



**Automatización de un molino de granos secos para optimizar el proceso de molienda en
la Granja Agroecológica “Familia TC”.**

Toapanta Copara, Nayeli America

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología en Electrónica mención Instrumentación y Aviónica

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Tecnólogo en Electrónica mención
Instrumentación y Aviónica

Ing. Calvopiña Osorio, Jenny Paola

1 de marzo del 2021



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

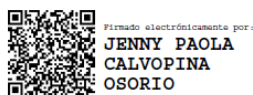
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“Automatización de un molino de granos secos para optimizar el proceso de molienda en la granja agroecológica “Familia TC””** fue realizado por la señorita **Toapanta Copara, Nayeli America** la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 1 de marzo del 2021

Firma:



Ing. Calvopiña Osorio, Jenny Paola








C. C.: 050339023-9






Document Information

Analyzed document	Escrito_Toapanta_Copara_Nayeli_America.pdf (D97038112)
Submitted	3/3/2021 12:46:00 AM
Submitted by	
Submitter email	natoapanta1@espe.edu.ec
Similarity	6%
Analysis address	jpcalvopina1.espe@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://core.ac.uk/download/pdf/234578082.pdf Fetched: 1/19/2021 10:29:09 AM	 1
SA	13909-Nelson Esteban Chambi Quiroz_.pdf Document 13909-Nelson Esteban Chambi Quiroz_.pdf (D55453562)	 5
W	URL: https://1library.co/document/q2nwe4eq-automatizacion-maquina-planchadora-maniqui-m... Fetched: 8/31/2020 8:02:07 AM	 5
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / CAPÍTULO II.docx Document CAPÍTULO II.docx (D78910143) Submitted by: ascasaguano@espe.edu.ec Receiver: dsandrade3.espe@analysis.urkund.com	 1
W	URL: https://publicaciones.fctunca.edu.py/jspui/bitstream/123456789/43/1/PFG_JUAN_RAMON... Fetched: 5/1/2020 12:40:20 AM	 1
W	URL: https://docplayer.es/60842853-Escuela-politecnica-nacional.html Fetched: 2/19/2020 1:48:09 AM	 1
W	URL: https://docplayer.es/87635062-Escuela-politecnica-del-ejercito.html Fetched: 7/21/2020 1:24:35 PM	 1

W	URL: https://docplayer.es/60842853-Escuela-politecnica-nacional.html Fetched: 2/19/2020 1:48:09 AM		1
W	URL: https://docplayer.es/87635062-Escuela-politecnica-del-ejercito.html Fetched: 7/21/2020 1:24:35 PM		1
W	URL: https://docplayer.es/22843002-Escuela-superior-politecnica-de-chimborazo-facultad- ... Fetched: 12/31/2020 5:45:42 AM		1
SA	MONOGRAFÍA-RAMIRO VELASCO.pdf Document MONOGRAFÍA-RAMIRO VELASCO.pdf (D76359148)		3
W	URL: https://dspace.unLedu.ec/jspui/bitstream/123456789/17004/1/Duque%20Cabrera,%20Die ... Fetched: 7/25/2020 2:54:18 PM		3
SA	TT Leonardo Nieto.doc Document TT Leonardo Nieto.doc (D96745767)		1
W	URL: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1805/1/Tesis%20I.%20M.%2061%20- ... Fetched: 1/18/2020 12:28:09 AM		6
SA	TRABAJO DE TITULACIÓN FELIX TUMBACO.docx Document TRABAJO DE TITULACIÓN FELIX TUMBACO.docx (D78377261)		4

Firma:



Firmado electrónicamente por:
JENNY PAOLA
CALVOPINA
OSORIO

Ing. Calvopiña Osorio, Jenny Paola

C. C.: 050339023-9



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo **Toapanta Copara, Nayeli America**, con cédula de ciudadanía n°0504162633, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **Automatización de un molino de granos secos para optimizar el proceso de molienda en la granja agroecológica “Familia TC”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 1 de marzo del 2021

Firma

Toapanta Copara, Nayeli America

C.C.: 0504162363



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE TEGNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y
AVIÓNICA**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Toapanta Copara, Nayeli America** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Automatización de un molino de granos secos para optimizar el proceso de molienda en la granja agroecológica “Familia TC””** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 1 de marzo del 2021

Firma

Toapanta Copara, Nayeli America

C.C.: 0504162363

Dedicatoria

Dedicó el presente a toda mi familia quienes estuvieron apoyándome en cada momento de la carrera, dándome ánimos para seguir con empeño y no caer en las brechas que se iban presentando con el paso del tiempo. En especial a mi madre quien con su cariño ha sabido llevarme por el camino de bien, con su amor incondicional me ha acompañado hasta el final sin perder su dureza ante las difíciles pruebas que la vida me ha presentado.

A mis amigos quienes estuvieron acompañándome en las glorias y derrotas del camino recorrido, dándome su mano y su apoyo incondicional, desde inicios de carrera, demostrándome que la vida no es una competencia si no una cooperación continua, para salir en conjunto en adelante.

A mi tío Genaro Toapanta, quien me apoyado tanto económicamente como emocionalmente, diciéndome siempre que “nada en la vida es difícil, si al final del camino hay un premio”.

Toapanta Copara, Nayeli America

Agradecimiento

Gracias a la vida por darme una familia única en su tipo, gracias a mi familia por apoyarme en cada paso que voy dando ya que han sido el eje fundamental en mi desarrollo personal, gracias al destino por haberme puesto en el mismo vagón con mis amigos quienes han sido uno de los factores más impactantes dentro de mi carrera.

El camino recorrido no fue ni el más difícil y el más fácil ya que cada uno de los niveles poseía su propio riesgo y reto a completar.

La vida al igual que un video juego posee sus diversos niveles con una dificultad que aumenta a medida que uno va subiendo de nivel, no obstante, con el coraje y la valentía adecuada los retos son completados, dejándonos una enseñanza en cada uno de los obstáculos presentados.

Gracias a mis profesores presentes y pasados quienes han dado todo su ser por formarnos y vernos en un futuro próximo, triunfando y cumpliendo las metas trazadas, con el paso del tiempo.

Gracias a todas aquellas personas que tuvieron fe en mí, quienes siempre estuvieron presentes dándome su apoyo moral.

Toapanta Copara, Nayeli America

Tabla de contenidos

Cátula	1
Certificación	2
Urkund	3
Responsabilidad de autoría	5
Autorización de publicación	6
Dedicatoria	7
Agradecimiento	8
Tabla de contenidos	9
Índice de tablas	13
Índice de figuras	14
Resumen	18
Abstract	19
Generalidades	20
Antecedentes	20
Planteamiento del problema	21
Justificación e importancia	22
Objetivos	23
Objetivo General	23
Objetivos Específicos	23

	10
Alcance	24
Fundamentación teórica	25
Definición molino	25
Historia del molino	25
Evolución del Molino	28
Aplicaciones actuales	30
Componentes	31
El molino en la industria.	34
Los tipos de molinos actuales.	34
Trituración de granos	39
Granos que se pueden triturar.	40
Clasificación	41
Tipos de molienda que se puede aplicar.	45
Procedencia de la trituración de granos.	47
Evolución.	48
Aplicación actual	49
Importancia	49
Automatización de un equipo	50
Definición de automatización	50
Beneficios de la automatización	55

Equipos para automatizar.....	56
Importancia de la automatización.	58
Elementos que intervienen en la automatización de un molino	59
Motor	59
Poleas.....	61
PLC LOGO 8.2!.....	63
Lenguajes de programación	66
Contactores	69
Partes del contactor	70
Protecciones	71
Conductores eléctricos	74
Arranques de motores	77
Comunicación Ethernet.....	81
Desarrollo del tema	85
Cálculos de la polea que se encuentra en el eje del motor.	90
Desarrollo del sistema mecánico:	95
Desarrollo del sistema eléctrico	97
Circuito de control.....	97
Comunicación LOGO! – PC.....	103
Circuito de potencia.....	107

Sistema automático completo	110
Implementación de los sistemas mecánico y eléctrico	111
Tablas de conversión en Excel	114
Resultados tabulados	116
Conclusiones	125
Recomendaciones	126
Glosario	127
Bibliografía	128
Anexos	129

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Evolución del molino</i>	28
Tabla 2 <i>Clasificación de los materiales que pueden ser triturados.</i>	41
Tabla 3 <i>Análisis del proceso de molienda manual</i>	86
Tabla 4 <i>Distribución de elementos</i>	98
Tabla 5 <i>Conversión de los datos recogidos</i>	102
Tabla 6 <i>Adquisición y conversión de los datos recolectados</i>	116
Tabla 7 <i>Tabla de resultados con producto mínimo</i>	118
Tabla 8 <i>Tiempos aplicados</i>	120
Tabla 9 <i>Perdida de materia prima</i>	122
Tabla 10 <i>Producto procesado</i>	123

Índice de figuras

Figura 1 <i>Molino rotativo de piedra</i>	26
Figura 2 <i>Molinos de viento en Holanda</i>	27
Figura 3 <i>Partes de un molino de viento</i>	32
Figura 4 <i>Vista frontal de un molino de mano</i>	33
Figura 5 <i>Vista frontal de un molino vertical</i>	35
Figura 6 <i>Vista frontal del molino Raymond</i>	35
Figura 7 <i>Corte de un molino de bolas</i>	36
Figura 8 <i>Vista frontal de un molino trapezoidal</i>	37
Figura 9 <i>Vista lateral de una máquina de molienda</i>	37
Figura 10 <i>Corte transversal de un molino de barras</i>	38
Figura 11 <i>Vista lateral de un molino de rodillo</i>	39
Figura 12 <i>Harina con bagazo</i>	48
Figura 13 <i>Vista frontal del telar de Jacquard</i>	51
Figura 14 <i>Diagrama de bloques</i>	55
Figura 15 <i>Vista lateral de un motor eléctrico</i>	59
Figura 16 <i>Estructura de LOGO! 230 RC</i>	64
Figura 17 <i>Ejemplo de Lenguaje Ladder</i>	68
Figura 18 <i>Vista frontal de un contactor</i>	70
Figura 19 <i>Elementos de protección eléctrica</i>	74

Figura 20 <i>Conductor y su diversa variedad</i>	75
Figura 21 <i>Arranque directo</i>	78
Figura 22 <i>Arranque estrella – triangulo</i>	79
Figura 23 <i>Arranque con autotransformador</i>	80
Figura 24 <i>Arranque por resistencias</i>	81
Figura 25 <i>Ejemplo de conexión básica de una red Ethernet industrial</i>	83
Figura 26 <i>Molino manual</i>	85
Figura 27 <i>Alimentación monofásica de un contactor</i>	95
Figura 28 <i>Parte mecánica del proceso</i>	96
Figura 29 <i>Logo del Software LOGO! Soft Confort V8.2</i>	97
Figura 30 <i>Logo del software CAdE SIMU</i>	99
Figura 31 <i>Esquema de conexiones al LOGO</i>	100
Figura 32 <i>Algoritmo implementado</i>	101
Figura 33 <i>Logo de Excel</i>	102
Figura 34 <i>Instrucción: perfil de registro de datos</i>	103
Figura 35 <i>Ingreso de datos del LOGO! a la PC</i>	104
Figura 36 <i>Conexión LAN</i>	105
Figura 37 <i>Conexión de sensores al controlador</i>	106
Figura 38 <i>Conexión de todos los elementos de entrada</i>	107
Figura 39 <i>Circuito de potencia del proceso</i>	108

Figura 40 <i>Implementación del circuito de fuerza (pruebas)</i>	109
Figura 41 <i>Pruebas del sistema eléctrico completo</i>	110
Figura 42 <i>Prueba operación del sistema completo</i>	111
Figura 43 <i>Conexiones del motor para cambios de giro</i>	112
Figura 44 <i>Tablero armado</i>	113
Figura 45 <i>Sistema de molienda automática completa</i>	114
Figura 46 <i>Ingreso de los datos a recolectar</i>	115
Figura 47 <i>Tiempo aplicado</i>	121
Figura 48 <i>Pérdida de materia prima</i>	122
Figura 49 <i>Producto procesado</i>	124

Índice de ecuaciones

Ecuación 1 <i>Conversión</i>	90
Ecuación 2 <i>Cálculo de wP</i>	91
Ecuación 3 <i>Cálculo de V_p</i>	91
Ecuación 4 <i>Cálculo de i</i>	92
Ecuación 5 <i>Cálculo de $Veje$</i>	92
Ecuación 6 <i>Cálculo del Par de frenado</i>	93
Ecuación 7 <i>Cálculo de potencia</i>	94

Resumen

El presente documento detalla el cómo se realizó la automatización de un molino de granos secos para optimizar la labor de molienda en la Granja Agroecológica “Familia TC”. Para la automatización del molino se realizó un análisis de la dinámica que el proceso de molienda conlleva, para controlar dicha dinámica se efectuó un algoritmo capaz de controlar el sistema completo, este algoritmo cargado en un LOGO requiere leer las señales de tres sensores capacitivos, los cuales permitirán detectar la cantidad de materia prima que se tiene en la tolva, también se encarga de energizar un motor eléctrico monofásico mediante un contactor y de encender luces de señalética, las mismas que indican en qué estado se encuentra el producto, y con intermitencia alerta al operador que el producto se encuentra en la etapa final. Adicional a ello se colocó un relé de tiempo (temporizador), el cual se activará al mismo tiempo que la luz intermitente, dando un período de tiempo de 20 segundos para que se vuelva a colocar materia prima o a su vez el proceso finalice, así también posee una instrucción que permite adquirir datos, en Excel para llevar un registro de la cantidad de producto triturado.

Palabras clave:

- **AUTOMATIZACIÓN DE UN MOLINO**
- **SENSORES CAPACITIVOS**
- **LOGO! 230RC**

Abstract

This document details how the automation of a dry grain mill was carried out to optimize the milling process in the Agroecological Farm "TC Family". For the automation of the mill, an analysis of the dynamics that the milling process entails was carried out, to control such dynamics an algorithm capable of controlling the entire system was made, this algorithm loaded in a LOGO requires reading the signals from three capacitive sensors, It is also responsible for energizing a single-phase electric motor by means of a contactor and turning on the signal lights, which indicate the state of the product and intermittently alert the operator that the product is in the final stage. In addition to this, a time relay (timer) was placed, which will be activated at the same time as the flashing light, giving a period of time of 20 seconds for the product to be placed again or at the same time the process is finished. It also has an instruction that allows to acquire data in Excel to keep a record of the amount of crushed product.

Key words:

- **MILL AUTOMATION**
- **CAPACITIVE SENSORS**
- **LOGO! 230RC**

Generalidades

Antecedentes

En la actualidad con los avances tecnológicos las máquinas y equipos se han visto en la necesidad de innovar acorde al progreso tecnológico que se está dando, para con ello mantenerse dentro del mercado ya sea industrial o doméstico. Por ejemplo, la actividad de moler y mezclar granos en la mayoría de granjas y domicilios se realiza de forma manual, considerándose así una actividad que requiere de tiempo y técnica para realizar el proceso, por lo cual los molinos de mano se han automatizado facilitando así la operación de los mismos, ahorrando tiempo y mejorando su rendimiento. Por lo mencionado dentro de la Granja Agroecológica “Familia TC” se debe automatizar el molino manual que se poseen dentro de la granja dicho elemento no es otra cosa que “una máquina agrícola, que se utiliza para llevar a cabo el proceso de molienda de granos”. (Manual Molino Electrico.pdf, s. f.)

Por la trascendencia del tema se revisaron trabajos como los que se expone a continuación:

- Trabajo realizado por Ciencia Digital (2019) cuyo tema es: “Análisis y diseño de un molino eléctrico de granos económico para PYMES”. Cuya conclusión fue: “El grano que es el resultado final del proceso posee mejor calidad permitiendo un mejor rendimiento desde el punto zootécnico en animales pues su directividad es mucho más fácil”. (Vargas, 2019)
- Trabajo realizado por Chasiluisa, Iván; Trujillo, Luis (2013) cuyo tema es: “Molino eléctrico casero”. Cuya conclusión fue: “La descripción del funcionamiento favoreció para poder ubicar de manera técnica los elementos más importantes de la estructura del molino”. (Morocho & Adrián, 2013)

En base a los archivos revisados se concluye que es viable automatizar un molino de granos secos.

Por lo expuesto se propone automatizar un molino manual en la Granja Agroecológica “Familia TC” para facilitar la labor de trituración de granos en el menor tiempo posible, manteniendo la calidad de las harinas producidas.

Planteamiento del problema

La necesidad de moler granos se ha presentado desde tiempos remotos por lo que las personas se han visto en la necesidad de crear instrumentaria que le permita realizar estas labores. A medida que el tiempo va pasando, la tecnología va evolucionando, con ello las técnicas para producir y procesar la materia prima. En relación con la actividad de molienda, existen herramientas manuales para triturar grano, molinos que son accionados con la fuerza del operador y otros que usan motores tanto de corriente eléctrica como de combustión interna.

Los molinos que son accionados por una persona tardan más tiempo para conseguir una cantidad específica de producto final en relación con uno maniobrado con motor, además el esfuerzo físico del operador conlleva el cansancio que se traduce como un producto de menor calidad o un resultado no deseado. Cabe recalcar que la mala postura, hace que él operario sea vulnerable a enfermedades como las hernias, lumbalgias, etc.

Por lo mencionado anteriormente, surgió la idea de automatizar un molino de mano existente en la Granja Agroecológica “TC” ubicada en el cantón Pujilí, Barrio Mandatilín con el objetivo de disminuir el tiempo de producción y la fatiga del operador, manteniendo la calidad de los productos. Además de reducir el esfuerzo físico que

conlleve este tipo de actividad al mismo tiempo prevenir o reducir la vulnerabilidad a que el operario sufra enfermedades futuras.

El molino será accionado mediante mecanismos mecánicos y eléctricos, se ha incluido el uso de sensores para que su trabajo sea autónomo, minimizando la intervención del operador en el proceso, con el objetivo de mantener y precautelar la integridad del operador, así como de los mismos equipos.

Justificación e importancia

Todas las microempresas deben innovar en cuanto a la maquinaria que emplean para poder llevar a cabo sus actividades cotidianas con mayor facilidad, previendo seguridad y confort a sus operadores acorde a su sitio de trabajo, por lo que es importante que en la Granja Agroecológica se implemente un molino automático, accionado mediante un motor eléctrico para disminuir el esfuerzo físico de los operadores y aminorar el factor tiempo en la cadena de producción, es decir, minimizar las pérdidas económicas dentro de las microempresas.

En la automatización del molino eléctrico se considerará un diseño de manejo sencillo donde el operario solo deberá accionar un pulsador para dar el encendido y este empezará su funcionamiento con una velocidad y potencia específica, triturando el grano.

Las ventajas de llevar a cabo esta automatización son:

- Facilidad de manipulación y el ahorro de tiempo.
- Aceleración en el proceso de trituración de granos.
- Mejora a la instrumentaria rústica existente.
- Valor agregado al molino de mano.

Con el presente trabajo se beneficiará la Granja Agroecológica y los operarios, ya que contará con un molino automático que facilita las actividades de trituración de granos y con ello se brinda un desarrollo de actividades más seguras, disminuyendo los riesgos de que a futuro se puedan desarrollar enfermedades relacionadas a la postura de los operarios.

Para realizar la automatización se posee los conocimientos adquiridos en las asignaturas aprobadas en la malla curricular de la carrera de Tecnología en Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica, además se tiene acceso a información específica de los elementos a utilizarse con lo cual se desarrollará el algoritmo y el sistema que permitirá controlar todo el proceso y los elementos a utilizarse, se pueden adquirir en el mercado nacional a precios accesibles para los propietarios de la Granja Agroecológica por lo que es factible el desarrollo de este proyecto.

Objetivos

Objetivo General

Automatizar un molino de granos secos para optimizar el proceso de molienda en la Granja Agroecológica “Familia TC”.

Objetivos Específicos

- Recopilar información sobre el proceso de molienda en la Granja Agroecológica “Familia TC”, mediante inspección visual y pruebas de funcionamiento del molino de manera manual para establecer los parámetros mínimos de automatización.
- Modificar la estructura del molino para su accionamiento mediante sensores y actuadores conectados a un controlador.
- Evaluar el sistema de control y monitoreo implementado en el molino, mediante pruebas de funcionamiento en modo automático.

Alcance

El presente trabajo abarca el diseño, implementación y ejecución de un sistema de monitoreo y control de la cantidad de grano que se va a triturar así como también dotar de facilidades de operación y manipulación del equipo por parte de los operarios que laboran en la Granja Agroecológica “Familia TC”, beneficiando de esta manera al personal que trabaja en la granja y clientes que requieran de este servicio y de gran manera a los propietarios del lugar ya que se actualizará la indumentaria de la cual depende de la economía de la microempresa.

Fundamentación teórica

Definición molino

Un molino es un artefacto que se emplea para la triturar, pulverizar o exprimir; su operación se basa en la acción generada ya sea por una fuerza motriz, eólica o hidráulica. Esta herramienta que se emplea por lo general en el área agrícola para la trituración de granos o cereales

Historia del molino

La actividad de triturar granos o cereales proviene desde el Neolítico, pero en esta época de la evolución del hombre la actividad de molienda se la realizaba por medio de un molino de mano el mismo que consistía de una piedra cóncava y una piedra redondeada que cabía dentro de la cóncava, para que el grano se triturara se ejercía fuerza motriz (ver figura 1). El resultado era harina gruesa y para que se pudiese obtener una gran cantidad de harina se necesitaba tiempo y un mayor esfuerzo.

La molienda no solo se basaba en triturar el grano, sino que también en tamizarlo con cedazos de seda, papiro o junco. La combinación de este proceso con la molienda era laborioso y gran parte del producto se perdía, por lo que la obtener harina blanca para el sustento diario era el privilegio de los ricos, mientras que los de escasos recursos consumían harina marrón con afrecho (residuos de cascará).

Así también para las personas que no podían llegar a adquirir este artefacto, se les daba por triturar granos frotando o golpeando piedras. Sin embargo, los molinos de piedra eran lo que su nombre hace referencia tan solo piedras.

Figura 1*Molino rotativo de piedra*

Nota: En la figura se muestra un molino rotativo de piedra, constituyéndose uno de los primeros en la historia. Tomado de (Puente, 2020).

Después del molino de mano apareció el molino de piedra giratorio el mismo que era un avance, ya que este ya permitía triturar más cantidad de grano o cereal, este consistía en una piedra circular que giraba sobre otra estática. Estas tuvieron su respectivo avance ya que las primeras eran accionadas por personas o por animales, luego con el desarrollo se movían con ayuda de la fuerza eólica, hidráulica o por otra fuerza motriz como el vapor. En el siglo CD .C un molino tenía la capacidad de moler suficiente grano como para alimentar a una comunicad entera y no solo a pocos. Una gran variedad de este tipo de molinos se desarrolló, entre ellos se encuentran los que poseían una corredera, la misma que giraba sobre la otra de solera, estas disponían de muelas talladas, formando así muescas llamadas rayones que conformaban un filo y llevaban el grano triturado hacia afuera

Aun cuando el tamaño de los molinos se incrementó, seguían siendo laboriosos de controlar y operar. A finales del siglo XVIII, Oliver Evans cambio el rumbo de la molienda. Desarrolló un artefacto que desplazaba el grano entre las muelas de forma

automática y continua sin la intervención de la mano del hombre, aunque tardo varias décadas en abrirse camino.

A comienzos el XIX, los productores de harina en Budapest diseñaron una idea completamente nueva; en lugar de operar con piedras de grandes dimensiones, hicieron uso del rodillo donde, en vez de pasar el grano una sola vez; lo hacía varias veces. Las características de este molino es que el grano traspasaba por dos cilindros de acero giratorios. En lugar de aplastarlos el grano se comprimía. en este siglo en Holanda se llegaron a construir alrededor de 9000 molinos de viento (ver figura 2), ya que se les había dado un mayor uso y no solo de triturar granos, sino que también para el bombeo de agua, aserradores de madera, fabricantes de papel, prensado de semillas para producir aceite, entre otras grandes aplicaciones.

Otra opción que apareció para triturar granos fue la de emplear un molino de matillo, este poseía una serie de martillos unidos a un tambor giratorio donde golpean el grano a medida que este iba pasando. Estos también fueron usados para moler forraje y en la producción del etanol.

Figura 2

Molinos de viento en Holanda



Nota: En la imagen se puede observar los molinos de viento que se encuentran en Holanda. Tomado de (Puente, 2020).

En la actualidad mayor parte de la harina se elabora con ayuda de los molinos de rodillos, aunque algunos productores pequeños aun usan el molino de piedra.

Evolución del Molino

Tabla 1

Evolución del molino

Molino	Época	Característica
Molino de piedra	Neolítico	<p>Diseño rudimentario.</p> <p>Consistía en dos piedras que al frotarlas trituraban el grano.</p> <p>Requería de esfuerzo físico.</p> <p>Se requería mucho tiempo para conseguir que el grano quede lo suficientemente triturados.</p> <p>Evoluciono y se compuso de una roca cóncava y una piedra redondeada.</p> <p>Un diseño poco convencional.</p> <p>Consistía al igual que el anterior de dos piedras solo que estas poseían muescas y la una giraba sobre otra.</p>
Molino de piedra giratorio	Siglo VII d.C.	<p>Se accionaban con fuerza humana o animal.</p> <p>Se molía una mayor cantidad de grano o cereal.</p> <p>Se cubría las necesidades de mayor parte de la población.</p>

Molino	Época	Característica
Molino de viento	Siglo XII	<p>Se realizo una mejora al molino anterior ya que este se accionaba con una fuerza eólica, hidráulica o motriz.</p> <p>Debían posicionarse en lugares donde el agua fuese abundante.</p>
Molino de Oliver Evans	Siglo XVIII	<p>Se realizaba la molienda con un esfuerzo menos por parte del hombre.</p> <p>Se podía triturar una mayor cantidad de producto en un tiempo menor estimado.</p> <p>En Holanda se construyeron en gran cantidad. Tenían una gran cantidad de beneficios.</p> <p>Esta poseía un diseño mucho mejor ya que el grano se trituraba desplazándose entre muelas de forma automática y continua.</p> <p>En este modelo no se necesitaba del esfuerzo humano.</p> <p>Tardo varias décadas en abrirse camino.</p> <p>Dio paso a la producción de automovilística de Henry Ford.</p> <p>Se presento como una salvación.</p>
Molino de rodillo	Siglo XIX	<p>Consistía de dos rodillos metálicos.</p> <p>El grano debía pasar varias veces entre los rodillos dispuestos muy juntos.</p>

Molino	Época	Característica
		<p>Con la primera pasada, se separaba el salvado del endospermo; posterior a ello el grano pasaba por tamices y se repite el proceso. El resultado final era harina blanca.</p> <p>El molino de cocina se desarrolló para ayudar a las amas de casa que necesitaban triturar granos o cereales.</p>
Molino de cocina		<p>Cociste en dos muescas de metal que trituran el grano cuando atraviesan por él.</p> <p>El diseño se basa en al diseño de Oliver Evans solo que más pequeño y práctico.</p> <p>Consiste en que el diseño anterior fue mejorado.</p>
Molino eléctrico	Siglo XX	<p>Tiene un motor que facilita el movimiento de las muelas del molino.</p> <p>Existe en diferentes tamaños ya sean solo para el hogar o también para la industria.</p>

Nota: La tabla representa la evolución del molino desde su aparición hasta su más reciente presentación, así como también las características de cada uno de los desarrollos.

Aplicaciones actuales

En la actualidad las aplicaciones más comunes de estos se encuentran en las industrias agrícolas, desarrollo de químicos, manufactura de alimentos, industria

farmacéutica, elaboración de jabones, detergentes y en la extracción de grasas y aceites.

Dentro de los molinos aún se conservan los molinos de antaño tales como los de viento y agua, de igual manera en los que se ejercía la fuerza motriz, estos que componen de dos grandes rocas dentadas, las mismas que en el caso de los molinos que necesitan que se ejerza la fuerza motriz se han ido modificando y en la actualidad las ruedas se las hace de madera con dientes más pronunciados, por lo general se los hace dentro de la industria de producción de licor artesanal de caña de azúcar.

Componentes

Los componentes pueden variar dependiendo del tipo del molino, fuerzas con las que se accionan, material de fabricación, entre otras características con la que las variantes son muy notables, las semejanzas entre mayor parte de los tipos de molinos existentes es que las ruedas ya sean de metal, madera o piedra son dentadas.

Entre las partes más comunes entre todos los molinos son:

Molino de viento (ver figura 3):

Soporte: Es el tubo o torre que sujeta los instrumentos y la hélice del molino.

Conductores: Son quienes llevan la energía producida hacia donde se necesite (piedra para molienda, turbina para electricidad, etc.).

Palas: Son quienes componen la hélice en los molinos. Se fabrican usualmente en fibra de vidrio y su movimiento determinará la energía producida.

Generador: Es la fuente de la que se alimenta el molino para funcionar.

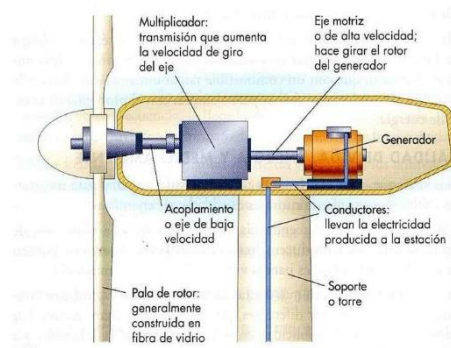
Acoplamiento: Es un eje de baja velocidad que pasa el movimiento del molino hacia el generador.

Multiplicador: Es la pieza que aumenta la velocidad de giro del eje (la multiplica, como su nombre lo indica).

Eje Motriz: Hace rotar el generador a alta velocidad. (Puente, 2020)

Figura 3

Partes de un molino de viento



Nota: En la figura se aprecia las partes de las cuales constituye un molino de viento.

Tomado de (Puente, 2020).

Molino manual (ver figura 4):

Tolva: aquí es donde se depositan los granos listos para ser molidos. Esta se debe de mantener limpia ya que los restos se acumulan y pueden aportar un sabor rancio.

Base de muela superior e inferior: la pieza donde cada muela va atornillada, la muela superior siempre queda fija mientras que la inferior va sujeta al eje del molino.

Muelas: éstas son las encargadas de cortar el grano en partículas más pequeñas para luego poder extraer sus sabores. Siempre compuesta por una inferior y otra superior, las muelas pueden ser de diferentes tamaños, materiales y formas.

Cámara dosificadora: existe solo en los molinos manuales y es donde cae el grano una vez molido. Viene con su respectiva tapa la cual debe de estar colocada todo el tiempo.

Estrella dosificadora: está dentro de la cámara dosificadora y gira cuando se usa la palanca dosificadora.

Palanca dosificadora: es la pieza que hace girar la estrella dosificadora.

Regulador de molienda: presentado en diferentes formas como una perilla, o directamente en la muela superior, funciona para regular el grosor de la molienda.

Salida a bajante de café molido: es un ducto pequeño que dirige el café molido hacia el bajante y a la cámara dosificadora.

Base para porta filtro: el espacio donde se coloca la porta filtro al momento de moler para que caiga en la canasta. (*El molino*, 2020)

Figura 4

Vista frontal de un molino de mano



Nota: En la figura se aprecia las partes de las cuales constituye un molino de mano.

Tomado de (*El molino*, 2020).

El molino en la industria.

El molino dentro de la industria cumple uno de los papeles más importantes ya que desde tiempos pasados ha colaborado con la alimentación de la población, actualmente no es una excepción que aún se sigan haciendo uso de los molinos en varios sectores productivos, farmacéuticos, químicos y entre otros muchos.

El molino es un artilugio posee un mecanismo de molienda muy singular, ya que sirve para triturar una gran variedad de productos mediante el accionamiento dado por poleas o por cajas reductoras. Este particular artefacto ayuda a una gran variedad de industrias a desarrollar el trabajo de manera eficiente, exacta y económica, ya que facilita las tareas.

Los productos que se pueden triturar con ayuda de un molino industrial son variados dentro de los cuales se pueden encontrar: el ácido bórico, algas, almidón, aluminio, azúcares, fertilizantes, madera, óxido de hierro rojo, sal, talco, vidrio, yeso, carbón, de entre las más destacadas y así otras muchas materias.

Las aplicaciones del molino en la actualidad son muy amplias y por consecuencia su demanda también se eleva; dentro de este rango los molinos de mano también son indispensables en los hogares ya que con ellos se puede triturar una gran variedad de granos y cereales, esto para el consumo dentro del hogar.

Los tipos de molinos actuales.

Los molinos que se mencionarán a continuación son industriales.

El molino vertical (ver figura 5): es muy utilizado en materiales húmedos y minerales como carbón, cuarzo, feldespato o florita. Según explican los expertos de Emjuvi, “es muy eficiente y de bajo costo”. (Villegas, 2004)

Figura 5

Vista frontal de un molino vertical



Nota: En la figura se aprecia la vista frontal de un molino vertical. Tomado de (Villegas, 2004).

El molino Raymond (ver figura 6): es definido por los especialistas de Emjuvi como “de vida bastante larga y excelente rendimiento”. Produce poco ruido y es de baja contaminación de polvo. Está construido en gran parte en acero, por lo que es un material de alta resistencia y duración. Gasta poco combustible y tiene poco peso. Es empleado, sobre todo, en la industria minera. (Villegas, 2004)

Figura 6

Vista frontal del molino Raymond

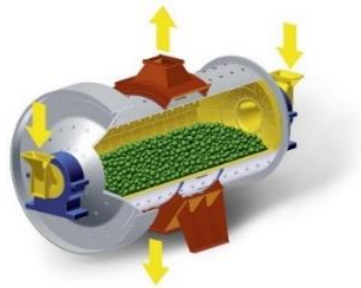


Nota: En la figura se aprecia un molino Raymond. Tomado de (Villegas, 2004).

El molino de bolas (ver figura 7): es uno de los más utilizados y se emplea particularmente para triturar materiales de gran dureza. El golpeteo de las bolas de acero que contiene la máquina convierte los materiales en polvo fino. Es una máquina que ahorra energía y muy eficaz. El molino de bolas se compone de un tanque en forma de tubo con un interior recubierto de acero. Tiene dos depósitos: en el primero se efectúa la primera molienda mediante el golpeteo de las bolas y en el segundo los materiales se convertidos en un producto aún más fino. Es una maquinaria muy sencilla de manejar. (Villegas, 2004)

Figura 7

Corte transversal de un molino de bolas



Nota: En la figura se aprecia el corte transversal de un molino de bolas. Tomado de (Villegas, 2004).

Molino trapezoidal (ver figura 8): “Es muy fácil de ajustar y es utilizado en industrias como la eléctrica, metalurgia, carbón y construcción”. (Villegas, 2004)

Figura 8

Vista frontal de un molino trapezoidal



Nota: En la figura se aprecia la vista frontal de un molino trapezoidal. Tomado de (Villegas, 2004).

Máquinas de molienda (ver figura 9): “Son empleadas en la fabricación de papel, procesamiento de alimentos y materias primas. Se trata de máquinas que consumen poca energía, compactas y muy sencillas de instalar”. (Villegas, 2004)

Figura 9

Vista lateral de una máquina de molienda

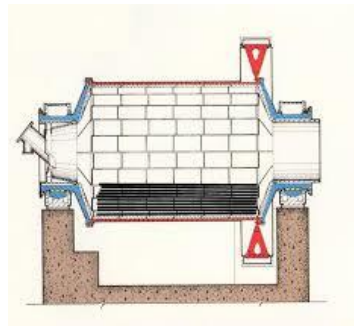


Nota: En la figura se aprecia la vista lateral de una máquina de molienda eléctrica industrial. Tomado de (Villegas, 2004).

Molino de barras (ver figura 10): “Sus aplicaciones se pueden encontrar, principalmente, en la industria de la construcción, minera, conservación del agua y en la fabricación del vidrio. Es parecido al molino de bolas, aunque, en este caso, utiliza barras largas para la molienda.” (Villegas, 2004)

Figura 10

Corte transversal de un molino de barras



Nota: En la figura se aprecia el corte transversal de un molino de barras. Tomado de (Villegas, 2004).

Molino de rodillos (ver figura 11): Consisten en varios rodillos que giran en la misma dirección y a distinta velocidad. Los hay lisos, estriados, en dientes de sierra o corrugados. Se usan mucho en agricultura, construcción e industria farmacéutica. Permiten moler bastante material de forma rápida y tienen una superficie bastante grande para el molido. (Villegas, 2004)}

Figura 11

Vista lateral de un molino de rodillo



Nota: En la figura se aprecia la vista lateral de un molino de rodillo. Tomado de (Villegas, 2004).

Trituración de granos

La trituración de grano es una de las técnicas empleadas para que no existan pérdidas posproducción; este consiste en la producción de harina a base del endosperma de los granos, cereales y algunas leguminosas el telar. En la mayoría de cereales y granos, primero se eliminan la cascara de la semilla (esta actividad se la puede despeñar manualmente manteniendo el grano en remojo, tostado o usando blanqueador) antes de transformar en harina. La molienda puede ser mediante trituración manual en un mortero, haciendo pasar el grano entre dos piedras adecuadas, o haciendo uso de diversos molinos ya sea de martillo, de placas o de rodillos mecánicos.

Granos que se pueden triturar.

No solamente los granos pueden ser triturados, dentro del grupo de trituración también se incluyen los cereales. Los cereales son uno de los principales productos que se trituran ya sea para hacer harinas, triturados gruesos o solo partidos, a partir de este proceso los derivados de esta actividad con muy amplias ya que se encuentra la harina de los cereales en fideos, pan, algunos snacks.

El trigo es uno de los principales cereales que se tritura desde la antigüedad, este cereal es una de las principales fuentes de alimento desde generaciones antiguas hasta la actualidad, a este cereal se le puede encontrar en una infinidad de comestibles. Para que este pueda ingresar en el proceso de trituración es necesario retirarle el bagazo (cascara), este puede ser por medio de golpes, posterior a esto es necesario hacer secar muy bien el cereal para que el molino no de como resultado una sustancia chiclosa, la misma que nos es adecuada para la producción de ningún derivado y mucho peor para la comercialización, por lo que el proceso de secado es muy importante; una vez que se ha completado el paso anterior el grano seco ya puede ingresar a un molino ya sea para hacerse harina o solo trituración media.

Un de los granos más sobresalientes y que también es sometido al proceso de trituración es el maíz, este grano proveniente desde épocas incaicas es constituido como el alimento de los dioses ya que, en épocas de la gobernación del Inca, este alimento se cultivaba en gran cantidad y al igual que el trigo, constituían una de las bases alimentarias más importantes no solo porque su producción era masiva, sino porque también aportan una serie de nutrientes y minerales. En la trituración de este grano, se verifica que este primero libre de impurezas, posterior a ello es necesario verificar si el grano va a ser triturado crudo o con un pre-tostado este último agrega sabor a la harina dándole un toque olor y una textura mucho mejor.

Clasificación

Los granos no son los únicos que se pueden triturar, ya que dentro de la dieta de una persona también intervienen los carbohidratos los mismos que son proporcionados por parte de los cereales así también se incluyen estos, a los ya mencionados se les incluye un sin fin de materiales de trituración, eso dependerá de la industria, ya que la industria de comestibles no es la única que hace uso de molinos, tomando en cuenta que cada hace uso de un molino que más se adecue a la necesidad.

Tabla 2

Clasificación de los materiales que pueden ser triturados

	Tipo	Industria	Aplicación
Cereal	Trigo		Harinas
	Cebada		Derivados como:
	Avena		Fideos, pan, cereales
	Centeno	Alimenticia	procesados, granolas,
	Maíz		alimentos que contienen en una fuente de carbohidratos.
Granos	Morocho		
	Morochillo	Avícola	Alimento para aves entre las cuales se tiene: Pollos, pavos, patos, gansos.
	Alverja		Estos granos sirven para
	Haba		realizar sopas tanto en su
	Habilla	Alimenticia	estado en ruto como en su
	Lenteja pusa		estado procesado.

Tipo	Industria	Aplicación
Maíz negro		
Algodón	Textil,	<p>Para la producción de telas que posteriormente con un proceso diferente se convertirán en prendas de vestir para damas y caballeros.</p>
Madera	Maderera	<p>Al pasar por un proceso se convierte en papel, tablas, tablonos y da mayor aplicabilidad ya que se da paso a mayor cantidad de industrias.</p>
Otros		
Óxido de hierro rojo	Siderúrgica	<p>Se hace uso como pigmento de alta densidad destinados directamente para las pinturas, además para la fabricación de cementos, morteros, vidrio, y en muy pocos casos para esmaltes, fritas cerámicas, electrodos.</p>
Sal	Alimenticia, agrícola, ganadera	<p>De la producción mundial el 60% se dedica a aplicaciones industriales, principalmente en</p>

Tipo	Industria	Aplicación
Vidrio	Construcción y arquitectura	<p>la elaboración de carbonato sintético y tan solo el 25% se destina para el consumo humano.</p> <p>Se hace uso en la elaboración de ventanas, espejos, mamparas, decoración, revestimiento de paredes, vitrinas, muebles, iluminación y en casos extremos para la elaboración de paneles solares.</p>
Yeso	Farmacéutica	<p>Una de las más importantes aplicaciones es para la industria de construcción, también se hace uso como aditivo del Clinker de cemento, también para fertilizantes.</p>
Carbón	Eléctrica, siderurgia, domestica, carboquímica	<p>Una de las aplicaciones es la producción de electricidad, acero, papel, cemento, aluminio, en la industria farmacéutica, fertilizantes.</p>

Tipo	Industria	Aplicación
Fertilizantes	Agrícola	Estos ayudan en desarrollo de plantas en el campo y de flores en los lugares urbanos. Es más empleadas en ciudades asiáticas y también
Algas	Alimentaria	para el desarrollo de cosméticos en muy pocas cantidades.
Almidón	Alimentaria	Es un proceso mucho más complejo en relación con el de la harina, ya que este está constituido del germen del maíz.
Talco	Cosmética, farmacéutica	Es una de las fuentes de donde nacen los plásticos, la cerámica, papel, caucho, y muchos otros más productos de uso cotidiano.
Azucares	Alimenticia	Es empleada de manera común en el diario vivir, pero también sirve como conservante para distintos tipos de alimentos.

Tipo	Industria	Aplicación
Ácido bórico	Farmacéutica, química, cosmética.	Este se emplea como suavizante de agua y algunos agentes de limpieza, se aplica principalmente en la madera para protegerla del fuego.
Aluminio	Construcción.	Se hace principal aplicación en la fabricación de tubos, recipientes, y aparatos. Para el transporte se realiza aleaciones para construir aviones, vagones, ferroviarios y automóviles.

Nota: En la tabla se muestran todas las aplicaciones de los materiales una vez que ya se ha triturado, así como también se especifica en que industria es en la que se hace uso, y los materiales más triturados con ayuda de un molino ya sea doméstico o industrial.

Tipos de molienda que se puede aplicar.

Dentro del proceso de trituración de granos se puede encontrar una diversidad de grosores para cada tipo de grano, así se tiene que la harina fina es el grosor más delgado que se puede encontrar en el mercado y el grano partido es el más grueso siendo la aplicación de este en las avenas para la preparación compotas para los niños.

Grano partido: este compone que el grano este partido por la mitad, conservando el almidón intacto, este tipo de grano se aplica en el maíz, morochillo, avena, siendo los primeros para el consumo exclusivo de aves jóvenes, que están en

etapas de engorde. La avena partida se hace uso para la elaboración de compotas para los niños que aún se alimentan de sólidos. Este grano se lo elabora con ayuda de un molino que no esté muy ajustado.

Molienda gruesa: consiste en que el grano este partido de un modo que conserve aun el parte de grano y extrayendo parte del almidón en forma de harina. Este tipo de molienda es aplicada en el morochillo, avena, café, sales de mar, carbón.

Molienda media: este tipo de molienda se basa en que el grano que dé con una trituración muy notable y que se extraiga una mayor cantidad de almidón, quedando una cantidad muy notable de harina y grano. Este tipo de molienda es aplicada en el trigo, avena, maíz, café, morocho, morochillo, centeno. En mayor parte de granos y cereales que se aplican en la industria panadera en especial para los panes integrales.

Molienda media fina: consta que mayor parte del grano se encuentra molido hasta un punto de que hay grano triturado en secciones muy minúsculas y la mayoría ya es harina. Es aplicado directamente al trigo, avena, morocho, morochillo, café, estos siendo los principales dentro de la industria alimentaria, el las industrias de construcción se aplica para el carbón, madera, fertilizantes, entre otros. Es una de las más aplicadas ya que es la que se encuentra en el rango intermedio entre el grano partido y la molienda extra fina.

Molienda fina: esta es la harina, ya que aun consta de pequeñas partículas de grano no triturado por totalidad, lo que indica que este rango de trituración es la aplicada a gran mayoría de granos, cereales y materiales de principal uso. Dentro de las industrias para conseguir este punto de triturado lo consiguen con los molinos de rodillo para los granos y cereales y para los otros materiales se hace uso de bien se el molino vertical y el de martillo, estos molinos poseen una etapa de tamizado, donde el producto

triturado atraviesa ya sea tela o papel para que el material que no se trituró regrese al proceso.

Molienda extra fina (tipo talco): como su nombre lo indica la molienda llega a ser extra fina, tal parecida al polvo, un ejemplo de este es el talco, tapioca, almidón, café, cacao, entre otros, de estos se derivan los productos de la industria alimentaria, cosmética, farmacéutica, siderúrgica. Para obtener este punto de trituración es necesario que los molinos este ajustados con precisión, y deben a travesar un tamiz super delgado para que no queden residuos de granos. Por lo general para obtener este punto de trituración el proceso que se lleva acabo es muy exhausto ya que gran parte de minerales y aceites de los granos y cereales se pierden en él.

Procedencia de la trituración de granos.

La trituración de granos no es algo nuevo, ni reciente, ya que desde que se descubrió la agricultura y los primeros cereales dieron fruto, los hombres se vieron en la necesidad de triturar el grano para poder consumirlo en diferentes alimentos procesados. Por lo que se vieron en la obligación de diseñar un artefacto que les permita triturar los cereales, por lo que lo desarrollaron primero golpeando el grano con piedras, no daba un buen resultado y resultaba tedioso y con el riesgo que el operador se pueda lastimar lo dedos. Según se fue avanzando en el desarrollo de este artefacto fue mucho mejor obteniendo dos rocas, donde la una estaba perforada en el centro y la otra encajaba en la perforación, el grano se colocaba entre las rocas y en un movimiento circular y continuo se obtenía al final el grano o cereal triturado, el lado negativo de esta actividad era que solo los más ricos podían obtener harina blanca, mientras que los pobres consumían harina con bagazo (ver figura 12).

Figura 12

Harina con bagazo



Nota: En la figura se puede apreciar una porción de harina que contiene bagazo.

Tomado de (Villegas, 2004).

Evolución.

La trituration de granos inicio como un simple grano partido, con ayuda de un par de rocas, según la necesidad fue avanzando las personas diseñaron una mejor forma de triturar los granos y cereales, con cada avance se conseguía una mejor trituration y con una limpieza mejorada.

La trituration de granos y cereales fue de la mano del desarrollo del molino, con cada diseño nuevo de molino el resultado de trituration era más fino y de mejor calidad, el acceso a este producto se volvió más equitativo, ya que todos tenía acceso a este. Con el paso del tiempo también las amas de casa se vieron en la necesidad de tener uno en sus cocinas, por lo que se diseñaron los molinos de mano, estos se encuentran aún presentes en la actualidad y no solo se dan uso para la molienda de granos y cereales, sino que también se emplean para la molienda de café y cacao, es ultimo presenta una gran cantidad de grasas lo que llega dificultar la molienda.

Para las industrias también se han desarrollado una gran variedad de molinos dependiendo de la necesidad y el producto que se vaya a moler por lo que los molinos

industriales son los más conocidos y desarrollados a estos se les también se les ha automatizado ajustándose a los requerimientos de los propietarios de las industrias. En base a las necesidades de las industrias varias empresas han presentado diversos diseños.

Aplicación actual

En la actualidad dependiendo de la necesidad la trituración puede variar dependiendo de la industria donde se presenta la necesidad, por lo general la mayoría de veces se ven la industria agrícola, ya que se hace uso del molino para triturar los granos de maíz y alimentar a las aves. Como se mencionó en las industrias de construcción, farmacéutica, química, construcción, siderúrgica entre otras es necesario triturar varios materiales que se obtienen de la naturaleza.

Importancia.

Para satisfacer las necesidades actuales una gran variedad de semillas y materiales necesitan ser triturados y elaborar nuevos productos con el resultado de la trituración. A medida que la población va creciendo las necesidades alimentarias son más amplias por lo que la demanda de harinas se ha ido incrementando.

Para satisfacer las necesidades del hogar y otros sectores productivos, por lo general se puede observar un molino de mano en cada una de las cocinas, este ayuda para generar alimento en una mejor cantidad sin pagar por ello.

Cierto sector industrial muchas veces se aprovecha de los productores ya que pagan el producto del campo en un precio mucho menor, por lo que los campesinos prefieren poseer su propio molino, pero el precio de uno industrial sobrepasa la cantidad que ellos pueden pagar.

Automatización de un equipo.

Consiste en controlar un equipo de forma autónoma, empleando diferentes técnicas de automatización, ya sea en un proceso simple o complejo facilitando la operación de todo el sistema. Un proceso automatizado puede contar con diferentes controladores, siendo estos la base para que el desarrollo de todo el proceso de manera adecuada.

Definición de automatización

Método donde se transmiten tareas de producción realizadas habitualmente por un operario humano a un conjunto de componentes tecnológicos.

Es el conjunto de elementos o procesos mecánicos, electromecánicos y mecánicos que operan con una escasa o nula mediación del ser humano, estos por lo general se hacen uso para optimizar o mejorar el funcionamiento de una planta industrial, pero igualmente puede emplearse la automatización en un estadio, una fábrica, una granja, una mecánica y hasta en la infraestructura de las ciudades.

El primer ejemplo de automatización real fue el telar de Jacquard (ver figura 13) que en inicios del siglo XVIII utilizó tarjetas perforadas para automatizar el proceso de tejido, así mientras un experto tradicional elaboraba 2cm de brocado en una semana, el telar automatizado tenía una capacidad de producir hasta 60cm de brocado en la misma semana. La llegada de este Telar fue uno de los tantos avances que dieron paso a la revolución industrial no solo hizo una variación en el uso de las máquinas de vapor, sino que también hizo un cambio en la estructura organizacional de las empresas, permitiendo tener un control más vasto de todo el proceso.

Una vez que se controló gran parte de los equipos dentro de una industria, el siguiente paso se dio con la aparición de la computadora, con esta se controlaron más

áreas que podían automatizar dentro de las industrias. Uno de las primeras aéreas en ser controladas fue el sector automotriz que incluso fueron uno de los primeros en usar una computadora para la automatización PLC (Programmer Logic Controller).

Figura 13

Vista frontal del telar de Jacquard



Nota: En la imagen se puede apreciar la vista frontal del telar de Jacquard. Tomado de (Teja, 1996).

La incorporación del Internet y el incremento de la comunicación digital de algún modo ha facilitado la interconexión entre varias plantas y el acceso a la información, permite monitorear todo el proceso en tiempo real el estado de las diferentes plantas a través del móvil o el computador.

Con el avance tecnológico que se va dando se ve que la automatización está dando un paso muy agigantado con la introducción de la inteligencia artificial, donde los robots podrán desarrollar actividades de manera autónoma y sin la intervención del ser humano, y más no como en la actualidad que desarrollan actividades que se les ha programado.(Teja, 1996)

Un sistema automatizado siempre constará de dos partes principales:

Partes de un sistema automatizado

Parte operativa

Esta parte es la que controla directamente a la máquina, consta de elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los componentes que conforman la parte operativa son los accionadores de las maquinas tales como motores, cilindros, compresores y los captadores entre los cuales se tiene fotodiodos, finales de carrera, resistencias, entre los más conocidos de una amplia gama harina. De manera más compacta a esta parte pertenecen todos los elementos que se accionan con el 100 por ciento de energía de alimentación. Dentro de esta parte constan los detectores y captadores, y accionadores y preaccionadores donde: (ver figura 14)

Detectores y captadores: estos elementos son los que adquieren la información del ambiente como:

- La variación de ciertas magnitudes físicas del sistema.
- El estado físico de sus componentes.

Los dispositivos encargados de convertir las magnitudes físicas en eléctricas se denomina transductores. Estos se clasifican en función del tipo de señal que transmiten:

- **Transductores todo o nada:** Suministran una señal binaria claramente diferenciados. Los finales de carrera son un ejemplo de este tipo de transductores.
- **Transductores numéricos:** Transmiten valores numéricos en forma de combinaciones binarias. Los encoders son un ejemplo muy conocido.
- **Transductores analógicos:** Suministran una señal continua que es fiel reflejo de la variación de la magnitud física medida. Su respuesta debe ser transformada en digital para que el controlador lógico pueda leerlo.

Accionadores y Preaccionadores:

El accionador es la última parte del control que, en respuesta a la señal de mando que recibe, actúa sobre la variable o elemento final del proceso. Transforma la energía de salida del automatismo en otra útil para el entorno de trabajo.

Los accionadores pueden ser clasificados en eléctricos, neumáticos e hidráulicos. Los más empleados en la industria son: Cilindros, motores de corriente alterna, motores de corriente continua, entre otros. Son gobernados por la parte de mando, sin embargo, en ocasiones pueden estar bajo control directo de la misma o bien requerir algún preaccionamiento para amplificar la señal de mando.

La preamplificación se puede traducir como el establecimiento o interrupción de la circulación de energía desde la fuente al accionador. Los preaccionadores disponen de, parte de mando o de control, el mismo que se encarga de conmutar la conexión eléctrica, hidráulica o neumática entre los cables o conductores del circuito de potencia o fuerza.

Parte de mando

Suele ser un autómatas programable (tecnología programada), aunque hasta hace poco tiempo atrás se hacía uso de relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas, módulos lógico neumáticos (tecnología cableada). Dentro de un sistema de fabricación automatizado el autómatas programable es la cabeza de todo el proceso. Este debe estar en la capacidad de comunicarse con todos los otros elementos que constituyen el sistema automatizado. (ver figura 14)

Tecnologías cableadas

Con este tipo de tecnología, el automatismo se realiza interconectando con cables los distintos elementos que lo componen. Su funcionamiento es basa en los elementos que lo constituyen y por la manera en la que se les conecta. Esta fue la primera solución que se empleó para crear autómatas industriales, pero presenta varios inconvenientes.

Los dispositivos que más se utilizan en la tecnología cableada son:

- Relés electromagnéticos.
- Módulos lógicos neumáticos.
- Tarjetas electrónicas.

Tecnologías programadas

Los avances en el campo digital de los últimos años han favorecido para la generalización de las tecnologías programadas. Los equipos creados para este fin son:

- Los ordenadores.
- Los autómatas programables.

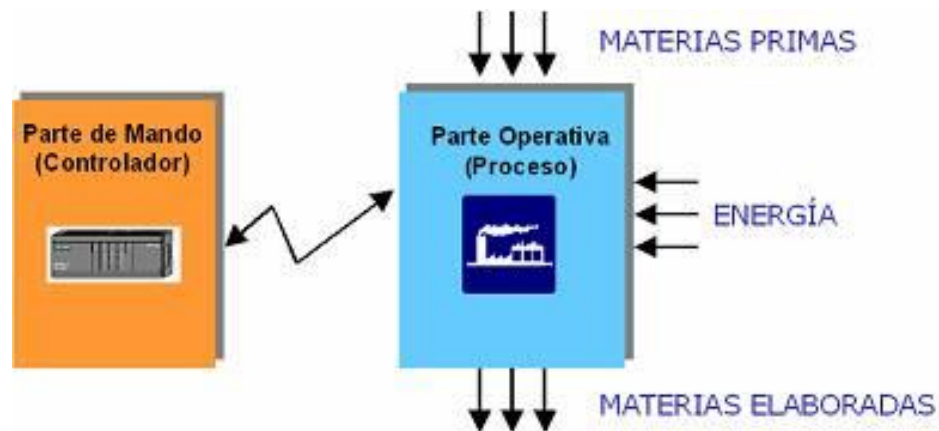
El ordenador, es la parte principal del control de un automatismo, presentando una alta flexibilidad a modificaciones que el proceso lo requiera. Pero, al mismo tiempo, y debido a su diseño no específico para su entorno industrial, resulta un elemento frágil para trabajar en entornos de líneas de producción.

Para poder obtener una comunicación entre el ordenador y el autómata programable es necesario tener un canal de comunicación, para lo cal con el tiempo se han creado diferentes tipos de comunicación cableada.

Un autómeta programable industrial es un elemento robusto diseñado especialmente para trabajar en ambientes de talleres, con casi todos los elementos del ordenador. (Prian, 1995)

Figura 14

Diagrama de bloques



Nota: En la figura se puede apreciar un diagrama de bloques de la combinación de la parte de mando y operativa o potencia. Tomado de (Wilson, 2018).

Beneficios de la automatización

La automatización al ser nueva tecnología, produce grandes beneficios dentro de las industrias, que es donde más se aplica, así como en otros sectores productivos.

Uno de los beneficios que esta ofrece es la mejora en la productividad de las empresas, reduciendo los costes de producción y mejorando la calidad.

Mejora las condiciones de trabajo del personal que laboran en producción, suprimiendo los trabajos pesados y aumentando la seguridad de los mismos.

Cumple con operaciones imposibles de controlar ya sea intelectualmente o manualmente.

Mejora la disponibilidad de los productos, ya que provee las cantidades necesarias en los momentos más precisos.

Simplifica el mantenimiento de manera que el operador no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.

Integra el área de gestión y producción.

La eficiencia y desempeño del equipo mejora de forma importante al contar con información confiable y accesible en cualquier momento, lo que permite evaluar y reaccionar de forma efectiva e inmediata ante alguna situación.

Dentro de un proceso comercial, el equipo contará con la información actualizada y accesible, donde la información y comunicación fluye de forma eficiente ante áreas operativas y gerenciales.

Se llegan a detectar y atender de manera efectiva las oportunidades de venta, así como llevar un seguimiento preciso del mismo, contando con la visibilidad necesaria en todo momento, sobre acciones correctivas y avances que el equipo va desempeñando.

Genera una coordinación de todo el proceso de producción dando una ventaja sobre el desarrollo del del producto final. (Wilson, 2018)

Equipos para automatizar.

Dentro de la automatización de un proceso interviene una gran variedad de elementos, los cuales ingresan o salen de un autómata programable, el cual se encarga de recibir la información, procesarla y enviarla hacia los actuadores.

En un proceso grande interviene una gran cantidad de actuadores y captadores, con una tecnología cableada, la misma que es más empleada en la actualidad.

Los controladores de temperatura, registradores, temporizadores, comunicación RS485, modos de alarma, una gran variedad de tipos de entradas de termopares. Mediante una gama de sensores capacitivos, inductivos, de límite o fotoeléctricos, se ofrecen en una gran variedad de marcas.

Dentro de las aplicaciones de la automatización en mayor parte de casos es necesario controlar la velocidad de motores a pasos unipolares/bipolares, para ello se hace uso de una gran gama de encoders, varias otras hacen uso de sensores de fibra óptica, la cual ayuda para medir posiciones milimétricas.

También para sistemas de riego se tienen sensores de presión con Display Digital, los cuales ofrecen señales de salida NPN, PNP, con presión negativa, compuesta o estándar, también dan una ventaja de poseer salidas opcionales tipo analógicas de voltaje o corriente, su montaje puede darse en paredes o ductos.

Para la alimentación se pueden encontrar fuentes de alimentación conmutadas; para el control del sistema se poseen paneles gráficos con pantallas touch, siendo sus salidas digitales y analógicas.

A demás dentro de todo sistema automatizado no pueden faltar la botonería, lámparas indicadoras, pulsadores, controladores, actuadores, captadores, entre otros elementos.

Cabe recordar que existen una infinidad de proveedores de estos equipos, desde un tornillo hasta un controlador programable, existen una infinidad de marcas y precios que varían dependiendo del proveedor y de la calidad. (García, 2018)

Importancia de la automatización.

La automatización industrial es reconocida por parte de gerencia y operación de equipos de las industrias modernas, concluyendo en un elemento clave en el desarrollo y crecimiento de las corporaciones activas.

La automatización de una industria abarca un conjunto de recursos físicos (hardware) y digitales destinados al control de mencionados equipos (software), estos métodos y tecnologías dan paso al control efectivo de un proceso, precisando que este se desarrolle de manera automática, sustituyendo en gran parte la intervención del hombre.

El propósito principal de la automatización es cumplir con un proceso industrial de manera automática, dentro de un entorno de producción competente, encaminado a satisfacer la creciente demanda productiva, presentado intervalos de tiempo cada vez más reducidos. Cuando mencionado control va aludido a un ámbito productivo industrial, por tanto, se habla de automatización de un proceso industrial. La sustitución de mano de obra tradicional por robots, provoca que los procesos se desarrollen de manera más rápida sin perder su caracterización, presentando índices de pérdidas de materia prima muy bajos y con la facilidad de programar la producción de cierto producto durante las 24 horas del día y los 7 días de la semana.

En la época que actual el entorno económico se ha globalizado y se ha hecho fuertemente competitivo, dando paso a la automatización de procesos como un factor clave a la hora de mejorar la producción y satisfacer la demanda que cada vez hace que el precio sea menor y con tiempos de entrega cada vez más reducidos. La sustitución de trabajadores de planta por máquinas y tecnologías avanzadas suelen coordinar una gestión más rápida y eficaz de los recursos, presentando a las industrias gran cantidad de ventajas competitivas con las que se asegura la presencia continua en el mercado.

Por tanto, la automatización industrial se ha convertido en un factor clave en la supervivencia, progreso y adelanto empresarial. (Decoletaje, 2019)

Elementos que intervienen en la automatización de un molino

Para la automatización del molino de mano se emplearán los siguientes equipos, de los cuales a continuación, se presentan sus respectivas definiciones:

Motor

Es toda aquella máquina que tiene la capacidad de transformar la energía eléctrica en energía mecánica. (ver figura 15)

Figura 15

Vista lateral de un motor eléctrico



Nota: En la figura se puede apreciar la vista lateral de motor eléctrico. Tomado de (SERGIO & BELEN, 2002a).

Partes del motor

El motor como toda máquina consta de partes, las cuales son:

Carcasa o envoltente: es la parte externa de los motores y suele estar construida en acero, hierro fundido o cualquier otra aleación metálica. Sobre la carcasa se encuentra la placa de características de los motores. Dentro de la placa de características se pueden encontrar la potencia, tensión, tensión de línea, tensión de cada bobina, conexión de las bobinas, intensidad, velocidad del motor.

Estator: es la parte fija a la carcasa. Está formada por un bloque de chapas magnéticas y sobre estas van alojados los bobinados fijos del motor, denominados bobinados estatóricos.

Rotor: es la parte giratoria del motor.

Caja de conexiones: es un elemento que protege a los conductores que alimentan del motor, resguardándolos de la operación mecánica del mismo, y cualquier otro elemento que pudiese afectar al motor.

Cojinetes: estos son los contribuyentes a la óptima operación de las partes giratorias del motor. Se hacen uso para sostener y fijar ejes mecánicos, y reducir la fricción, lo que ayuda a que se consuma menos potencia.

Tipos de motores

Existen una gran variedad de motores, pero dentro de todos ellos los más empleados son:

Motores de corriente alterna:

Según su velocidad de giro:

Motor síncrono: velocidad del rotor igual a la del campo magnético.

Motor asíncrono: velocidad del rotor es inferior a la del campo magnético,

Según el tipo de rotor:

Motor con rotor bobinado.

Motor con rotor en jaula de ardilla.

Motor con colector.

Según el número de fases:

Motor monofásico.

Motor con bobinado auxiliar de arranque.

Motor con bobinado auxiliar de arranque y condensador.

Motor trifásico.

Motores de corriente continua:

Motor de excitación en serie.

Motor de excitación en paralelo

Motor con excitación compuesta.

Motores universales

Motores que pueden funcionar tanto en corriente continua como en alterna. (SERGIO & BELEN, 2002a)

Poleas

Son dispositivos acoplados a los ejes y que, por mediación de las correas de transmisión, transmiten el movimiento de un eje a otros, tienen forma de rueda acanalada en su interior se inserta la correa. Dependiendo del diámetro de las poleas, se consigue aumentar o disminuir la velocidad final del eje a la que está conectada.

Si las poleas de dos ejes con correa de transmisión uniéndolas, son del mismo diámetro, la velocidad de giro en los dos ejes será la misma (él un eje genera el movimiento y el otro lo recepta). Si la polea del eje receptor es de mayor diámetro que la del eje emisor, la velocidad del receptor del receptor será menor que la del emisor. Y

si la polea del eje receptor es menor que la del eje emisor la velocidad de giro del eje receptor será mayor que la del eje emisor.

Para aumentar o disminuir las velocidades de los ejes receptores, se consigue cambiando por poleas de mayor o menor diámetro, pero también se consigue por la mediación de poleas extensibles que aumentan o disminuyen el diámetro. Las poleas deben estar limpias, en especial en la zona de contacto lateral con las correas. Hay que evitar en lo posible el contacto de estas con el aceite o grasa.

La transmisión de movimiento por mediación de correas con sus poleas no es el único método utilizado en los electrodomésticos de uso industrial, hay otros métodos como:

Barras: en mecanismos articulados unidos a ejes para transmitir un movimiento circular o para convertir este movimiento circular en otro rectilíneo.

Cables: la mayoría únicamente funcional a tracción, aunque hay cables especiales para transmitir otro tipo de esfuerzos como los cables de torsión o sirga. Algunos de estos cables realizan la función de una correa de transmisión. Algunos de estos cables están contruidos con materiales metálicos también hay cables de transmisión contruidos de materiales plásticos como el poliéster o el kevlar.

Engranajes: estos están situados dentro de una máquina y por mediación de ellos se transmite un movimiento circular, aunque generalmente lo aumentan o disminuyen, consiguiendo que inversamente disminuya o aumente la potencia de transmisión. Los engranajes deben estar siempre bañados en aceite o con suficiente grasa para evitar el máximo un excesivo desgaste por fricción.

Ruedas de fricción: que transmiten movimiento perimetral. Una rueda situada en un eje transmite por contacto a otra rueda su movimiento generado por el motor.

Este tipo de transmisión es limitado ya que no puede transmitir grandes esfuerzos entre los ejes.

Discos de fricción: transmiten un movimiento axial, como un disco de embrague, funciona de la misma manera, impiden que los rozamientos entre discos metálicos estropeen a estos. Estos se fabrican con materiales resistentes a la fricción.

Chavetas y ejes nervados: se emplean principalmente para la transmisión de grandes potencias de arranque, la chaveta impide que las potencias de arrastre hagan resbalar un eje dentro de otro, aunque quien sufre en cada arrancada o detención es la chaveta en primer lugar y segundo el alojamiento de la chaveta o sea los dos ejes.

Juntas de cardan: se emplean para unir dos ejes no alineados, incluso con distinto ángulo respecto a un imaginario eje horizontal o vertical. (Torrelles, 2015)

PLC LOGO 8.2!

Es una de las soluciones más versátiles para las industrias. Se trata de un Controlador Lógico Programable de tamaño reducido, pero posee una gran capacidad de control. Destaca por su capacidad de integración con buses estándar industriales, además su pequeño tamaño no lo limita y es capaz de absorber diversas tareas de automatización.

Un módulo LOGO! Lleva integrado el control, unidad de mando y visualización con retroiluminación, fuente de alimentación, interfaz para módulos de ampliación, interfaz para módulos de programación (card) y cable para PC, funciones básicas, temporizador, marcas digitales y analógicas, y entradas y salidas en función del modelo.

Con las soluciones que presenta SIEMENS, ha destacado por mejorar la funcionalidad que ofrece. LOGO no es una de las excepciones. Dentro de las características más comunes se pueden encontrar:

Access Tool: una nueva función para pasar valores a tablas de Excel para evaluación.

Extensión en el rango de temperatura: permite utilizar el dispositivo al aire libre de forma segura.

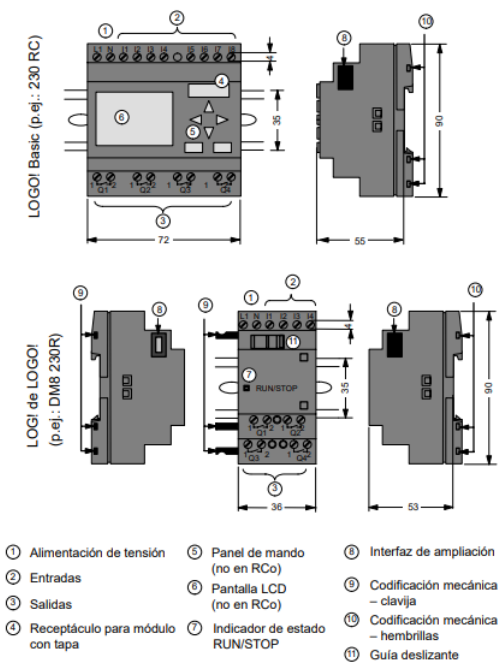
Soft Comfort: habilita diferentes ejecuciones en Windows de 32 y 64 bits, así como Mac y Linux.

Adicional a estas nuevas opciones, LOGO! Siemens cuenta con un nuevo display de alta resolución que facilita la lectura a operadores. La interfaz Ethernet ayuda a eliminar cableado extra mediante 4 puertos disponibles. (Espacios, 2019)

Características técnicas (ver figura 16)

Figura 16

Estructura de LOGO! 230 RC



Nota: En la figura se puede apreciar la estructura externa del PLC LOGO 230RC.

Tomado de (Espacios, 2019).

Las características que más se deben tomar en cuenta de este LOGO! 230RC son:

- 230: es una versión que admite de 115 V – 240V
- R: salidas de relé (sin R: salidas de transistor).
- C: temporizador semanal integrado.
- Posee en una pantalla, 8 entradas y 4 salidas (10A).
- Para realizar una conexión se debe utilizar conductores con una sección adecuada para la respectiva intensidad. LOGO! Se puede conectar con cables de una sección entre 1,5mm² y 2,5mm²

Características de software:

- Entradas digitales I1 hasta I24.
- Entradas analógicas AI1 hasta AI8.
- Salidas digitales Q1 hasta Q16.
- Salidas analógicas AQ1 hasta AQ2.
- Marcas digitales M1 hasta M24, M8: marcas de arranque.
- Marcas analógicas AM1 hasta AM6
- Bits de registro de desplazamiento S1 hasta S8
- 4 teclas de cursor.
- 16 salidas no conectadas X1 hasta X16.

Para programar LOGO! Posee una gran variedad de funciones lógicas en caso que se vaya a programar en lenguaje SF.

Dentro de logo un programa en LOGO puede ocupar, como máximo, los siguientes recursos:

- 2000 bytes
- 130 bloques
- 60 REM

Para programar se dispone de diferentes elementos en el modo de programación. Para su orientación, se pueden encontrar:

- CO: lista de bornes (conector).
- GF: lista básica de funciones AND, OR, ...
- SF: lista de las funciones especiales.
- BN: lista de los bloques disponibles para el circuito. (Graune et al., 2009)

Lenguajes de programación

Los lenguajes de programación para controladores autómatas sirven como canal de comunicación entre el sistema operativo que interpreta el lenguaje, y el usuario que tiene acceso a la configuración del programa.

La finalidad es crear instrucciones secuenciales que el CPU del autómata programable traduce salidas digitales que energizan y controlan maquinas específicas o procesos complejos.

En la actualidad se conocen dos tipos de lenguajes de programación que se dividen en visuales y escritos o también denominados como gráficos y textuales. Los lenguajes gráficos se catalogan de nivel alto, mientras que los textuales son considerados de bajo nivel.

Tipos de lenguajes

Lenguajes de texto

Dentro de este grupo se encuentran:

Lista de instrucciones (IL o STL): este lenguaje se emplea generalmente para pequeñas aplicaciones debido a la complejidad de su estructura, es muy parecido al viejo lenguaje ensamblador. Emplea instrucciones de mando que el procesador obedece siempre y cuando exista la parte operacional y el operador que da respuesta a la operación.

Texto estructurado (ST): posee una sintaxis parecida a PASCAL, se utiliza para codificar expresiones aritméticas complejas con valores analógicos y digitales, dispone de estructuras para bucles, funciones y condicionales, soporta ciclos de interacción y particularmente alterna letras mayúsculas y minúsculas en su código.

En comparación con el listado de instrucciones, este incluye la formulación de las tareas del programa.

Lenguajes gráficos:

Comprenden un conjunto reducido, pero a su vez más complejo:

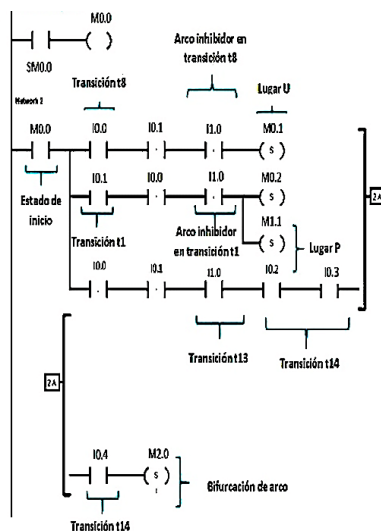
Diagrama escalera, Ladder o de contacto (LD): este es uno de los lenguajes de interface gráfica más empleado en campo, su nombre se debe a su forma estructural semejante a una escalera por donde corren dos relés verticales llamados lógica 1 y 2.

El riel izquierdo (L1) es el que recibe el flujo de energía que representa al voltaje y deja pasar la energía al riel derecho que representa a tierra. Su parecido con relés antiguos es innegable y su lectura obedece siempre la misma instrucción; la izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. (ver figura 17)

La naturaleza de este lenguaje es más simple y fácil de utilizar lo que se representa ahorro de tiempo y costes.

Figura 17

Ejemplo de Lenguaje Ladder



Nota: En la imagen se puede apreciar un ejemplo de lenguaje Ladder. Tomado de («5 Lenguajes de Programación para PLC | SEIKA Automation», 2019).

Diagrama de bloques (SFD): es utilizado para la representación gráfica de un proceso mediante símbolos lógicos, su elemento más característico son los bloques de función que albergan las variables que se transformarán la secuencia.

Las señales de salida son el producto de la señal de entrada y la operación del bloque que representan una variable asignada las cuales nunca se conectan entre sí.

Diagrama de funciones secuenciales (SFC): es una representación diagramática de secuencias de control en un programa en el que se pueden organizar subrutinas o etapas que van afectando el producto de las funciones posteriores.

La energía fluye de un punto a otro siempre y cuando se haya cumplido una condición. Este lenguaje proviene del estándar francés GRAFCET que también utiliza etapas, transiciones y acciones para su funcionamiento.

Las secuencias SFC se representan por cajas rectangulares que contienen las etapas que están conectadas por líneas verticales llamadas transiciones, por último, están las condiciones (verdadero o falso) que desbloquean la acción para seguir con las funciones siguientes.

Nota: también existen otros dos tipos de programación de nivel bajo (textual) que actualmente están en desuso, donde se pueden mencionar al lenguaje de maquina y ensamblador. Estos dos últimos fueron los precursores de los que hoy se conocen en la industria. («5 Lenguajes de Programación para PLC | SEIKA Automation», 2019)

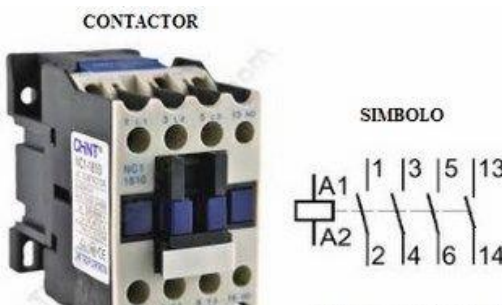
Contactores

Es el aparato mecánico que tiene una sola posición de reposo de mando no manual, capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito comprendidas en ellas las de sobrecarga en servicio. (ver figura 18)

Los contactores pueden designarse según el método utilizado para suministrar la fuerza necesaria para el cierre de los contactos principales.

Figura 1

Vista frontal de un contactor



Nota: En la imagen se puede apreciar la vista frontal de un contactor (izquierda), y la simbología del mismo (derecha). Tomado de (Giró, 1998).

Partes del contactor

Núcleo: es una parte metálica, de material ferromagnético y por lo general en forma de E, y que va fija a la carcasa. Su función es concentrar y aumentar el flujo magnético que genera la bobina colocada en la columna central del núcleo, para atraer con mayor eficiencia la armadura. Se construye de una serie de láminas delgadas, de acero al silicio con la finalidad de reducir al máximo las corrientes parasitas, aisladas entre sí, pero unidas fuertemente por remaches.

Contactos principales: son contactos instantáneos cuya función específica es establecer o interrumpir el circuito principal, a través del cual se transporta la corriente desde la red de carga, por el cual deben estar debidamente calibrados y dimensionados para dar paso a las intensidades requeridas por la carga sin peligro de deteriorarse.

Soplado de autoventilación: es una cámara que se constituye de tal manera que presenta una abertura grande en la parte inferior y una pequeña en la parte superior, produciendo una especie de chimenea, la cual enfría el aire alrededor de la chispa, apagándola rápidamente.

Soplomagnético: se canaliza el campo eléctrico formado para aumentar el arco y así poder aumentar también la resistencia, evitando que la corriente pase.

Baño de aceite: si la chispa no se extingue se produce el arco, por eso, en este sistema se sumerge la cámara apaga chispas en un baño de aceite dieléctrico que absorban el calor producido actuando como disipadores, de esta manera el aire no se ioniza y no forma el arco.

Cámara desionizadora: son cámaras en donde sus paredes se recubren con láminas metálicas que absorban el calor producido, actuando como disipadores, de esta manera el aire no se ioniza y no forma el arco.

Transferencia y fraccionamiento del arco: consiste en dividir el arco en muchos otros más pequeños, de tal manera que su extinción sea más rápida y sencilla.

Contactos auxiliares: son aquellos contactos cuya transferencia específica es permitir o interrumpir el paso de la corriente e las bobinas de los contactos o a los elementos de señalización, por lo cual están diseñados por intensidades débiles.

Existen dos tipos:

Contactos NA: llamados también instantáneos de cierre, cuya función es cerrar un circuito cuando se energiza la bobina del contactor al cual pertenecen.

Contactos NC: llamados también de instantáneos cuya apertura, cuya función es abrir un circuito cuando se energiza la bobina del contactor al cual pertenece. (Giró, 1998)

Protecciones

Las condiciones de operación anormales contra los que se deben proteger los sistemas eléctricos son el cortocircuito y las sobrecargas. Donde:

Cortocircuito: puede tener su origen en distintas formas, se pueden mencionar, fallas de aislamiento, fallos mecánicos en el equipo, fallos en el equipo por sobrecargas excesivas y repetitivas entre otras.

Sobrecargas: por lo general se presentan también por causas simples, como pueden ser instalaciones inapropiadas, operaciones incorrectas del equipo. Los motivos más comunes de las sobrecargas son los arranques frecuentes de motores, ventilación deficiente, periodos largos de arranque de motores.

Cuando se realiza el diseño de sistemas eléctricos, se desarrollan varias técnicas para minimizar los efectos de las anomalías que ocurren en el mismo, de tal forma que se diseña el sistema para que sea capaz de:

- a) Aislar rápidamente la porción afectada del sistema, de tal manera que se minimicen los efectos y se mantenga el servicio tan normal como sea posible.
- b) Reducir el valor de la corriente de cortocircuito, para reducir los daños potenciales al equipo o partes de la instalación.
- c) Proveer al sistema, siempre que sea posible, de medio de recierre automático, para minimizar la duración de fallos de tipo transitorio.

Dentro de los elementos básicos de protección son los fusibles, el mismo que es un elemento sensor y de interrupción, se conecta en serie con el circuito y responde a los efectos térmicos producidos por la circulación de corriente o través del mismo.

(Harper, 2005)

Entre los elementos de protección de un circuito eléctrico se pueden encontrar los siguientes (ver figura 19):

Fusible: es un dispositivo que tiene una resistividad casi despreciable y que se utiliza como protección ante la posibilidad de que se produzca sobrecargas elevadas o durante un tiempo largo y/o cortocircuitos.

Relé magnético: es un dispositivo que protege ante la posibilidad de que se presente un cortocircuito. La intensidad excesiva que circula, debido al cortocircuito, hace que el relé actúe por acción electromagnética sobre un núcleo de hierro, haciendo que este atraiga hacia él unos contactos cuya misión principal es la de abrir el circuito.

Relé térmico: es un dispositivo de protección por si se produce una sobrecarga. La sobre intensidad que se presenta en el circuito, a causa de la sobrecarga, provoca que el dispositivo se caliente y actuando sobre un bimetálico, haciendo que este se doble. Al doblarse, acciona una serie de contactos, de forma que estos abren el circuito.

Relé magnetotérmico: es un dispositivo que engloba a la vez las propiedades del relé magnético y del térmico, protegiendo al mismo tiempo contra sobrecargas y cortocircuitos.

Interruptor diferencial: es un dispositivo que protege ante la posibilidad de que se presente una intensidad de defecto. Los hilos conductores activos mantienen unas intensidades de corriente iguales, sin embargo, al existir una derivación en el circuito, la corriente de salida es menor que la de entrada y esa diferencia existente es la que activa el dispositivo. (González, 2006)

Figura 19

Elementos de protección eléctrica



Nota: En la imagen se puede apreciar alguno de os elementos de protección donde: fusibles (izquierda); relé termomagnético (centro); interruptor diferencial (derecha).

Tomado de (González, 2006).

Conductores eléctricos

También denominados materiales conductores son aquellos que tienen poca resistencia a la circulación de la corriente eléctrica, dadas sus propiedades específicas. Su estructura atómica facilita el movimiento de los electrones a través de ellos, por lo tanto, este tipo de elementos favorece la transmisión de electricidad.

Los conductores se pueden presentar de diversas formas, una de ellas es el material en condiciones físicas específicas, como barras de metal que no hayan sido elaboradas para formar parte de los circuitos eléctricos. A pesar de no formar parte de un montaje eléctrico, estos materiales siempre mantienen sus propiedades de conducción. (ver figura 20)

Figura 20*Conductor y su diversa variedad*

Nota: En la imagen se puede apreciar una variedad de conductores de varias medidas y protecciones. Tomado de (ELEÉTRICOS, 2019).

Los conductores eléctricos no se los obtiene solo de una variedad, sino que también se los puede encontrar unipolares, multipolares, los cuales son empleados como elementos conectores de circuitos eléctricos en las residencias e industrias. Este puede estar constituido en su interior por hilos de cobre o algún otro material conductor y recubierto de un material aislante. Además, dependiendo de la configuración del circuito, pueden diferenciarse los conductores para aplicaciones residenciales, donde se aplica cable delgado; o bien para conexiones subterráneas el cable grueso.

Características eléctricas:

Dentro de una gran variedad de características eléctricas de los conductores las más apreciables se tienen:

1. Una buena conductividad.
2. Deben poseer una conductividad adecuada, para que puedan ejecutar con el transporte de energía.

3. La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) determinó a mediados de 1913 que la conductividad del cobre en estado puro, sirve como referencia para comparar la conductividad de otros materiales.

Características físicas:

Maleabilidad: los conductores deben ser capaces de deformarse sin romperse.

Resistencia: deben ser resistentes al desgaste, soportando el estrés mecánico, altas temperaturas debido a la circulación de corriente.

Capa aislante: los aislantes deben poseer una capa adecuada. Esta capa es necesaria para evitar que exista contacto del conductor con masa.

Tipos de conductores eléctricos

Existen una gran variedad de conductores, y a su vez, una gama de materiales conductivos. Por sobresalientes, los mejores conductores con los materiales sólidos, de los cuales los que más se destacan como excelentes conductores son el oro, plata, aluminio, hierro, cobre y dentro de este grupo algunas aleaciones.

Dependiendo de la conexión que se va a realizar se pueden clasificar tres tipos de medios conductores, entre los que se tiene:

Conductores metálicos: dentro de este grupo se pueden encontrar los metales sólidos y sus diversas aleaciones.

Los conductores metálicos constan dentro de este grupo por su alta conductividad, lo cual favorece la libre circulación de la corriente eléctrica, estos ceden los electrones ubicados en la última orbita de sus átomos sin desperdiciar energía.

Por otro lado, las aleaciones se caracterizan por poseer una alta resistividad; es decir, cuenta con una resistencia proporcional a la longitud y diámetro del conductor. Las aleaciones más comunes dentro de una instalación eléctrica son el latón, hojalata; aleaciones de cobre y níquel; aleaciones de cromo y níquel.

Conductores electrolíticos: constan del grupo de soluciones constituidas por iones libres, las que ayudan a la conducción eléctrica de clase iónica. En su mayoría, este tipo de conductores se presentan en soluciones iónicas, ya que las sustancias deben someterse a desorciones parciales.

Su funcionamiento se basa en las reacciones químicas y en el desplazamiento de la materia, lo cual facilita el movimiento de los electrones.

Conductores gaseosos: dentro de esta categoría se pueden encontrar los gases que son sometidos previamente a un proceso de ionización, lo cual posibilita la conducción de energía a través de estos.

Su funcionamiento se basa en que el aire funge como conductor de electricidad cuando, al producirse la ruptura dieléctrica, sirve como medio conductor de electricidad para la formación de rayos y descargas eléctricas. (ELEÉTRICOS, 2019)

Arranques de motores

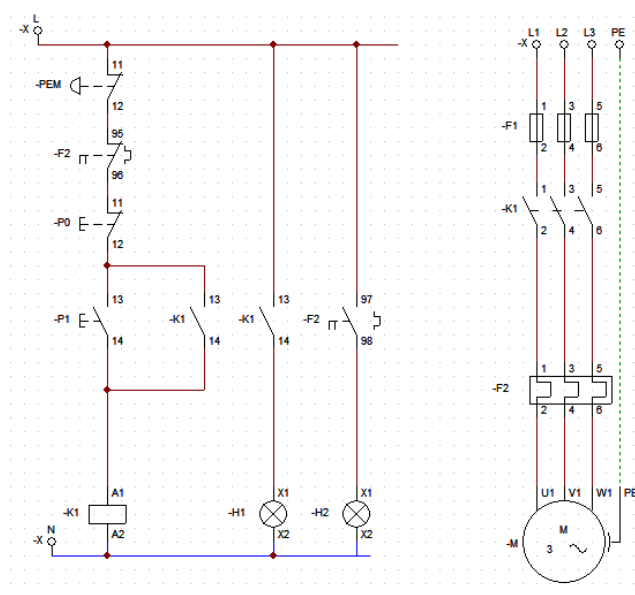
Cuando un motor arranca, la intensidad que consume en ese momento (I_a) es superior a la intensidad que va a consumir pasada esta fase inicial. En los motores con potencias inferiores a 5Kw la intensidad de arranque no pone en peligro la instalación y puede ser arrancados de forma directa. Sin embargo, en estos motores la intensidad de arranque podría afectar a las líneas de alimentación del motor, por ello con el fin de reducir la corriente de arranque se hace uso de los diferentes tipos de arranque.

Arranque directo a plena tensión

Consiste en aplicar al motor la plena tensión de la red. Este tipo de arranque se emplea generalmente en motores con toro de jaula de ardilla. (ver figura 21)

Figura 21

Arranque directo



Nota: En la figura se aprecia el diagrama de fuerza y de mando de un motor trifásico de un arranque directo.

Arranque por conmutación estrella – triángulo

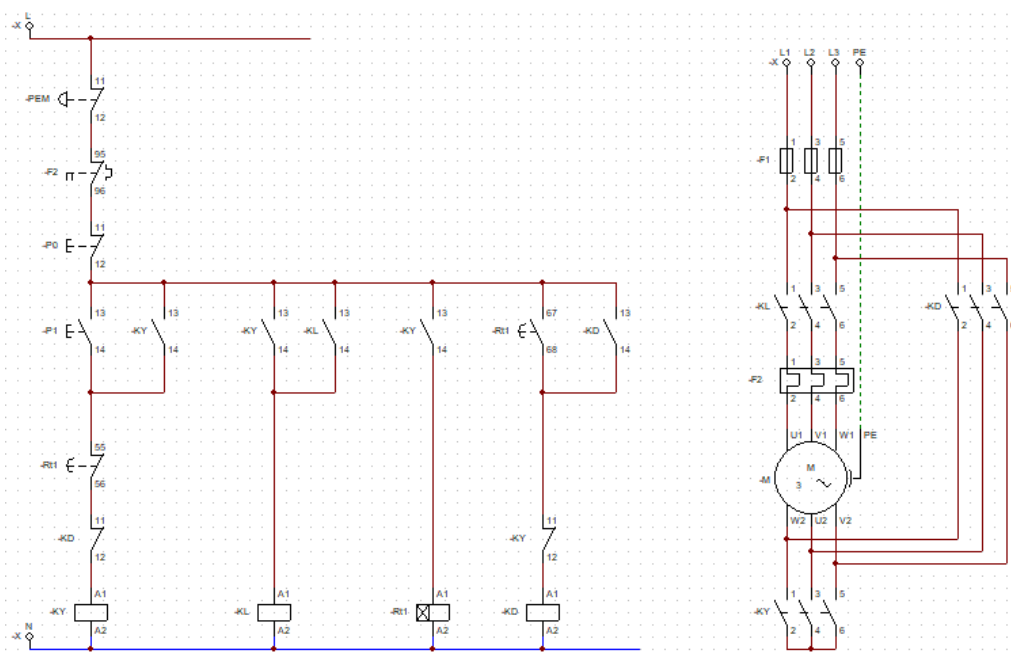
En este sistema se pretende que en la fase de arranque la tensión sea reducida y, por tanto, la intensidad sea menor. Para lo cual es necesario que no existan puentes de conexión en la placa de bornas del motor. El funcionamiento se efectúa en dos fases, donde:

Primera: fase de arranque conexión estrella (λ), donde los devanados del motor quedan conectados en serie, con lo cual la tensión de línea (V.I.) queda dividida.

Segunda: en esta fase se da ya la marcha normal en conexión triángulo (Δ), donde los devanados del motor quedan alimentados a plena tensión de línea (V.I.). (ver figura 22)

Figura 22

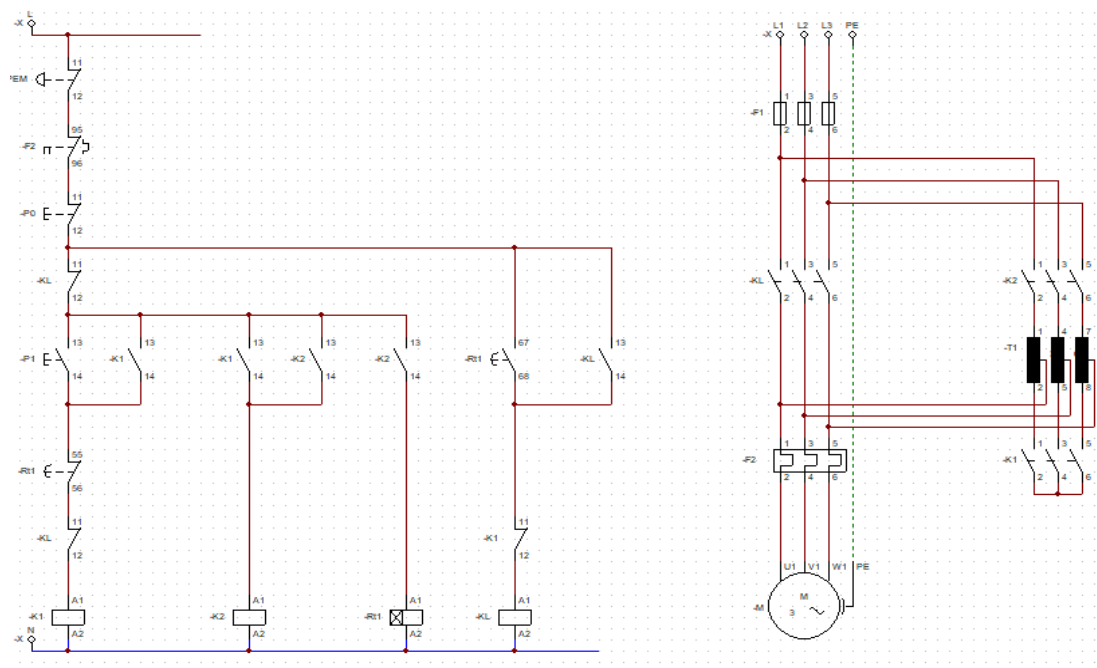
Arranque estrella – triángulo



Nota: En la imagen se aprecia el circuito de mando y potencia de un arranque estrella – triángulo.

Arranque por autotransformador

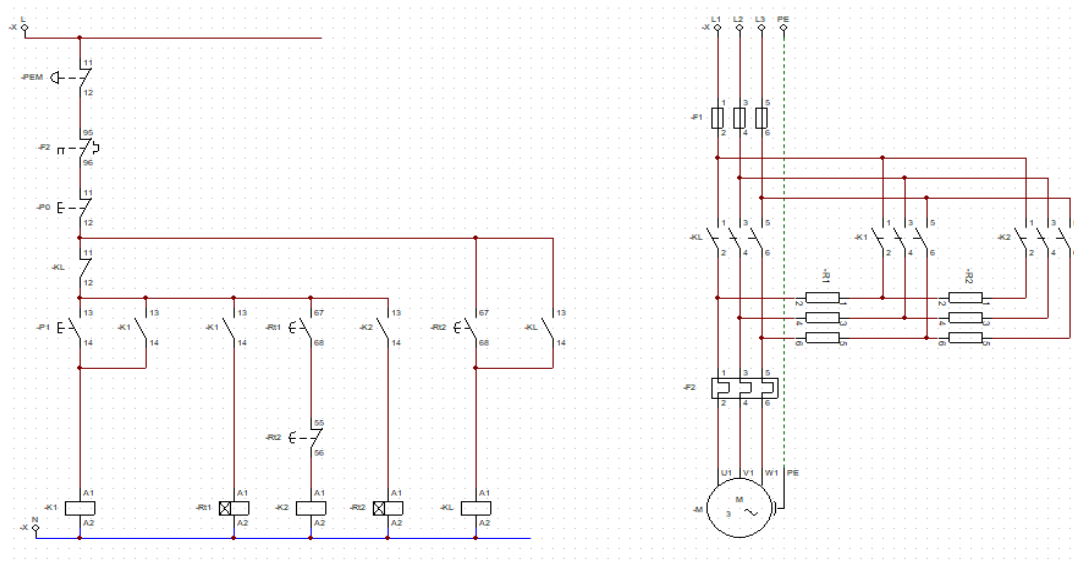
Este arranque es empleado para motores de gran potencia y con tensiones de alimentación elevada, este consiste en la entrada del motor un autotransformador reductor, con el fin de iniciar el arranque a tensión reducida e ir elevándola hasta llegar al valor de la red. (ver figura 23)

Figura 23*Arranque con autotransformador*

Nota: En la imagen se puede apreciar el arranque con autotransformador con su circuito de mando y potencia.

Arranque por resistencias rotóricas

Se hace uso en arranques de motores con rotores bobinados, para lo cual se conecta en serie con los bobinados del rotor unas resistencias exteriores que se van eliminando una vez que el motor aumenta su velocidad. (SERGIO & BELEN, 2002b) (ver figura 24)

Figura 24*Arranque por resistencias*

Nota: En la imagen se aprecia el arranque por resistencias con su circuito de mando y potencia.

Comunicación Ethernet

La comunicación ethernet se basa en el mejoramiento de la red ALOHnet en 1973. Después de las mejoras dadas a la red mencionada. La red ethernet se convirtió en la base del estándar de red IEEE 802.3 que especifico la capa física y la capa de enlace de datos e la funcionalidad de la red. (ver figura 25)

Ethernet es una tecnología para redes de datos por cable que vincula software y/o hardware entre sí. Esto se realiza a través de cables de redes LAN. De ahí que ethernet sea concebido habitualmente como una tecnología LAN. De este modo es como una red Ethernet intercambia datos entre dispositivos tales como ordenadores, impresoras, distribuidores, así como otros dispositivos que emplean este tipo de comunicación. Conectados en una red local, estos dispositivos establecen conexiones

mediante el protocolo Ethernet y pueden intercambiar paquetes de datos entre sí. El protocolo actual y más extendido para ello es el IEEE 802.3.

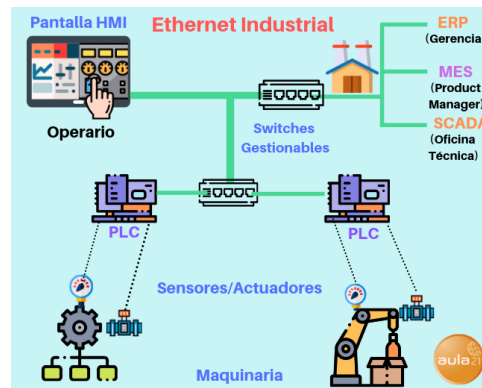
En la primera versión de esta tecnología solo tenía una velocidad de 3Mbit/s, los protocolos Ethernet actuales alcanzan velocidades de hasta 1000 megabits por segundo. Por otro lado, los estándares antiguos se restringían a un solo edificio, mientras que hoy en un día pueden alcanzar hasta los 10 KM gracias a la utilización de la fibra de vidrio. En el transcurso de su desarrollo, Ethernet ha tenido el rol dominante entre las tecnologías LAN y ha destacado entre sus numerosos competidores. La comunicación Ethernet en tiempo real es un estándar industrial para aplicaciones de comunicación.

Funcionamiento:

En una red Ethernet a cada dispositivo se le asigna una dirección propia denominada dirección MAC (48 bits). Los miembros de esta red conjunta pueden transmitir mensajes con alta frecuencia para lo que el estándar emplea el método de banda base y el de multiplexación. Por otro lado, para la comunicación mutua se utiliza el algoritmo CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection; en español, acceso múltiple con escucha de portadora y detección de colisiones). La topología de red Ethernet es lógica, es decir, puede estructurarse como bus o como estrella.

Figura 25

Ejemplo de conexión básica de una red Ethernet industrial



Nota: En la imagen se parecía la distribución de una conexión básica de una red Ethernet industrial. Tomado de («Qué es el protocolo Ethernet Industrial y cómo funciona | Red Informática», 2019).

La capa de enlaces de datos en Ethernet define su método de acceso a medios. Los enlaces semidúplex, como los conectados en topologías de bus o estrella (10/100 Base – T, 10 Base 2, 10 Base 5, entre otros), utilizan el sentido de portadora, acceso múltiple con detección de colisiones. Este método permite que múltiples nodos tengan igual acceso de la red, similar a los primeros sistemas telefónicos de línea compartida en los que los usuarios escuchaban las conversaciones en curso y esperaban hasta que la línea estuviera libre antes de poder acceder a la misma.

Red Ethernet industrial

La distribución de una red Ethernet industrial básica permite unir las redes administrativas de la empresa, las de control y supervisión de los procesos productivos (MES, SCADA, HMI, autómatas, controladores, RTU's) y la de los dispositivos (sensores, transductores, células fotoeléctricas, actuadores, entre otros) para que funcionen una red única.

La red de los dispositivos conecta los controladores con los dispositivos de E/S de la planta de producción, incluidos los sensores, como transductores, y otros equipos de automatización y movimiento, como la robótica, los variadores, de frecuencia, los actuadores. La interconectividad entre ellos se efectúa con una variedad de buses de campo tales como DeviceNet, Profibus y Modbus. Cada bus de campo tiene requisitos específicos de alimentación, cableado y comunicación, dependiendo de los diferentes factores en la aplicación de fábrica que soporta. («Qué es el protocolo Ethernet Industrial y cómo funciona | Red Informática», 2019)

Desarrollo del tema

Previo a desarrollar la automatización de un proceso, es necesario conocer la dinámica del mismo, por lo que en este proyecto primero se realizó un levantamiento de información mediante una inspección visual, y pruebas de estado y funcionamiento del molino operando de forma manual. (ver figura 26).

Figura 26

Molino manual



Nota: En la imagen se aprecia el molino manual antes de aplicarle los cambios eléctricos y mecánicos.

En las pruebas de funcionamiento manual, se evaluaron los tiempos de producción para diferentes cantidades de producto final (harina de granos) como cebada, trigo, maíz, trigo, morocho, etc. (ver tabla 3). Dentro de los productos que se observan en la tabla, la cebada, la habilla y la lenteja deben cumplir un proceso de tres pasos, donde se muele en diferentes grosores hasta conseguir una textura fina deseada, el tiempo que se observa es el total que se emplea para obtener el punto final.

La cantidad del producto ya procesado depende directamente de la cantidad que se muele y su grosor.

Tabla 3*Análisis del proceso de molienda manual*

Materia Prima	Cantidad de ingreso	Textura del producto	Cantidad de salida	Producto de perdida	Tiempo empleado	Precio de materia prima	Precio producto procesado
Maíz	1 – 5lb	Molienda media	Desde 403gr a 4,44lb.	~ 50gr por libra.	~ uno a dos minutos para obtener una libra.	~ \$0.50 ctvs., hasta los \$0,70ctvs. (acorde a la temporada)	\$1,00 dólar
		Media fina		~ 25 gr por libra.			
	Fina	~ 10 gr por libra.					
	6 – 10lb	Media fina	5,67 lb hasta	25 gr por libra.			
		Fina	las 9,44lb.	10 gr por libra.			
	11 – 15lb	Media fina	10,38lb hasta	25 gr por libra.			
		Fina	las 14,18lb.	~ 10 gr por libra.			
	16lb o más	Media fina	15,11lb en	~ de 25 gr por libra.			
Fina		adelante.	10 gr por libra.				

Materia Prima	Cantidad de ingreso	Textura del producto	Cantidad de salida	Producto de perdida	Tiempo empleado	Precio de materia prima	Precio producto procesado
Morocho	1 – 5lb	Grano partido	433.6gr hasta las 4.77lb,	15 gr por libra.	~5 min a 6 min este tiempo puede variar dependiendo o del grosor.	\$ 0,80 ctvs., la libra.	
		Molienda gruesa		10gr por libra.			
		Molienda media		20gr por libra.			
	6 – 10lb	Molienda gruesa	~5,73lb hasta las 9,55lb.	~ 10gr por libra.			
		Molienda media	las 9,55lb.	20gr por libra.			
	11 – 15lb	Molienda gruesa	~10lb hasta las 14,33lb.	10gr por libra.			
		Molienda media	las 14,33lb.	20gr por libra.			
	16lb o más	Molienda gruesa	~15,29lb.	~ 10gr por libra.			
Molienda media		~ 20gr por libra.					
Cebada	1 – 5lb						
	6 – 10lb	Molienda fina	448,6 gr en adelante.	~ 5gr.	5min o menos.	\$0,50 ctvs., cada libra.	
	11 – 15lb						
	15lb o más						

Materia Prima	Cantidad de ingreso	Textura del producto	Cantidad de salida	Producto de perdida	Tiempo empleado	Precio de materia prima	Precio producto procesado
Trigo	1 – 10lb	Molienda fina	443,6 gr producto total procesado.	~ 6 a 10gr por libra.	~ 10 a 12 min.	\$0,50 ctvs., la libra.	
Lenteja	1 – 5lb	Molienda fina Molienda extra fina	433,6 gr en adelante.	~ 15 gr a 20 gr por libra.	media hora.	La libra se obtiene en \$0,60 ctvs.	
Habilla	1 – 5lb	Molienda fina Molienda extra fina				\$0,80 ctvs.	\$1,50ctvs

Nota: En la tabla se puede apreciar el análisis de precios, tiempos y cantidad producto que se obtienen en la aplicación de la molienda manual.

Con el análisis de datos recolectados se establecen los parámetros de automatización que son necesarios implementar en el proceso de molienda, según el siguiente detalle:

- Colocar sensores en la tolva del molino, con el objetivo de detectar el nivel de manera discreta de la cantidad de materia prima. Además de evitar que el motor se pueda recalentar o las muelas del molino se puedan desgastar por el rozamiento en vacío.
- Calcular la dimensión de correas y poleas para transmitir el movimiento del motor hacia el eje del molino.
- Seleccionar un controlador con capacidad de manejar 3 señales de sensores, 4 salidas y 4 señales de entrada (pulsadores), además debe ser robusto para que opere en un ambiente con partículas de polvo en el aire, soporte vibraciones del motor.
- La automatización del molino consta de dos partes; un sistema mecánico y otro eléctrico, para el control de todo el proceso se hizo uso de un LOGO
- Se debe usar un motor monofásico, por la alimentación de la red del lugar donde se realizará la automatización (110 V).
- La tolva del molino es pequeña por lo que el proceso requiere que sea ampliada, de modo que pueda tener más cantidad de materia prima.
- El eje de rotación del eje del molino, posee un manubrio, el cual no puede ser automatizado.
- El molino no posee una estructura propia, por lo que se debe elaborar una.

Cálculos de la polea que se encuentra en el eje del motor.

Datos del motor:

Velocidad del motor: 1800rpm

Potencia del motor: ¼ HP

Radio del motor (rM): 0.76cm = 0.024 ft

Radio de la polea (rP): 3.825 cm = 0.12 ft

Radio del eje (rE): 6.65 cm = 0.21 ft

Transformación de rpm a rad/s:

Se realiza una transformación de revoluciones por minuto a radianes sobre segundo se puede observar en la ecuación 1, para posteriormente tener una facilidad de calcular las diferentes velocidades y potencias.

Ecuación 1

Conversión

$$1800 \text{ rpm} = \frac{2 \pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 188.49 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Velocidad angular de la polea:

Para calcular la velocidad angular de la polea se hace uso de la ecuación 2, donde la velocidad angular del motor se multiplica por el radio del motor y este resultado se divide para el radio de la polea del mismo. Este resultado será de radianes sobre segundo, y servirá para calcular la velocidad del eje del molino.

Velocidad del motor = Velocidad de la polea

Ecuación 2*Cálculo de ωP*

$$\omega P = \frac{\omega M * r M}{r P}$$

$$\omega P = \frac{188.49 * 0.21}{0.12}$$

$$\omega P = 37.69 \frac{rad}{s}$$

Velocidad de la polea (rpm):

Por otro lado, también se debe calcular la velocidad de la polea, donde se transforma la velocidad angular de la polea calculada anteriormente, esto para poder obtener en revoluciones por minuto para ello se emplea la ecuación 3. Esta transformación servirá para poder realizar el cálculo de la relación de transmisión motor – polea.

Ecuación 3*Cálculo de V_p*

$$V_p = 37.69 * \frac{1 rev}{2\pi rad} * \frac{60 s}{1 min} = 359.91 \frac{rev}{min}$$

Relación de transmisión motor – polea.

Para efectuar esta relación es necesario dividir la velocidad del motor con la velocidad de la polea, valores que anteriormente ya fueron calculados, estos valores deben estar en el mismo formato, revoluciones por minuto (rpm).

Ecuación 4*Cálculo de i*

$$i = \frac{\text{Velocidad del motor}}{\text{Velocidad de la polea}}$$

$$i = \frac{1800 \text{ rpm}}{359.91}$$

$$i = \frac{5}{1}$$

La velocidad de la polea es 5 veces menor que la del motor.

Velocidad del eje con respecto a la polea:

Con la ecuación 5 se calculará la velocidad del eje con respecto a la polea, donde la velocidad angular de la polea se multiplica por el radio del eje, donde la velocidad angular ya se calculó anteriormente en la ecuación 2. El resultado se verá reflejado en pies sobre segundo (ft/s).

Ecuación 5*Cálculo de VEje*

$$VEje = \omega_{Polea} * r_{Eje}$$

$$VEje = 37,69 * 0.21$$

$$VEje = 7,91 \frac{ft}{s}$$

Par de frenado del motor:

Para este cálculo es necesario la multiplicación de constante con los caballos de fuerza del motor (HP) y este resultado debe dividirse para la velocidad de motor tal y como se puede verificar en la ecuación 6, este resultado servirá para el cálculo de la siguiente ecuación. Este resultado será en libras sobre pie (lb/ft).

Ecuación 6

Cálculo del Par de frenado

$$\text{Par de frenado} = \frac{5252 * HP}{V}$$

$$\text{Par de frenado} = \frac{5252 * \frac{1}{4}}{1800}$$

$$\text{Par de frenado} = 0.71 \frac{lb}{ft}$$

Donde:

HP: caballo de fuerza

V: velocidad del motor

Constante:5252

Potencia realizada por la fuerza par de frenado.

Para está operación se aplica la multiplicación entre el par de frenado y la velocidad del motor, tal y como se aplica en la ecuación 7, donde el par de frenado fue calculado anteriormente con la ecuación anterior, el resultado de la ecuación 7 se dará en libras sobre pies por revoluciones por minuto ($\frac{lb}{ft} rmp$).

Ecuación 7

Cálculo de potencia

$$Potencia = F * V$$

$$Potencia = 0.72 * 1800$$

$$Potencia = 1296 \frac{lb}{ft} rpm$$

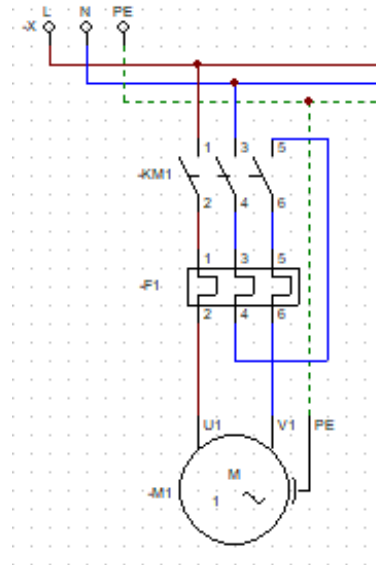
Para transformar el resultado a HP se divide para 5252: 0.24 HP. Una vez transformado el resultado de la ecuación 7, se obtiene la potencia total que se obtendrá en el molino.

El tablero de control cuenta con las protecciones necesarias para así dar una mayor seguridad al operador y al proceso, como son: breaker, portafusibles con sus respectivos fusibles de 9A (amperios), relé termomagnético. Los conductores para unir los diferentes componentes deben ser de tipo flexible AWG 14 para soportar los valores de corrientes demandados por parte del motor.

Para la conexión del circuito de fuerza se empleará el breaker, el portafusibles, el contactor y relé termomagnético, y como actuador el motor de ¼ HP a 1800RPM, este le dará el respectivo movimiento al eje del molino. La conexión que se realiza para el circuito de fuerza, con respecto al motor, se realizara la alimentación de las dos líneas como comúnmente se lo hace, sin embargo, queda libre una entrada de alimentación y salida por lo que se cortocircuita el contacto de salida (4), con el contacto de entrada (5) (ver figura 27).

Figura 27

Alimentación monofásica de un contactor



Nota: En la imagen se puede apreciar la forma en la que se va a alimentar el contactor, con la red monofásica.

Desarrollo del sistema mecánico:

La estructura del molino no consta de muchas partes tanto móviles como fijas, que se mantuvieron, siendo necesario realizar las siguientes modificaciones:

- La tolva posee un tamaño reducido por lo que no permite el ingreso de mucha materia prima por lo que se tuvo que realizarla de un tamaño más grande, siendo posible colocar tres sensores para detectar el nivel.
- Así también el eje de rotación del molino también tuvo su respectiva intervención, donde se cambió el manubrio del eje por una polea. Esta posee las siguientes características, posee doce pulgadas de diámetro, esta proveerá del respectivo movimiento al molino para que este pueda triturar los granos. La polea que se implementó en el eje del molino servirá para poder conectar este con el eje del

- motor por medio de una correa, esta proveerá de una velocidad idéntica a la que genera el motor.
- Una estructura base, en la cual se colocará el molino en la parte superior y en la parte inferior el motor el cual estará al mismo nivel que el molino. La misma que posee las siguientes características:
 - Una altura de 80cm.
 - Una mesa de 40*40 cm.
 - El lugar donde se ubica el motor es de 50* 40 cm.

Como se puede apreciar en la figura 28 el molino tiene un diseño adecuado para que no se genere rozamiento en una sola parte del ingreso del eje del molino, impidiendo el desgaste de las paredes. Para impedir este desgaste se colocó dos rodamientos a la prolongación del eje, sobre dichos rodamientos se colocó una tubería al cual se le soldó un par de tubos cuadrados con los cuales se equilibrará el peso en el eje del molino.

Figura 28

Parte mecánica del proceso



Nota: En la imagen se puede apreciar la parte mecánica del proceso.

Desarrollo del sistema eléctrico

Como el sistema consta de dos circuitos uno potencia y uno de control, se desarrolló por etapas donde primero se realizaron las simulaciones del sistema de control y pruebas de cada uno de los elementos.

Circuito de control

El algoritmo de control fue desarrollado en lenguaje Ladder en el software LOGO! Soft comfort 8.2 (ver figura 29).

Figura 29

Logo del Software LOGO! Soft Comfort V8.2



Nota: En la imagen se puede apreciar el logo del Software en el cual se trabajará para la implementación del algoritmo.

La parte de control es la base del funcionamiento del sistema, ya que establecen las acciones que se deben tomar, donde el elemento principal de esta parte es el controlador, que para el caso es un LOGO. En conjunto con este trabajarán:

- Un pulsador de marcha.
- Un pulsador de paro.
- Un paro de emergencia.
- Relé electromagnético.

Estos ayudarán al control del proceso, donde con apoyo de algunos elementos que componen la parte operativa, el control del sistema se llevará con la más rigurosa vigilancia.

Para poder realizar el control del proceso es necesario nombrar a las entradas, así también se las debe asignar a los accesos y salidas al LOGO, para lo cual se hará con una tabla de apoyo (ver tabla 4).

También se hace uso de un diagrama de conexiones, donde se especifica que elementos se asignan tanto a las entradas como a las salidas (ver figura 29), para lo cual se hace uso de otro software computacional como lo es el CAdE – SIMU versión 3.0 (ver figura 30), en este se representara las conexiones de la parte operática, así como también de la parte de control.

Tabla 4

Distribución de elementos

DISPOSITIVOS	CONEXIÓN	ENTRADAS/SALIDAS	DESCRIPCIÓN
PEM	NC	I1	Paro de emergencia
P0	NC	I3	Pulsador de paro
F2	NC	I2	Relé Térmico
P1	NA	I4	Pulsador de marcha
LSL	NA	I5	Sensor de nivel bajo (LSL)
LSM	NA	I6	Sensor de nivel medio (LSM)
LSH	NA	I7	Sensor de nivel alto (LSH)
K1		Q1	Contactador del motor
H1		Q2	Señalización de bajo

DISPOSITIVOS	CONEXIÓN	ENTRADAS/SALIDAS	DESCRIPCIÓN
H2		Q3	Señalización medio
H3		Q4	Señalización de alto

Nota: En la tabla se indican los elementos de entrada y salida que ven en el controlador programable, así como el tipo de conexión que van a ir en las entradas, se especifica también si el dispositivo pertenece a la entrada o salida con su respectiva distribución, y la respectiva descripción del componente a conectarse en el LOGO.

Figura 30

Logo del Software CADe SIMU

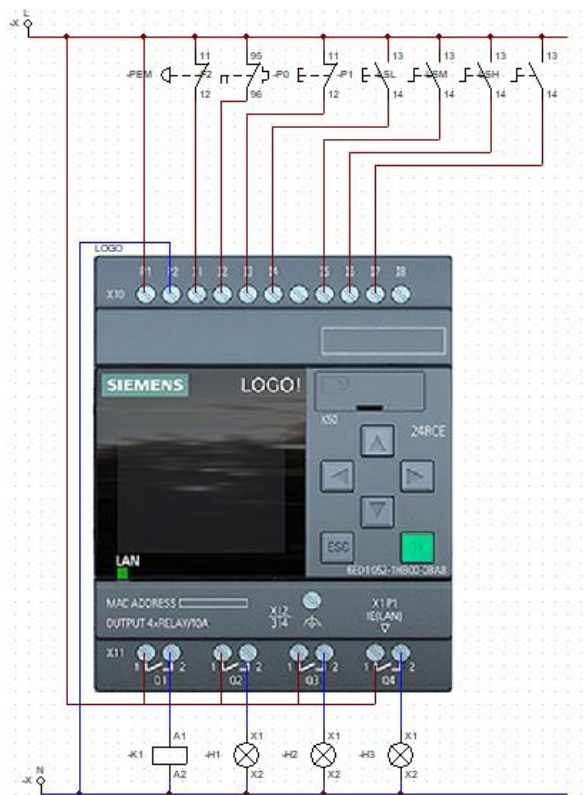


Nota: En la imagen se aprecia el logo del software donde se realizará los esquemas de mando y potencia.

En la figura 31 así también se lo puede apreciar en el anexo D se puede observar la conexión de los elementos al LOGO como se mencionó anteriormente, donde: se especifican las alimentaciones del controlador y de los elementos. También se especifican los nombres de cada uno de los elementos que ingresan y salen del controlador programable.

Figura 31

Esquema de conexiones al LOGO

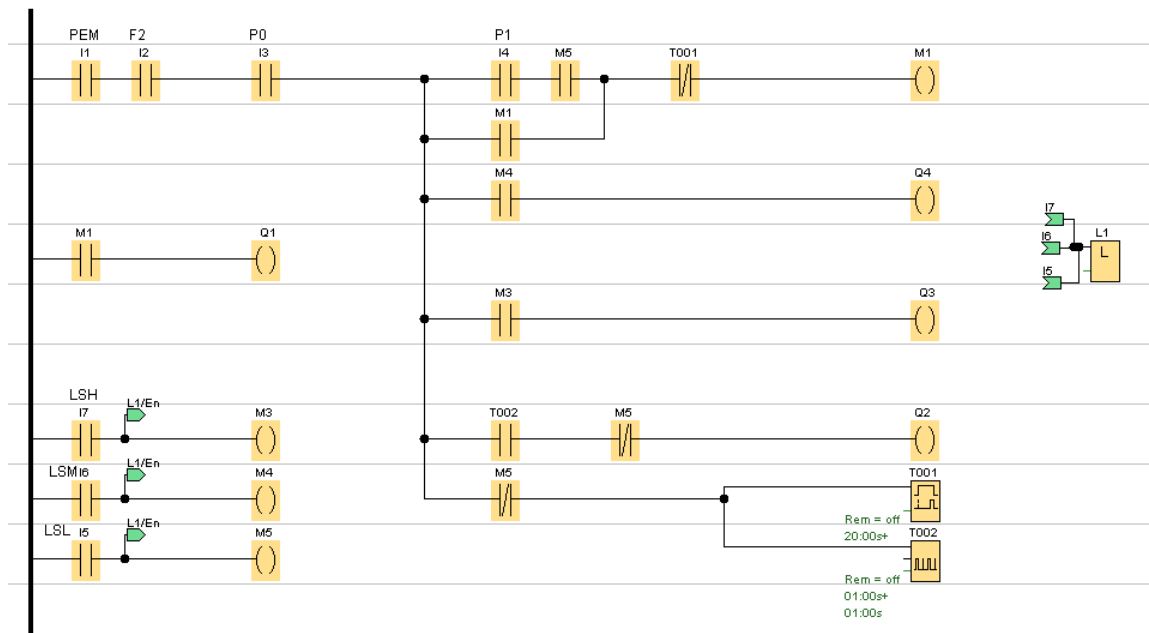


Nota: En la imagen se puede apreciar el esquema de mando del sistema a controlarse.

Una vez determinada la distribución de los elementos se procede a realizar el algoritmo con el cual trabajará el proceso, como se puede observar en la figura 32 en todo el proceso se hace uso de un comando que permita tener al motor activo siempre y cuando haya materia prima en la tolva del molino, por lo que implica que el sensor LSL debe estar activo, en un caso que el producto se vaya terminando o sea que el sensor LSL ya no detecte producto se encenderá un luz de manera intermitente y de igual manera se activará un relé de tiempo (temporizador) que dará un tiempo para que se vuelva a colocar más producto.

Figura 32

Algoritmo implementado



Nota: En la figura se parecía el algoritmo con el cual el sistema está operando.

En el caso que no se ingrese más producto en el tiempo determinado la bobina del contactor se desconectará, dando como resultado el apagado del motor. El temporizador sirve como protección para que el motor no opere en el vacío y no se dañen, tanto el motor como las muelas del molino.

Como agregado especial se hace la recopilación de datos con ayuda de Excel (ver figura 33) y con una instrucción, se obtiene el perfil de registro de datos (ver figura 34), esta instrucción solo se la puede usar una vez en todo el proceso, así también ayudará a recoger los datos de las entradas y salidas dando los resultados en binario, de los cuales los más importantes para el proceso son los datos de las entradas I5, I6 e I7, (ver tabla 5), los datos recolectados se pueden almacenar en una tarjeta SD externa que el LOGO acepta hasta los ocho GB y si en un caso también se puede almacenar en

la memoria interna del LOGO que tiene una capacidad de 521bytes, los cuales también cuentan los bloques empleados y el espacio restante será en el cual se almacene los datos de ON y OFF de las entradas, en el caso que el espacio restante se llegue a llenar solo se guardara los datos que si alcanzaron a ingresar a la memoria, pero los demás datos se borrarán y no se almacenarán, por lo que es necesario cada cierto periodo revisar y el espacio de memoria.

Tabla 5

Conversión de los datos recogidos

I5	I6	I7	Datos en decimal (lb)
1	0	0	1 lb
1	1	0	2.5 lb
1	1	1	5 lb

Nota: En la tabla se aprecia la conversión de binario a decimal respectivamente a la ubicación de los sensores capacitivos.

Figura 33

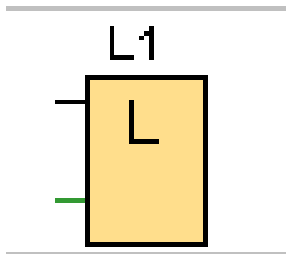
Logo de Excel



Nota: En la imagen se puede apreciar el logo del software por el cual se realizará la respectiva adquisición de datos.

Figura 34

Instrucción perfil de registro de datos



Nota: En la figura se parecía la instrucción con la cual los datos se guardarán en la memoria del LOGO (perfil de registro de datos).

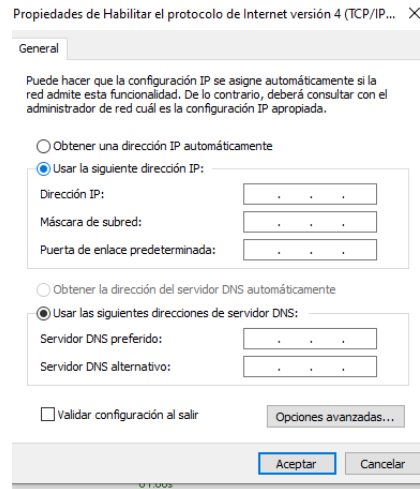
Ya determinada la distribución de los elementos de control y el algoritmo con el cual se operará se procede a realizar las simulaciones de operación total.

Comunicación LOGO! – PC.

Para simular si el proceso está funcionando adecuadamente se procede a realizarlo por partes de manera física, por lo que se empezó por hacerle encender al LOGO (controlador) y cargarle el algoritmo deseado, para lo cual al ser un dispositivo nuevo se debe configurar a la PC para que lo reconozca y se pueda cargar (ver figura 35).

Figura 35

Ingreso de datos del LOGO! a la PC



Nota: En la imagen se parecía el ingreso de datos del LOGO! a la PC, para que esta pueda reconocer el dispositivo.

Una vez ingresado los datos del controlador se procede a realizar la carga del algoritmo desde la PC al LOGO, por medio de comunicación Ethernet, red LAN, y para realizar la verificación se procede a revisar dentro del controlador programable (ver figura 36), esto se verifica antes de desconectar la red LAN.

Para obtener los datos del controlador (LOGO), se puede verificar el manual de usuario o bien se puede verificar los datos del mismo dirigiéndose al menú principal, de ahí con los cursores se dirige hasta red, con el OK se ingresa y ahí se encuentran todos los datos del logo:

- Dirección IP: 198.168.000.003
- Mascara de subred: 255.255.255.000
- Pasarela:192.168.000.000
- Dirección MAC: ED – AC – DC – A0 – 96 – 63 – 75

De acuerdo con las características de la dirección MAC se determina que el dispositivo es de tipo 230RCE, el cual se alimenta con 120/240v de corriente alterna, como se puede apreciar en el Anexo A.

Ya con el algoritmo cargado se procede a verificar que las entradas estén adecuadas, por lo que se realiza una conexión desde fase hasta la entrada a verificar, y esto se puede observar en el panel principal del logo, ayudándose con los cursores de derecha a izquierda.

Figura 36

Conexión LAN



Nota: En la imagen se aprecia la conexión entre el dispositivo (PLC LOGO!) y la PC.

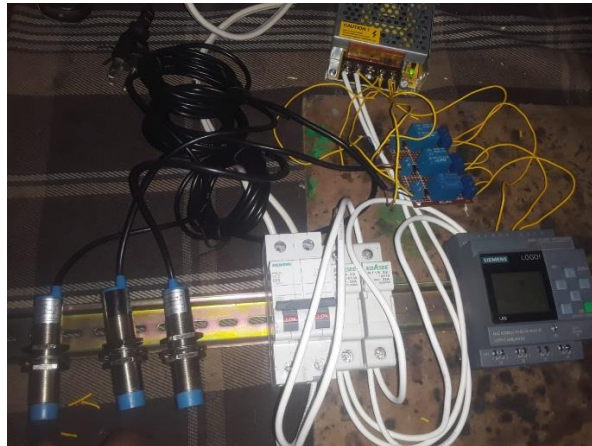
Ya verificado el funcionamiento de las entradas se procede a realizar las simulaciones físicas de los sensores como se puede apreciar en la figura 37, para lo cual revisando los manuales técnicos de los sensores (como se puede apreciar en el Anexo B) se tiene:

- Dos sensores NPN (NA), con alimentación en corriente continua (10 – 30 VDC).
- Un sensor PNP (NA), con alimentación en corriente continua (10 – 30 VDC).

En vista que los sensores operan de 10 a 30 VDC, y la señal que requiere el LOGO es de diferente característica, se empleó relés como interfaz.

Figura 37

Conexión de sensores al controlador



Nota: En la figura se parecía las pruebas de operación de los sensores con el controlador, por medio de un banco de relés.

El relé dentro de la corrección realizada representa una gran ayuda ya que este permite alimentar a los sensores con los 12 VDC y enviar al logo una señal de 110 VAC. Así también evita que se realice una adquisición extra de sensores que se adapten a los 110VAC, y a la vez son difíciles de adquirir ya que los sensores capacitivos son muy difíciles de conseguir para alimentaciones en corriente alterna.

Una vez corregido los errores presentados por los sensores, se procede a realizar las simulaciones con el contacto normalmente cerrado (NC) del relé termomagnético, la bobina del contactor, los pulsadores y el paro de emergencia, como se puede ver en la figura 38, con las pruebas empleadas se verifico que el sistema opera adecuadamente y sin inconveniente, por lo que la implementación de la parte operativa se vuelve más segura y acertada.

Figura 38

Conexión de todos los elementos de entrada



Nota. En la figura se aprecia las pruebas del circuito de mando.

Circuito de potencia.

En esta parte se encuentran todos los elementos que trabajan con corrientes elevadas, la misma que se basa en la corriente que consume el motor (actuador), tomando en cuenta que la corriente del motor varía en dos diferentes, tomando que la primera es la de arranque que es de 7 A, la segunda es la corriente que se mantendrá siempre en 6.78 A, por lo tanto, los elementos de protección deben adaptarse a los arranques y las condiciones normales.

En esta parte se tiene:

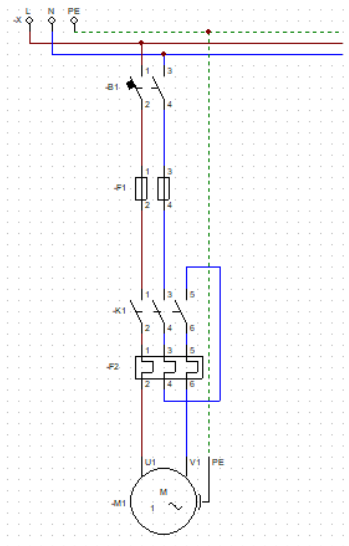
- Breaker: alimentación de 110V; corrientes de hasta 20 A.
- Porta fusibles: soporta corrientes des hasta 32 A.
- Sensores capacitivos (transductores).
- Contactor: corriente de 9 A, alimentación de 110V, posee un contacto NA y un NC/NO.

- Relé termomagnético: corriente de 7 – 10 A alimentación de 110V, posee un contacto NA y un NC/NO.
- Motor de 1800 HP: con alimentación de 110V; corriente de arranque de 7 A, corriente nominal de 6,48 A.
- Luces de señalización alimentación de 12 – 450 VAC; soporta corrientes de hasta 20mA.

Estos elementos son los que operaran en conjunto con la parte de mando siendo, los actuadores las ayudas visuales donde se observará el resultado del algoritmo cargado al controlador lógico, para lo cual también se emplea un circuito diseñado en CADe – SIMU. En este circuito (ver figura 39), se encuentran los elementos de protección y el actuador principal.

Figura 39

Circuito de potencia del proceso



Nota: En la figura se puede apreciar el circuito de potencia con el cual el proceso trabajará.

Como se puede observar en la figura 40 esta parte no es compleja de armar, ya que consta de una poca cantidad de elementos. El elemento principal dentro de la parte operativa es el contactor ya que es el que se comunica como el controlador lógico y recibe las ordenes de activarse o desactivarse y este a su vez envía dichas señales al motor. El elemento secundario de importancia es el relé termomagnético ya que protege al motor de posibles sobrecargas y cortocircuitos, producidos por el motor, este también opera con el LOGO, por medio de un contacto NC, que se conecta a una de las entradas del controlador programable.

Antes de integrar esta parte directamente a la parte de mando, se realizan las respectivas simulaciones de operación, con la cual se verifica que lo elementos de protección no se activarán, cortando el paso de alimentación al momento del arranque (ver figura 40).

Figura 40

Implementación del circuito de fuerza (pruebas)



Nota: En la figura se aprecia las pruebas del circuito de potencia, con ayuda de un arranque directo, con las protecciones necesarias.

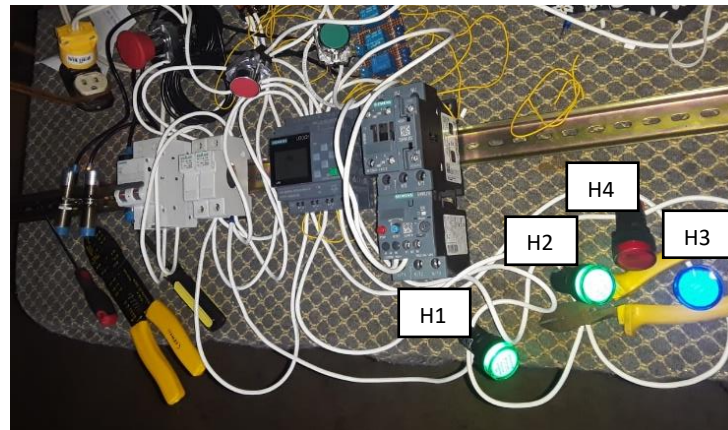
Dentro de este circuito de fuerza no se presentan errores.

Sistema automático completo

Después de haber realizado las simulaciones de cada una de las partes del proceso se procede a realizar las pruebas del sistema en conjunto, para verificar errores que puedan presentarse en el sistema a controlarse, para lo cual se lo implemento fuera del eje del molino como un circuito externo, como se puede verificar en la figura 41 tiene todos los conductores fuera de sitio, porque es una prueba de operación.

Figura 41

Pruebas del sistema eléctrico completo



Nota: En la figura se puede apreciar las pruebas de funcionamiento del sistema eléctrico completo.

Dentro de este esquema simulado solo se emplea luces de señalética donde:

1. H1 indicador del funcionamiento del motor (verde).
2. H2 indicador de nivel medio (verde).
3. H3 indicador de nivel alto (azul).
4. H4 indicador de nivel bajo; próximo a vacío, dando la señal que dentro de un tiempo se apagará el motor (rojo).

En este sistema aún no se guardan los datos de encendido y pagado de los sensores, para observar que cantidad de materia se trituro, esto por motivos que el espacio de memoria restante ocupara en vano, cosa que aún no conviene ya que solo son pruebas de operación.

Para el sistema que ya se implementará con el eje del molino, ya se le integrará la instrucción de registro de datos, para posterior procesarla y verificar la cantidad de producto procesado, esto con ayuda de Excel.

Implementación de los sistemas mecánico y eléctrico.

Para que el molino pueda triturar el grano el molino debe girar en sentido horario por lo que antes de la implementación se debe verificar las conexiones. Para lo cual se empleó un arranque directo para verificar para que lado el motor está operando, lo que dio como resultado que el motor gira para el lado erróneo, por lo cual es preciso realizar una inversión de giro directa, ya que como el sistema va a operar en un solo sentido, no presenta la necesidad de otro contactor (bobina). (Ver figura 42)

Figura 42

Pruebas de operación del sistema completo



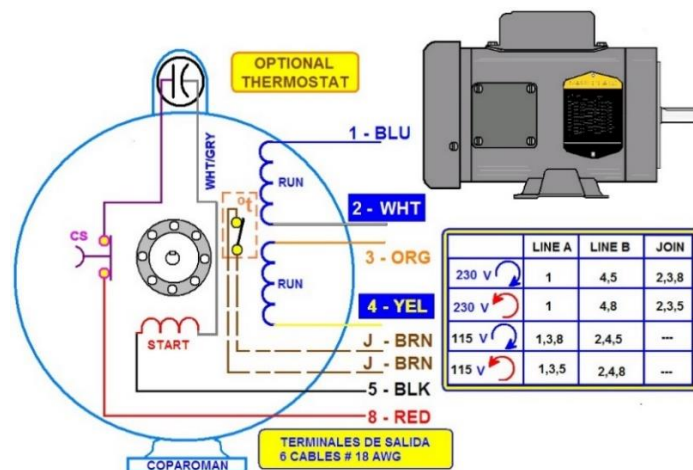
Nota: En la figura se aprecia las pruebas de funcionamiento del sistema mecánico, con ayuda del arranque directo.

Como se puede apreciar en la figura 43 se presentan las conexiones referenciales para realizar el control de giro de un motor que puede ser alimentado con 110 o 220V AC, y que las variaciones de movimiento son muy necesarias en determinados casos.

Esta figura es referencial y específicamente para un motor que puede ser alimentado ya sea con red monofásica o trifásica.

Figura 43

Conexiones del motor cambios de giro



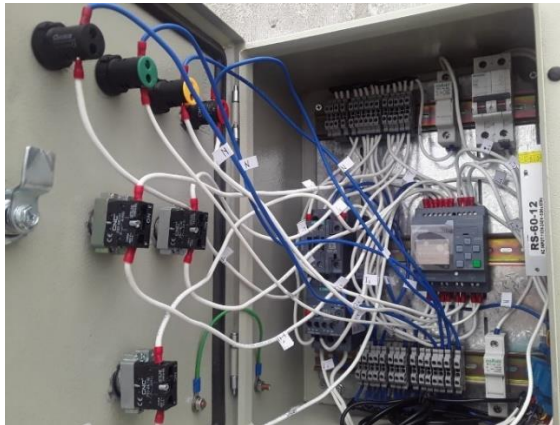
Nota. En la imagen se puede apreciar las conexiones que se pueden realizar al motor, tanto para la alimentación trifásica, así como de la monofásica. Específicamente para el motor que se está utilizando.

Una vez realizada la inversión de giro respectiva, se procede a armar el sistema completo, donde, se comienza por el tablero de control colocando los todos los elementos de señalética y control en la tapa del tablero como se puede apreciar en la figura 44 y así también se puede apreciar que en el interior del mismo se coloca el controlador (PLC LOGO!), el breaker, los portafusibles, le contactor, las borneras, estos

con ayuda de un riel dividido en tres secciones, para que los elementos no queden sobre montados.

Figura 44

Tablero armado



Nota: En la imagen se puede observar el tablero de control completo.

Para conectar los elementos tanto de la tapa como del interior, se hace uso del conductor ya mencionado anteriormente colocándole terminales en cada una de las uniones, esto para evitar que si en un caso uno de los hilos del conductor se quede suelto y haga contacto con masa y provoque un cortocircuito. Para diferenciar entre fase y neutro se emplean dos colores diferentes del aislante de conductor.

- Azul = neutro.
- Blanco = fase/salida e ingreso señales al controlador lógico programable (PLC LOGO!).

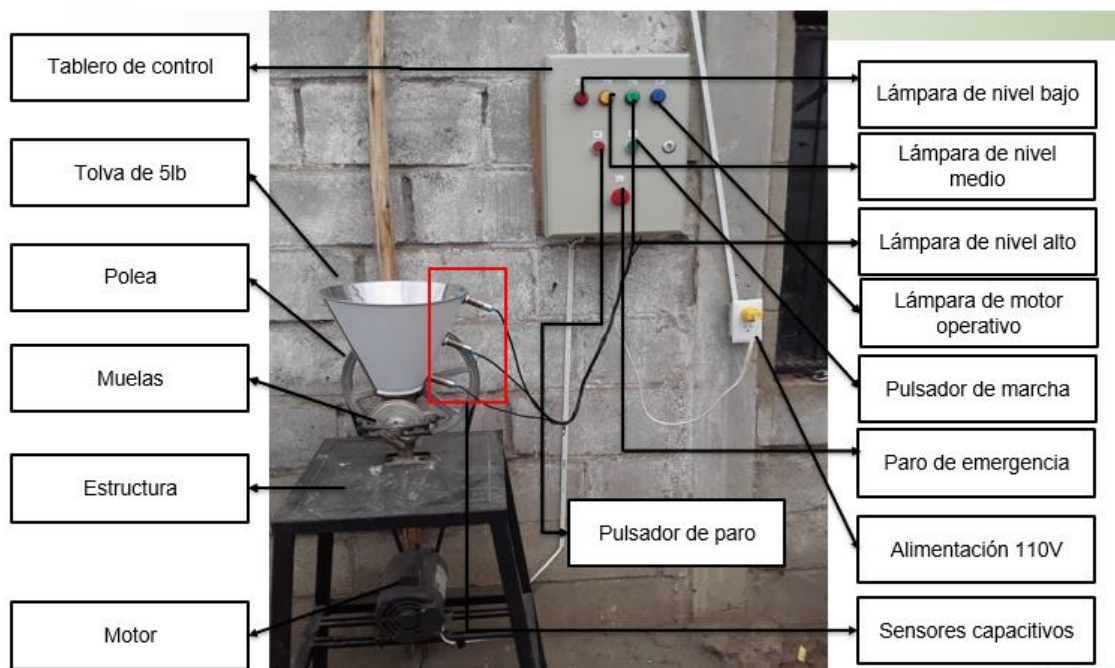
Una vez ya armando el tablero se procede a implementar la parte mecánica, donde se encuentra el motor y los sensores, estos últimos son los que controlaran la operación del primero.

Como se puede observar en la figura 45 la unión de la parte mecánica y eléctrica se lo hace por medio de conductor gemelo AWG #12, con sus respectivos terminales.

Una vez concluido con el armando se procede a realizar las pruebas de operación, donde se verificará que operé adecuadamente, por lo cual, es necesario colocar grano, y se empieza con maíz seco por lo que este grano es más suave.

Figura 45

Sistema de molienda automática completa



Nota: En la figura se puede observar el sistema automatizado completo.

Tablas de conversión en Excel.

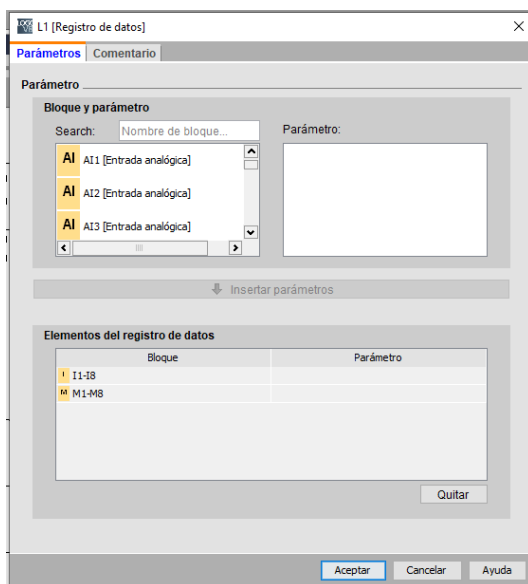
Ya puesto en marcha todo el proceso se realiza la primera toma de muestras con ayuda de la instrucción de recolección de datos y Excel. Como se puede apreciar en la figura 46. Los datos que ingresan se almacenan en el LOGO son administrados en

Excel. Para obtener una mejor comprensión de la funcionalidad de esta instrucción, que solo puede ser usada una vez por cada algoritmo a implementarse.

Como se puede apreciar en la tabla 6, los datos adquiridos son en sistemas binario, por lo que con ayuda de la tabla 5, se realiza la conversión de datos y observar que cantidad de materia prima se procesa.

Figura 46

Ingreso de los datos a recolectar



Nota: En la imagen se puede apreciar la configuración de la instrucción: perfil de registro de datos.

Tabla 6*Adquisición y conversión de los datos recolectados*

TIME	DATOS ADQUIRIDOS DEL LOGO																DATOS CONVERTIDOS	
	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	ENTRADAS LÓGICAS	CONVERSIÓN
12/1/2021 12:00	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	111	5lb
12/1/2021 12:01	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	110	2,5lb
12/1/2021 12:01	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	100	1 lb
12/1/2021 12:01	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	111	5lb
12/1/2021 12:01	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	110	2,5lb
12/1/2021 12:10	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	100	1lb
12/1/2021 12:10	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	110	2,5lb
12/1/2021 12:10	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	100	1lb
12/1/2021 12:20	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	100	1lb
12/1/2021 12:20	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	111	5lb
12/1/2021 12:50	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	110	2,5lb
12/1/2021 12:50	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	100	1lb
12/1/2021 12:50	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	110	2,5lb
12/1/2021 12:50	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	110	2,5lb
13/1/2021 10:00	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	110	2,5lb
13/1/2021 10:01	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	100	1lb
14/1/2021 15:00	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	111	5lb
14/1/2021 15:00	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	110	2,5lb
14/1/2021 15:01	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	100	1lb
14/1/2021 15:01	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	110	2,5lb

Nota: En la tabla se puede apreciar los datos adquiridos y la respectiva conversión realizada para verificar que cantidad de producto se procesó.

Para desarrollar la tabla de comparación se realiza la molienda de una cantidad disminuida de granos con la cual se verifica que cantidad de producto molido se pierde, el tiempo que se emplea en triturar los granos seleccionados.

Resultados tabulados

Una vez concluida con las pruebas de operación se procede a poner en funcionamiento el sistema, esto para realizar la tabla de resultados finales, en la cual se puede evidenciar que los tiempos de operación se reducen de gran manera y de igual modo la cantidad de pérdida de harinas, como se puede observar en la tabla 7.

Para obtener los datos resultantes de la tabla se procede a realizar aplicación con hasta 3 libras de materia prima, esto por motivos que aún no es temporada de granos secos.

Para evitar muchas pérdidas del producto procesado, fue necesario implementarle una tapa para las muelas del molino, ya que por la velocidad a la que se encuentra genera que el polvo salpique en todas direcciones.

Como se puede evidenciar en la tabla 3, los períodos que se emplean para obtener producto final son mucho mejores, además que las pérdidas de producto final son poco apreciables, por lo que se aprecia que la automatización del molino de mano, resulto productivo.

Tabla 7*Tabla de resultados con producto mínimo*

Materia Prima	Cantidad de ingreso	Textura del producto	Cantidad de salida	Producto de perdida	Tiempo empleado	Precio de materia prima	Precio producto procesado
Maíz	1 – 3lb	Molienda media	443.6gr a 2.99lb.	~ 10gr por lb.	0.30s (medio minuto).	\$0.50 ctvs., hasta los	
		Media fina		~ 5 gr por lb.		\$0,70ctvs. (dependiendo	
		Fina		~ 2 gr por lb.		de la emporada)	
Morocho	1 – 3lb	Grano partido	~ 448.6gr hasta las 2.98lb.	~ 5 gr por lb.	1min.	\$ 0,80 ctvs., la lb.	\$1,00 dólar americano
		Molienda gruesa		2gr por lb.			
		Molienda media		~ 7gr por lb.			

Materia Prima	Cantidad de ingreso	Textura del producto	Cantidad de salida	Producto de perdida	Tiempo empleado	Precio de materia prima	Precio producto procesado
Cebada	1 – 3lb	Molienda fina	451,85 gr, de una lb	1.75gr.	1 min a lo mucho.	\$0,50 ctvs., cada libra.	
Trigo	1 – 3lb	Molienda fina	448.6 gr	~1,85 a 5gr por lb	5min.	\$0,50 ctvs., la libra.	
Lenteja	1 – 3lb	Molienda fina	441.6gr de cada libra de producto en bruto.	~ 5gr a 12.6 gr.	15 min, que se realizan tres moliendas de distintos grosores.	La libra se obtiene en \$0,60 ctvs.	
Habilla	1 – 3lb	Molienda extra fina				\$0,80 ctvs., la lb	\$1,50ctvs

Nota: En la tabla se puede apreciar los resultados obtenidos del análisis de mejoran con las mejoras realizadas al molino

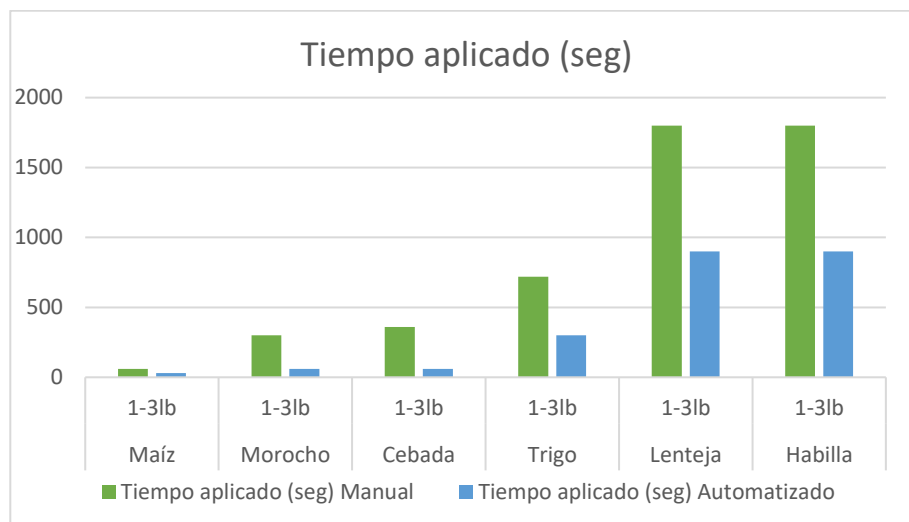
En base a los datos recolectados, se procede a realizar las tablas de comparación entre los tiempos (ver tabla 8) (ver figura 47), las pérdidas de materia prima (ver tabla 9) (ver figura 48) y el total del producto procesado (ver tabla 10) (ver figura 49).

Tabla 8

Tiempos aplicados

Materia prima	Cantidad	Tiempo aplicado (seg)	
		Manual	Automatizado
Maíz	1-3lb	60	30
Morocho	1-3lb	300	60
Cebada	1-3lb	360	60
Trigo	1-3lb	720	300
Lenteja	1-3lb	1800	900
Habilla	1-3lb	1800	900

Nota: En la tabla se puede observar la comparación de tiempos aplicados para obtener el producto final.

Figura 47*Tiempo aplicado*

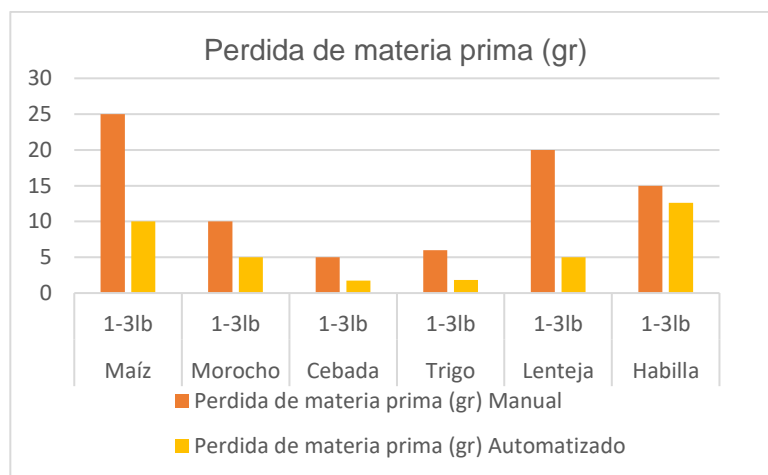
Nota: En el diagrama de barras se puede comparar la diferencia de tiempo de funcionamiento entre operación manual y operación automática.

Se realizaron pruebas de funcionamiento manual del molino como muestra la tabla 3, después de automatizar se repitieron las pruebas bajo las mismas condiciones obteniéndose los resultados de la tabla 7, básicamente al comparar estos dos parámetros se determinó que el tiempo utilizado para la molienda disminuyó, para lo cual se puede evidenciar que en la molienda de maíz antes se demoraba 60 segundos y una vez automatizado el molino se redujo a 30 segundos, un caso muy denotativo es el de la habilla donde el tiempo se redujo de 1800 segundos a 900 segundos.

Tabla 9*Perdida de materia prima*

Perdida de materia prima (gr)			
Materia prima	Cantidad	Manual	Automatizado
Maíz	1-3lb	25	10
Morocho	1-3lb	10	5
Cebada	1-3lb	5	1,75
Trigo	1-3lb	6	1,85
Lenteja	1-3lb	20	5
Habilla	1-3lb	15	12,6

Nota: En la tabla se puede apreciar la comparación de las cantidades de pérdida de materia prima, en manual y automático.

Figura 48*Perdida de materia prima*

Nota: En el diagrama de barras se aprecia la cantidad de materia prima perdida en el proceso de molienda de forma manual comparada de forma automática.

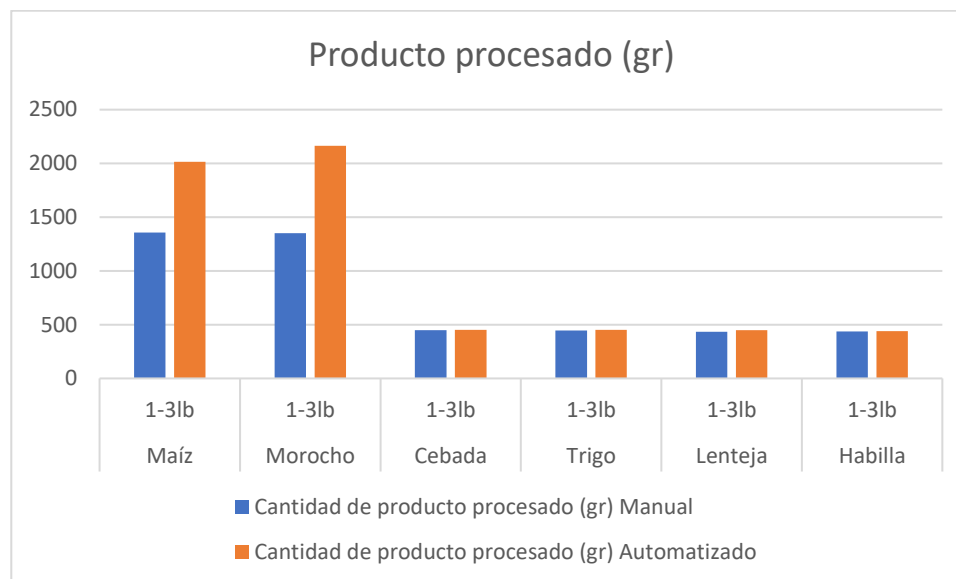
Se realizaron pruebas de funcionamiento manual del molino como muestra la tabla 3, después de automatizar se repitieron las pruebas bajo las mismas condiciones obteniéndose los resultados de la tabla 7, básicamente al comparar estos dos parámetros se determinó que la pérdida de materia prima disminuyó, para lo cual se puede evidenciar que en la molienda de cebada antes se perdía 5 gramos y una vez automatizado el molino se redujo a 1,75 gramos, un caso muy denotativo es el de la lenteja donde la pérdida se redujo de 20 gramos a 5 gramos.

Tabla 10

Producto procesado

Cantidad de producto procesado (gr)			
Materia prima	Cantidad	Manual	Automatizado
Maíz	1-3lb	1356,32	2014,07
Morocho	1-3lb	1351,78	2163,76
Cebada	1-3lb	448,6	451,85
Trigo	1-3lb	446,63	450,78
Lenteja	1-3lb	432,63	447,6
Habilla	1-3lb	437,63	440,03

Nota: En la tabla se puede apreciar la cantidad de producto final, en manual y automático.

Figura 49*Producto procesado*

Nota: En el diagrama de barras se puede apreciar la representación de la tabla 11, que refiere sobre la cantidad de producto procesado.

Se realizaron pruebas de funcionamiento manual del molino como muestra la tabla 3, después de automatizar se repitieron las pruebas bajo las mismas condiciones obteniéndose los resultados de la tabla 7, básicamente al comparar estos dos parámetros se determinó que la cantidad de producto procesado aumento, para lo cual se puede evidenciar que en la molienda de lenteja antes se procesaba 432,63 gramos y una vez automatizado el molino se produjo 447,6 gramos, un caso muy denotativo es el de la morocho donde se produjo de 1351,78 gramos a 2163,76 gramos.

Conclusiones

- Para automatizar el molino fue necesario; utilizar un motor monofásico, por la alimentación de la red existente, colocar sensores en la tolva del molino, para evitar el funcionamiento en vacío, así como relacionar nivel materia prima con cantidad de harina requerida. Se seleccionó un LOGO! 230RC como controlador por ser robusto con capacidad de operar en un ambiente con partículas de polvo en el aire y trabajar sin que le afecten vibraciones del motor.
- La automatización del molino involucró una modificación en la estructura es necesario colocar correas y poleas para transmitir el movimiento del motor hacia el eje del molino. Elaborar un soporte para todo el sistema y modificar la tolva de modo que pueda acumular más cantidad de materia prima, considerando que el operador pueda acceder al sistema sin exponerse a los elementos en movimiento.
- A través de tablas de comparación se determinó que la automatización del molino resulto de manera adecuada, ya que los tiempos de operación, las pérdidas de producto y el producto procesado final es sustancialmente mejor, por ejemplo, en de la habilla donde el tiempo se redujo de 1800 segundos a 900 segundos, la lenteja donde la perdida se redujo de 20 gramos a 5 gramos y el morocho donde se produjo de 1351,78 gramos a 2163,76 gramos.

Recomendaciones

- Cuando se vaya a implementar un perfil de registro de datos tomar en cuenta que en diagrama Ladder solo permite guardar datos de una sola variante ya sean entradas o salidas, mientras que en el diagrama de bloques hay mejor accesibilidad para conservar los datos de entrada y salida al mismo tiempo, por lo tanto, solo para realizar la adquisición de datos se empleó el diagrama de bloques.
- Antes de implementar el circuito de control, se debe verificar que los voltajes de salida emitidos por los sensores sean los adecuados para que el controlador lógico programable pueda leerlos y de esta manera se pueda cumplir con el proceso.
- Para comprobar el funcionamiento tanto del algoritmo como del sistema en general se debe aplicar tablas de comparación, las cuales permitirán observar las ventajas de un molino automatizado vs un molino manual.

Glosario

A: Amperios.

Algoritmo: conjunto de acciones ordenadas, que en conjunto cumplen con un fin determinado.

AWG: Calibre de alambre americano.

MAC: Control de acceso a medios.

NA /NC: Contacto normalmente abierto o cerrado.

Perfil de registro de datos: Almacena datos tanto digitales como analógicos como archivo CVS, que posterior a ello se lo puede apreciar mediante Excel.

PLC LOGO!: Controlador Lógico Programable.

VAC: Voltaje de corriente alterna.

VDC: Voltaje de corriente continua (directa).

Bibliografía

- ELEÉCTRICOS, S. (2019). *Conductores y Aislantes*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Vargas, E. M. (2019). Análisis y diseño de un molino eléctrico de granos económico para PYMES. *Ciencia Digital*, 3(2).
- 5 Lenguajes de Programación para PLC | SEIKA Automation. (2019, agosto 3). *SEIKA Automation | Automatización Industrial*. Recuperado el 19 de noviembre 2020 <https://www.seika.com.mx/5-lenguajes-de-programacion-para-plc/>
- Decoletaje, K. (2019, mayo 21). *La importancia de la automatización de los procesos industriales*. Kuzu Decoletaje - Mecanizados por decoletaje de precisión. Recuperado el 19 de noviembre 2020. <https://kuzudecoletaje.es/la-importancia-de-la-automatizacion-de-los-procesos-industriales/>
- El molino: Sus partes y características*. (2020, junio 1). Recuperado el 19 de noviembre 2020. <http://www.soybarista.com/el-molino-partes-y-caracteristicas>
- Espacios. (2019, julio 18). Qué es LOGO! Siemens y cómo funciona. *AUTYCOM*. Recuperado el 20 de noviembre 2020. <https://www.autycom.com/que-es-logo-siemens-y-como-funciona/>
- García, J. M. (2018). *Montaje de los cuadros de control y dispositivos eléctricos y electrónicos de los sistemas domóticos e inmóticos*. ELEM0111. IC Editorial.
- Giró, V. L. (1998). *Programación de Autómatas Industriales OMRON*. Marcombo.
- González, M. Á. M. (2006). *Manual para la formación de operadores de grúa torre*. Lex Nova.
- Graune, U., Thielert, M., & Wenzl, L. (2009). *Logo!* John Wiley & Sons.
- Harper, G. E. (2005). *Proteccion de instalaciones electricas industriales y comerciales / Protection of Electrical Industrial and Commercial Installations*. Editorial Limusa.

- Morocho, T., & Adrián, L. (2013). *Molino eléctrico casero*. Recuperado el 23 de noviembre 2020. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3373>
- Prian, M. I. M. (1995). *Mecanizado*. Ministerio de Educación.
- Puente, M. G. (2020, mayo 5). Cómo funciona un molino de viento (para que los niños lo entiendan). *PlanesConHijos.com*. Recuperado el 21 de noviembre 2020. <https://planesconhijos.com/ciencia-para-ninos/como-funciona-molino-viento/>
- Qué es el protocolo Ethernet Industrial y cómo funciona | Red Informática. (2019, julio 15). *aula21 | Formación para la Industria*. Recuperado el 21 de noviembre 2020. <https://www.cursosaula21.com/que-es-ethernet-industrial/>
- SERGIO, D. L. S. V., & BELEN, S. M. (2002a). *Operario de instalaciones eléctricas de baja tensión*. Editorial Paraninfo.
- SERGIO, D. L. S. V., & BELEN, S. M. (2002b). *Operario de instalaciones eléctricas de baja tensión*. Editorial Paraninfo.
- Teja, S. M. (1996). *Automatización Neumática y Electroneumática*. Marcombo.
- Torrelles, M. E. (2015). *UF2243—Diagnosis de averías en electrodomésticos de gama industrial*. Editorial Elearning, S.L.
- Villegas, A. E. S. (2004). *Molinos de trigo en la Nueva Granada: Siglos XVII-XVIII : arquitectura industrial, patrimonio cultural inmueble*. Univ. Nacional de Colombia.
- Wilson, A. (2018). *El Ascenso de la Automatización: La Tecnología y los Robots Reemplazarán a los humanos*. Babelcube Inc.

ANEXOS