en que descansa y gira el eje del motor y del tambor rallador.
6	Poleas.	Son las ruedas con una o varias hendiduras en la llanta sobre las cuales se apoyan las correas para hacer girar el tambor rallador, a través de la fuerza que ejerce el motor.
7	Correas.	Es la cinta cerrada de cuero y otro material que se utiliza para transmitir movimiento de rotación entres dos ejes paralelos, son de forma plana, redonda, trapezoidal o dentada, se emplea transmitir grandes potencias de un eje a otro.

<b>8</b>	Tambor rallador y eje.	Es un cilindro que va montado en un eje de hierro. Este cilindro está recubierto por fuera por una lámina de hierro galvanizado que se perfora en toda su área, lo que permitirá ejercer el rallado de la materia prima.
<b>9</b>	Estructura.	Es el soporte metálico que sostiene todas las partes de la máquina ralladora de yuca, y que le da la figura en general de la máquina.
<b>10</b>	Guarda de transmisión por correas.	Se utiliza para la protección de la correa para evitar accidentes del operador de la máquina, la utilizada en este caso la característica es que es de mallas metálicas o rejillas metálicas.
<b>11</b>	Coraza de ½ PVC verde	Es una tubería flexible en PVC que permite guardar el cableado de la máquina.
<b>12</b>	Cable AWG 12	Es el cableado eléctrico, que permite armar el sistema eléctrico de toda la máquina.
<b>13</b>	Motor.	Es la máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio del sistema de poleas y correas unidas a este a través del eje que posee.

**Fuente:** Elaboración propia

La bandeja de alimentación o tolva de acero inoxidable, debido al contacto directo con la materia prima, la bandeja tiene una inclinación de 37°, que permitirá que la materia prima se deslice libremente por su propio peso. También tiene un sistema de rallado con una fuerza mínima que se necesita para rallar la yuca, esta yuca tiene 6cm de diámetro en su parte ancha y de largo tiene 49 cm, el peso tiene alrededor de 1200 g, obteniéndose un volumen de yuca que se calcula con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{\pi * r^2 * L}{3} \qquad V = \frac{A * L}{3}$$

Dónde:

$$\pi = 3,1416$$

$$D = \text{diámetro} = 0,06\text{m}$$

$$R = \text{radio} = \frac{D}{2} = \frac{0,06m}{2} = 0,03m$$

$$L = \text{Longitud} = 49\text{cm} = 0,49\text{m}$$

$$A = \text{Área} = A = \pi * r^2 = 3,1416 * (0,03)^2 = 0,0028\text{m}^2$$

Para el cálculo de la fuerza de rallado se empleó la siguiente ecuación.

$$Fr = W * \mu k$$

Fr = Fuerza de rallado

$\mu k$  = Coeficiente de fricción

$$Fr = 35.28N * 0,6 = 21,17N.$$

Para el cálculo del Torque de rallado se empleó la siguiente ecuación:

$$\text{Trallado} = Tr = (Fr) * b$$

Fr = Fuerza de rallado

b=longitud de manivela con la que se gira el tambor rallador.

$$\text{Trallado} = Tr = (21,17N) * (0,3\text{m}) = 6,351\text{N.m.}$$

Para calcular la potencia de rallado se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Prallado} = Pr = \omega * Tr$$

$\omega$  = Velocidad angular

$$\omega = \frac{2\pi * \eta}{60}$$

$\eta$  = número de rpm a las que gira.

$$\eta = 360 \text{ rpm}$$

$$\omega = \frac{2\pi(360rpm)}{60} = 37,7rad/s$$

$$Pr = Pr = (37,7rad/s) * (6,351N.m) = 186,2W$$

Los cálculos realizados permitieron garantizar el rallado de la yuca de acuerdo al diseño de la máquina, a través del siguiente resultado:

$$P \text{ diseño} = Pd = 0,5Hp = 372.85W$$

#### **Descripción del tambor rallador:**

$$\text{Espesor } t = 2mm = 0,002m$$

$$\text{Diámetro del tambor rallador } D = 0,2m$$

$$d = \text{diámetro interno} = d = (D - 2t) \quad d = 0,2m - 2(0,002m) \quad d = 0,0196m$$

$$\eta = 360 \text{ rpm}$$

#### **Peso y volumen del tambor rallador:**

$$L = 0,49m \quad s = \text{longitud circular } s = 2\pi \frac{0,2m}{2} = 0,6238m$$

$$D = 0,2m \quad V = L * s * e \quad V = (0,5m)(0,6283m)(0,00198m) = 622cm^3$$

$$\text{Acero AISI 304.} \quad m = P * Vol \quad m = (7.7 \text{ g/cm}^3)(622cm^3) = 4784,4g = 4,80kg.$$

$$p = 7,7 \text{ g/cm}^3 \quad W = m.g \quad W = (4,7894kg)(9,80665m/s^2) = 46,97N$$

$$e = 1,98mm$$

#### **Peso de los Volante**

Volante de acero AISI 316

$$p = 7,937 \text{ g/cm}^3 \quad e = 6,35mm \quad (\text{Espesor de la lámina})$$

$$m = p * V \qquad m = p * e * A \qquad m = p * em \frac{\pi D^2}{4}$$

$$m = (7937 \text{ kg/m}^3)(0,00635\text{m}) \frac{\pi(0,4)^2}{4} = 6,3\text{kg}$$

$$W = m \cdot g \qquad W = (6,3\text{kg})(9,80665\text{m/s}^2) = 62,1\text{N}$$

El tallado de la lámina de acero del tambor rallador, tiene entre cada tallado 1 cm, y de altura del tallado es de 1 mm, ya que se ralla la yuca con mayor rapidez y da un granulado de yuca óptimo para ser utilizado como ingrediente en la fabricación del concentrado.

### **Diseño, peso y dimensiones del Eje.**

Eje: es de acero AISI de 1045

$$\text{Peso teórico } L = (7,51\text{Km/m})(0,65\text{m}) = 4,9\text{kg}$$

$$W = m \cdot g \qquad W = (4,9\text{kg})(9,80665\text{m/s}^2) = 48,05\text{N}$$

Sy= propiedades del acero = 310 MPa y Sut = 570 MPa.

V= 35,28N (fuerza de corte a lo largo de la longitud total del tambor rallador).

El eje gira a 360 rpm.

Dicho eje tiene una polea para que este pueda ser girado a través de una correa que está unida a otra polea que tiene el eje del motor.

### **Diámetros de polea acanalada que va unida al eje del tambor rallador**

Este diámetro se calculó para proveer el torque necesario al eje del tambor rallador de manera que el Eje no falle.

$$\text{Motor: } 0,5 \quad H_p = 372,85\text{W}$$

$$\eta_{\text{motor}} = \eta_e = 1800$$

Diámetro polea en el eje del motor = de 3"

$$\eta_{\text{eje rallador}} = \eta_s = 360$$

$D_s$  = diámetro de la polea en el eje del tambor.

$$\frac{D_s}{D_e} = \frac{n_e}{n_s} = D_s = \frac{n_e}{n_s} = D_e \quad D_s = \frac{1800}{360} \times 3'' = 15'' = 0,381\text{m}$$

De acuerdo a las operaciones y cálculos realizados se seleccionó un diámetro nominal de 15 pulg. (0.381m) y se verificó que con el diámetro seleccionado se suministró el torque y la potencia necesaria de rallado.

$$T = \frac{\text{Pot.} \cdot 9,55}{n_s} = \frac{(186,2) \cdot 9,55}{360} = 4,94\text{N.m.}$$

$$F = \frac{2T}{D_s} = \frac{2(4,94\text{N.m})}{0,381\text{m}} = 25.93\text{N}$$

$$F_e = 270,6\text{N.}$$

### **Cálculos de la banda o correa que va desde el motor eléctrico hasta el tambor rallador**

Se calculó el ángulo que forma la correa con el plano horizontal:

$$\tan \theta = \frac{0,7}{1,3} \quad \theta = \left( \frac{0,7}{1,3} \right) \quad \theta = 28,30''$$

$$\text{Potencia de diseño} = 1,3(0,5) = 0,65\text{hp}$$

La distancia en centros nominal es:

$$L = 2C + 1,57 (D_s + D_e) + \frac{(D_s - D_e)^2}{4C}$$

$$L = 2(23,62) + 1,57 (15 + 3) + \frac{(15 - 3)^2}{4(23,62)} = 77.02 \text{ pulg.}$$

La velocidad de desplazamiento de la banda es:

$$V = \frac{\pi D n}{12} = \frac{\pi(3\text{pulg})(1800)}{12} = 1413,72\text{pie/min.}$$

Potencia nominal de la banda o correa:

$$V = 1413,72 \text{ pie/min.}$$

Potencia nominal es 0,46Hp.

### **Cálculo y longitud de la cuña.**

$$d = 25,4 \text{ mm} = 1''$$

Para el material de la cuña se utilizó un acero AISI 1020 HR, es un acero rolado en caliente, el cual posee resistencia máxima a la tracción  $S_{ut} = 380 \text{ MPa}$  y una resistencia a punto cedente  $S_y = 210 \text{ MPa}$ , la cual es una resistencia y ductilidad adecuada.

La cuña cuadrada y el material con que está hecha tiene la resistencia más baja, entonces la longitud mínima que se requirió para la cuña fue:

$$L_c = \frac{4TN}{DW_c S_y}$$

$$T = 9,89 \text{ N.m.}$$

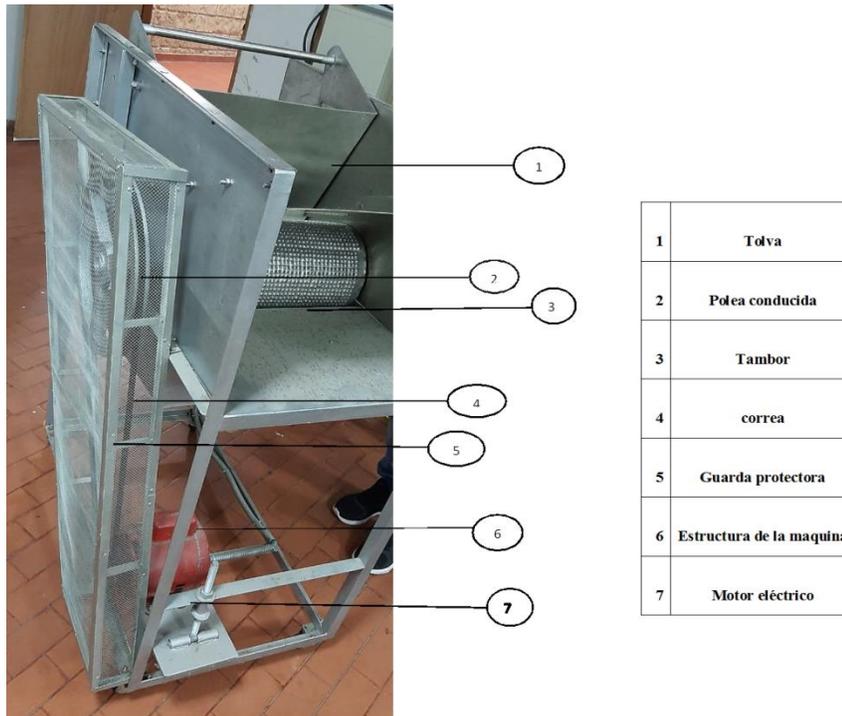
$$N = 3 \text{ (para aplicaciones industriales típicas)}$$

$$D = 0,00254 \text{ m}$$

$$W_c = \frac{1}{4}'' = 0,00635 \text{ m}$$

$$L_c = \frac{4(9,89 \text{ Nm})(3)}{(0,0254 \text{ m})(0,00635 \text{ m})(210 \text{ Mpa})} = 3,504 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 3,504 \text{ mm.}$$

$$L_c = \text{seleccionado} = 3,6 \text{ mm.}$$

**Figura 5:** Diseño de ralladora en estudio.

**Fuente:** Elaboración propia

La rayadora de yuca para la elaboración de concentrado porcino, cumple con sus funciones de acuerdo al diseño propuesto en el proyecto de construcción, pero debido a los estudios y diseños más recientes de este tipo de máquinas industriales, se identifican algunas falencias en su diseño estructural y su funcionalidad mecánica:

- El diseño de la tolva no es cónica por lo que el diseño actual deja residuos de materia prima que se desperdicia.
- No tiene un sistema de seguridad dentro de la tolva, por lo que genera inseguridad a la persona que la opera.
- Requiere un sistema automatizado, que brinde mejor rendimiento, mayor seguridad con el sistema de sensores y finales de carrera.

### 3.1.1 Características y condiciones actuales de la máquina ralladora de yuca de estudio para la elaboración de la propuesta de automatización.

**Tabla 2:** Descripción de equipo de estudio

DESCRIPCION	Buen Estado	Mal Estado	No Tiene	OBSERVACIONES
Protección completa del equipo		X		Se encuentra escasa de seguridad
Ruedas	X			
Clavija macho	X			
Motor	X			
Guarda motor		X		Está en mal estado y sobredimensionado
Cableado	X			
Coraza del cableado		X		No es la adecuada
Final de carrera			X	
Parada de emergencia			X	
Sensor de proximidad			X	
PLC			X	
Pantalla			X	
Chumacera	X			
Correa	X			
Poleas	X			
Estructura	X			
Eje y tambor	X			
Guarda de transmisión por correas	X			
Tolva de alimentación		X		Quedan residuos de material
Polo a tierra			X	
Señalización de seguridad			x	

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.1.2 Diagnostico general de la máquina ralladora de Yuca.

Una vez hecho la inspección y verificación de la máquina por medio de la **tabla 1**. Se identificó que la protección completa de la máquina se encuentra en un nivel de seguridad insuficiente (Actualmente existen normas que acogen y explican todo el procedimiento de seguridad de máquina para tenerlas en cuenta y aplicarla como lo es la ISO – 12100), ya que los operarios al momento de depositar la yuca en la tolva están expuestos a tener un accidente ejerciendo una presión a la yuca para que el tambor encendido pueda rallar la yuca. También se realizó una verificación a las ruedas de la máquina las cuales están en buen estado. En cuanto a la clavija macho eléctrica para baja tensión con voltaje de 110v y sus terminales se encuentra en buen estado. Otros accesorios importantes son el cableado calibre 12 AWG 13.31 mm<sup>2</sup> THHN/THWN/, se escogió este cableado porque resiste al momento de encender el motor de la máquina ralladora de yuca, utilizando la pinza voltiamperimetrica realizando una medición en vacío del motor marcando un valor de 9.1A, ya que según la instrucción ITC-BT-47 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor. Por tanto, la intensidad obtenida tendremos que multiplicarla por 1,25 quedando:  $I_{nominal} = (I_{carga}) * 1.25$

Por ende, al momento de encender el motor de la máquina ralladora de yuca en vacío nos marcó un valor en la pinza voltiamperimetrica de 9.1A.

$$I_{nominal} = (9.1A) * 1.25 = 11.37A.$$

Y se obtuvo el valor que dio el cálculo de una intensidad de 11.37 Amperio. Ahora teniendo en cuenta la tabla AWG y el factor de corrección. Relacionado en la NTC 2050, donde se referencia el conductor escogido para este nivel de corriente según el cálculo realizado si escogería el calibre 11, pero este no lo estipula la norma, entonces se prosigue a escoger el calibre 12 AWG con cubierta THHN/THWN. Ya que puede soportar entre 20 a 25 Amperio, por tanto, el conductor eléctrico si cumple con los requisitos exigidos por la norma), y se encuentra en buen estado. El guarda motor con los botones de stop y start, están en mal estado y sobredimensionado porque se dispara al poco instante de haberlo encendido. El motor eléctrico se encuentra en buen estado y los rodamientos también. La coraza de ½ en PVC verde, no es la adecuada y se encuentra cristalizada, dejando el cableado expuesto. El

guarda correa está en buen estado. La chumacera se encuentra en buenas condiciones. Las poleas se encuentran en buen estado. El eje y tambor rallador está en buen estado. La guarda de transmisión por correas se encuentra en buen estado. La tolva de alimentación está en mal estado y su forma no es la idónea ya que quedan colillas de material molido y se pierden, por lo que se recomienda una que su forma sea cónica. No tiene polo a tierra. Y tampoco tienen señalización de seguridad.

### **3.2 Propuesta de automatización de la ralladora de yuca de concentrado porcino. (Según autores del presente proyecto, 2020)**

En cuanto al proceso de automatización de la máquina se desarrolla el paso a paso lógico a seguir para posteriormente obtener los resultados de manera coherente a los objetivos propuestos:

#### **Paso 1: Descripción del sistema**

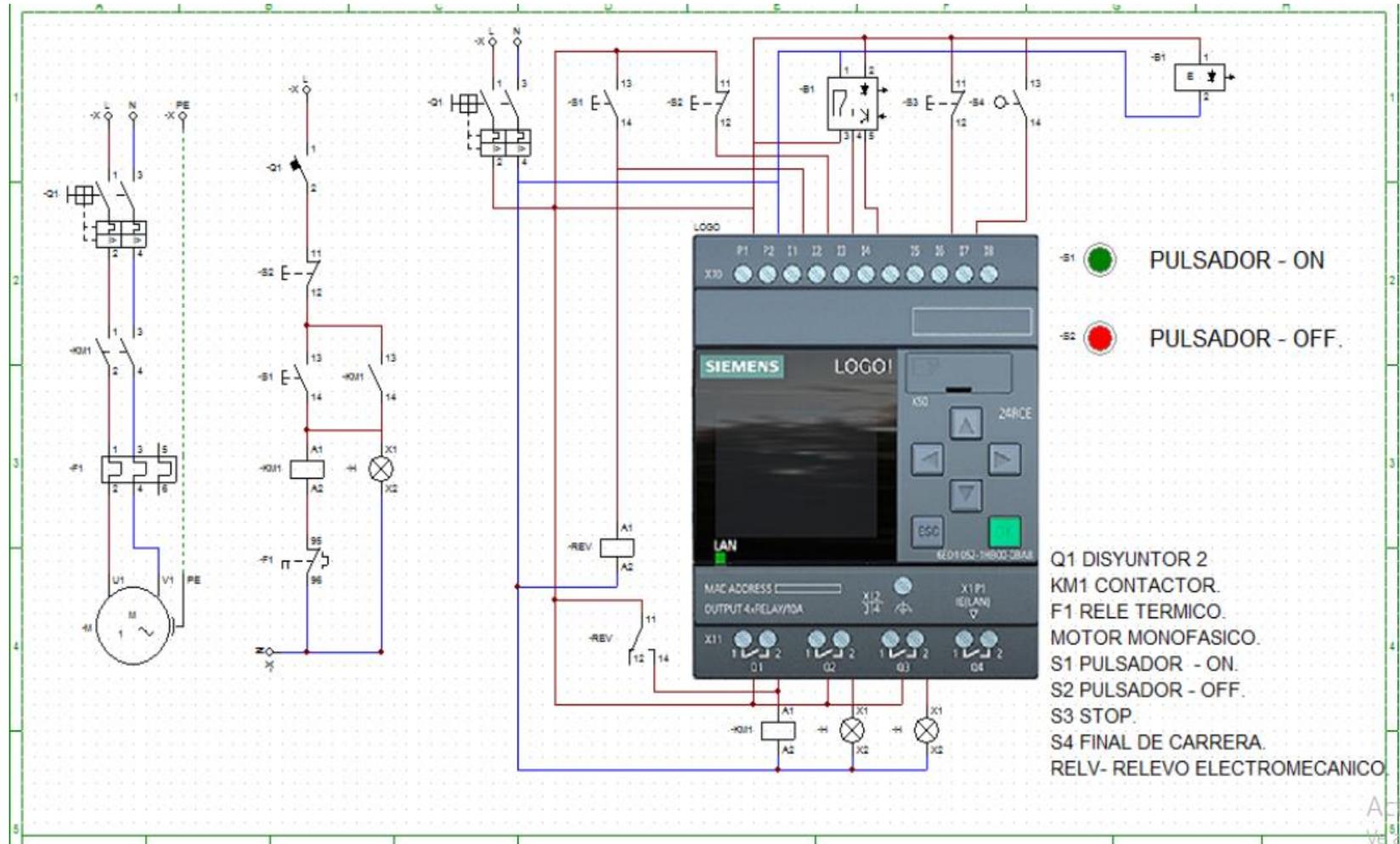
Para iniciar el proceso de automatización de la máquina se procedió a realizar un diagnóstico ya descrito en el marco referencial y en base a la información obtenida se procedió a:

##### **1.1. *Diseño del sistema eléctrico:***

Para el diseño del sistema eléctrico se procedió a realizar una plantilla manual en un oficio cuadrulado donde se diseñó el esquema eléctrico para posteriormente cargarlo a un programa de simulación para probarlo.

El programa o software de simulación del tablero eléctrico escogido, fue seleccionado después de haber consultado otros programas, pero el que se pudo descargar e instalar fue el software simulador CADe\_SIMU - CADe\_S1, teniendo como resultado lo siguiente:

Figura 6: Plano eléctrico para automatización.



Fuente: Elaboración propia – Software CADe\_SIMU-CADe\_S1.

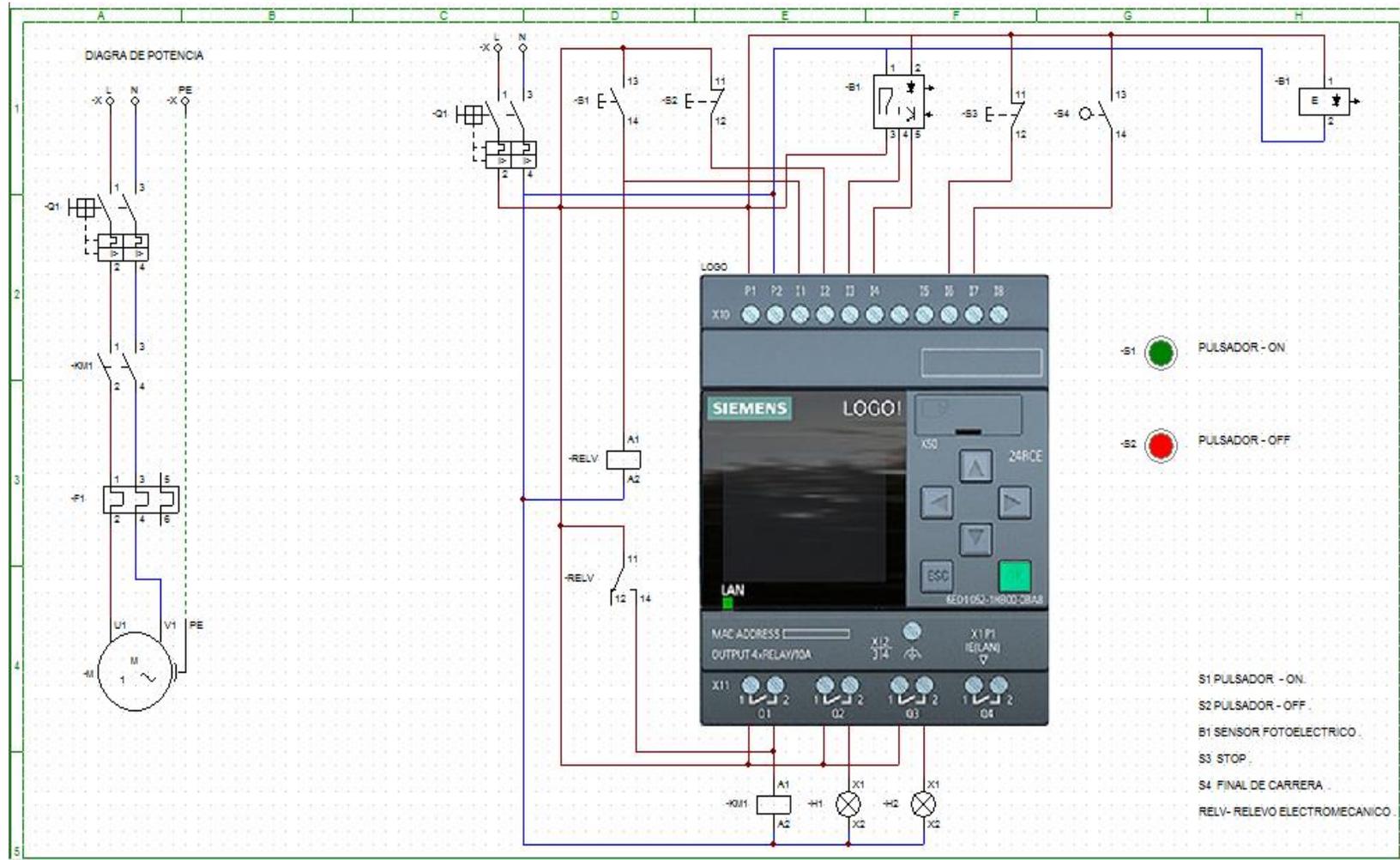
En esta parte del plano se observa:

- Que en el lado izquierdo se observa el diagrama de potencia del arranque directo del motor monofásico en este caso el de la máquina ralladora de yuca.
- Alimentación Línea (L) y neutro(N).
- Disyuntor de 2 - Q1.
- Contactor – KM1.
- Relé térmico – F1.
- Motor monofásico - M.

Y en la parte derecha se observa el diagrama de mando:

- Disyuntor 2.
- S1 Pulsador – ON.
- S2 Pulsador – OFF
- B1 Sensor Fotoeléctrico.
- S3 STOP.
- S4 Final de carrera.
- RELV – Relevo Electromecánico.
- H1 - Salida contactor de luz.
- H2 – Luz De Piloto Off.

Figura 7: Descripción del diagrama de mando

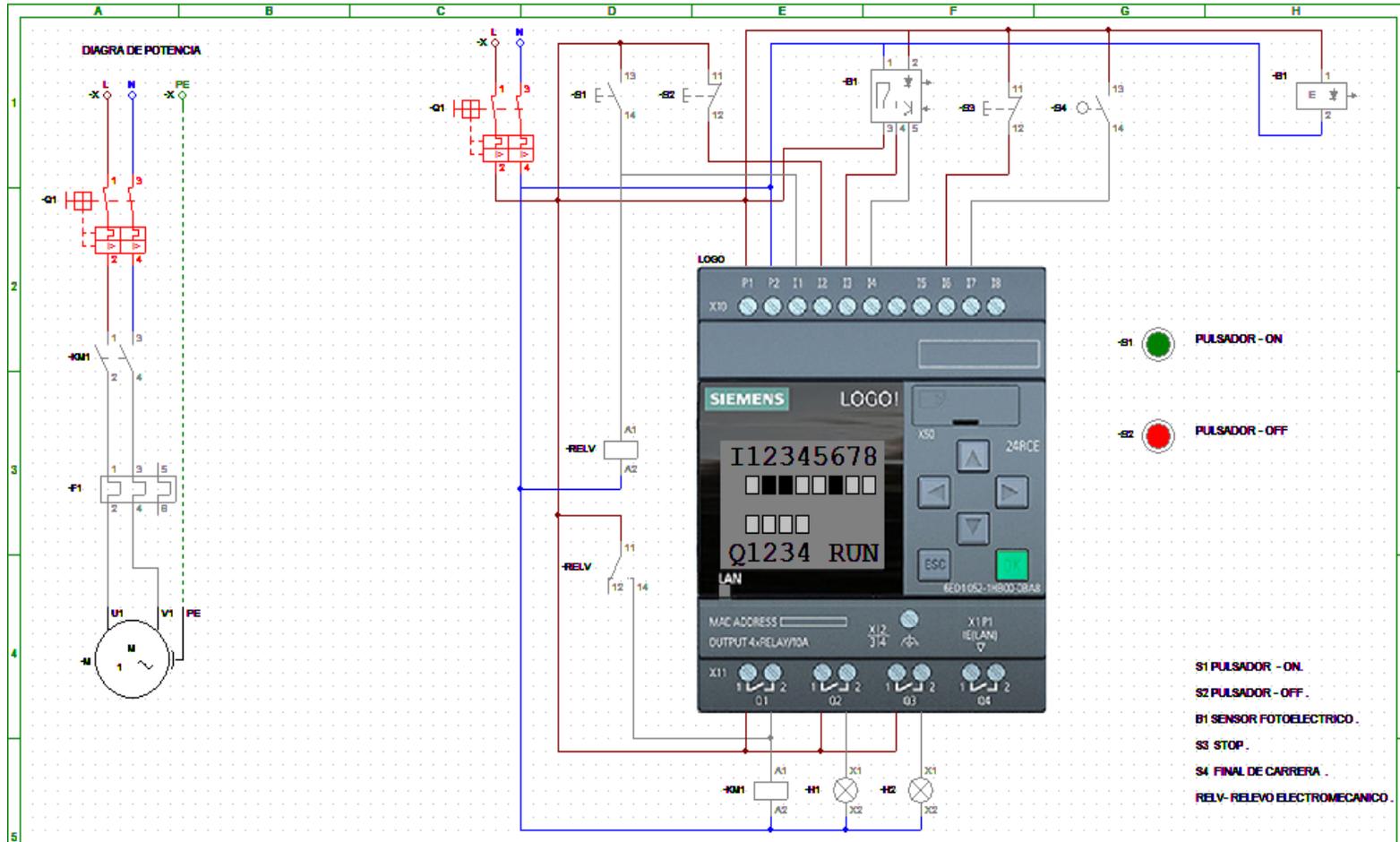


Fuente: Elaboración propia – Software CADe\_SIMU-CADe\_S1.

A continuación se pone a prueba el simulador para probar el diseño del tablero eléctrico desarrollado: Se oprime el botón de Simular :

- La alimentación eléctrica del diagrama de potencia y diagrama de mando es a 110 voltios.
- En la parte izquierda se activa el disyuntor de 2 con la maca de Q1 y cómo se observa que se encuentra de color rojo.
- De igual manera como también se tiene un disyuntor de 2 en el control de mando en la parte derecha, pero con la misma marca de Q1 se me activa de inmediatamente, en donde se puede observar que se encuentra encendido el PLC.

Figura 8: Simulador encendido

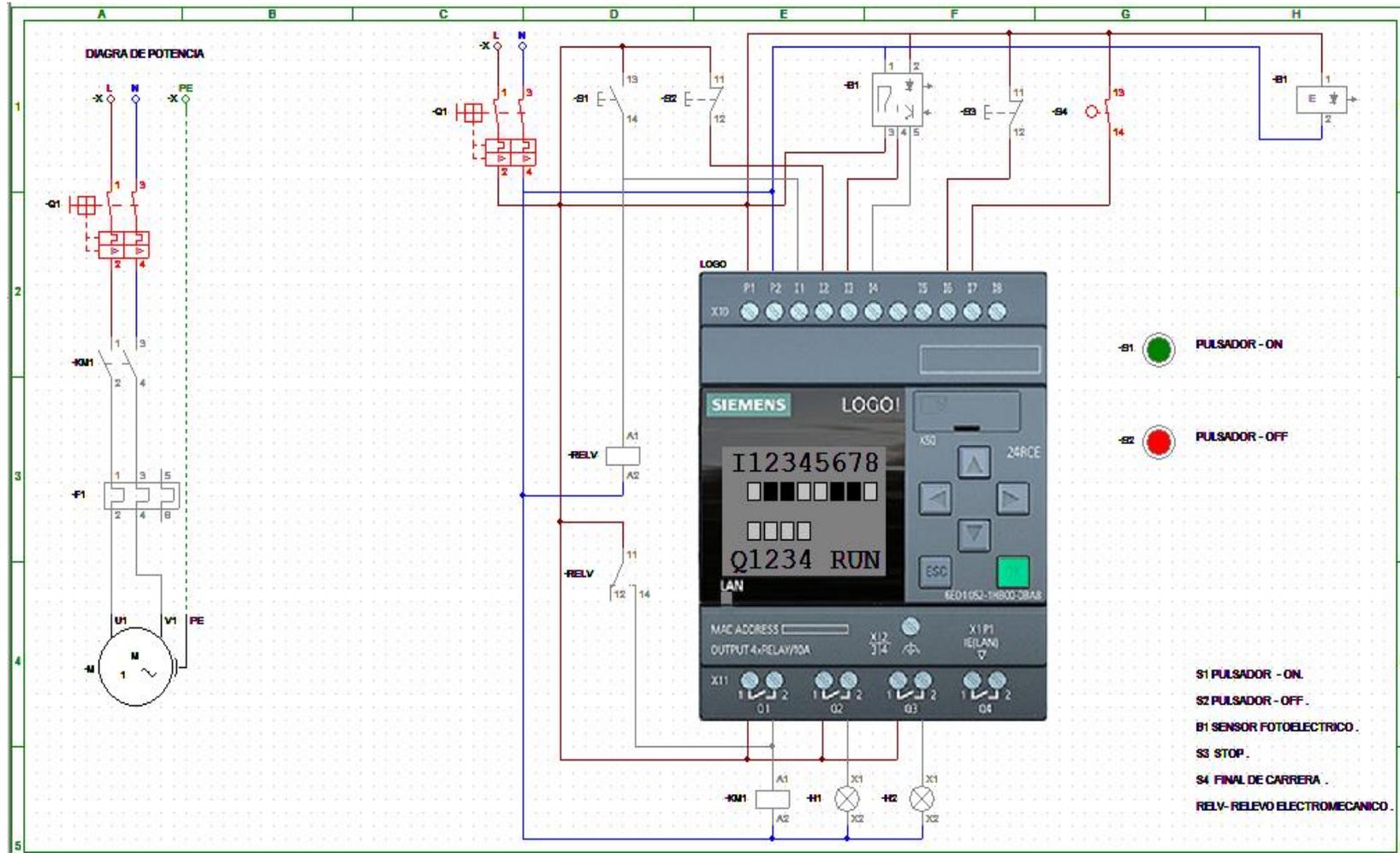


Fuente: Elaboración propia – Software CAdE\_SIMU-CAdE\_S1.

En la ilustración 9. Se observa en la pantalla del PLC las entradas activadas:

- I2: Es un pulsador off normalmente cerrado donde está marcado como S1.
- I3: Es un contacto normalmente cerrado que tiene el sensor fotoeléctrico también llamado como fotocélula donde tiene la marca con la letra B1 al estar energizado se observa que se encuentra activada la entrada I3.
- I6: Es un pulsador de stop normalmente cerrado (NC) donde está marcada como S3.
- I7: Es un contacto del final donde tiene la marca con la letra S4 de carrera normalmente abierto (NA) cuando está desenergizado pero al activarse cambia su contacto por un normalmente cerrado (NC) activando la entrada I7.

Figura 9: Entradas del PCL activadas

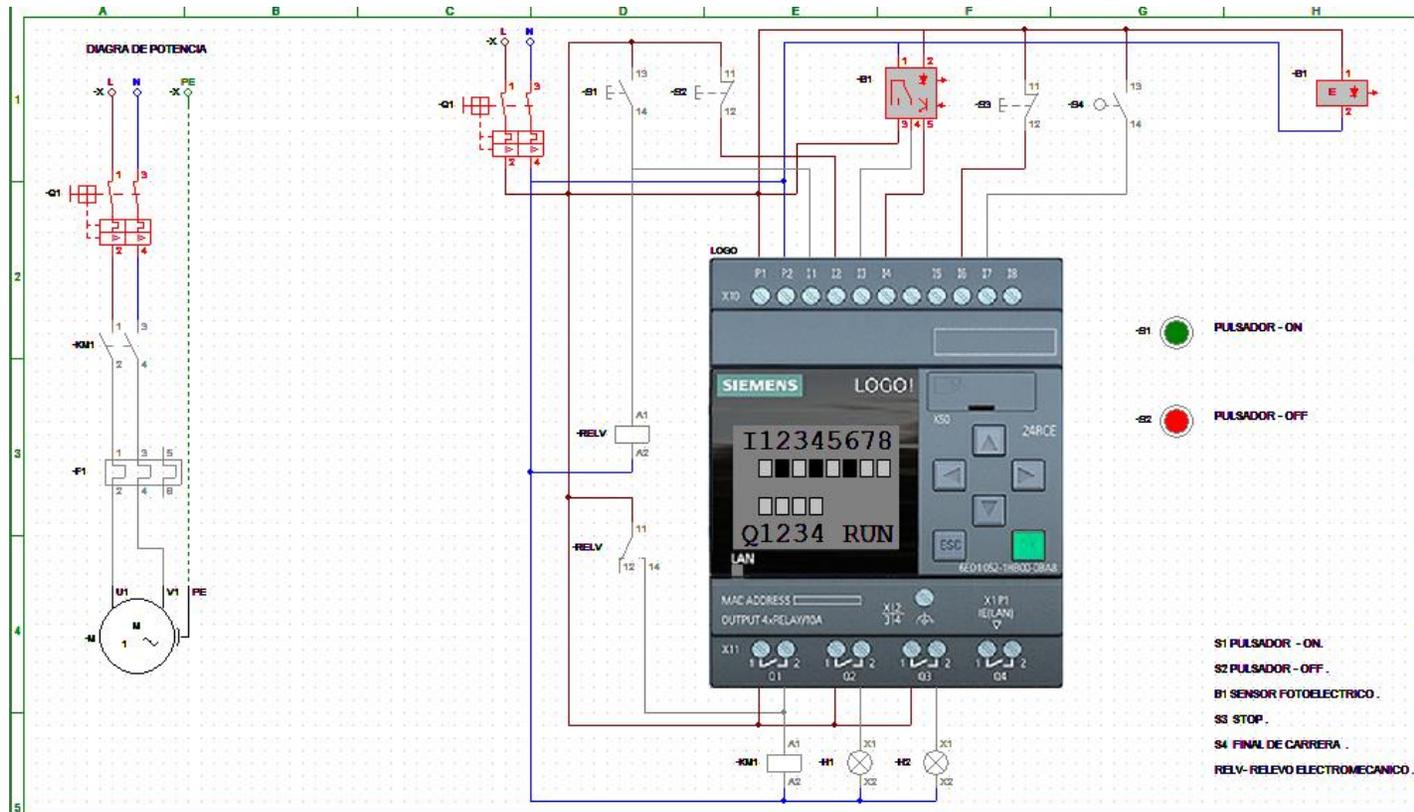


Fuente: Elaboración propia – Software CAdE\_SIMU-CAdE\_S1.

Ilustración 10: En el diagrama de fuerza que está en la parte derecha podemos observar que:

- El sensor foto eléctrico con la marca B1 se encuentra activado, el contacto que estaba cerrado (NC) se abre (NA) y el que estaba abierto (NA) se cierra (NC) activándose la entrada I4 en el PLC.

Figura 10: Diagrama de Fuerza

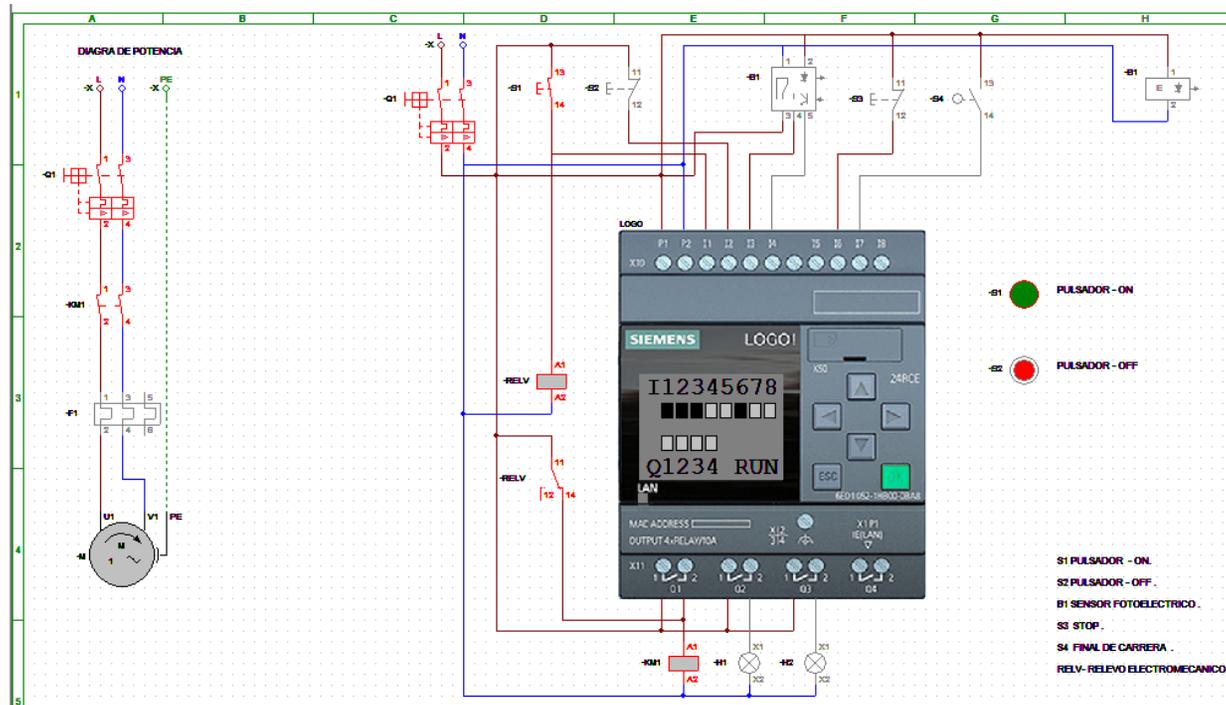


Fuente: Elaboración propia – Software CADe\_SIMU-CADe\_S1.

En la ilustración 11: se identifican los disyuntores se activan y se pulsa el ON:

- Se activan el disyuntor del control de potencia y el del control de mando.
- Se acciona el pulsador ON que tiene la marca S1, y este a su vez activa la entrada I1, para alimentar la bobina del relevo electromecánico, el cual activa los contactos que estaban (NA) pasan a (NC), se energiza la bobina KM1 del contactor y este permite el arranque del motor monofásico.

**Figura 11:** Activación de disyuntores y pulsador ON.

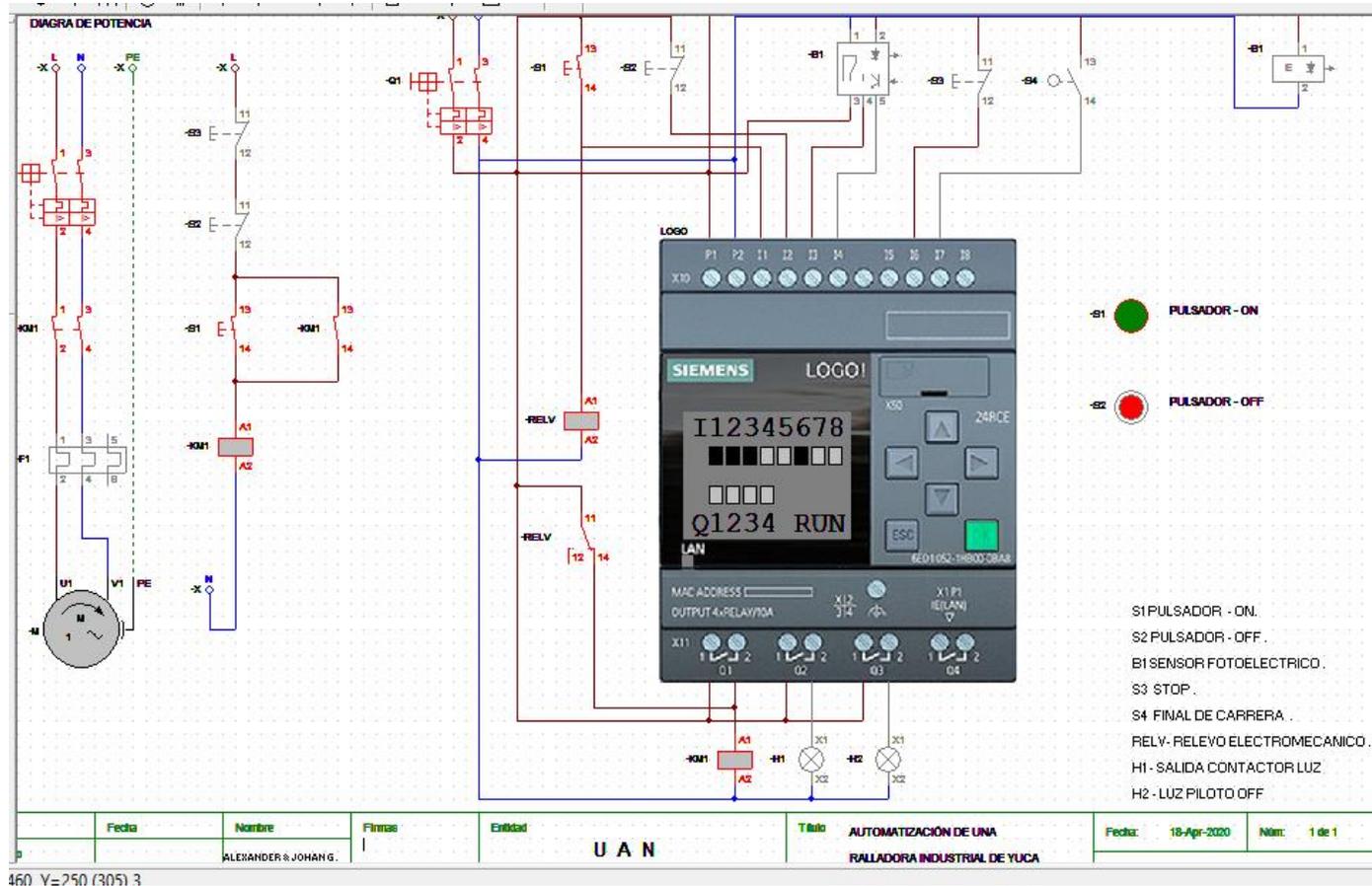


**Fuente:** Elaboración propia – Software CADe\_SIMU-CADe\_S1.



En la **ilustración 13**: podemos observar que se está enclavando o el contacto asociado a la bobina KM1 y el motor queda energizado.

**Figura 13:** Contacto de bobina KM1 y energizado de motor



**Fuente:** Elaboración propia – Software CAdE\_SIMU-CAdE\_S1.

## **Paso 2: Selección y programación del PLC**

Para la selección del equipo autómatas programable se tuvo en cuenta el tipo y la marca, ya que este cumple con las características y parámetros de rendimiento requeridos para su óptima utilización. Por lo tanto en el siguiente paso se hace mención del PLC seleccionado para la automatización de la máquina ralladora, y se describen sus características y funcionamiento:

### **3.2.1 Programación y selección del PLC:**

Se seleccionó el controlador lógico programable, teniendo en cuenta los siguientes criterios: las entradas y salidas son las necesarias para lo que requiere la máquina, la capacidad de programa y memoria ayuda a la velocidad del equipo, las señales de comunicación y permite el enlazar la pantalla HMI, seguridad, software, tamaño, el precio ya que se justaba al presupuesto proyectado y la marca se identifica dentro de las más utilizadas. El sistema autómatas escogido para la automatización fue un PLC serie/ XC3-14R-E, el cual se describe de la siguiente manera:

**Diagrama de programación:** “Ladder”

**Capacidad de programa:** 2,500 Pasos

**Número de entradas:** 8

**Tipo de entrada:** Contacto libre de voltaje o NPN

**Voltaje Señal de entrada:** 24VDC +/- 10 %

**Número de salidas:** 6

**Tipo de salida:** Rele: 3A 250V AC / 30VDC Carga

**Resistiva:** 80VA Carga Inductiva

**Máximos Puntos de Entrada y Salida:** No soporta Módulos de Expansión

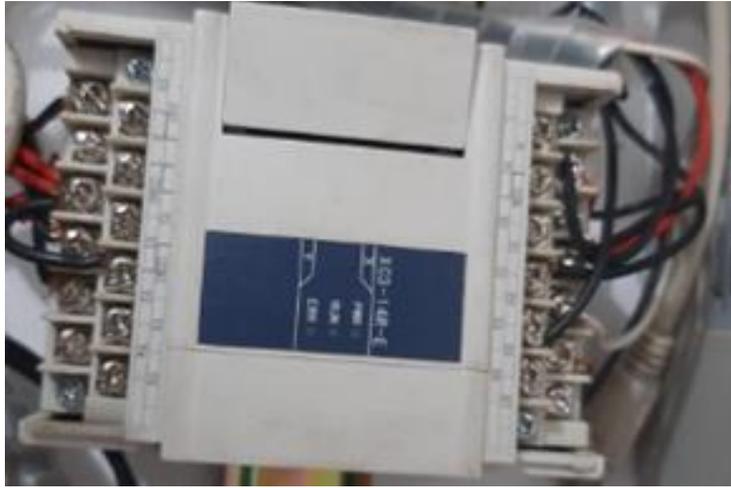
**Bobinas Internas ( M ): 8,512**

**Tiempo de Scan:** 0 - 99 mS

**Reloj Tiempo Real:** Si

**Puertos de Comunicación:** COM 1: RS232 COM2: RS-485

**Alimentación:** 90- 260 VAC

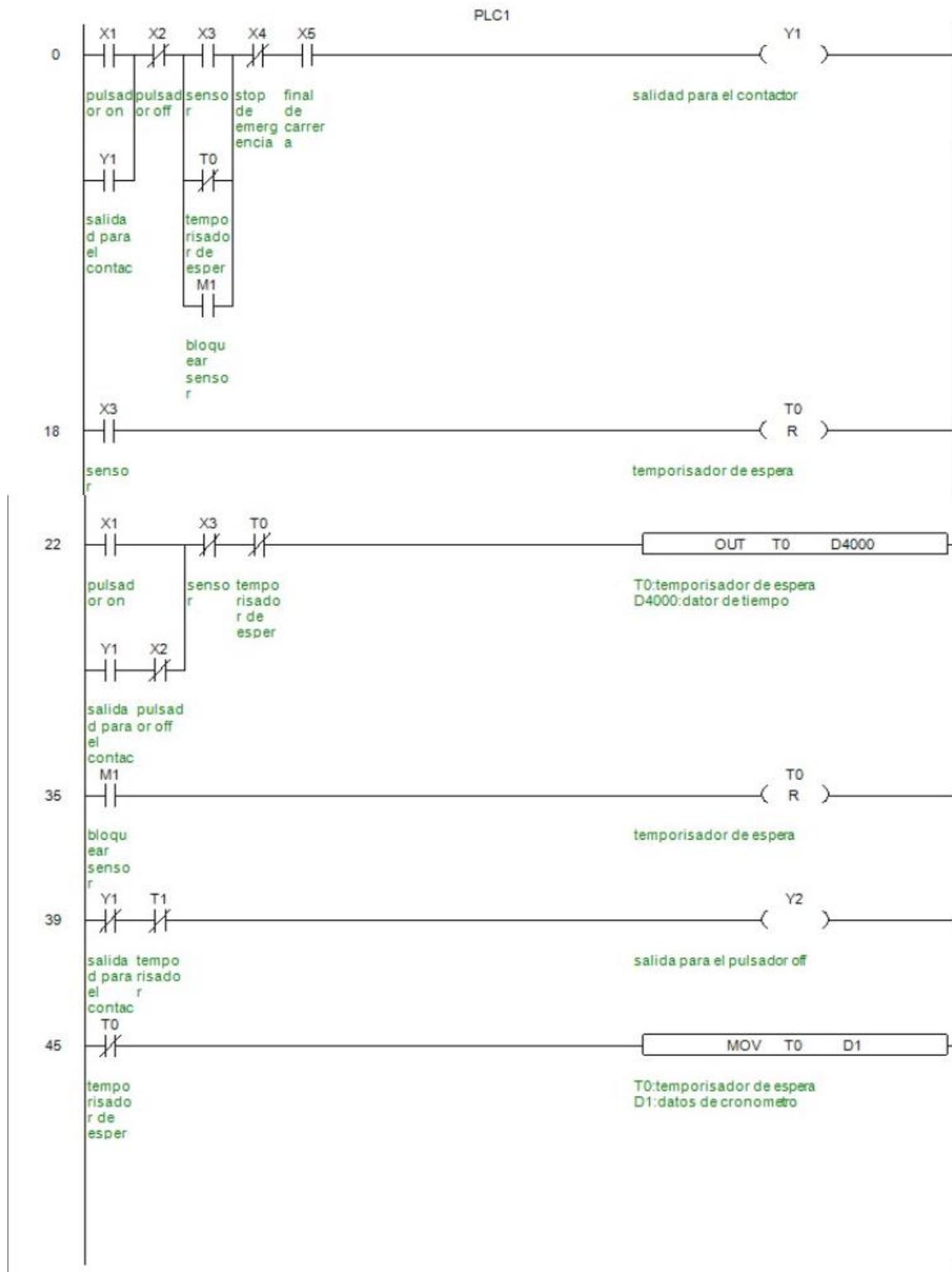
**Figura 14:** PLC serie/ XC3-14R-E

**Fuente:** Elaboración propia

Para la programación del autómatas programable se utilizó el software del equipo (PLC) XC3-14R-E, el cual permitió el diseño de programación del Ladder, donde se configuraron las funciones específicas que el equipo autómatas que debe realizar tales como:

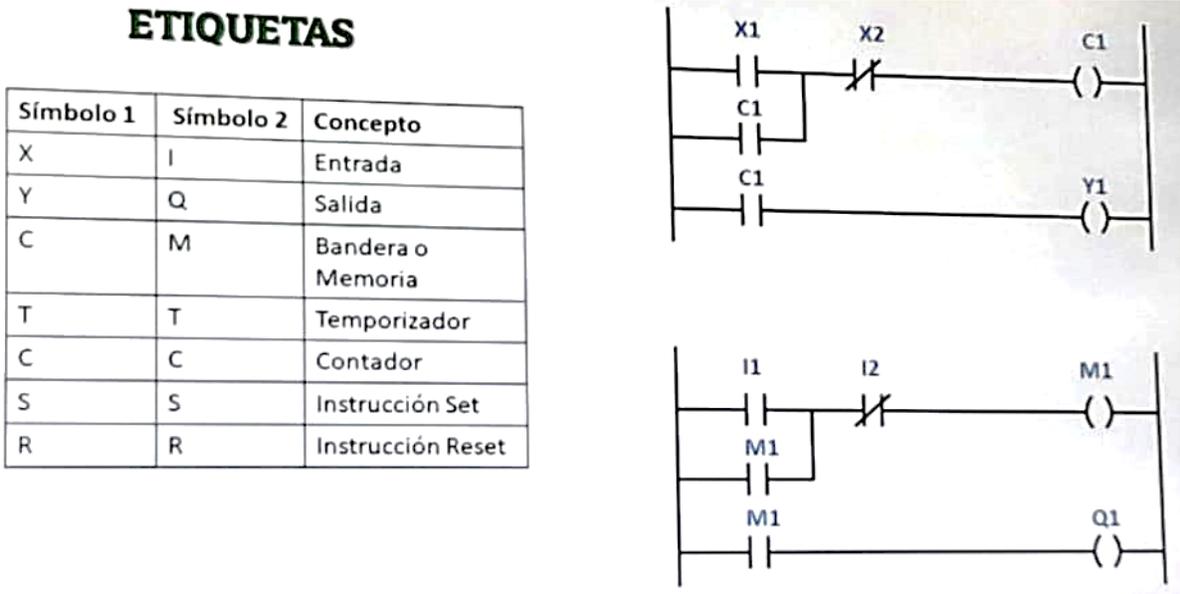
- Recibir las señales de entradas de los pulsadores.
- Recibe las señales del sensor XUBOBPSNL2 X1.
- Recibe la señal del stop de emergencia.
- Recibe las señales del final de carrera, para evitar accidentes.
- Mandar señal a la bobina del contactor, para encendido automático del motor.
- Mandar señal a las luces de los pulsadores, para indicar el encendido y apagado de la máquina.

**Figura 15:** Diagrama de programación Ladder para programar y simular el autómeta



**Fuente:** Elaboración propia – programa Ladder

**Figura 16:** Descripción de simbología de diagrama Ladder



**Fuente:** Elaboración propia

Este tipo de PLC permite que la máquina que se pueda automatizar y pueda realizar otras funciones adicionales, porque cuenta con las siguientes condiciones que son:

- Se puede utilizar el diagrama Ladder para programar el autómeta.
- Su Número de entradas es de 8.
- Su Número de salidas es de 6.

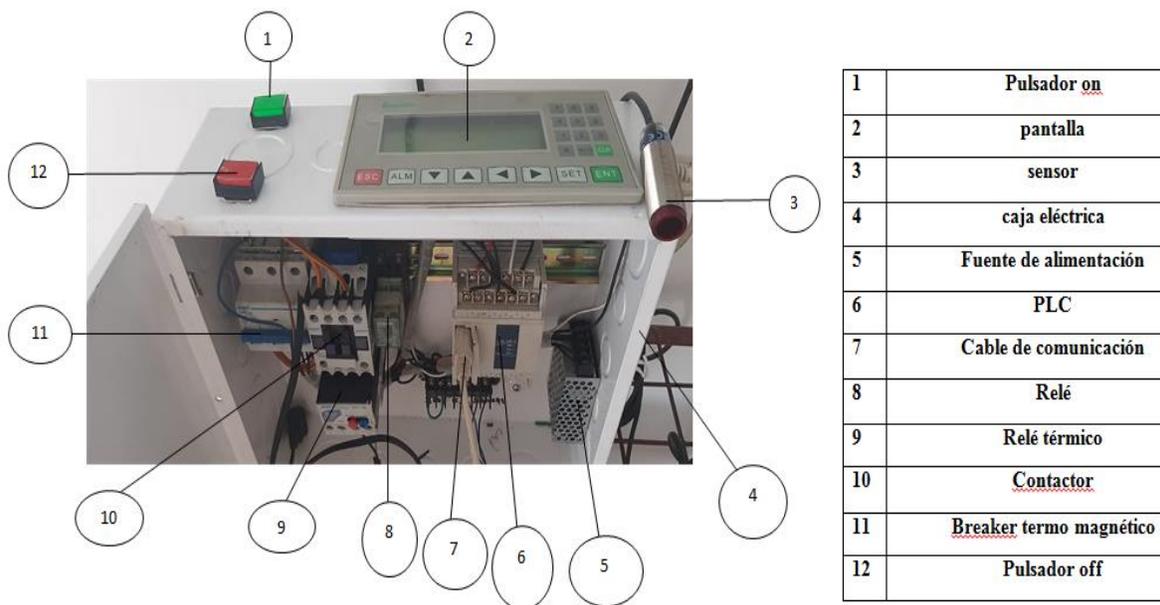
### **Paso 3: Ensamble del tablero eléctrico y montaje del sistema:**

A continuación se describe el procedimiento de ensamble del tablero eléctrico y sistema del equipo autómeta programable PLC:

- ✓ Verificación y disposición de los accesorios (Breaker trifásico de 15A, Contactor con bobina de 110V, Relé térmico de 9 a 15A, Relé electromecánico de 10A y 110V, PLC serie/ XC3-14R-E, Fuente de poder de 110Vac a 24Vdc de 1.1A, Borneras, Pulsadores ON y OFF, Pantalla Touch, cable de comunicación y caja metálica, riel omega) requeridos para el ensamble.

- ✓ Se toma la caja metálica y se instala el Riel omega, después se instala el Breaker trifásico de 15A, seguido del contactor y relé térmico, para proceder a la instalación del Relé electromecánico, luego se monta el PLC. En la parte lateral se instala la fuente de poder, debajo del riel omega se instala la bornera con el sensor fotoeléctrico y en la parte superior de la caja se instala la pantalla y al lado los pulsadores On y Off, después se procede a realizar las conexiones de cableado interno.
- ✓ Al terminar el ensamble del tablero eléctrico se procede a realizar las pruebas de funcionamiento para encendido y apagado, pruebas de medición de tiempo de trabajo, los cuales pueden ser modificados dependiendo de las necesidades del operario.

**Figura 17:** Tablero eléctrico y sistema PLC.



**Fuente:** Elaboración propia

#### **Paso 4: Instalación de tablero eléctrico a la maquina ralladora de Yuca:**

Para iniciar este procedimiento se identificó un lugar en la maquina donde no obstruye la operación de la misma. Siendo la ubicación de este lugar la parte lateral derecha de la máquina entre el ángulo de la estructura y la chumacera.

Después de identificar el lugar de ubicación se procede a su instalación, a través de remaches o tornillos pasantes para garantizar la fijación de la misma. Posteriormente se realiza la conexión del cableado que va del tablero al motor, y por último la instalación del sensor ubicado en la tolva en cualquiera de los lados laterales, y el final de carrera va ubicado en el guarda correa, para confirmar la seguridad de la correa y del operario de la máquina.

#### **Paso 5: Pruebas finales de la máquina ralladora automatizada.**

Para iniciar con las pruebas de arranque de la máquina automatizada, se hizo un montaje experimental con lo que se tenía a la mano, debido al problema de confinamiento de cuarentena de las personas por el COV-19, lo cual impidió realizar la implementación en el equipo físico, teniendo que cambiar parte de los objetivos. Lo que obligo a realizar un montaje del banco experimental con materiales de fácil consecución. Para simular el motor se utilizó un taladro, para simular la tolva se tomó una caja y con estos elementos se realizó la simulación.

Lo anterior permitió determinar algunos aspectos que se deben tener en cuenta para el funcionamiento de la máquina real:

- ✓ Supervisar que en la máquina no se encuentren elementos o herramientas que interfieran con el arranque de la misma.
- ✓ Verificación de conexión de partes de la máquina (cableado, correas, motor, poleas y rodamientos).
- ✓ Energización a través del cable de poder, que va del tablero eléctrico al tomacorriente.
- ✓ Subir el breaker y oprimir el pulsador ON de Color verde, para encendido de la máquina.
- ✓ Verificar arranque del motor que esté funcionando correctamente, en caso de no encender el motor se procede a desenergizar y verificar conexiones eléctricas.
- ✓ Al indicar su funcionamiento la maquina se procede a hacer las pruebas de rallado de la yuca.

Figura 18: Evidencias de simulación de pruebas



Fuente: Elaboración propia

### **Paso 6: Protecciones del equipo**

El siguiente procedimiento se basa en la protección y seguridad eléctrica y electrónica de la el sistema de control y la maquina ralladora en general. Por lo anterior, el sistema de control de mando está conformado por un breaker principal y un contactor el cual contiene un relé térmico, estos dispositivos se encargan de brindar seguridad al sistema evitando que una sobrecarga genere daños eléctricos a la maquina en general.

En ese sentido la comisión electrotécnica internacional (CEI), explica cómo elegir la protección del motor, por lo que debemos tener en cuenta la información de la placa característica del motor tales como:

Pm = potencia

V= voltaje

Fp = factor de potencia

PE = potencia de entrada

$\eta$  = eficiencia

Fs= factor de servicio

Is = sobre carga

In= corriente nominal

$$P_E = \frac{P_m}{\eta} \quad , \quad I_n = \frac{P_E}{(\sqrt{3} * V * \cos\theta)}$$

Debido a que la placa característica del motor se encuentra deteriorada, fue imposible conocer los datos de fábrica del motor, por tal motivo se realizaron mediciones antes de iniciar la pandemia. Las mediciones se tomaron con la pinza voltiamperimetrica y basado en la

información, se decidió elegir la capacidad del contactor, el breaker, relé térmico, relé electromecánico y fuente de poder.

**Figura 19:** Pinza Voltiamperimetrica

Pinza voltiamperimetrica



$$I_s = 9,1 \text{ A} \times F_s = 9.1 \times 1.15 = 10.47 \text{ A}$$

**Fuente:** Elaboración propia

### **3.2.1 Protocolos de seguridad y salud a tener en cuenta en la operación y mantenimiento de la máquina ralladora de yuca automatizada (Según autores del presente proyecto, 2020).**

En el siguiente punto del proyecto se establecen las recomendaciones de seguridad a tener en cuenta para la protección de los operadores de la máquina y el personal de mantenimiento, los cuales son los responsables del óptimo funcionamiento de la misma.

Por lo tanto, se pretende que este protocolo pueda servir de orientación a aquellos que pudieran estar llamados a participar en la operación y disposiciones relativas a la utilización de máquina en la Universidad Antonio Nariño, tales como los docentes y estudiantes, los cuales pondrán en práctica sus conocimientos adquiridos en el aula de clases. A continuación, se describen los protocolos de seguridad a seguir:

### **3.2.2 Protocolos de seguridad personal.**

- Determinar todos los posibles usos de la máquina, tanto los usos previstos como cualquier uso indebido razonablemente previsible.
- Identificar los peligros o situaciones peligrosas que pudiera ocasionar el uso, previsto o indebido de la máquina.
- Principalmente es importante identificar que el lugar donde se pondrá en funcionamiento la máquina, cumpla con las condiciones tales como: un área demarcada o señalizada, iluminación adecuada, área libre de polvo, libre de humedad y aceite, distribución del espacio adecuado para el tránsito del operario. En caso de no contar con todas estas condiciones de seguridad, la recomendación es no poner la máquina en funcionamiento.
- En cuanto a la seguridad integral del operario, este debe contar con la dotación EPP requerida para la operación segura de la máquina, los cuales son: Gafas, protectores auditivos, guantes para manipulación de alimentos y botas de seguridad, elementos sugeridos y contemplados en la Ley 9 de Enero 24 de 1979 de Artículos 122 a 124 de Salud ocupacional de 2012. Y en la Resolución 2400 de Mayo 22 de 1979 (Titulo IV, Capitulo II, Artículos 176 a 201). Dentro de esta Resolución, podemos encontrar la

clasificación que se hace de los elementos de protección personal de acuerdo a la zona que protege al trabajador.

- Recomendaciones de seguridad sobre el uso innecesario de accesorios personales para la operación segura, tales accesorios son: anillos, relojes, pulseras, cadenas, corbatas, bufandas, entre otros que generen un riesgo personal.
- Recomendaciones de seguridad antes de la operación de la máquina: para el procedimiento de puesta en marcha de la máquina, se debe tener en cuenta que el interruptor y sistema de control no sean accionados involuntariamente, cuando inicia el encendido de manera accidental pueden ocasionar estragos en el proceso de producción de la maquina ralladora de yuca, por lo que esta, tiene un funcionamiento semiautomático, y su accionamiento debe ser realizado por un operario o persona capacitada y autorizada para la su manipulación.
- Es muy importante realizar una verificación antes de iniciar el arranque de la máquina, teniendo en cuenta la estructura, la tolva, el tambor rallador, La bandeja donde se deposita el producto al ser rallado y observar que en ellos no haya objetos. Además, al realizar esta verificación la máquina debe estar desenergizado totalmente.
- En el momento de operación de la máquina con el procesamiento del manejo de la materia prima, los periodos de tiempos para el suministro de la máquina son cortos y se debe mantener un flujo de rallado constante, por lo que el operario estará directamente involucrado en el proceso de rallado y se recomienda no distraerse durante el procedimiento de suministro de materia prima a la máquina ralladora.
- En caso de atasco del tambor rallador de la máquina por exceso de materia prima (yuca), no se recomienda que personas ajenas al funcionamiento de la máquina intenten desatascarla estando la maquina encendida, ya que esta por su movimiento y fuerza puede ocasionar accidentes a la persona.
- Realizar una limpieza general de la máquina, cada vez que sea utilizada, en caso de no utilizar por un periodo mayor a doce horas, se recomienda cubrirla, para evitar que le caigan residuos contaminantes.
- Al terminar la jornada laboral asegurarse que la máquina sea desenergizado.

### **3.2.3 Protocolos de mantenimiento**

El mantenimiento de la máquina ralladora se realiza en cada una de sus partes, por lo que se hace necesario establecer las fechas dentro del plan de mantenimiento que permitan disponer de máquina, en las fechas programadas, ya que la vida útil depende del tipo de mantenimiento este puede ser predictivo, preventivo y correctivo. Para el mantenimiento de la máquina a continuación se establece el siguiente protocolo:

- **mantenimiento del tambor rallador:** Para el mantenimiento de esta pieza se debe desmontar la guarda y la correa, quitar la polea conducida, después se procede a retirar la chumacera para liberar el tambor. Posterior al desmonte se lava con abundante agua y preferiblemente a presión y detergente, con un cepillo de bronce. En caso que exista desgaste en los puestos de los rodamientos, se procede a rellenar con soldadura y a maquinarse en un torno. Es recomendable cambiar los rodamientos, y proceder a armar.
- **mantenimiento de la bandeja:** Las bandejas se desmontan y se lavan con abundante agua y detergente, con una esponja o wiper y espátula para retirar la masa que queda adherida a su estructura. También se reajustan los tornillos.
- **mantenimiento de tablero eléctrico:** Se realiza una limpieza con una sopladora para remover el polvo, se termina la limpieza del polvo con una brocha número 2, y se procede a rociar con limpiador electrónico CRC, se hace reajustes de contactos, revisión y verificación del estado de cableado y elementos que lo conforman.
- **mantenimiento del motor:** Se inicia con la desconexión del cable de la bornera, desacoplar motor de la estructura de la máquina, extracción de polea inductora, retirar tapas del motor, extracción de rodamientos para cambios, limpiar embobinado con Varsol con una brocha y se aplica barniz dieléctrico, se procede a introducir en un horno para un correcto secado y por último se arman nuevamente.
- **Recomendaciones generales de mantenimiento:** Limpieza y engrase general, Ajustar láminas de la máquina en caso de ser requerida, Ajustar guarda protectora de la transmisión de correa en caso de ser requerida.

## 4. Presupuestos

Tabla 3: Presupuesto

I. Descripción del recurso físico	Recursos Estudiante			
	Cant	Und	Valor Unitario	Valor Total
<b>Insumos y materiales</b>				
Botonera de pulsadores con marcha parada y emergencia IP65	½	Galón	\$24.000	\$24.000
Limpiador electrónico de 15w/40	2	Botellas	\$15.000	\$30.000
Silicona	1	Botella	\$12.000	\$12.000
Relay térmico	1	unidad	\$203.500	\$203.500
Luz de piloto de 22mm de color rojo, amarillo y verde	3	unidades	\$21.628	\$64.884
Plc	1	Unidad	\$900.000	\$900.000
Programa	1	Unidad	\$600.000	\$600.000
Asesoramiento académico UAN	12	Hora	\$45.000	\$540.000
cable numero 18	10	metros	\$1.700	\$17.000
sensor capacitivo	1	unidad	\$142.000	\$142.000
temporizador on delay	1	unidad	\$234.000	\$234.000
caja de control para tablero eléctrico 40x40x20 metal intemperie	1	unidad	\$195.000	\$195.000
Grasa purgada	1	250 Gr.	\$20.000	\$20.000
Waiper	2	Kilos	\$5.000	\$10.000
Brochas	2	2 pulgada	\$3.000	\$6.000
Contactador de 18 A con bobina a 110V	1	unidad	\$319.990	\$3.000

**Propuesta de automatización de una ralladora industrial de yuca para la  
producción de concentrados porcinos**

Catalizador	½	Litro	\$20.000	\$20.000
<b>Insumos y materiales de papelería y otros.</b>				
Impresiones	100	Hojas	\$500	\$50.000
Hojas resma	50	Carta	\$50	\$2.500
Impresión de manual de 20 hojas	2	Hojas	\$15.000	\$30.000
Transportes para días de mantenimiento	40	días	\$2.500	\$100.000
Imprevistos	1		\$30.000	\$30.000
computadora	1	unidad	\$1700.000	\$1700.000
<b>Total Presupuesto</b>	<b>\$4.933.884</b>			

**Fuente:** Elaboración propia

## 5. Conclusiones

En este trabajo de grado se realizó un diagnóstico a una máquina ralladora de yuca, que funciona de manera semi-automática, lo cual permitió proponer la adaptación de un sistema automatizado, para mejorar su producción y mejor eficiencia en los tiempos de operación. Lo anterior se logró gracias a la aplicación de los conocimientos adquiridos durante el diseño del control de mando eléctrico, electrónico y su programación.

Por lo anterior, fue necesario indagar sobre los distintos dispositivos eléctricos y electrónicos, que permitieron construir todo el sistema de mando, el cual cuenta con un PLC XC3-14R-E, Un contactor con una bobina de 110 V, Relay térmico de 9 a 15 A, Fuente de poder de 110 V ac con salida de 24 V dc. También se utilizó un software CAdE – SIMU y uno del mismo PLC para simulación, que permitieron hacer varias pruebas previas.

Con la realización de esta propuesta se concluyó que los protocolos de seguridad y mantenimiento del proyecto inicial se tenían que ajustar a los nuevos cambios de la máquina que se proponen en este proyecto. Por lo tanto, se diseñaron los protocolos de seguridad del personal operario y mantenimiento, se diseñó el protocolo de mantenimiento de la máquina y también se realizó un plan de mantenimiento periódico para una adecuada gestión del activo.

Se investigaron y determinaron las normas de seguridad del personal y las condiciones sanitarias básicas a tener en cuenta para el trabajo con este alimento de consumo humano.

En este proceso se adquirieron nuevos conocimientos, sobre la integración y procedimientos para la manipulación electrónica o automática, la electromecánica y la automatización de procesos.

Anexo: Plan de mantenimiento

Tabla 4: Plan de Mantenimiento

MAQUINA RALLADORA DE YUCA																	
PLAN DE MANTENIMIENTO																	
COMPONENTES	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA DE TIEMPO	INSUMOS	OBSERVACIONES	FECHA DE MANTENIMIENTO INICIAL	CONOGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO											
						MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
MOTOR ELÉCTRICO	REVISAR AJUSTES ,PRUEBA DE RESISTENCIA AISLANTE ,PRUEBA DE ARRANQUE REVICION DE BIBRACION	CADA 8 MESES	LIMPIADOR ELECTRONICO										X				
2 POLEAS	REVISION	ANUAL													X		
CORREA DE TRANSMISIÓN	REEMPLAZAR	ANUAL													X		
CHUMACERA	LUBRICAR	CADA 3 MESES	GRASA LUBRICANTE				X			X			X		X		
CABLEADO	REVISAR SI SE ENCUENTRA CRISTALIZADA	CADA 3 MESES					X			X			X		X		
TAMBOR DE RALLADO	REVISAR Y AJUSTAR	CADA 6 MESES	HERRAMIENTAS							X					X		
ESTRUCTURA	REVISAR Y AJUSTAR	CADA 6 MESES	HERRAMIENTAS ,WYPALL							X					X		
FINAL DE CARRERA	REVISAR QUE ESTA EN BUEN ESTADO	SEMANAL	LIMPIADOR ELECTRICO			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
RODAMIENTO	REEMPLAZAR	ANUAL	EXTRACTOR												X		
TABLERO ELECTRICO	LIMPIEZA INTERNA Y EXTERNA REVISAR Y AJUSTAR CONTACTOS	MENSUAL	LIMPIADOR ELECTRONICO			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		

Fuente: Elaboración propia

## Bibliografía

- Aguilera. (2002). *Programación de PLCs*, p. 15- 22; San Nicolas de los Garza. Tomado de: <http://eprints.uanl.mx/919/1/1020148252.PDF>
- Aristizábal, & Sánchez. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*, Cap. IV - p. 2-4, Roma, Italia. Tomado de: <http://www.fao.org/3/a1028s/a1028s00.htm>
- Bernal. (1979). *Resolución 2400 de Mayo 22 de 1979 (Titulo IV, Capitulo II, Artículos 176 a 201)* p. 9 - 10. Tomado de: <http://copaso.upbbga.edu.co/legislacion/Res.2400-1979.pdf>
- Braverman. (1980). *Trabajo y capital monopolista*. México: Ed. Nuestro Tiempo. Tomado de: <http://sgpwe.izt.uam.mx/pages/egt/Cursos/ProcesodeTrabajo/Sesi%C3%B3n%203/Braverman.pdf>
- Brito. (2012). *SALUD OCUPACIONAL- ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL EPP*, p-28 - 30. de: <https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/8077/ELEMENTOS%20DE%20PROTECCIO%CC%81N%20ALMAX%20SAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Calameo. (s.f.). <https://es.calameo.com/books/005127299a9ea795ac8c8>. Obtenido de <https://es.calameo.com/books/005127299a9ea795ac8c8>
- Castro, Padilla, & Romero. (2005). *Metodología para realizar una automatización utilizando PLC*, *Revista Impulso de Electrónica, eléctrica y sistemas computacionales* . Sonora.
- contributors, E. (2019). *Automatización*, . Tomado de: <https://scienti.minciencias.gov.co/gruplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?nro=00000000003446>
- Coriat. (1996). *El taller y el robot Ensayo sobre la producción en masa en la era de la electrónica.*, Siglo XXI. México.
- Dinero. (2020). <https://www.dinero.com/emprendimiento/articulo/automatizacion-en-las-empresas-colombianas-en-el-2020-segun-deloitte/242846>. Obtenido de <https://www.dinero.com/emprendimiento/articulo/automatizacion-en-las-empresas-colombianas-en-el-2020-segun-deloitte/242846>
- EcuRed. (2019). *Automatización*. Tomado de: <https://vestertraining.com/automatizacion-industrial-que-es-como-funciona/>
- Electroindustrial. (s.f.). <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=81>. Obtenido de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=81>
- García. (1999). *Automatización de procesos industriales: robótica y automática*, Ed. Universitat politécnica de Valencia, España. Tomado de:

[https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/ba85b785-46cb-49e6-a006-a8626d4177e1/TOC\\_4116\\_01\\_01.pdf?guest=true](https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/ba85b785-46cb-49e6-a006-a8626d4177e1/TOC_4116_01_01.pdf?guest=true)

- García, & Pion. (2014). *Diseño y fabricación de un rallador industrial de yuca para la producción de concentrados porcino*. Cartagena: UAN.
- Infoagro. (s.f.). Obtenido de <https://www.infoagro.com/hortalizas/yuca.htm>
- Legiscomex. (2012). Obtenido de <https://www.legiscomex.com/Documentos/procesos-automatizacion-colombia-12-13-12not>
- Matos. (2015). *Tipos de mantenimiento, Revista de Mantenimiento, Bienes y servicios: Mantenimiento*. Tomado de: [https://www.academia.edu/12866993/Revista\\_Mantenimiento](https://www.academia.edu/12866993/Revista_Mantenimiento)
- Míguez. (2008). *Las transformaciones recientes de los procesos de trabajo: desde la automatización hasta la revolución informática, revista Trabajo y Sociedad*. Santiago del estero.
- MinSalud. (1979). Obtenido de [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/LEY%200009%20DE%201979.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY%200009%20DE%201979.pdf)
- Molina, & Alvarino. (2016). *Método de programación para PLCs Basado en el estándar IEC 611131 - Caso de estudio proceso de elaboración de pan*. Bogotá.
- Olivares. (2018). *La Importancia del Mantenimiento Industrial*. Tomado de: <https://medium.com/@3420171046/la-importancia-del-mantenimiento-industrial-6cab588592ef>
- Palma, & Bravo. (2012). *Propuesta de diseño para la fabricación de máquina automatizada para optimizar la operación de cortes rectos en la manufactura de muebles en melanina*. Lima.
- Perez, & Salcedo. (2005). *Diseño y simulación de una maquina automatizada para el sellado de dos tipos de caja para la industria cosmética*. Bogotá.
- Portafolio. (2020). Obtenido de <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/colombia-lidera-procesos-automatizacion-region-68216>
- Reyes. (2014). *Normatividad, seguridad e higiene en los procesos de Producción*. Tomado de: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/01/01/Perez-Ursula.pdf>
- Richta. (1971). *La civilización en la encrucijada., Siglo XXI*. México, Published by Siglo XXI. Teoría y Crítica., México, D. F, Tomado de: <https://www.abebooks.co.uk/CIVILIZACI%C3%93N-ENCRUCIJADA-Implicaciones-sociales-humanas-revoluci%C3%B3n/798848382/bd>

- Salazar. (1979). *Ley 9 de Enero 24 de 1979 (Titulo III, Artículos 122 a 124)*. Tomado de:  
[https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/LEY%200009%20DE%201979.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY%200009%20DE%201979.pdf)
- Sepúlveda. (2015). *Automatización: Evolución industrial posible*. Toado de:  
[http://40.70.207.114/documentosV2/La%20cuarta%20revolucion%20industrial-Klaus%20Schwab%20\(1\).pdf](http://40.70.207.114/documentosV2/La%20cuarta%20revolucion%20industrial-Klaus%20Schwab%20(1).pdf)
- Soto, Toledo, & Quiroga. (2014). *Diseño de una maquina ralladora de yuca*. Tingo Maria.
- Suarez, & Gonzalez (Dirección). (2020). *Funcionamiento de sistema automático de ralladora de yuca* [Película].
- Touraine. (1963). *La organización profesional de la empresa en Tratado de Sociología del Trabajo I*. México.
- UNED, & PAC. (2011).  
[http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion\\_de\\_referencia\\_ISE2\\_1\\_1.pdf](http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE2_1_1.pdf). Obtenido de  
[http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion\\_de\\_referencia\\_ISE2\\_1\\_1.pdf](http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE2_1_1.pdf)
- Vera, Vanegas, & Quintero. (2009). *Automatización de una maquina dispensadora de perros calientes*. Bogotá.