



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE CONTROL SEMIAUTOMÁTICO DE UNA MÁQUINA DESGRANADORA DE MAÍZ
ELECTRÓNICA CON OPCIÓN DE PESARLO**

Iván Alexis Orozco Fuentes

Asesorado por la Inga. Ingrid Salomé Rodríguez de Loukota

Guatemala, marzo de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE CONTROL SEMIAUTOMÁTICO DE UNA MÁQUINA DESGRANADORA DE MAÍZ
ELECTRÓNICA CON OPCIÓN DE PESARLO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

IVÁN ALEXIS OROZCO FUENTES

ASESORADO POR LA INGA. INGRID SALOMÉ RODRÍGUEZ DE LOUKOTA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, MARZO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Ingrid Salomé Rodríguez de Loukota
EXAMINADOR	Ing. Byron Odilio Arrivillaga Méndez
EXAMINADOR	Ing. Otto Fernando Andrino González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE CONTROL SEMIAUTOMÁTICO DE UNA MAQUÍNA DESGRANADORA DE MAÍZ
ELECTRÓNICA CON OPCIÓN DE PESARLO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 15 de noviembre de 2010.



Iván Alexis Orozco Fuentes

Guatemala 20 de noviembre del 2013

Ingeniero
Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Coordinador del Área de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Estimado Ingeniero Guzmán.

Me permito dar aprobación al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE CONTROL SEMIAUTOMÁTICO DE UNA MÁQUINA DESGRANADORA DE MAÍZ ELECTRÓNICA CON OPCIÓN DE PESARLO**, del señor Iván Alexis Orozco Fuentes, por considerar que cumple con los requisitos establecidos.

Por tanto, el autor de este trabajo de graduación y, yo, como su asesora, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, me es grato saludarle.

Atentamente,



Inga. Ingrid Rodríguez de Loukota
Colegiada 5,356
Asesora

Ingrid Rodríguez de Loukota
Ingeniera en Electrónica
colegiado 5356



Ref. EIME 08. 2014
Guatemala, 3 de febrero 2014.

Señor Director
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

**Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
DISEÑO DE CONTROL SEMIAUTOMÁTICO DE UNA MÁQUINA
DESGRANADORA DE MAÍZ ELECTRÓNICA CON OPCIÓN DE
PESARLO, del estudiante Iván Alexis Orozco Fuentes, que cumple
con los requisitos establecidos para tal fin.**

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Coordinador Area Electrónica



sro



REF. EIME 08. 2014.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; IVÁN ALEXIS OROZCO FUENTES titulado: DISEÑO DE CONTROL SEMIAUTOMÁTICO DE UNA MÁQUINA DESGRANADORA DE MAÍZ ELECTRÓNICA CON OPCIÓN DE PESARLO, procede a la autorización del mismo.

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



GUATEMALA, 27 DE FEBRERO 2014.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE CONTROL SEMIAUTOMÁTICO DE UNA MÁQUINA DESGRANADORA DE MAÍZ ELECTRÓNICA CON OPCIÓN DE PESARLO**, presentado por el estudiante universitario: **Iván Alexis Orozco Fuentes**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, marzo de 2014

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser la principal fuente de donde proviene toda sabiduría.
Mis padres	Por su gran apoyo económico y moral.
Mi esposa	Por estar a mi lado en todo momento.
Mis hijos	Por ser mi fuente de inspiración.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Que me ha acompañado a lo largo de mi vida y mi carrera, ha sido mi sabiduría, fuerza y guía; además de regalarme múltiples bendiciones.
- Mis padres** Herminio Orozco y Carmela Fuentes de Orozco, por su esfuerzo y amor incondicional; gracias por ayudarme en todo momento a alcanzar esta meta.
- Mi esposa** Gabriela Miranda de Orozco, por compartir a mi lado momentos difíciles y gratos y por encontrar siempre en ella amor y comprensión.
- Mis hijos** Daniel (q.e.p.d.) y Aleida, por ser dos ángeles que me acompañan en mi vida y por esos bellos momentos de alegría.
- Mi hermana** Loida Orozco, por su apoyo moral y su incentivación a seguir adelante.
- Mis abuelos** Fulgencio Orozco (q.e.p.d.), Marquina Bravo de Orozco (q.e.p.d.), Alfonso Fuentes y Soila Juárez de Fuentes, por todo su cariño sus ejemplos y sus sabios consejos.

Mi familia

Padrinos, tíos, tías, primos y primas, por sus sabios consejos y muestras de apoyo que fueron fundamentales para obtener este logro.

Mis amigos y amigas

Gracias por su cariño y amistad, en especial a Carlos Saz y Eduardo Burrión, por compartir sus conocimientos y experiencias con entusiasmo y de forma desinteresada en los buenos y malos momentos.

Mi asesor

Inga. Ingrid Salomé Rodríguez de Loukota, por su asesoría, tiempo, motivación y apoyo para la realización de este trabajo

**La Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser la casa de estudios en donde se forjaron todos mis conocimientos, dándome las herramientas necesarias para hacerme competitivo en el ámbito profesional y laboral.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	I
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. PROCESO ACTUAL DE RECOLECCIÓN DE MAÍZ..... 1	
1.1. Introducción.....	1
1.2. Característica de una máquina desgranadora automática.....	2
1.3. Uso del maíz.....	3
1.4. Características principales.....	3
1.5. Tipos de máquina desgranadora.....	5
1.6. Problemas en las máquinas desgranadoras.....	6
2. SISTEMAS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN..... 7	
2.1. Sistemas de control.....	7
2.1.1. Eficiencia en el sistema de control.....	9
2.1.2. Tipos de sistemas de control.....	10
2.1.2.1. Sistema de control de lazo abierto (open loop).....	10
2.1.2.2. Sistema de control de lazo cerrado (feedback).....	12

2.1.3.	Características matemáticas del sistema de control.....	15
2.1.4.	Características de los sistemas de control	16
2.1.5.	Variables y señal de medición.....	18
2.1.5.1.	Tipos de variables	18
2.1.5.2.	Tipos de señales de comunicación	19
2.1.6.	Métodos de control.....	20
2.1.6.1.	Métodos de control clásico	21
2.1.6.2.	Método de control moderno.....	21
2.1.6.3.	Método de control avanzado	22
2.2.	Automatización.....	25
2.2.1.	Requisitos básicos para la implementación de la automatización	26
2.2.2.	Proceso de operación del sistema	27
2.2.3.	Ventajas de la automatización.....	27
2.2.4.	Funcionamiento.....	28
2.2.5.	Control numérico computarizado CNC.....	29
2.2.6.	Ventajas del control numérico	30
3.	INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL.....	31
3.1.	Instrumento de medida.....	31
3.2.	Variable y señal.....	32
3.3.	Instrumentación en el control del proceso.....	33
3.4.	Sistema de medida.....	33
3.5.	Características y especificaciones de los sensores	37
3.5.1.	Sensores de presión	38
3.5.1.1.	Celdas capacitivas	38
3.5.1.2.	Celdas electromagnéticas	39
3.5.1.3.	Celda resistiva.....	40

	3.5.1.4.	Galgas extensiométricas	40
	3.5.1.5.	Sensores piezoeléctricos	41
	3.5.2.	Sensores de aproximación	42
4.	ELEMENTOS QUE COMPONEN LA MÁQUINA DESGRANADORA DE MAÍZ.....		47
4.1.	Microcontrolador.....		47
	4.1.1.	Programación de los microcontroladores PIC.....	49
	4.1.2.	Aplicaciones de los microcontroladores.....	50
4.2.	Sensores de proximidad inductivo		50
4.3.	Celdas de carga		53
	4.3.1.	Celdas de carga resistivas.....	53
4.4.	Rejilla magnética		55
4.5.	Báscula.....		56
	4.5.1.	Diferencia entre báscula y balanzas.....	58
4.6.	Motor eléctrico		58
	4.6.1.	Motores asíncronos	59
	4.6.2.	Principio de funcionamiento.....	61
5.	ESQUEMA DE UNIFILARES Y MANTENIMIENTO DE MÁQUINA DESGRANADORA.....		63
5.1.	Grupo de software utilizados para aplicación de planos unifilares		63
	5.1.1.	Diseño por AutoCad	63
	5.1.2.	Diseño de control semiautomático.....	70
	5.1.2.1.	Diagrama de flujo.....	70
	5.1.3.	Diagrama de conexión del sistema eléctrico y electrónico	72
5.2.	Tipos de mantenimiento		77

5.2.1.	Mantenimiento preventivo	77
5.2.2.	Mantenimiento correctivo	77
5.2.3.	Mantenimiento predictivo.....	77
5.3.	Mantenimiento y condiciones de falla de una máquina desgranadora de maíz	78
5.3.1.	Ejecución.....	78
5.3.1.1.	Materiales y herramientas	78
5.3.1.2.	Materiales.....	78
5.3.1.3.	Herramientas.....	78
5.3.2.	Verificación y mantenimiento de máquina desgranadora de maíz	79
CONCLUSIONES.....		81
RECOMENDACIONES		83
BIBLIOGRAFÍA.....		85
APÉNDICES.....		87

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Tipos de elote.....	4
2.	Desgranadora manual.....	5
3.	Máquina desgranadora de maíz eléctrica	6
4.	Sistema de control de lazo abierto	11
5.	Sistema de control lazo cerrado.....	12
6.	Realimentación positiva, diagrama de bloques	14
7.	Realimentación negativa, diagrama de bloques.....	15
8.	Estabilidad de una señal	16
9.	Exactitud de la señal	17
10.	Velocidad de respuesta de la señal	18
11.	Identificación de los tipos de variable.....	19
12.	Etapas de transformación de una magnitud.....	32
13.	Transmisor de presión.....	39
14.	Galga de corriente.....	39
15.	Sensado en función al objeto	42
16.	Tipos de sensores	43
17.	Conexión a 2 hilos.....	44
18.	Conexión a 3 hilos.....	45
19.	Corriente vs campo magnético.....	51
20.	Datos técnicos de sensor PS8-18GI50-E2.....	52
21.	Celda resistiva.....	54
22.	Características técnicas de celda de carga utilizada	54

23.	Galga extensiométrica, puente Wheatstone	55
24.	Rejilla magnética.....	56
25.	Sistema de pesaje mecánico	57
26.	Balanza digital.....	58
27.	Motor rotor jaula de ardilla	60
28.	Motor de rotor bobinado.....	61
29.	Diseño de isométrico máquina desgranadora vista de planta.....	64
30.	AutoCad, vista 1 isométrico	65
31.	AutoCad, vista 2 isométrico	65
32.	AutoCad, Vista frontal.....	66
33.	Autocad, Vista lateral.....	67
34.	AutoCad, cilindro troceador/gusano conductor	68
35.	AutoCad, vistas frontal, lateral y planta de báscula	69
36.	AutoCad, componentes de máquina automatizada	70
37.	Símbolos y funciones de los diagramas de flujo	71
38.	Diagrama de bloques de desgranadora.....	72
39.	CadeSimu, circuito de mando.....	73
40.	CadeSimu, circuito de potencia, protección mediante contactor	74
41.	Livewire, circuito de arranque/paro y de protección contra sobre corriente.....	75
42.	Livewire, circuito de sensado (ausencia producto, compuerta abierta).....	76

TABLAS

I.	Característica de sensor inductivo	51
----	--	----

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
AM	Accionamiento a motor
A	Ampere
Fem	Fuerza electromotriz
Hz	Frecuencia
kg	Kilogramo
kΩ	Kilo Ohm
lb	Libra
m	Metro
mm	Milímetro
nm	Nanómetro
V	Voltios

GLOSARIO

AutoCad	Software de diseño asistido por computadora (<i>computer aided design, CAD</i>); para dibujo en 2D y 3D.
Báscula	Instrumento que sirve para medir pesos, provisto de una plataforma en la que se coloca lo que se requiere pesar. Existen diferentes tipos de báscula, entre ellas se distinguen la de escala y precisión.
Breaker	Interruptor que posee mayor capacidad de ruptura, lo que se expresa en KA o kilo Amper.
CadeSimu	Acrónimo de <i>computer aided design</i> (diseño asistido por computadora). Es un software que dibuja esquemas de mando y potencia de forma fácil y rápida, una vez realizado el esquema por medio de la simulación se puede verificar el correcto funcionamiento. Dispone de una amplia gama de herramientas para su diseño de circuitos.
Celda, galga	Transductor de fuerza que después de haber tenido en cuenta los efectos de aceleración de la gravedad y del empuje del aire en el lugar de utilización mide una masa, convirtiendo la magnitud medida (masa)

en una señal eléctrica (señal de salida) proporcional al valor de la magnitud medida.

Cero	Punto inicial de medición de la balanza, con poner a cero una balanza/báscula estamos eliminando cualquier precarga que exista sobre el sistema de pesaje Ej. El platillo o plataforma
Clases de precisión	Conjunto de células de carga sometidas a las mismas condiciones de exactitud.
Desviación	Es la media de las diferencias de los valores a la media, en valor absoluto.
Equipos de medición	Instrumento de medición, software, patrón de medida, material de referencia o aparato auxiliar, o una combinación de estos, necesario para llevar a cabo un proceso de medición.
Livewire	Acrónimo de <i>computer aided design</i> (diseño asistido por computadora). Es un software que permite el uso de herramienta, capaces de diseñar y simular circuitos electrónicos como eléctricos permitiendo conocer el comportamiento de los circuitos.
Patrón de referencia	Es el que posee las mayores cualidades metrológicas posibles, ya sea en un lugar o en una organización dada, a partir del cual se pueden derivar las mediciones allí realizadas.

PCB Wizard	Es un software que en sirve para el diseño de circuitos impresos, provee una buena cantidad de herramientas para cubrir la necesidades al momento de diseñar, en circuitos impresos podemos tener simple o doble capa.
PIC	Circuito integrado que tiene internamente su CPU, memoria, programa
Proceso de medición	Conjunto de operaciones para determinar el valor de una magnitud.
Relé	Dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.
Sobrecarga	Se dice que en un circuito o instalación hay sobrecarga, cuando la suma de la potencia de los aparatos que están a él conectados, es superior a la potencia para la cual está diseñado el circuito de la instalación.
Sobrecorriente	Se refiere a una corriente mayor que la corriente nominal debido a una sobrecarga.

Transductor

Es un elemento que permite convertir una energía en otra, es decir, transformar magnitudes físicas a eléctricas; lo cual es el principio del funcionamiento de un sensor.

Verificar

Repetir un análisis, una investigación, una operación, etc. para comprobar los resultados encontrados; someter a prueba una afirmación o una hipótesis para estar seguro de su exactitud o su veracidad.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación está conformado en cinco capítulos, se basó en la recolección de información de varios medios como: manuales técnicos, muestreo de pesos, investigación en campo y entrevistas con personas con experiencia en agricultura.

En el primer capítulo se hace una introducción acerca del maíz y de la importancia de comprender el propósito de la máquina desgranadora, así como los diferentes tipos de desgranadoras que existen actualmente; diferencias entre una máquina manual y una eléctrica, fallas que se puedan dar en el proceso. En el segundo capítulo se da a conocer la temática de un sistema de control automatizado, así como los lazos aplicados para su diseño. Asimismo, se hace énfasis a la eficiencia, características, variables, señales y métodos de medición en la comunicación, necesarios para su implementación en el proceso y sus ventajas. En el tercer capítulo se implementa la instrumentación industrial para lo cual se utilizara un tipo de celda resistiva, sensores de aproximación para el control de las variables en el desgranado.

En el capítulo cuatro se presenta las características y diferencias de los distintos elementos de cual se compone el diseño de la máquina desgranadora de maíz.

El capítulo cinco ilustra las distintas vistas, planos eléctricos, planos electrónicos y diagrama de bloques para el ensamble de la máquina desgranadora, además describe el procedimiento para un adecuado mantenimiento.

OBJETIVOS

General

Diseñar un control semiautomático de una máquina desgranadora de maíz electrónica con opción de pesarlo.

Específicos

1. Presentar el proceso de recolección de maíz aprovechando el desarrollo tecnológico en el campo de la automatización.
2. Mostrar los fundamentos de los sistemas de control y automatización de los componentes mecánicos, circuitos y sistemas eléctricos para lograr reducir el desgaste mecánico y obtener mayor eficiencia.
3. Enseñar los fundamentos de la instrumentación industrial para innovar, facilitar y eficientizar el desgrane optimizando así su trabajo.
4. Explicar una opción de pesaje para no solo obtener el grano si no a su vez cuantificar el producto obtenido en su cosecha.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación se ha enfocado a la máquina desgranadora de maíz semiautomática, debido a la extremada ineficiencia de los dispositivos manuales que utilizan un principio de funcionamiento basado en el sometimiento de la mazorca a fuerzas tangenciales al azar en su superficie lo que provoca un parámetro de desprendimiento no controlado y discontinuo, no satisfaciendo las necesidades del pequeño empresario. Por la alta demanda que existe es de vital importancia realizar el diseño de este tipo de máquina semiautomática, cumpliendo con normas de seguridad tanto a las personas como al equipo para lograr obtener un óptimo funcionamiento del diseño y mejorar retrasos en entregas de producto.

Para el diseño de la parte de automatización de la máquina desgranadora se debe de tomar en cuenta: diagramas de flujo, lazos de control, sensores, contactores, motores, relación de engranajes y más; para que por medio del controlador PIC 16F87X, diseñar una máquina que permita desprender el maíz del olote, de tal forma que tenga (un peso, sea semiautomática, permita el corte de distintos tamaños de mazorca, minimizar el tiempo máximo de desgranado).

Existen publicaciones de trabajos de automatización de molinos, que integran las funciones de operación, mantenimiento, supervisión y gerencia de todo el sistema para lograr el incremento de la productividad y eficiencia de la empresa, esto se da a empresas a nivel industrial pero no así a los pequeños comercios que no cuentan con las facilidades económicas. El objetivo de este

trabajo es lograr satisfacer las necesidades y diseñar un tipo de molino automatizado para ser usado en pequeñas empresas.

Existen distintos dispositivos destinados para la programación, sin embargo, este diseño se va a referir únicamente a la programación de dispositivo PIC16F877A de Microchip Technology Inc. Que hoy en día incorporan ICSP (*In Circuit Serial Programming*, programación serie incorporada) o LVP (*Low Voltage Programming*, programación a bajo voltaje), lo que permite programar el PIC directamente en el circuito destino.

1. PROCESO ACTUAL DE RECOLECCIÓN DE MAÍZ

El maíz es la dieta básica en toda la República de Guatemala, su consumo está presente en los habitantes de casi todas las poblaciones. La diversidad de tipos varían según su adaptación a la altura sobre el nivel del mar, desde los 107 a los 2 761 metros.

1.1. Introducción

Se puede definir la planta del maíz como un sistema metabólico cuyo producto final es en lo fundamental, almidón depositado en unos órganos especializados: los granos.

El maíz tiene usos múltiples y variados. Es el único cereal que puede ser usado como alimento en distintas etapas del desarrollo de la planta, este aspecto es importante ya que la presión de la limitación de las tierras aumenta y son necesarios modelos de producción que produzcan más alimentos para una población que crece continuamente.

La recolección del maíz es una actividad muy mecanizada en los países avanzados, mientras que en los países en desarrollo como Guatemala esta se hace manualmente. En el sistema mecanizado no sólo arranca la mazorca de la planta, sino también el grano de la panoja, mientras que la recolección a mano requiere arrancar primero la mazorca y posteriormente montarla. En ambos casos, el maíz se recoge habitualmente cuando tiene un contenido de humedad del 18 % al 24 %.

Aunque la producción ha aumentado, siempre se realiza el desgranado manual, esta actividad se necesita de mucha mano de obra y es delicada, pues exige mucho cuidado para no afectar físicamente a la semilla, lleva mucho tiempo y si se hace a mano, produce ampollas y lastimaduras en las manos de los jornaleros.

Desde el punto de vista industrial esto es ineficiente, debido a que la producción-demanda no es la estimada. La demanda del producto cada día es mayor por lo cual es necesario utilizar métodos que ayuden tanto en el sembrado, recolección y extracción del maíz, en el último paso se diseñará una máquina que ayude a la extracción y pesado del maíz, la cual tendrá el objetivo de automatizar la última etapa del proceso.

1.2. Característica de una máquina desgranadora automática

Una desgranadora tiene como objetivo extraer los granos de maíz de la mazorca, la máquina al ser automatizada debe de extraer el material y pesarlo sin intervención humana, además poseer un dimensionamiento apropiado para que pequeñas comunidades donde no es posible el acceso pueda ingresar o donde no es costeable la adquisición de este tipo de maquinaria.

Ante lo cual, esta desgranadora cumple satisfactoriamente las necesidades de pequeños productores. La desgranadora será diseñada con una estructura para su fácil transportación, y su ensamble es a base de tornillos, lo que permite hacer en el mismo campo cualquier reparación sin necesidad de transportarla a algún taller, por lo cual el mantenimiento será barato.

1.3. Uso del maíz

El maíz es empleado en consumo directo tanto en grano fresco (choclo) como en grano seco y cocido (mote). También se emplea para el alcohol de la maicena, como aceite; el resto de la planta se emplea como forraje e incluso para la extracción de azúcar.

La mazorca de maíz y sus desechos, hojas, tallos, raíces y orujos contienen gran cantidad de furfural, un líquido utilizado en la fabricación de fibras de *nylon* y plásticos de fenol formaldehído, el refinado de resinas de madera, la fabricación de aceites lubricantes a partir del petróleo y la purificación del butadieno para producir caucho sintético. Con las mazorcas molidas se fabrica un abrasivo blando.

Con las mazorcas de gran tamaño de cierta variedad se hacen pipas para tabaco. El aceite de maíz extraído del germen del grano, se consume como grasa alimenticia, tanto para cocinar como crudo o solidificado, en forma de margarina; también se emplea en la fabricación de pinturas, jabones y linóleo. La investigación de nuevas fuentes de energía se ha fijado en el maíz; muy rico en azúcar, a partir de él se obtiene un alcohol que se mezcla con petróleo para formar el llamado gasohol; las partes vegetativas secas son una importante fuente potencial de combustible de biomasa.

1.4. Características principales

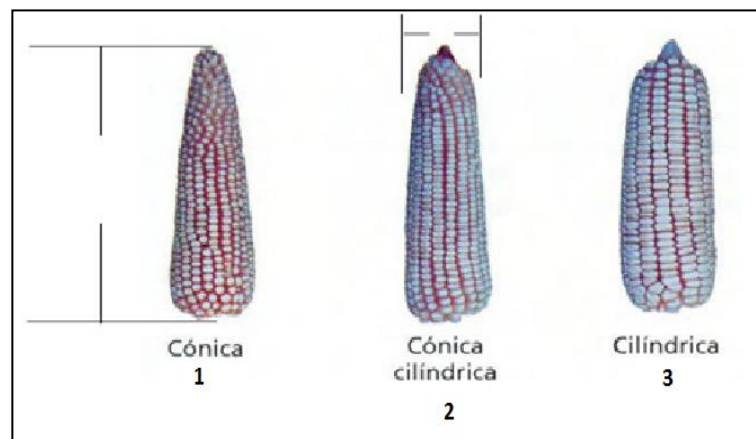
Las numerosas variedades de maíz presentan características muy diversas: unas maduran en dos meses, mientras que otras necesitan hasta once. El follaje varía entre el verde claro y el oscuro, y pueden verse modificados por pigmentos de color marrón, rojo o púrpura. La longitud de la

mazorca madura oscila entre 7,5 cm y hasta 50 cm, con un número de filas de granos que pueden ir desde 8 hasta 36 o más. Las variedades se encuentran en seis grupos en función de las características del grano.

Se puede dividir las diferentes características en dos que son: las cuantitativas y cualitativas, entre estas están las siguientes:

- Características cuantitativas: en el caso de las características cuantitativas, estas serán determinadas de acuerdo a la característica en particular y dependerá si son en peso (g), en longitud o bien en volumen.
- Entre las características cualitativas están: forma de mazorca por ejemplo: como se ve en la figura 1, cónica, cónica-cilíndrica y cilíndrica, disposición de las hileras en la mazorca, tipo de grano, color de grano los colores.

Figura 1. Tipos de elote



Fuente: elaboración propia, con base al programa Paint.

1.5. Tipos de máquina desgranadora

Dependiendo en la forma de funcionamiento se considera los de tipo manual como se observa en la figura 2 y los de tipo eléctrico como se ve en la figura 3.

En el primer caso está fabricada de un mecanismo cuyo movimiento es proporcionado por la fuerza humana, aunque su deficiencia consiste en el recurso de esta para funcionar, su simplicidad y su peso lo hace ideal para una producción doméstica.

Figura 2. **Desgranadora manual**



Fuente: <http://www.arisa.com.mx/molinos.html>. Consulta: 25 de julio de 2013.

- La segunda, su movimiento consiste en un mecanismo que se moverá a partir de la fuerza de un motor, como se ve en la figura 3, su desventaja es el mantenimiento de la máquina eléctrica, lo cual llegará a necesitar técnicos para su reparación, aunque es ideal para una producción a gran escala.

Figura 3. **Máquina desgranadora de maíz eléctrica**



Fuente: Centro Comercial Central Norte, Guatemala, local U54, segundo nivel,
FERREQUIPOS ELECTRON.

1.6. Problemas en las máquinas desgranadoras

Tanto en las máquinas actuales el problema se centra en los diferentes tipos de mazorcas que existe, debido al tipo de cultivo, como también el clima, la mazorca tendrá diferentes tamaños y grosor, una máquina manual solo tiene para un tipo de grosor por lo cual cierta cantidad de elote pueden entrar mientras que las demás se tendrá que desgranar a mano.

En la máquina eléctrica el problema es igual al manual, con la diferencia que el problema surge cuando el elote no pasa, por la cual surgirá un atasco que hará que los elotes que estén detrás del primero no circulen, por lo cual el motor seguirá funcionando y su movimiento será ineficiente referente al gasto de energía, considerando una producción escasa.

2. SISTEMAS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN

Los sistemas de control y automatización son necesarios para proteger la vida humana, equipos y medioambiente.

2.1. Sistemas de control

Conforme aumenta la demanda, la industria tiende a cambiar respecto a su forma de producción, la cual cambiará a nuevos y más complejos procesos que muchas veces el operario no puede controlar debido a la velocidad y exactitud requerida, además muchas veces las condiciones del espacio donde se lleva a cabo la tarea no son las más adecuadas para el desempeño del ser humano.

Por ejemplo existen casos que en los procesos industriales la función de control es realizado por un operario el cual decide cuándo y cómo manipular las variables de tal manera que se obtenga una cadena productiva continua y eficiente. Los primeros sistemas de control estaban basados en componentes mecánicos y electromagnéticos, más tarde revolucionó. El sistema de control opera, en general, con magnitudes de baja potencia, llamadas señales y gobierna unos accionamientos que son los que realmente modulan la potencia entregada al sistema controlado.

Se puede decir con detalle que un sistema de control puede manipular indirectamente los valores de un sistema controlado, teniendo como finalidad el gobernar un sistema sin que el operador intervenga directamente sobre sus elementos, esto significa que la persona manipulará únicamente los valores de

referencia y el sistema de control se encarga de transmitirlos al sistema controlado a través de los accionamientos de sus salidas.

Un sistema de control ideal debe ser capaz de conseguir su objetivo cumpliendo su finalidad y teniendo los siguientes requisitos:

- Garantizar la estabilidad, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos.
- Ser eficiente, normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable, evitando comportamientos bruscos e irreales.
- Fácilmente se puede implementar y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador.
- Los elementos básicos que forman parte de un sistema de control y permiten su manipulación son los siguientes:
 - Sensores. Permiten conocer los valores de las variables medidas del sistema.
 - Controlador. Utilizando los valores determinados por los sensores y la consigna impuesta, calcula la acción que debe aplicarse para modificar las variables de control en base a cierta estrategia, Los controladores pueden ser de tipo manual, neumático, electrónico; los controladores electrónicos más usados son: computadoras con tarjetas de adquisición de datos, PLC (controladores lógicos programables), microcontroladores (PIC).

- Actuator. Es el mecanismo que ejecuta la acción calculada por el controlador y que modifica las variables de control. Estos pueden ser de 3 tipos :
 - Actuadores eléctricos: son usados para posicionar dispositivos de movimientos lineales o rotacionales. Ejemplo: motor, relé, *switch* y electroválvulas.
 - Actuadores hidráulicos: operan igual a los neumáticos, son usados en tareas que requieren mayor fuerza por ejemplo, levantar compuertas, mover grúas, elevadores, etc. Ejemplo: pistones hidráulicos.
 - Actuadores neumáticos: trabajan con señales de presión, estas señales son convertidas a movimientos mecánicos. Ejemplo: pistones neumáticos, válvulas.

2.1.1. Eficiencia en el sistema de control

La eficiencia sistema de control afecta grandemente en la industria debido a los cambios de los niveles de producción de la maquinaria instalada, el mejoramiento de la calidad del producto final, la disminución de los costos de producción, y la seguridad tanto para el personal como para los equipos.

Para lograr esto es necesario que los procesos productivos se realicen a la mayor velocidad posible y que las variables a controlar estén dentro de valores constantes. Debido a estas exigencias en las industrias se han necesitado de la utilización de nuevos y más complejos procesos, que muchas veces el operario no puede controlar debido a la velocidad y exactitud

requerida, además muchas veces las condiciones del espacio donde se lleva a cabo la tarea no son las más adecuadas para el desempeño del ser humano.

Frente a este panorama surge la automatización y los sistemas de control como una solución que va a permitir llevar a la producción estándares de calidad mucho mejores.

2.1.2. Tipos de sistemas de control

De acuerdo a su principio de funcionamiento los sistemas de control pueden emplear o no información acerca del proceso que se está realizando, a fin de elaborar cambios a estrategias de supervisión y control, por lo cual se cuenta con dos tipos de sistemas de control, estos son: de lazo abierto y de lazo cerrado.

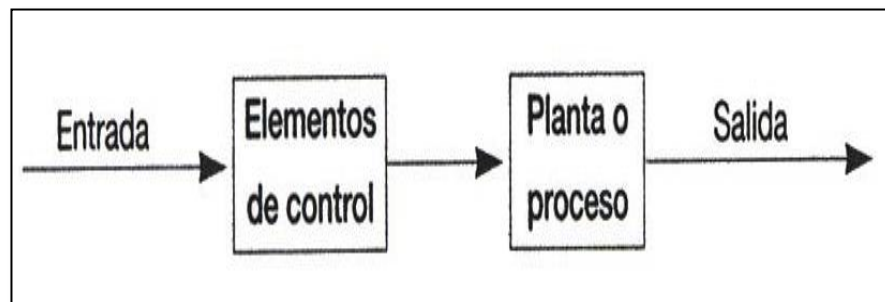
2.1.2.1. Sistema de control de lazo abierto (*open loop*)

Un sistema de control de lazo abierto es aquel en el cual no existe realimentación del proceso al controlador, como se aprecia en la figura 4. Los elementos básicos son:

- Elemento de control: determina qué acción se va a tomar dada una entrada al sistema de control.
- Elemento de corrección: responde a la entrada que viene del elemento de control e inicia la acción para producir el cambio en la variable controlada al valor requerido.

- Proceso: conjunto de eventos o planta en el sistema en el que se va a controlar la variable.

Figura 4. **Sistema de control de lazo abierto**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Paint.

Su principal ventaja consiste en su facilidad para implementar, además son económicos, simples y de fácil mantenimiento.

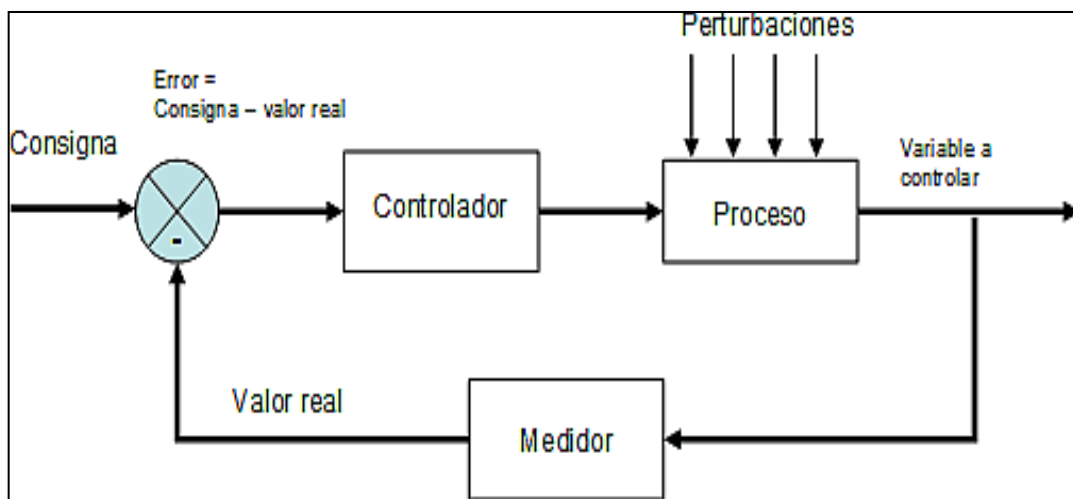
Sus desventajas consisten en que no son exactos, no corrigen los errores que se presentan, su desempeño depende de la calibración inicial.

Entre los ejemplos se puede considerar los de tipo de control que están dados en los hornos, lavadoras, licuadoras, batidoras, o el simple caso del sistema de riego. El cual tiene un temporizador que lo pone en marcha todos los días a una determinada hora, la cual riega las plantas durante un cierto tiempo, tomando en cuenta que el sistema no le interesa si las plantas hayan recibido la cantidad de agua adecuada, como también una cantidad excesiva o una cantidad insuficiente.

2.1.2.2. Sistema de control de lazo cerrado (*feedback*)

Un sistema de control de lazo cerrado es aquel en donde la señal de salida o parte de la señal de salida es realimentada y tomada como una señal de entrada al controlador, se puede decir de otra forma que, se alimenta al controlador de la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la salida de realimentación (que puede ser la señal de salida misma o una función de la señal de salida y sus derivadas o/y integrales) a fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor conveniente, esto es lo que se llama realimentación o retroalimentación (*feedback*), según se muestra en la figura 5.

Figura 5. Sistema de control lazo cerrado



Fuente: elaboración propia, con base al programa Word.

El término control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentando para reducir el error del sistema.

Los elementos básicos de un sistema de control de lazo cerrado que se requieren son los siguientes:

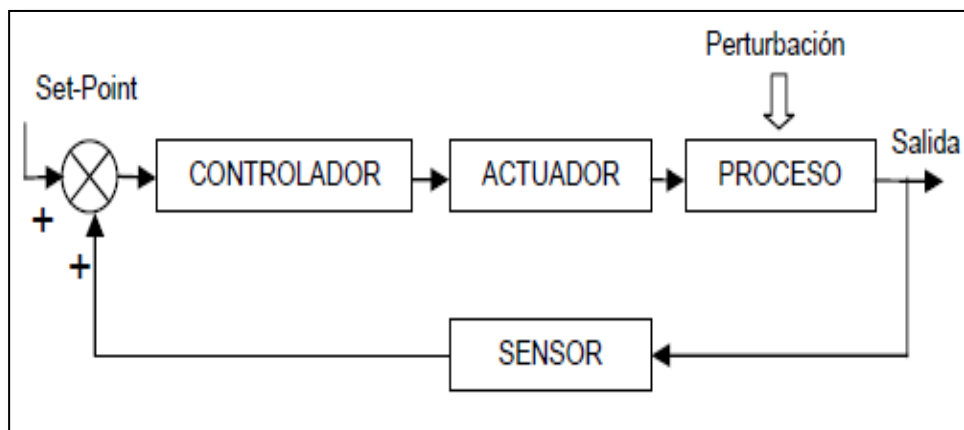
- Elemento de comparación: compara el valor requerido o de referencia de la variable por controlar con el valor medido de lo que se obtiene a la salida, y produce una señal de error la cual indica la diferencia del valor obtenido a la salida y el valor requerido.
- Elemento de control: decide que acción tomar cuando se recibe una señal de error.
- Elemento de corrección: se utiliza para producir un cambio en el proceso al eliminar el error.
- Elemento de proceso: es el sistema donde se va a controlar la variable .
- Elemento de medición: produce una señal relacionada con la condición de la variable controlada, y proporciona la señal de realimentación al elemento de comparación para determinar si hay o no error.

Existen dos tipos: de realimentación positiva y de realimentación negativa.

- Realimentación positiva: es aquella en donde la señal realimentada se suma a la señal de entrada, en la figura 6 se muestra diagrama de realimentación positiva. Se conoce también como regenerativa, se aplica en el campo de control de procesos industriales. Si una variación en su salida en determinada dirección provoca un desplazamiento aún mayor en la misma dirección. Un ejemplo es el caso de los osciladores o en un sistema electrónico, donde difícilmente se logran puntos de equilibrio

estable. Los dispositivos semiconductores conducen mejor la corriente cuanto mayor sea su temperatura. Si éstos se calientan en exceso, conducirán mejor, por lo que la corriente que los atraviese será mayor porque se seguirán calentando hasta su destrucción si no se evita con algún otro dispositivo que limite o impida el paso de corriente.

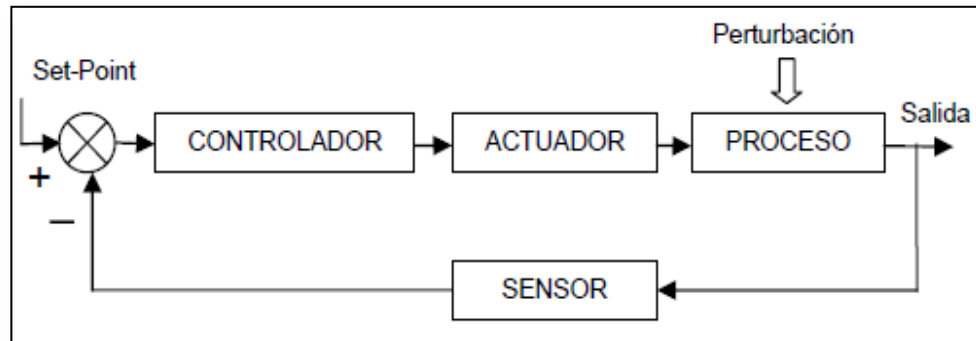
Figura 6. **Realimentación positiva, diagrama de bloques**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Word.

- Realimentación negativa: es aquella en donde la señal realimentada se resta de la señal de entrada, generando un error, el cual debe ser corregido. Este es el caso común utilizado en el campo del control de procesos industriales. Se dice que un sistema está retroalimentado negativamente cuando tiende a estabilizarse, como se observa en la figura 7.

Figura 7. **Realimentación negativa, diagrama de bloques**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Word.

2.1.3. **Características matemáticas del sistema de control**

Un sistema de control pueden ser representados por medio de funciones matemáticas, esta representación recibe el nombre de Modelado Matemático, este modelo describirá las características dinámicas del sistema a través de ecuaciones diferenciales. Las ecuaciones pueden ser de dos tipos:

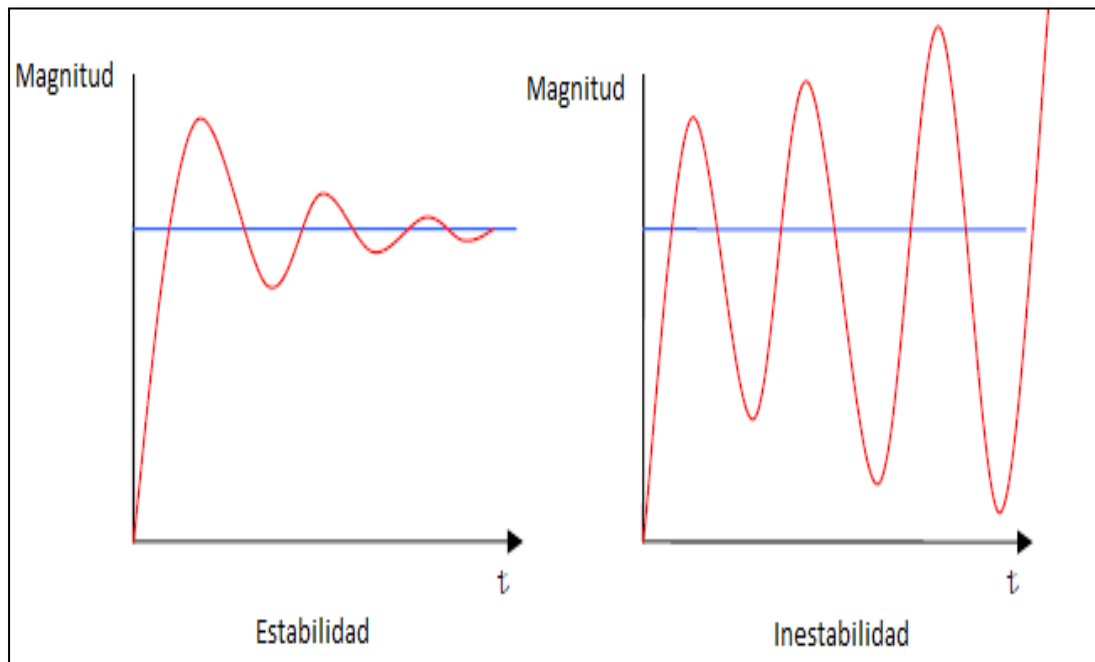
- Analítico: se aplica las leyes físicas correspondientes a cada componente del sistema, que en conjunto forman una estructura o función matemática.
- Experimental: consiste en la identificación de los parámetros, mediante el análisis de datos de entrada y salida, estimando valores posibles que se ajusten al sistema.

2.1.4. Características de los sistemas de control

En un sistema de control existen tres características fundamentales que son: la estabilidad, la exactitud y la velocidad de respuesta.

- Estabilidad: un sistema de control estable es aquel que responde en forma limitada a cambios limitados en la variable controlada. Es decir, si ocurre un cambio en la señal de referencia o se produce una perturbación el sistema al principio se desvía de su valor y volverá luego a alcanzar el valor correcto. Un sistema inestable en cambio producirá oscilaciones persistentes o de gran amplitud de la variable controlada.

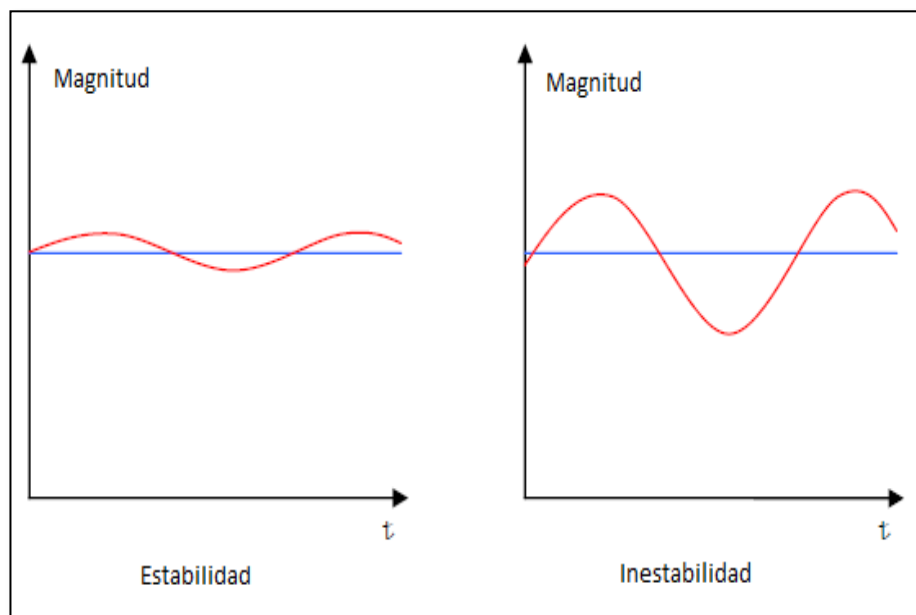
Figura 8. Estabilidad de una señal



Fuente: elaboración propia, con base al programa Proteus.

- Exactitud: un sistema exacto es aquel capaz de mantener el error en un valor mínimo, o en todo caso aceptable. En la realidad no existen sistemas absolutamente exactos debido a las pequeñas imperfecciones de sus componentes, pero se consideran sistemas exactos aquellos que satisfacen los requerimientos del sistema. Por lo general el costo de un sistema tiende a aumentar con la exactitud.

Figura 9. **Exactitud de la señal**

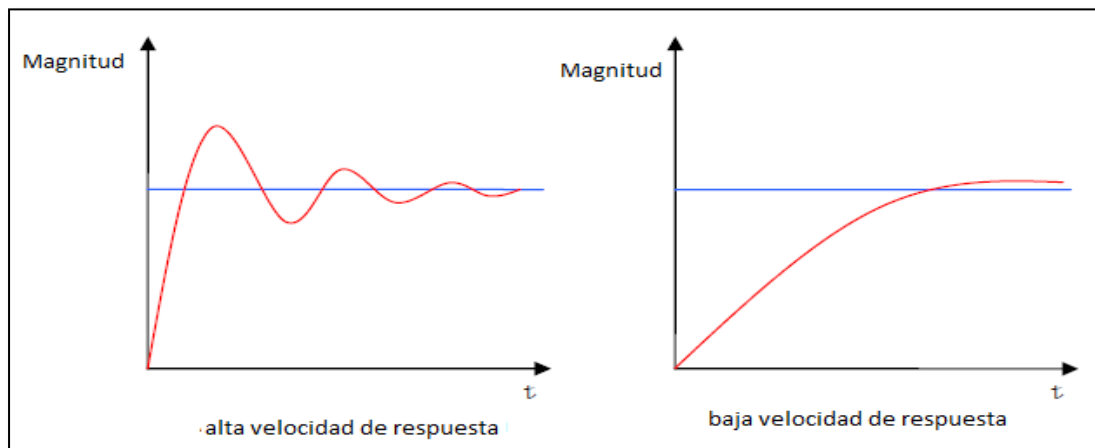


Fuente: elaboración propia, con base al programa Proteus.

- Velocidad de respuesta: rapidez con que la variable controlada se aproxima a la señal de referencia. Un sistema debe responder a cualquier entrada en un tiempo aceptable, ya que aunque un sistema sea estable y tenga la exactitud requerida, si este es demasiado lento no tiene ningún valor, por lo general la estabilidad y la velocidad de respuesta son características que se contraponen, es decir mientras más

rápido sea un sistema mayor será la tendencia a la inestabilidad y viceversa.

Figura 10. **Velocidad de respuesta de la señal**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Proteus.

2.1.5. Variables y señal de medición

Al colocar los sensores de medición hay que tomar en cuenta los posibles daños causados por fenómenos naturales o humanos.

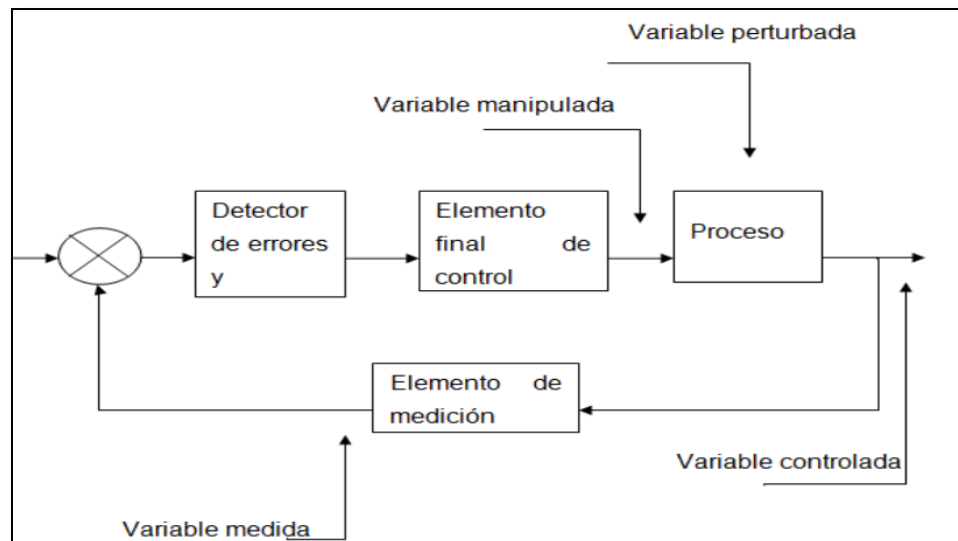
2.1.5.1. Tipos de variables

Se definen como variables a todo aquel parámetro físico cuyo valor puede ser medido. Puede ser:

- Variable controlada: es aquella que se busca mantener constante o con cambios mínimos, su valor debe seguir al *set-point*.

- Variable manipulada: a través de esta se debe corregir el efecto de las perturbaciones, sobre esta se colocará el actuador.
- Variable per-turbadora: está dado por los cambios repentinos que sufre el sistema y que provocan inestabilidad.
- Variable medida: es toda variable adicional, cuyo valor es necesario registrar y monitorear, pero que no es necesario controlar.

Figura 11. **Identificación de los tipos de variable**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Word.

2.1.5.2. Tipos de señales de comunicación

Las señales son un conjunto de datos que fluyen en diversos sentidos, conformando un flujo de información. Estas pueden ser:

- Señales eléctricas: utilizan el flujo de electrones sobre un conductor.
- Señales analógicas: son señales en tiempo continuo, la información está dada por la amplitud de la señal.
- Señales digitales: son señales en tiempo discreto, la información está dada en código binario.
- Señales neumáticas: la información está dada por la variación física de compresión o expansión de un fluido gaseoso en un tiempo determinado.
- Señales hidráulicas: en este caso las variaciones de presión por lo general de un líquido viscoso generan el conjunto de datos a ser transmitidos.
- Señales de sonido: conformadas por ondas de sonido producidas por el movimiento vibratorio de los cuerpos a una determinada frecuencia; también son usadas las ondas ultrasónicas.

2.1.6. Métodos de control

Existen métodos y estrategias para realizar la acción del control, los métodos de control (clásico y moderno) permiten al controlador reaccionar mandando una señal correctiva del error, mientras que las estrategias del control, es realizar una mayor eficiencia en la labor del control, ahorrando recursos y tiempo, entre estos se menciona los siguientes:

2.1.6.1. Métodos de control clásico

Son aquellos que esperan a que se produzca un error para luego realizar una acción correctiva. El error se presenta a causa de la diferencia de lectura entre la variable de salida censada y la señal de referencia, este error está presente en todo, momento, y la finalidad es minimizarlo. En algunos casos suele generarse un comportamiento oscilatorio alrededor del valor de referencia.

2.1.6.2. Método de control moderno

Brindan nuevas técnicas que permiten ya sea compensar el error y/o eliminarlo, las más comunes son:

- Control anticipatorio (*Feedforward*): Permite al controlador analizar los datos de entrada y de salida y mediante algoritmos matemáticos calculará la próxima salida probable, de modo tal que autoajusta sus parámetros con la finalidad de adecuarse al cambio, y minimizar la diferencia de medidas. Se recomienda para procesos lentos. Su desventaja radica en que es necesario medir todas las variables perturbadoras, ya que no corrige las perturbaciones no medidas.
- Compensadores adelanto atraso: Permite realizar un control en el dominio de la frecuencia, en el cual se busca compensar la fase del sistema, agregando (adelanto) o quitando (atraso) fase, para lo cual se agrega nuevos componentes o nuevas funciones matemáticas al sistema. Se puede poner cuantos compensadores sea necesario a fin de llevar la respuesta del sistema a un valor deseado.

- Realimentación de estados: permite ejercer una acción de control mediante el sensado de cada uno de los estados (del modelo en espacio estado del sistema), atribuyéndole una ganancia a cada uno de los valores leídos, de este modo el lazo de control es cerrado por medio del compensador o controlador de estados y no por el sensor.
- *Feedback linearization*: debido a que los procesos reales no cuentan con modelos lineales que los representan, es necesario el uso de controladores no lineales. Este método es conocido como control con modelo de referencia, utiliza la Teoría de Lyapunov para determinar la estabilidad del sistema, y el modelo matemático está dado en la forma espacio estado.
- Sistemas de seguimiento: este método también es conocido como tracking, es un complemento del método anterior, puesto que mediante el control por realimentación de estados se puede llevar la variable controlada a un valor de cero (porque no se cuenta con una referencia), con este método se podrá llevar a la variable dada a un valor deseado, puesto que se incorpora una referencia en el sistema.

2.1.6.3. Método de control avanzado

Son aquellos que actúan en forma preventiva, de modo tal que en base a los datos tomados, actúan de modo que previenen la ocurrencia de error, por tanto el controlador está ajustando sus parámetros constantemente.

En la industria, existen cambios inesperados en el sistemas, tales manifestaciones pueden hacer que la variable manipulada o controlada, comience a tener un desequilibrio, tal es el caso de la temperatura, presión y

otros, esto pueden causar serios daños al personal, la cual se han considerado modificaciones de un sistema simple y volverlo complejo para evitar lo inesperado, los lazos de control son los siguientes:

- Control en cascada: consiste en incluir uno o más lazos de control interno dentro de otro externo, con el objetivo de anular perturbaciones, impidiendo que afecten al sistema principal. Básicamente el controlador externo se encarga de la variable principal, mientras que los controladores internos se encargan de las perturbaciones más frecuente, o se puede decir de otra forma que el controlador primario (maestro) manipula el punto de ajuste (señal de referencia) de un controlador secundario. Entre las ventajas se puede mencionar lo siguiente:
 - Las perturbaciones más frecuentes son corregidas antes de afectar a la variable principal.
 - Permite usar ganancias altas
 - Tiene una rápida respuesta
- Control de relación: es en analizar y mantener una proporcionalidad entre dos o más elementos (actuadores) dentro de un proceso continuo. Por ejemplo, se usa comúnmente cuando tienen que ingresar dos líquidos a un tanque, y donde la cantidad del primer líquido debe ser el doble que la del segundo, además los líquidos deben entrar constantemente al tanque, el objetivo es mantener la relación entre dos variables en un valor específico, el control se efectúa manipulando una válvula que afecta a una de las variables mientras que la otra permanece constante.

- Control de rango dividido (*Split, range*): es aplicado a sistemas con una sola variable controlada y dos o más variables manipuladas, las cuales afectan de igual forma a la variable controlada. Requiere compartir la señal de salida del controlador con varios elementos actuadores, una de las salidas actuará desde un valor a hasta uno b y el otro desde uno b hasta uno c.
- Control selectivo (*override*): consiste en ejercer control sobre dos variables de un proceso, relacionadas entre sí de tal modo que una u otra pueda ser controlada por la misma variable manipulada. La acción de control se logra conectando la salida de los controladores a un *switch* selector. Es aplicado en seguridad y protección de equipos y motores.
- Control diferencial: consiste en efectuar la medición de la variable controlada a través de otra variable relacionada, considerada variable secundaria (pero dependiente de la principal). Los componentes de este sistema son los mismos que los de un sistema de control realimentado más una unidad de cómputo llamada estimador.

Se aplica a procesos donde la obtención de información o la medición no se puede llevar a cabo por motivos de que no existe un elemento medidor para ese tipo de parámetros, o si existe es demasiado caro, o también porque no se puede medir constantemente el parámetro, lo que hace que se adquieran muy pocas muestras en un tiempo muy largo. Por ejemplo se tiene la medición del contenido de humedad en sólidos en operaciones de secado.

2.2. Automatización

Es el desarrollo de herramientas y maquinarias que faciliten la realización de diferentes tareas, las cuales pueden ser peligrosas, pesadas y repetitivas, por lo cual hace la aparición de la automatización la cual provee una interface entre el hombre y el proceso, el tipo de proceso a desarrollar será quien defina el sistema de automatización a usar. La automatización debe ser considerada como una herramienta para el personal y operarios, ya que busca hacer más eficiente el trabajo.

En un proceso productivo no siempre se justifica la implementación de sistemas de automatización, debido a diferentes factores, pero existen ciertas señales indicadoras que justifican y hacen necesario la implementación de estos sistemas, entre estos se puede mencionar:

- Aumento en la producción
- Mejora en la calidad de los productos
- Necesidad de bajar los costos de producción
- Encarecimiento de la materia prima
- Protección ambiental
- Seguridad al personal
- Desarrollo de nuevas tecnologías

La automatización solo es viable si al evaluar los beneficios económicos y sociales de las mejoras que se podrían obtener al automatizar, estas son mayores a los costos de operación y mantenimiento del sistema.

2.2.1. Requisitos básicos para la implementación de la automatización

Debido a determinados cambios o reconstrucción en el proceso, existen ciertos requisitos de suma importancia que debe cumplirse al incorporar la automatización, de no cumplirse con estos se estaría afectando el sistema en sí y por tanto no se podría obtener todos los beneficios que, estos requisitos son los siguientes:

- **Compatibilidad electromagnética:** debe coexistir o adaptarse en ambientes con ruido electromagnético producido por motores y máquina de revolución. Una de las soluciones para estos problemas generalmente se hace la implementación de tierras físicas para los instrumentos la cual debe ser menor a 5Ω , estabilizadores ferro-resonantes para las líneas de energía, en algunos equipos ubicados a distancias grandes del tablero de alimentación mayores de 40m se hace uso de celdas apantalladas en otras palabras de cables blindados.
- **Expansibilidad y escalabilidad:** es una característica del sistema que le permite crecer para atender las ampliaciones futuras de la planta, o para atender las operaciones no tomadas en cuenta al inicio de la automatización. Se analiza bajo el criterio de análisis costobeneficio, típicamente suele dejarse una reserva en capacidad instalada ociosa alrededor de 10 % a 25 %.
- **Manutención:** se refiere a tener disponible por parte del proveedor, un grupo de personal técnico capacitado dentro del país, que brinde el soporte técnico adecuado cuando se necesite de manera rápida y confiable.

Además implica que el proveedor cuente con repuestos en caso sean necesarios.

- Sistema abierto: los sistemas deben cumplir los estándares y especificaciones internacionales, esto garantiza la interconectibilidad y compatibilidad de los equipos a través de interfaces y protocolos, también facilita la interoperabilidad de las aplicaciones y el traslado de un lugar a otro.

2.2.2. Proceso de operación del sistema

La automatización en la industria debe contemplar todos los posibles estados en que se pueden encontrar los equipos. No siempre el sistema va a funcionar perfectamente, se presentarán casos de fallas, que impliquen una parada de emergencia del proceso y la correspondiente puesta en marcha nuevamente. Se debe considerar prioritario que el sistema este preparado para afrontar los diversos procesos, para ello el programa del autómatas o del sistema, deberá prever que hacer frente a posibles problemas, a fin de reducir el tiempo de parada al máximo y permitir un proceso de re arranque simple. Los procedimientos pueden dividirse en procedimientos de parada y puesta en marcha, procedimientos de funcionamiento, y procedimientos de falla.

2.2.3. Ventajas de la automatización

La automatización de un proceso frente al control manual del mismo proceso, brinda ciertas ventajas y beneficios de orden económico, social, y tecnológico, pudiéndose resaltar las siguientes:

- Se asegura una mejora en la calidad del trabajo del operador y en el desarrollo del proceso, esta dependerá de la eficiencia del sistema implementado.
- Se obtiene una reducción de costos, puesto que se racionaliza el trabajo, se reduce el tiempo y dinero dedicado al mantenimiento.
- Existe una reducción en los tiempos de procesamiento de información.
- Flexibilidad para adaptarse a nuevos productos (fabricación flexible y multifabricación).
- Se obtiene un conocimiento más detallado del proceso, mediante la recopilación de información y datos estadísticos del proceso.

2.2.4. Funcionamiento

Mediante la utilización de captadores o sensores, que son esencialmente instrumentos de medición, (como termómetros o barómetros), se recibe la información sobre el funcionamiento de las variables que deben ser controladas (temperatura, presión, velocidad, espesor o cualquier otra que pueda cuantificarse), esta información se convierte en una señal, que es comparada por medio de la computadora con su determinada norma, consigna, o valor deseado para determinada variable.

Si esta señal no concuerda con la norma de Inmediato se genere una señal de control (que es esencialmente una nueva Instrucción), por la que se acciona un actuador o ejecutante (que generalmente son válvulas y motores), el

que convierte la señal de control en una acción sobre el proceso de producción capaz de alterar la señal original imprimiéndole el valor o la dirección deseada.

2.2.5. Control numérico computarizado CNC

El Control Numérico o CNC se utiliza para ejercer el control de una máquina-herramienta a través de un autómata programable u ordenador mediante un programa escrito previamente introducido, lo que implica el conocimiento de un determinado lenguaje de programación. En una máquina CNC, a diferencia de una máquina convencional o manual, una computadora controla la posición y velocidad de los motores que accionan los ejes de la máquina. Gracias a esto, puede hacer movimientos que no se pueden lograr manualmente como círculos, líneas diagonales y figuras complejas tridimensionales.

En una máquina CNC una computadora controla el movimiento de la mesa, el carro y el husillo. Una vez programada la máquina, ésta ejecuta todas las operaciones por sí sola, sin necesidad de que el operador esté manejándola. Esto permite aprovechar mejor el tiempo del personal para que sea más productivo. El término “control numérico” se debe a que las órdenes dadas a la máquina son indicadas mediante códigos numéricos.

También se emplean sistemas CAD/CAM que generan el programa de maquinado de forma automática. En el sistema CAD (diseño asistido por computadora) la pieza que se desea maquinar se diseña en la computadora con herramientas de dibujo y modelado sólido. Posteriormente el sistema CAM (manufactura asistida por computadora) toma la información del diseño y genera la ruta de corte que tiene que seguir la herramienta para fabricar la pieza deseada; a partir de esta ruta de corte se crea automáticamente el

programa de maquinado, el cual puede ser introducido a la máquina mediante un disco o enviado electrónicamente.

2.2.6. Ventajas del control numérico

Entre las ventajas, dentro de los parámetros de producción se puede citar los siguientes:

- Posibilidad de fabricación de piezas imposibles o muy difíciles. Gracias al control numérico se han podido obtener piezas muy complicadas como las superficies tridimensionales necesarias en la fabricación de aviones.
- El control numérico es especialmente recomendable para el trabajo con productos peligrosos.
- Precisión. Esto se debe a la mayor precisión de la máquina herramienta de control numérico respecto de las clásicas.
- Aumento de productividad de las máquinas. Esto se debe a la disminución del tiempo total de mecanización, en virtud de la disminución de los tiempos de desplazamiento en vacío y de la rapidez de los posicionamientos que suministran los sistemas electrónicos de control.
- Reducción de controles y desechos. Esta reducción es debida fundamentalmente a la gran fiabilidad y repetitividad de una máquina herramienta con control numérico. Esta reducción de controles permite prácticamente eliminar toda operación humana posterior, con la subsiguiente reducción de costos y tiempos de fabricación.

3. INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

La que desarrollan las empresas, a través de los procesos de medición, capaz de convertir una variable física en una señal.

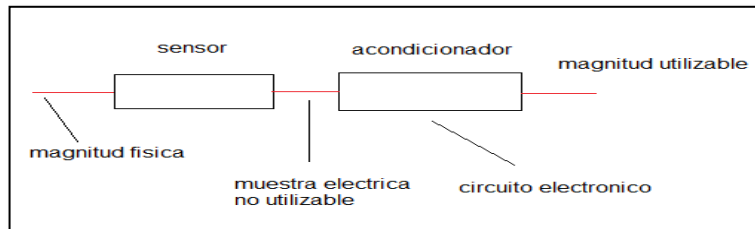
3.1. Instrumento de medida

Un instrumento de medida es un dispositivo de que capaz de medir o convertir una variable física en una magnitud que pueda ser fácilmente interpretada por el hombre con mayor facilidad. Los instrumentos son capaces de cuantificar de forma sistemática y de ver lo que el hombre no es capaz de ver. Un microscopio, por ejemplo, es un instrumento óptico que nos permite reconocer objetos extraordinariamente pequeños y una simple cinta métrica es otro instrumento del que nos valemos para estimar distancias.

Independientemente de la estrategia de control, la implementación del sistema de control conlleva:

- Medir variables de proceso (nivel, temperatura, caudal, velocidad, etc.)
- Calcular acciones de control
- Manipular variables de entrada al proceso

Figura 12. **Etapa de transformación de una magnitud**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Word.

3.2. **Variable y señal**

Se denomina señal a toda aquella muestra física que puede ser medida, ya sea variable o constante en el tiempo.

La información de las variables que se pretenda capturar se almacena en algún tipo de variable eléctrica, generalmente tensión, esta variable eléctrica es lo que se denomina señal. La naturaleza de las variables y de las señales que las contienen puede ser iguales o distintas, en el primer caso, variable y señal coinciden, en el segundo caso la variable es almacenada dentro de algunos parámetros de la señal, en cualquiera de los casos, variables y señales pueden clasificarse siguiendo varios criterios, desde el punto de vista de la instrumentación, de esta forma se tienen:

- Variables analógicas: cuando los datos constituyen matemáticamente un conjunto denso, es decir, que pueden tener valor dentro de un intervalo determinado.

- Variables digitales: cuando los datos lo constituyen un conjunto finito de valores; un caso particular de este tipo de variable es el sistema binario que permite dos valores diferentes, denotados normalmente por 0 y 1.

3.3. Instrumentación en el control del proceso

Instrumentación y control están fuertemente imbricados hasta el punto de que comporten algunos criterios de diseño, afecto las decisiones de una directamente a la otra. Para conocer el ámbito y la aplicación de la instrumentación eléctrica.

En el contexto de control de proceso, el interés de la instrumentación radica en las técnicas y procedimiento que esta disciplina aporta para medir la variable de proceso e informa al sistema de control, no se puede controlar una variable de forma más precisa a como la podemos medir, así que la medida es un elemento fundamental para el control. En definitiva el conocimiento sobre el estado de proceso se realiza empíricamente a través de la medida y esta labor puede realizarse recurriendo a proceso, se realiza empíricamente a través de la medida, y esta labor puede realizarse recurriendo a un diseño de un sistema de medida integrado en el ciclo de control.

3.4. Sistema de medida

Un sistema de medida, es aquel equipo cuya finalidad es obtener información acerca de un proceso físico y representar dicha información en la forma adecuada a un observador o a otro sistema técnico de control, existen multitudes de magnitudes físicas susceptibles de ser mediadas, dentro de los sistemas de medida están:

- Sistema Inglés – Anglosajón o Imperial: sistema de unidades no métricas utilizadas por países como Estados Unidos y otros países de habla inglesa como el Reino Unido las cuales fueron evolucionando con el tiempo como un intervalo de estandarizarlas y tiene sus orígenes en las unidades antiguas usadas en la antigua Roma. Existiendo a la actualidad discrepancias entre sus unidades.
- MKS (metro, kilogramo, segundo): en 1935 en un congreso de electricistas celebrado en Bruselas Bélgica se propone y acepta la creación de un sistema de medida el cual estaba conformado por 3 unidades (metro, kilogramo, segundo), este sistema fue utilizado más y más en transacciones comerciales, ingeniería y otras áreas prácticas.
- CGS (centímetro, gramo, segundo): usado mayormente por la comunidad científica especialmente en electromagnetismo, en la actualidad casi en desuso aunque todavía se encuentran algunas unidades derivadas de este sistema.
- SI (Sistema Internacional de Unidades): el sistema métrico fue oficialmente denominado Sistema Internacional de Unidades por la 11^o CGPM en 1960 ese mismo año se realizó la redefinición del metro a partir de la radiación del Kriptón 86.
- Considerando el sistema de medida como una caja negra, la entrada sería el valor verdadero de la variable a medir y la salida, el valor medido. Solo en el caso ideal, la diferencia entre ambos valores será nula por lo que siempre cometeremos un error de medida. La causa de este error son de origen diverso; ruido del sistema de medida, interferencia exteriores, desviaciones en los parámetros de componentes, mala

calibración, etc. En un sistema de medida podemos distinguirse tres funciones principales:

- Adquisición de datos: la información de las variables a medir es adquirida y convertida en una señal eléctrica. De esta etapa dependerán en gran medida las prestaciones del sistema de medida.
- Procesamiento de datos: consiste en el procesamiento, selección y manipulación de los datos con arreglo a los objetivos perseguidos, esta función suele ser realizada por un procesador digital, tipo micro controlador o procesador digital de señal. y distribución de datos.
- Distribución de datos: el valor medido se presenta a un observador (por ejemplo, mediante un display), se almacena por ejemplo en disco o en chip de memoria o bien transmite a otro sistema.

Entre los diferentes tipos de instrumentos están:

- Indicadores: disponen de un índice y de una escala graduada en la que puede leerse el valor de la variable, se encuentra de tipo digital y analógicos.
- Registradores: registran con trazo continuo o a punto la variable, y pueden ser circulares o de gráfico rectangular. Los registradores de gráfico circular suelen tener el gráfico de 1 revolución en 24 horas, mientras que en los de gráfico rectangular la velocidad normal del gráfico es de unos 20 mm/h.

- Elementos primarios (sensores): son los instrumentos que están en contacto con la variable y utilizan o absorben energía del medio controlado para dar al sistema de medición una indicación en respuesta a la variación de la variable controlada.
- Transmisores: captan la variable de proceso a través del elemento primario y la transmiten a distancia en forma de señal neumática (3 a 15 psi.) o eléctrica de corriente continua (4 a 20 mA) o de tensión (0 a 5 V).
- Transductores: reciben una señal de entrada en función de una o más cantidades físicas y la convierten modificada o no a una señal de salida.
- Convertidores: son aparatos que reciben una señal de entrada neumática o electrónica, procedente de un instrumento y después de modificarla envían la resultante en forma de señal de salida estándar.
- Controladores: comparan la variable controlada con un Set Point y ejercen una acción correctiva de acuerdo con la desviación. La variable controlada, la pueden recibir directamente como controladores locales o bien indirectamente en forma de señal neumática, electrónica o digital procedente de un transmisor.
- Elemento final de control: reciben la señal del controlador y modifican el agente de control.

3.5. Características y especificaciones de los sensores

Un sensor es un dispositivo que, a partir de la energía del medio en el que se mide, proporciona una señal de salida transducible que es función de la magnitud que se pretende medir, de tal manera consta de características, que deben tomarse en cuenta estas son: dinámicas y estáticas.

- Características dinámicas: describen la actuación de un sensor en régimen permanente o con cambios muy lentos de la variable a medir, entre estos se puede citar los siguientes: exactitud, rango de medida, precisión, alcance, error linealidad, error en la no linealidad, incertidumbre de una medida, respetabilidad, reproductibilidad, sensibilidad, resolución, *rangeability* (Es el cociente entre el valor de medida superior e inferior de un instrumento), rango de trabajo o de operación, banda muerta o zona muerta, campo de medida con elevación de cero, campo de medida con supresión de cero, campo de medida con elevación de cero, elevación de cero, supresión de cero, deriva, fiabilidad, ruido, curva de calibración y histéresis.
- Características dinámicas: son aquellas que describen al instrumento en régimen transitorio a base de dar una respuesta temporal ante determinados estímulos estándar, e indicar las constantes de tiempo relevantes. Entre sus características están las siguientes:
 - Velocidad de respuesta, tiempo de respuesta, tiempo de retardo, tiempo de subida, tiempo de establecimiento, constante de tiempo, respuesta frecuencial y linealidad.

3.5.1. Sensores de presión

Dependen del principio de medición que utilicen, de esta manera que se tienen los siguientes tipos:

- Celdas de carga de capacitancia
- Celdas de carga digitales
- Celdas de carga resistiva
- Celdas de carga electromagnética
- Celdas de carga analógica, entre otras

De las cuales mencionan las más comunes y su aplicación en la industria.

3.5.1.1. Celdas capacitivas

Básicamente se refiere a la capacitancia nos viene a la mente un capacitor con dos placas paralelas, alineadas una de la otra, pero sin hacer contacto, a este tipo de almacenamiento de carga se le denomina capacidad o capacitancia. Por tanto la presión ejercida sobre los diafragmas es la que se ve reflejada como un cambio en la capacitancia del sensor. Los diafragmas se deforman en relación a la presión diferencial ejercida en ellos y esto a su vez genera un cambio en la señal que emiten las placas capacitivas. Este tipo de celda son utilizadas en evaporadores, tubería, etc., donde se necesita saber la presión que ejerce el vapor para ello usamos equipos electrónicos como lo son los manómetros, como se ve en la figura 13.

Figura 13. **Transmisor de presión**

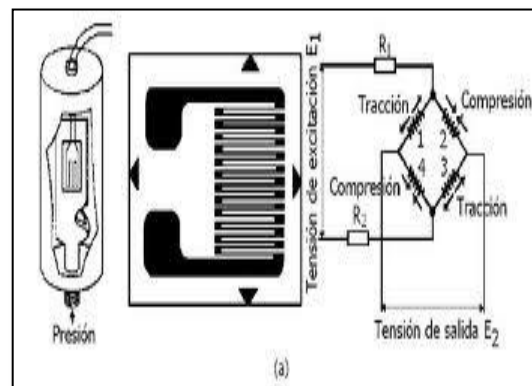


Fuente: www.siemens.com.gt. Consulta 27 marzo 2013.

3.5.1.2. **Celdas electromagnéticas**

Este tipo de celdas funcionan con principio similar al del sistema de contrapeso de la balanza mecánica solo que en uno de los extremos donde debe ir la masa pequeña lo que se tiene es un imán fijo y un electroimán que varía su intensidad en función de la fuerza aplicada en el otro extremo, trabaja en función de la corriente. Ver figura 14

Figura 14. **Galga de corriente**



Fuente: <http://www.tecnoficio.com/docs/doc58.php>. Consulta 27 marzo 2013.

También existen distintos tipos de sensores, tales como: celda resistiva, las galgas extensiométricas, sensores piezoeléctricos, galgas capacitivas, entre otros.

3.5.1.3. Celda resistiva

Su función es deformar la resistencia conforme se le inyecta una fuerza, o contrapeso, convirtiendo esa fuerza en una señal eléctrica, por medio de unas galgas que convierte en el desplazamiento en señales eléctricas, por lo general este tipo de celdas está compuesto por cuatro galgas extensiométricas conectadas entre sí en una configuración tipo puente de Wheatstone. Se usan mucho en balanzas analíticas, para pesar contenedores y en balanzas de piso.

3.5.1.4. Galgas extensiométricas

Son básicamente una resistencia eléctrica. El parámetro variable y sujeto a medida es la resistencia de dicha galga. Esta variación de resistencia depende de la deformación que sufre la galga. Se parte de la hipótesis inicial de que el sensor experimenta las mismas deformaciones que la superficie sobre la cual está pegada.

Las principales ventajas de las galgas extensiométricas son:

- Pequeño tamaño
- Pueden ser alimentadas con corriente continua o corriente alterna
- Tienen una excelente respuesta en frecuencia
- Pueden utilizarse para medidas estáticas y dinámicas
- Compensación de temperatura relativamente fácil
- No son influidas por los campos magnéticos

Mientras que las desventajas encontradas son las siguientes:

- Señal de salida débil
- Alta sensibilidad a las vibraciones
- El esfuerzo aplicado no debe llevar a la galga fuera del margen elástico
- Se necesita una buena adhesión al objeto, para que la medida de la deformación sea correcta.
- Un incremento en la temperatura tiene como consecuencia una variación de la resistencia aun sin aplicar ningún esfuerzo.

3.5.1.5. Sensores piezoeléctricos

Basan su funcionamiento en la fuerza o presión aplicada a una sustancia compuesta por cristales polarizados (piezo significa presión en griego). Al ejercer presión sobre el cristal, este se deforma produciendo una descarga eléctrica.

Principales ventajas y desventajas de este tipo de sensor:

Ventajas:

- Alta sensibilidad y bajo coste
- Alta rigidez mecánica (deformaciones experimentadas < 1microm), apta para medir esfuerzos variables (fuerza - presión).

Desventajas:

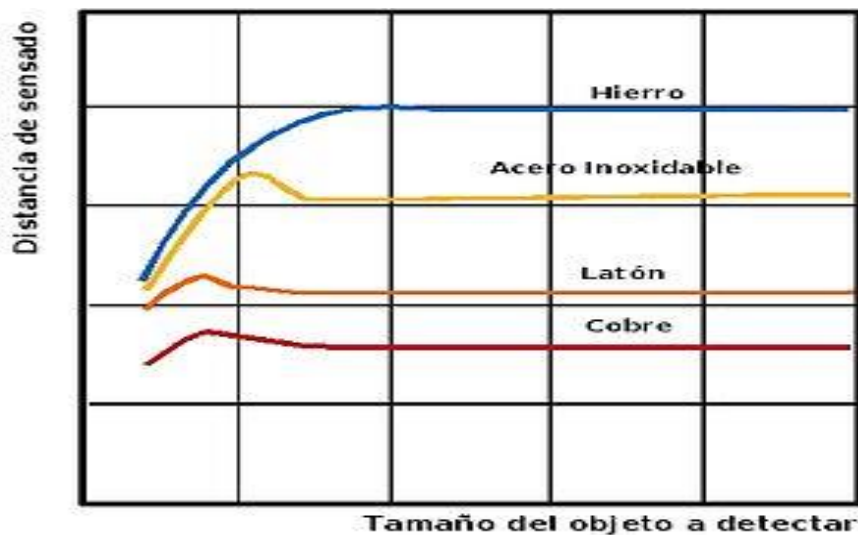
- No poseen respuesta en corriente continua (CC)
- Deben trabajar por debajo de la frecuencia de resonancia del material

- Los coeficientes piezoeléctricos son sensibles a la temperatura. (Cuarzo hasta 260 °C y la turmalita 700 °C).
- La impedancia de salida de los materiales piezoeléctricos es muy baja

3.5.2. Sensores de aproximación

Son una clase que tiene como función detectar todo tipo de metales ferrosos, en la figura 15, se puede ver los diferentes tipos de sensado según el objeto que se desee censar, hay una gran variedad de tipos y formas de sensores según su aplicación, como se puede apreciar en figura 16, son muy utilizados en la industria para confirmación de abierto o cerrado de alguna válvula, también se usan para verificar las revoluciones de un motor, además de detectar metales.

Figura 15. **Sensado en función al objeto**



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_inductivo. Consulta 29 marzo 2013.

Figura 16. Tipos de sensores

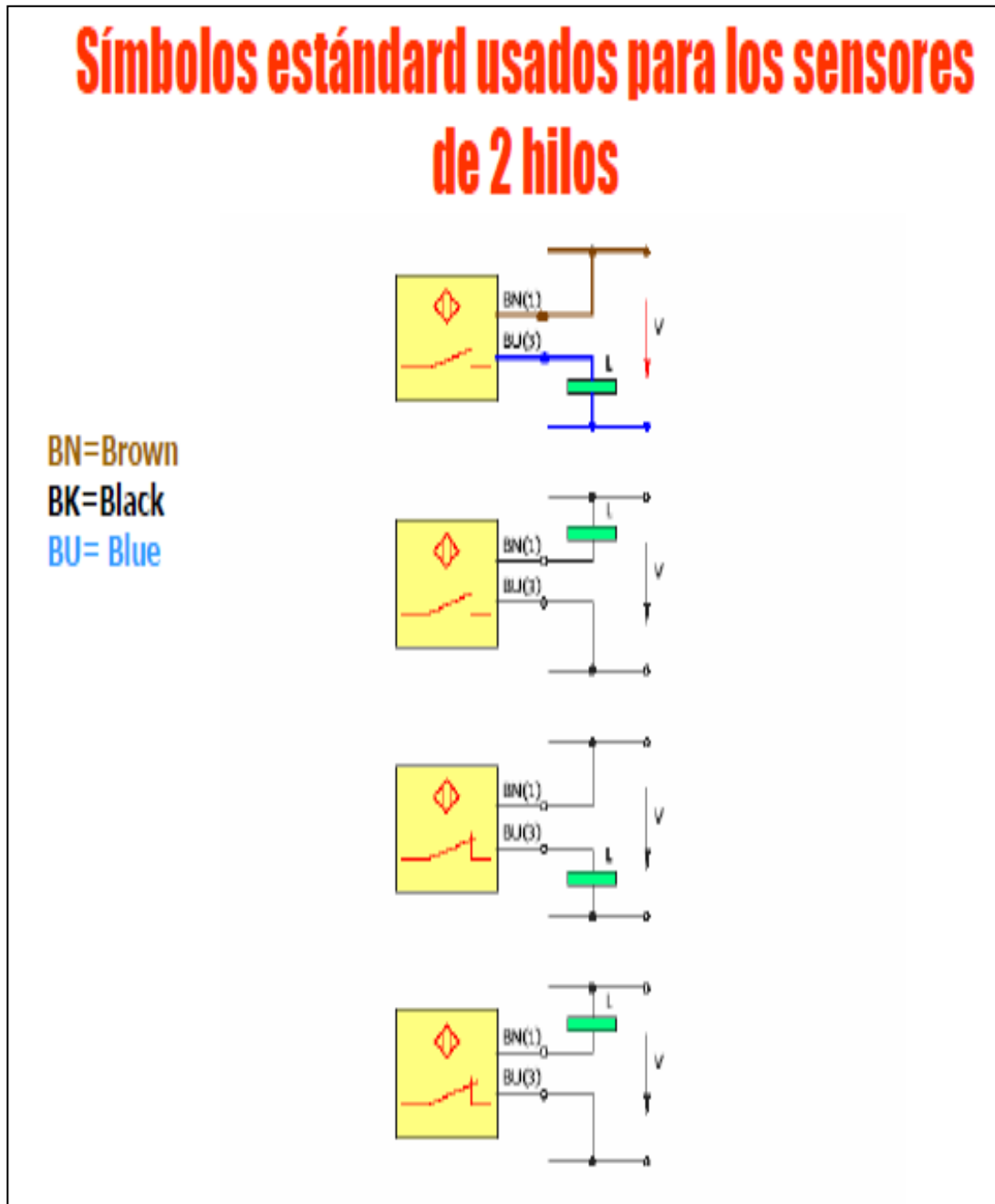


Fuente: <http://www.aesasa.com/wp-content/uploads/2013/05/Sensor-inductivo-AESA.jpg>. Consulta 1 de abril 2013.

Para las diferentes configuraciones según lo requiera en el trabajo a continuación se presentan las siguientes figuras donde muestra como conectar un sensor inductivo a 2 hilos, ver figura 17 y como conectar un sensor a tres hilos ver figura 18, también hay una breve explicación para saber qué tipo de sensor se está conectando, si es inductivo es pnp o npn se hace lo siguiente:

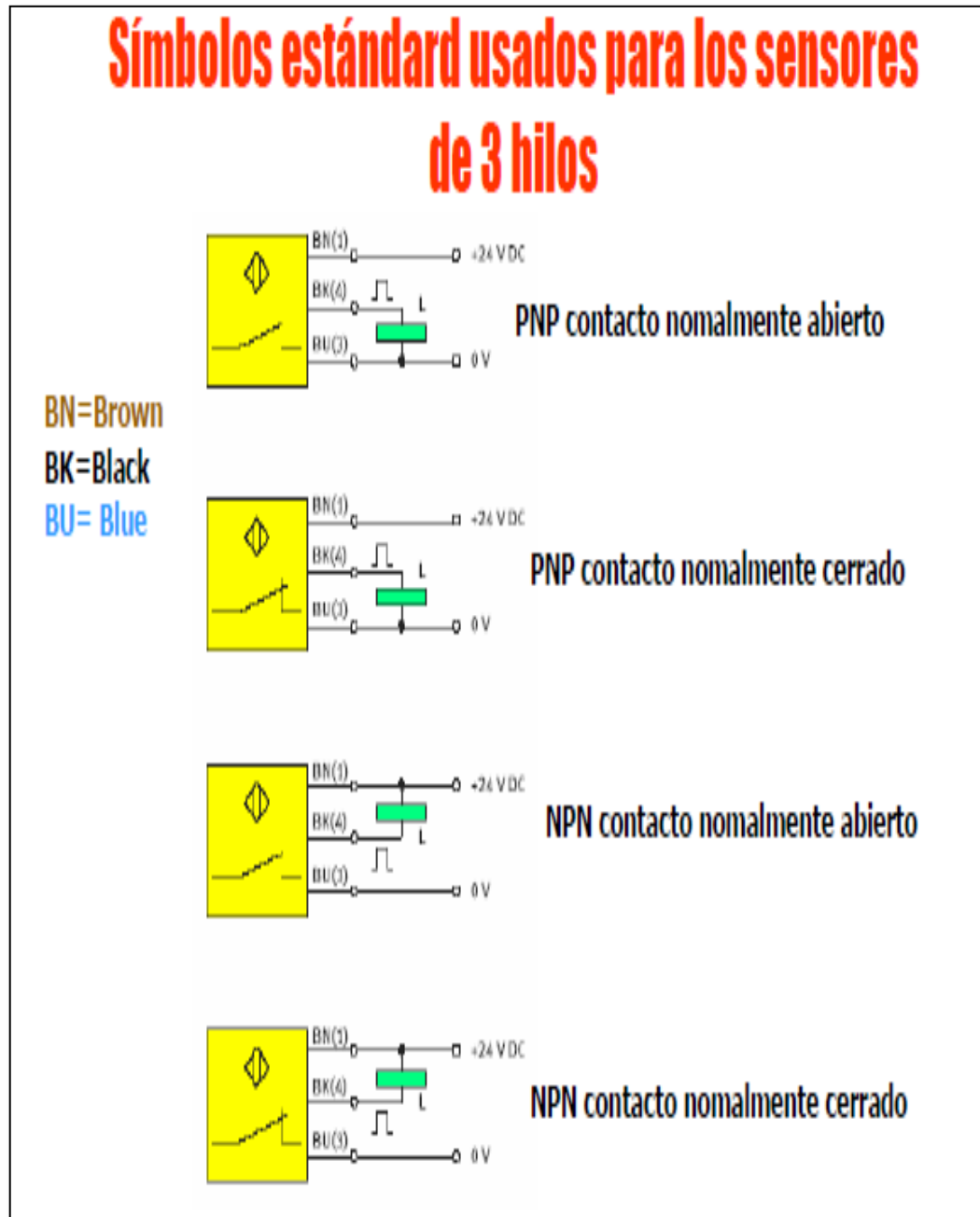
Alimentar el sensor por sus cable de alimentación (+/-), medir la tensión que da en el cable de retorno. Si tienes 24v entre el retorno y masa entonces es pnp. Caso contrario será N.O, npn.

Figura 17. **Conexión a 2 hilos**



Fuente: <http://www.yumpu.com/es/document/view/2624576/25-sensores-capacitivos-facultad-de-ciencias>. Consulta 1 de abril 2013.

Figura 18. Conexión a 3 hilos



Fuente: <http://www.yumpu.com/es/document/view/2624576/25-sensores-capacitivos-facultad-de-ciencias>. Consulta 1 de abril 2013.

4. ELEMENTOS QUE COMPONEN LA MÁQUINA DESGRANADORA DE MAIZ

Para poder entender mejor el funcionamiento de la máquina se describen los siguiente elementos.

4.1. Microcontrolador

El desarrollo de la industria microelectrónica ha permitido crear circuitos integrados de tamaño muy reducido y de bajo consumo como son los microcontroladores. Estos *chips* están específicamente ideados para el control de aplicaciones de todo tipo sustituyendo a los circuitos de lógica combinacional ampliando sus prestaciones, y a procesadores reduciendo su coste.

Un microcontrolador, es un circuito integrado programable que contiene los elementos necesarios para controlar un sistema. PIC significa *Peripheral Interface Controler* es decir un controlador de periféricos.

Cuando se habla de un circuito integrado programable que controla periféricos, se refiere a un sistema que contiene una unidad aritmético-lógica, memorias de datos y programas, puertos de entrada y salida, es decir que está compuesto de un pequeño ordenador diseñado para realizar funciones específicas.

Un microcontrolador dispone normalmente de los siguientes componentes:

- Unidad de Procesamiento Central (CPU): típicamente de 8 bits, pero también las hay de 4, 32 y hasta 64 bits con arquitectura Harvard, con memoria/bus de datos separada de la memoria/bus de instrucciones de programa, o arquitectura de von Neumann, también llamada arquitectura Princeton, con memoria/bus de datos y memoria/ bus de programa compartidas.
- Memoria de programa: es una memoria ROM (*Read-Only Memory*), EPROM (*Electrically Programmable ROM*), EEPROM (*Electrically Erasable / Programmable ROM*).
- Flash que almacena el código del programa que típicamente puede ser de 1 kilobyte a varios megabytes.
- Memoria de datos: es una memoria RAM (*Random Access Memory*) que típicamente puede ser de 1, 2 4, 8, 16, 32 kilobytes.
- Generador del reloj: usualmente un cristal de cuarzo de frecuencias que genera una señal oscilatoria de entre 1 a 40 MHz, o también resonadores o circuitos RC.
- Interfaz de entrada/salida: puertos paralelos, seriales (UARTs, *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*), I2C (*Inter-Integrated Circuit*), Interfaces de periféricos seriales (SPIs, *Serial Peripheral Interfaces*), Red de Área de Controladores (CAN, *Controller Área Network*), USB (Universal Serial Bus).
- Otras opciones del microprocesador.

- Conversores Análogo-Digitales (A/D, análogo-to-digital) para convertir un nivel de voltaje en un cierto pin a un valor digital manipulable por el programa del microcontrolador.
- Moduladores por Ancho de Pulso (PWM, *Pulse-Width Modulation*) para generar ondas cuadradas de frecuencia fija pero con ancho de pulso modificable.

El microcontrolador es en definitiva un circuito integrado que incluye todos los componentes de un computador. Debido a su reducido tamaño es posible montar el controlador en el propio dispositivo al que gobierna. En este caso el controlador recibe el nombre de controlador empotrado (*embedded controller*).

4.1.1. Programación de los microcontroladores PIC

El funcionamiento de los microcontroladores está determinado por el programa almacenado en su memoria. Este puede escribirse en distintos leguajes de programación. Además, la mayoría de los microcontroladores actuales pueden reprogramarse repetidas veces.

Cuando se requiere un proceso utilizando un PIC, es necesario que el microcontrolador este programado, para realizar el proceso, para ello se utiliza un programa específico, la mayoría de software, los fabricantes lo dan o se utiliza algunos que son populares debido su facilidad, entre estos se puede mencionar los siguientes:

- Ensamblador. La programación en lenguaje ensamblador puede resultar un tanto ardua para el principiante, pero permite desarrollar programas muy eficientes, ya que otorga al programador el dominio absoluto del

sistema. Los fabricantes suelen proporcionar el programa ensamblador de forma gratuita y en cualquier caso siempre se puede encontrar una versión gratuita para los microcontroladores más populares.

- **Compilador.** La programación en un lenguaje de alto nivel (como el C) permite disminuir el tiempo de desarrollo de un producto. No obstante, si no se programa con cuidado, el código resultante puede ser mucho más ineficiente que el programado en ensamblador. Las versiones más potentes suelen ser muy caras, aunque para los microcontroladores más populares pueden encontrarse versiones demo, limitadas e incluso compiladores gratuitos.

4.1.2. Aplicaciones de los microcontroladores

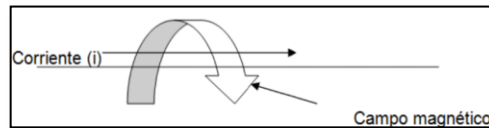
Una aplicación típica podría emplear varios microcontroladores para controlar pequeñas partes del sistema. Estos pequeños controladores podrían comunicarse entre ellos y con un procesador central, probablemente más potente, para compartir la información y coordinar sus acciones, como, de hecho, ocurre ya habitualmente en cualquier PC.

4.2. Sensores de proximidad inductivo

Para saber cómo trabaja un sensor inductivo, se debe entender la manera en que el campo electromagnético se propaga, en efecto son equipamientos capaces de detectar materiales metálicos ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para posicionamiento como para detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos sin que haya contacto físico.

Los sensores inductivos contienen un circuito o sistema de detección electromagnética que es generada por una corriente (i) que circula a través de un hilo conductor, generando un campo magnético que está asociado a ella.

Figura 19. **Corriente vs campo magnético**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Word.

La distancia de sensado se especifica en la tabla 1, datos del sensor se aprecia en la figura 20, este valor variará sensiblemente si se quiere detectar otros tipos de metales, aun ferrosos como el acero inoxidable, no ferrosos tal como el bronce, aluminio y bronce pueden ser detectados, pero a menor distancia.

Tabla I. **Característica de sensor inductivo**

Sensores e Instrumentos

M 18

Cabo

Conector M12

Fotos Ilustrativas

Distancia	CE	Entrada	Saída	Nº de fíos	Montag.	Conexão	Compr. Tubo	Código	
5 mm	Namur	7 a 12 Vcc	NF	2	E	Cabo		PS5-18GM50-N	
8 mm								NE	PS8-18GM50-N
5 mm	NPN	10 a 30 Vcc	NA	3	E	Cabo		PS5-18GI50-E	
						Conector		PS5-18GI50-E-V1	
8 mm			NA	3		NE	Cabo		PS5-18GI50-A
							Conector		PS5-18GI50-A-V1
5 mm	PNP	10 a 30 Vcc	NA	3	E	Cabo		PS8-18GI50-E	
						Conector		PS8-18GI50-E-V1	
8 mm			NA+NF	4		NE	Cabo		PS8-18GI50-E-V1
							Conector		PS8-18GI50-A
5 mm	PNP	10 a 30 Vcc	NA	3	E	Cabo		PS8-18GI50-A	
						Conector		PS8-18GI50-A-V1	
8 mm			NA+NF	4		NE	Cabo		PS5-18GI50-E2
							Conector		PS5-18GI50-E2-V1
5 mm	PNP	10 a 30 Vcc	NA	3	E	Cabo		PS5-18GI50-E2	
						Conector		PS5-18GI50-E2-V1	
8 mm			NA+NF	4		NE	Cabo		PS5-18GI50-A2
							Conector		PS5-18GI50-A2-V1
5 mm	PNP	10 a 30 Vcc	NA	3	E	Cabo		PS8-18GI50-E2	
						Conector		PS8-18GI50-E2-V1	
8 mm			NA+NF	4		NE	Cabo		PS8-18GI50-E2-V1
							Conector		PS8-18GI50-A2

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/131042669/Folheto-de-Sensores> P. 4. Consulta 3 de abril 2013.

Figura 20. **Datos técnicos de sensor PS8-18GI50-E2**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		Modelo PS8-18GI50-E2	
Diâmetro	18 mm		
Tipo de rosca	M18 x 1 mm		
Distancia sensora Sn	8 mm		
Distancia operacional Sa	6,48 mm		
Alvo padrão	24x24 mm		
Histerese	± 5 %		
Repetibilidade	<0,01 mm		
Frequência de comutação máxima	200 Hz		
Montagem	não embutida		
Configuração elétrica	CC - PNP		
Tipo de contato	NA		
Número de fios	3 Fios		
Tensão de alimentação	10 a 30Vcc		
Ripple	10 %		
Corrente de consumo	<10 mA		
Proteção de saída	curto-circuito e inversão		
Corrente máxima de chaveamento	200 mA		
Queda de tensão no sensor (carga energizada)	<2 V		
Sinalização	led traseiro		
Grau de proteção	IP 67		
Temperatura de operação	- 25 °C a + 70 °C		
Peso	150 g		
Invólucro	metálico rosca		
Opções de involucro	GX (inox),GT (PTFE), GP (plástico)		
Opções de comprimento do tubo	50,70 mm		
Conexão	cabo		
Opções de cabo	PUR		
Opções de comprimento do cabo	PVC 6 m		

Fuente:http://www.sense.com.br/produtos/detalhes_produto.php?pn=50503863. Consulta 2 de abril 2013.

4.3. Celdas de carga

Las celdas de carga son sensores de peso electrónicos cuya finalidad es recibir la excitación eléctrica provocada por un peso determinado aplicado a la plataforma y transmitirlo hacia un indicador de peso en forma de una salida eléctrica.

Aplicaciones de las celdas de carga

Las celdas de carga se aplican a instrumentos de medición como:

- Balanzas
- Básculas
- Medidores de fuerzas
- Determinación del centro de gravedad

Existe en mercado una muy amplia variedad de celdas de carga, las cuales varían en forma, tamaño, material, entre otras cosas. De los cuales utilizaremos lo que es la celda resistiva.

4.3.1. Celdas de carga resistivas

Consiste en un bloque metálico con 4 puntos de flexión donde están grabadas sobre estas resistencias eléctricas que varían su resistencia con la flexión debido a la fuerza aplicada o peso aplicado, son de menor exactitud y se utilizan en básculas de piso.

Figura 21. Celda resistiva



Fuente: <http://probacssa.com/index.php?sito=catalogo&cat=RefaccionesConsumibles&subcat=Celdas%20de%20carga&idpro=788&tipo=>. Consulta 3 de mayo 2013.

Figura 22. Característica técnicas de celda de carga utilizada



Image is a representation of actual product



SPECIFICATIONS:

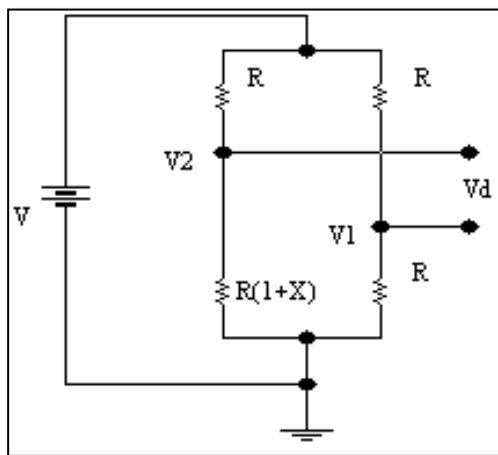
Full Scale Output:	2.0 mV/V
Bridge Resistance:	350 ohms
Material/Finish:	Stainless steel
Temperature:	Compensated range 14°F to 104°F/-10°C to 40°C
Safe Overload:	150% Full scale
Rated Excitation:	10V DC (15V maximum)
Combined Error:	0.05% Full scale
Insulation Resistance:	5000 megohms
Seal Type:	Welded-seal, IP67
Cable Length:	3.1 m/10'
Cable Diameter:	.190 polyurethane jacket
Cable Color Code:	Blue..... + Excitation Black..... - Excitation White..... + Signal Red..... - Signal Yellow..... - Shield
Warranty:	One-year limited warranty
Approvals:	  

Fuente: L CG_catalog_2010 P. 234 Z6 Single-Ended Beam, Stainless Steel Welded –seal, IP67, OILM C3. Consulta 3 de mayo 2013.

Los fabricantes de celdas de carga para medir la presión se vuelcan preferentemente al uso de las galgas extensiométricas en sus diseños, son utilizadas donde se requiera gran capacidad de pesaje, ambientes fuertes y por ser más robustas, requieren un tiempo mínimo para que alcance su temperatura de trabajo.

La conexión de las celdas están configuradas en un puente de Wheatstone, estas trabajan en función de los mv, ver figura 23.

Figura 23. **Galga extensiométrica, puente Wheatstone**

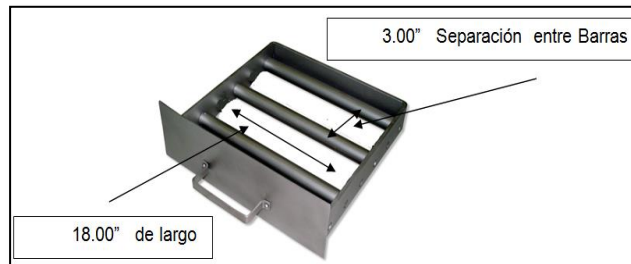


Fuente: <http://www.forosdeelectronica.com/f16/load-cell-celdas-carga-principios-básicos-26/>.
Consulta 23 de mayo 2013.

4.4. **Rejilla magnética**

Instrumento que tiene como propósito atrapar, levantar o separar metales sólidos ferrosos en algún proceso alimenticio, además ayuda a proteger los equipos como los molinos, mezcladoras, etc, en la figura 24 se aprecia la rejilla con tres barras magnéticas, que tienen como función atraer metales ferrosos.

Figura 24. **Rejilla magnética**



Fuente: elaboración propia, en base al programa Paint.

4.5. **Báscula**

Es un aparato que sirve para pesar, cuya capacidad va desde un gramo hasta algunos kilogramos, hay de dos tipos mecánicas y electrónicas.

- Entre las mecánicas se puede mencionar la balanza de pesaje mecánico, por ejemplo: cruz, romana, roberval y de pesaje mecánico. Este tipo de balanza necesita que se le cuelgue una masa y esta a la vez deforme el resorte que tiene interno ya sea por medio de contrapeso o muelle elástico para obtener una medición de masa, fueron una de las primeras que utilizó la humanidad, en la figura 25, se visualiza lo que es una balanza mecánica, con el paso del tiempo surgió la báscula electrónica.

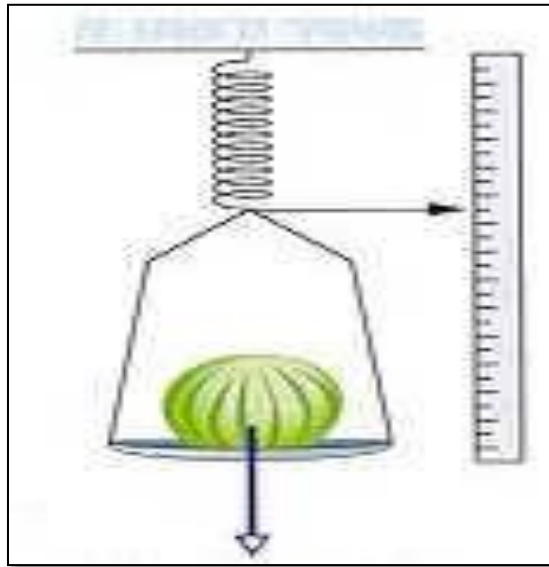
Donde $D = K \times F$

D: Deformación

F: Fuerza aplicada

K: Coeficiente de deformación del resorte

Figura 25. **Sistema de pesaje mecánico**



Fuente: <http://www.básculas-y-balanzas.com/tipos-de-balanzas.html>. Consulta 5 de junio 2013.

- Las básculas electrónicas han ido evolucionando conforme el tiempo, compuesto por una o más celdas de carga para determinar la masa de un objeto, funcionan bajo el principio de deformación donde la resistencia de la galga varía con cada variación y manda una señal eléctrica y esta a la vez se puede visualizar en una pantalla en números digitales del 0 a hasta la capacidad máxima que esta celda pueda soportar, como se visualiza en la figura 26, dispositivos de medición más precisos, por ello son sensibles a los factores ambientales que pueden causar una lectura inexacta.

Figura 26. **Balanza digital**



Fuente: <http://www.solostocks.com/img/balanza-electronica-laboratorio-6-kg-2-gr-dw6000-6420238n0.jpg>. Consulta 5 de junio 2013.

4.5.1. Diferencia entre báscula y balanzas

No existe bibliografía que indique una diferencia específica, pero se toma por convención que una balanza es un instrumento que posee un rango de medición de 0kg a 60kg arriba de este valor entre 61kg se le considera báscula.

- Según Recomendación Internacional 76 de la OLM, Esta clasifica las básculas en 4 clases de exactitud:
 - CLASE I Especial
 - CLASE II Alta
 - CLASE III Mediana
 - CLASE IIII Ordinaria

4.6. Motor eléctrico

Es aquel motor que transforma energía eléctrica en energía mecánica, en forma de par de torsión (energía de rotación). Hay dos tipos de motores: los de corriente continua (CC) y de corriente alterna (CA), que difieren tanto en el tipo

de energía eléctrica que utilizan. Los motores de corriente alterna son muy utilizados en instalaciones industriales, comerciales y particulares.

4.6.1. Motores asíncronos

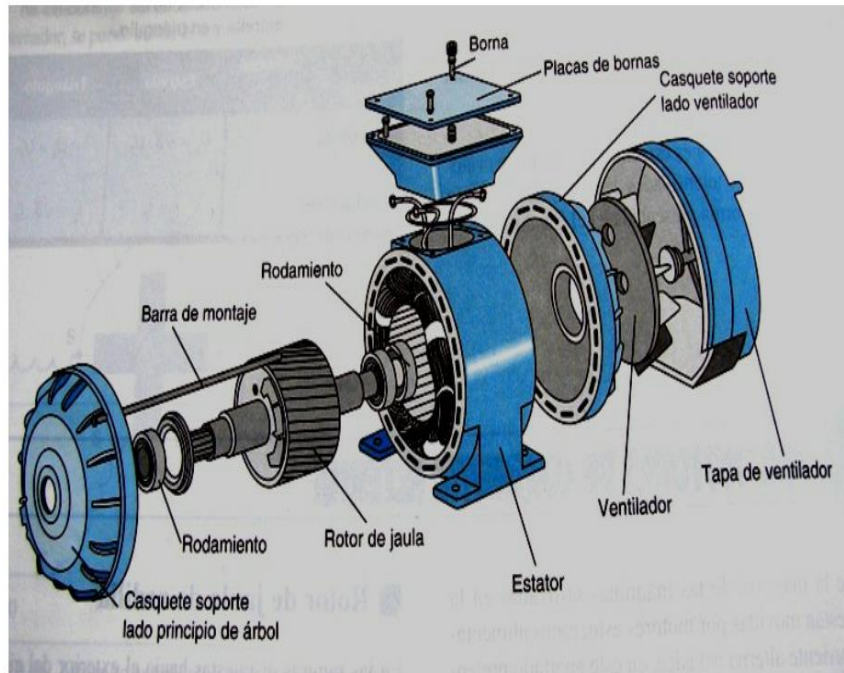
El motor asíncrono de corriente alterna se considera el motor industrial por excelencia, a causa de la sencillez y fortaleza de su construcción, así como por su seguridad de funcionamiento.

La diferencia entre la máquina asíncrona con los demás tipos de máquinas se debe a que no existe corriente conducida a uno de los arrollamientos. La corriente que circula por uno de los devanados (generalmente el situado en el rotor) se debe a la f.e.m. inducida por la acción del flujo del otro, y por esta razón se denomina máquina de inducción. También reciben el nombre de máquinas asíncronas debido a que la velocidad de giro del rotor no es la de sincronismo impuesta por la frecuencia de la red.

Desde el punto de vista constructivo, se pueden distinguir las formas típicas de rotor, existen 2 tipos:

- Máquina asíncrona de rotor de jaula de ardilla
- Máquina asíncrona de rotor bobinado
- Máquina asíncrona de rotor de jaula de ardilla: en los motores de jaula de ardilla el devanado del rotor está constituido por barras de cobre o de aluminio colocadas en las ranuras de la corona rotórica y unidas en sus extremos a dos anillos del mismo material. El conjunto de barras y anillos tiene aspecto de jaula de ardilla: de ahí el nombre que recibe este rotor. El par de arranque de este tipo de motores es relativamente pequeño, y la intensidad absorbida en el arranque es elevada.

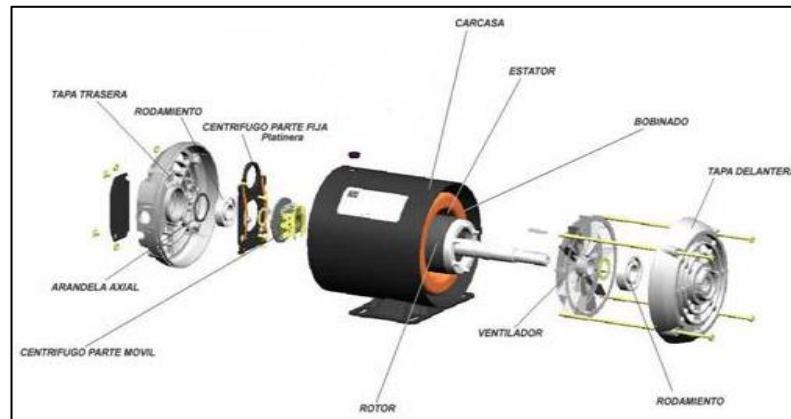
Figura 27. **Motor rotor jaula de ardilla**



Fuente: http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/SAP/archivos/1eva/introduccion_motores_ca.pdf. Consulta el 15 de julio 2013.

- Máquina asíncrona de rotor bobinado: en los motores asíncronos de rotor bobinado, el devanado rotórico, al igual que el estatórico, está constituido por hilo de cobre. En las ranuras de la corona rotórica se alojan, por lo general, tres devanados conectados por un punto común. Los extremos libres pueden estar conectados a tres anillos de cobre (anillos rozantes) que giran solidariamente con el eje. Haciendo contacto con los anillos rozantes, se encuentran unas escobillas, generalmente de grafito, que están fijas respecto al estator y que permiten realizar la conexión de los tres devanados rotóricos con el exterior.

Figura 28. **Motor de rotor bobinado**



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos82/motores-fase-partida/image002.jpg>.

Consulta el 15 de julio 2013.

4.6.2. **Principio de funcionamiento**

Generalmente la máquina asíncrona suele funcionar como motor. El devanado del estator está constituido por tres arrollamientos desfasados 120° en el espacio y de $2p$ polos; al introducir por ellos corriente de una red trifásica de frecuencia f_1 , se produce una onda rotativa de f.m.m. distribuida senoidalmente por la periferia del entrehierro, que produce un flujo giratorio cuya velocidad viene expresada por:

$$n_1 = \frac{60 \cdot f_1}{p} \quad (\text{r.p.m.}) \quad (1.1)$$

Qué recibe el nombre de velocidad de sincronismo, el principio de funcionamiento de los motores asíncronos es más complejo que el de los motores de corriente continua. Se basa en la acción que ejerce sobre el rotor un campo magnético giratorio producido por el devanado estático.

5. ESQUEMA DE UNIFILARES Y MANTENIMIENTO DE MÁQUINA DESGRANADORA

A continuación se describen las principales vistas de esquemas y tipos de mantenimiento que se utilizarán en el diseño de la máquina desgranadora de maíz semiautomática.

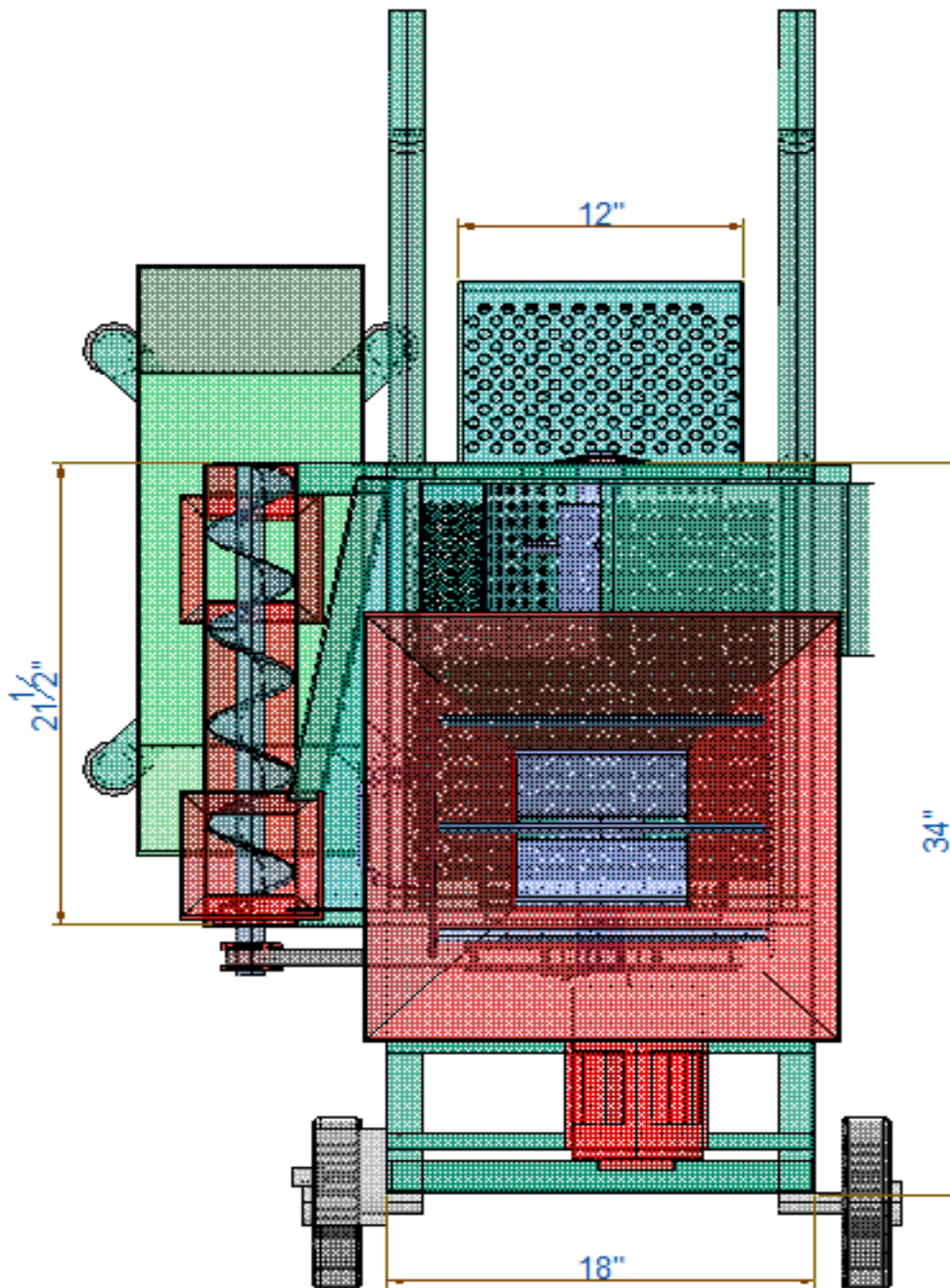
5.1. Grupo de software utilizados para aplicación de planos unifilares

Para la creación de diseño de la máquina se han utilizado distintos software; dentro de estos esta el AutoCad, CadeSimu, livewire y *PIC Simulater* a continuación se aprecian las figuras de cada diseño que se hicieron en los distintos software.

5.1.1. Diseño por AutoCad

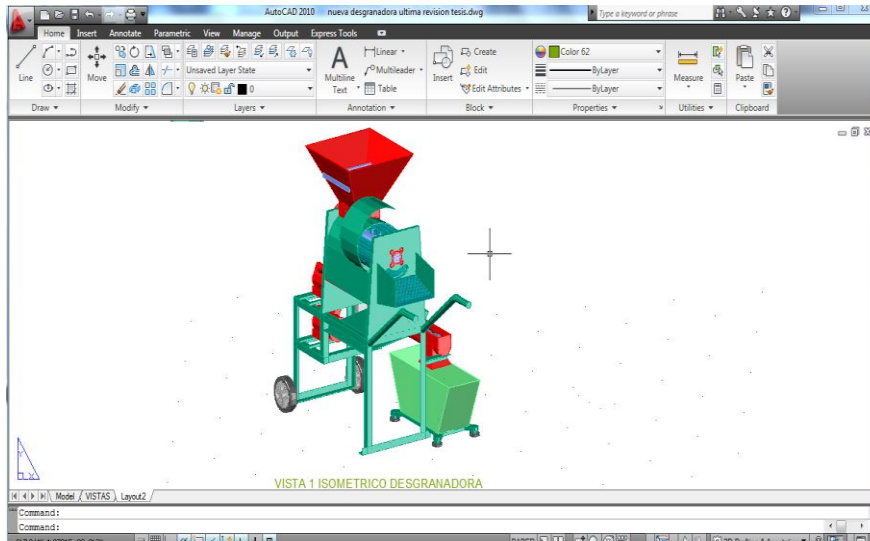
El diseño de la máquina se realizó por AutoCad, software de diseño asistido por computadora, que puede crear dibujos con vistas en 2D y 3D. En distintos ángulos, lo la cual facilita la visualización de la construcción de figuras básicas o complejas, en las figuras siguientes (29-36) se muestra las vistas de isométricos para la elaboración de máquina desgranadora.

Figura 29. Diseño de isométrico máquina desgranadora vista de planta



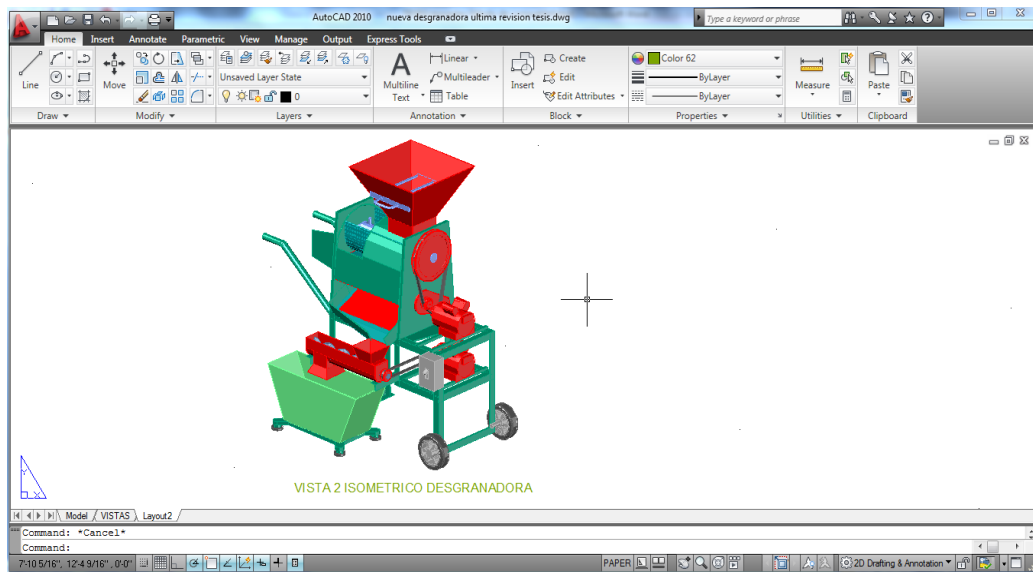
Fuente: elaboración propia, con base al programa AutoCad.

Figura 30. **AutoCad, vista 1 isométrico**



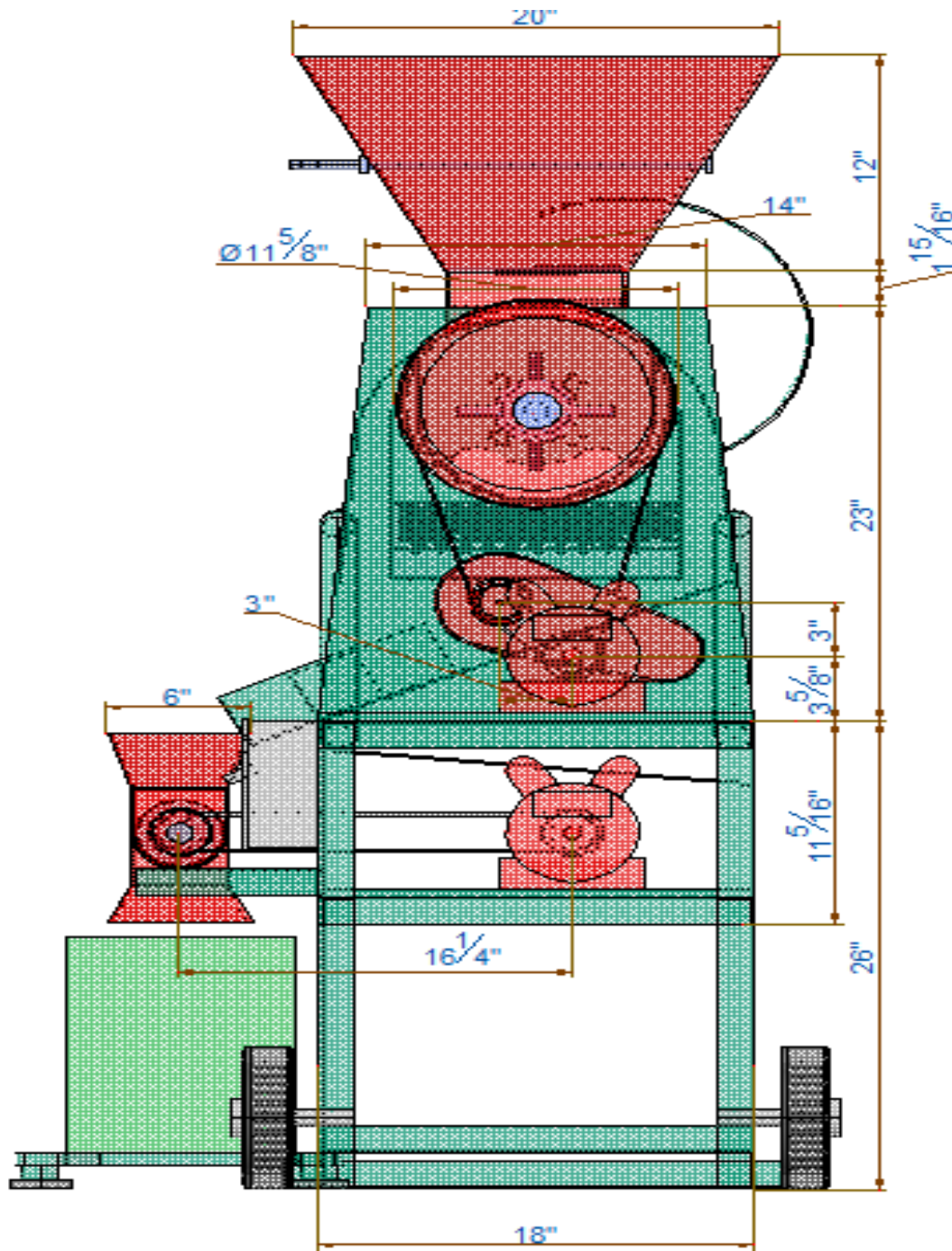
Fuente: elaboración propia, con base al programa AutoCad.

Figura 31. **AutoCad, vista 2 isométrico**



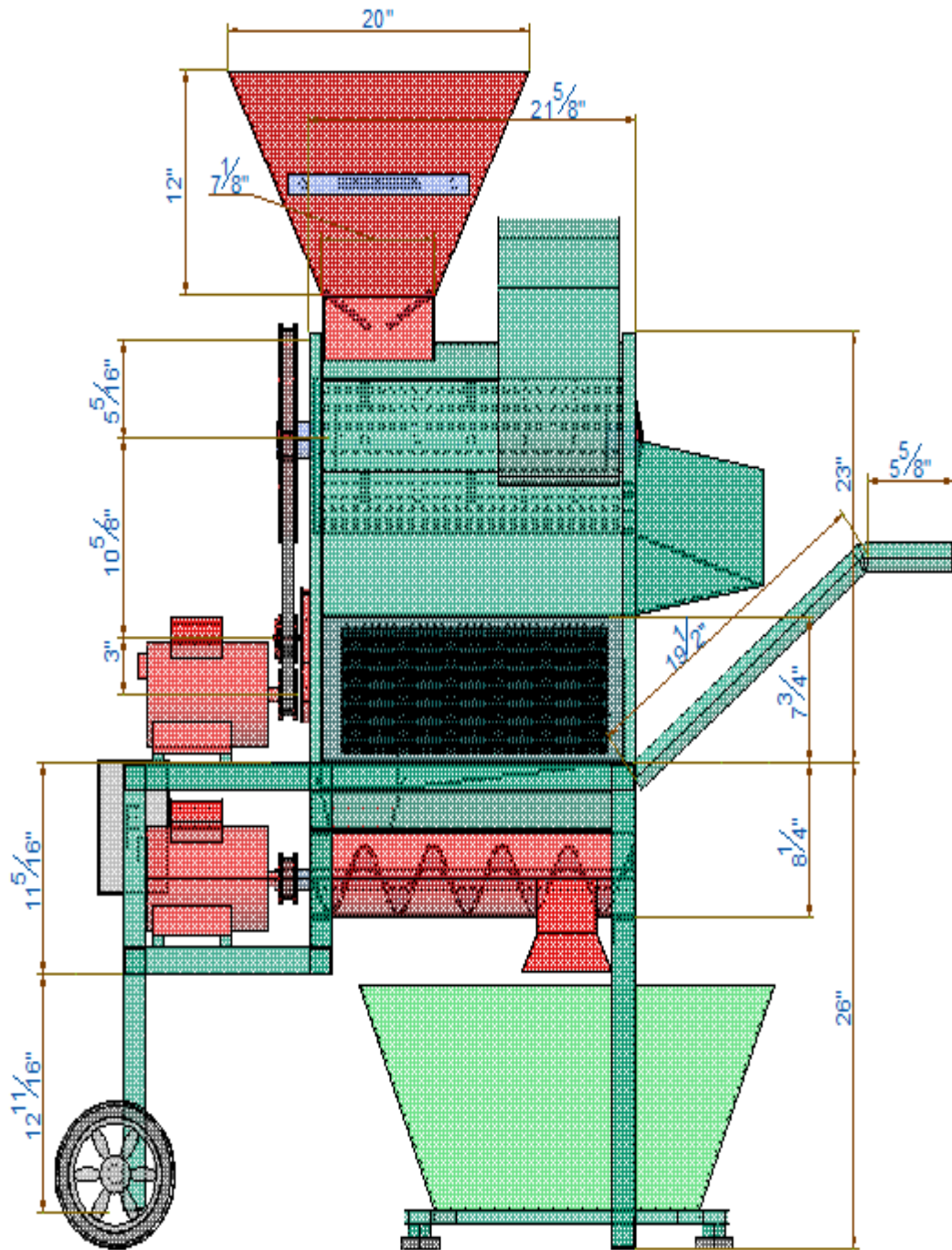
Fuente: elaboración propia, con base al programa AutoCad.

Figura 32. AutoCad, vista frontal



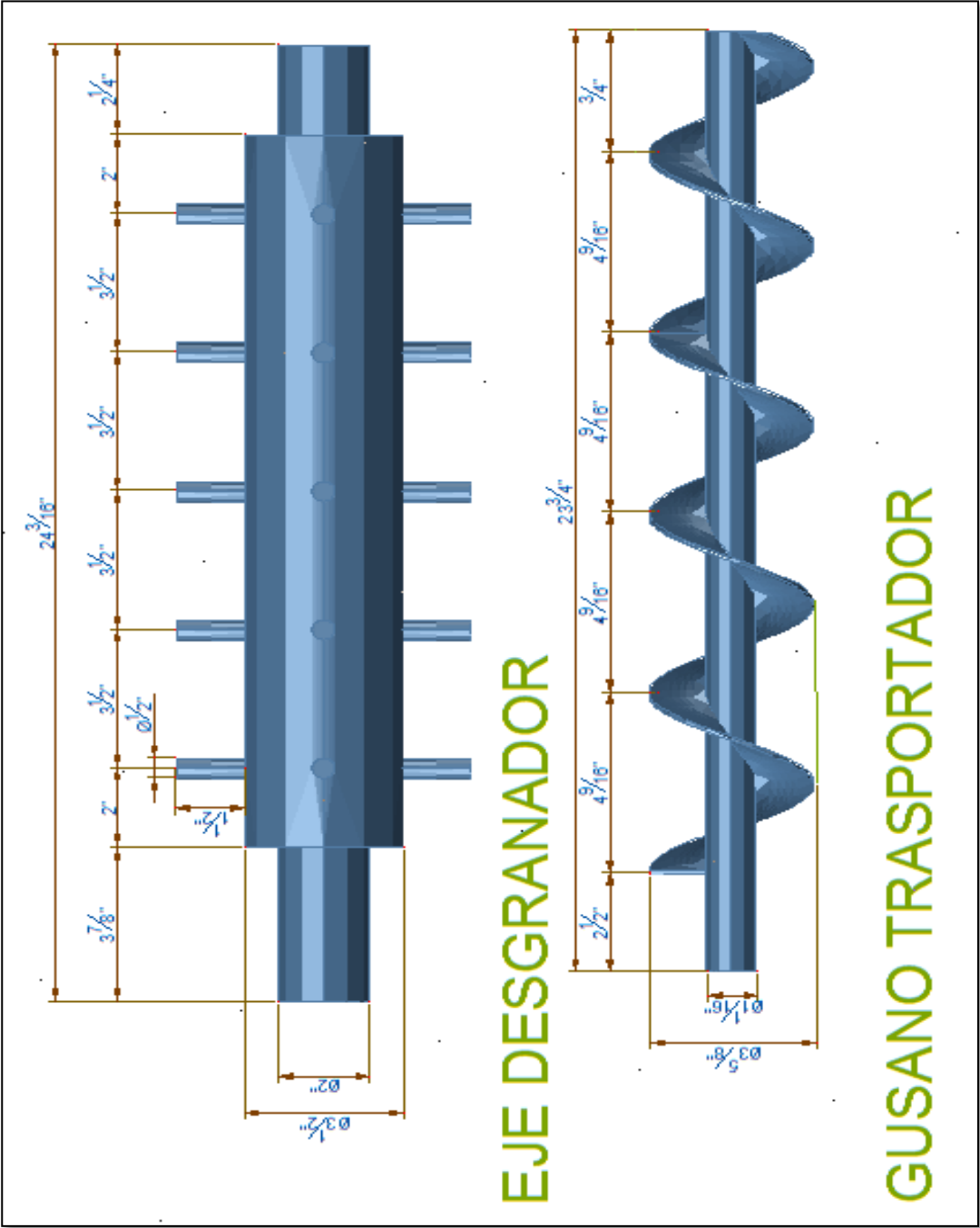
Fuente: elaboración propia, con base al programa AutoCad.

Figura 33. AutoCad, vista lateral



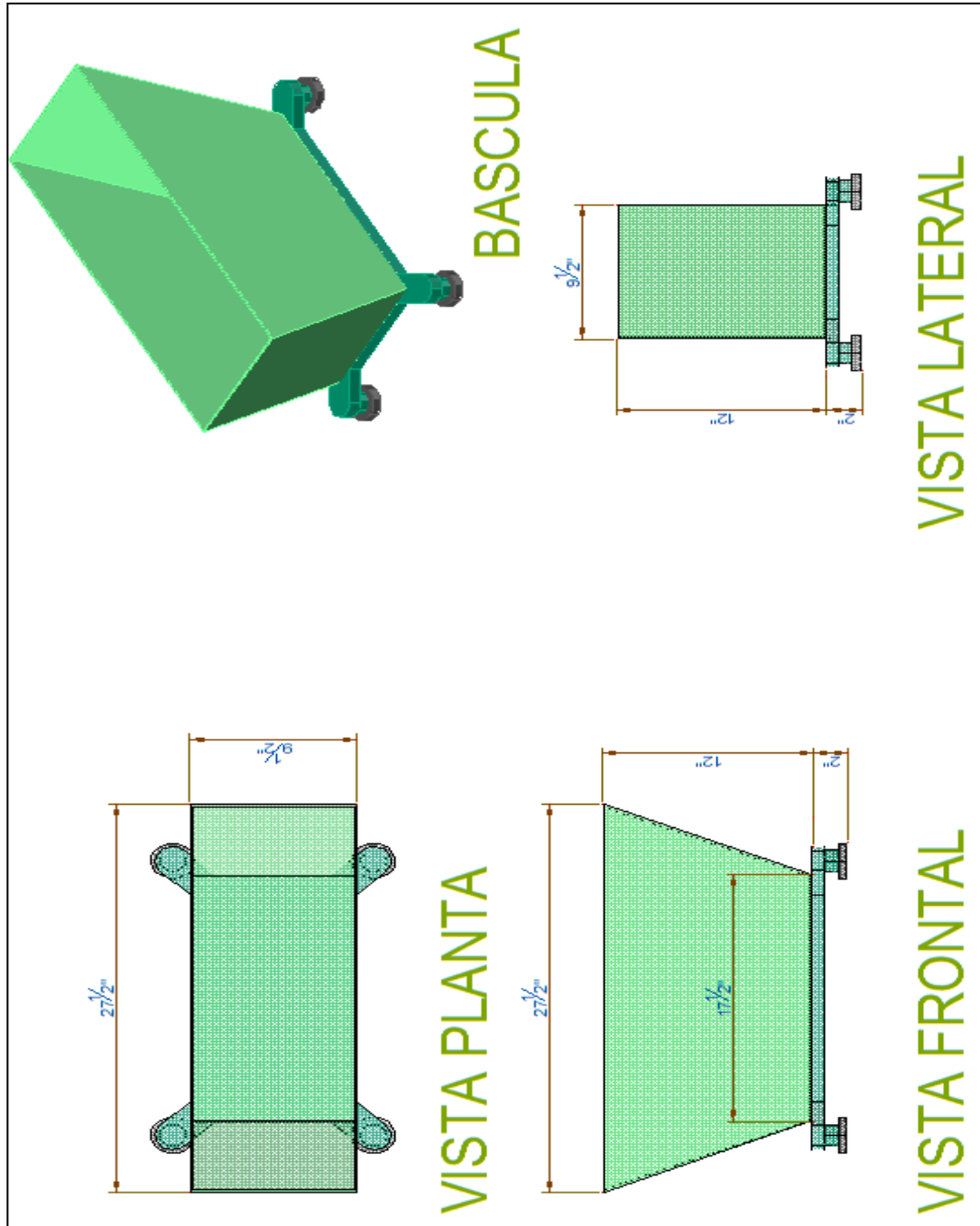
Fuente: elaboración propia, con base al programa AutoCad.

Figura 34. AutoCad, cilindro troceador/gusano conductor



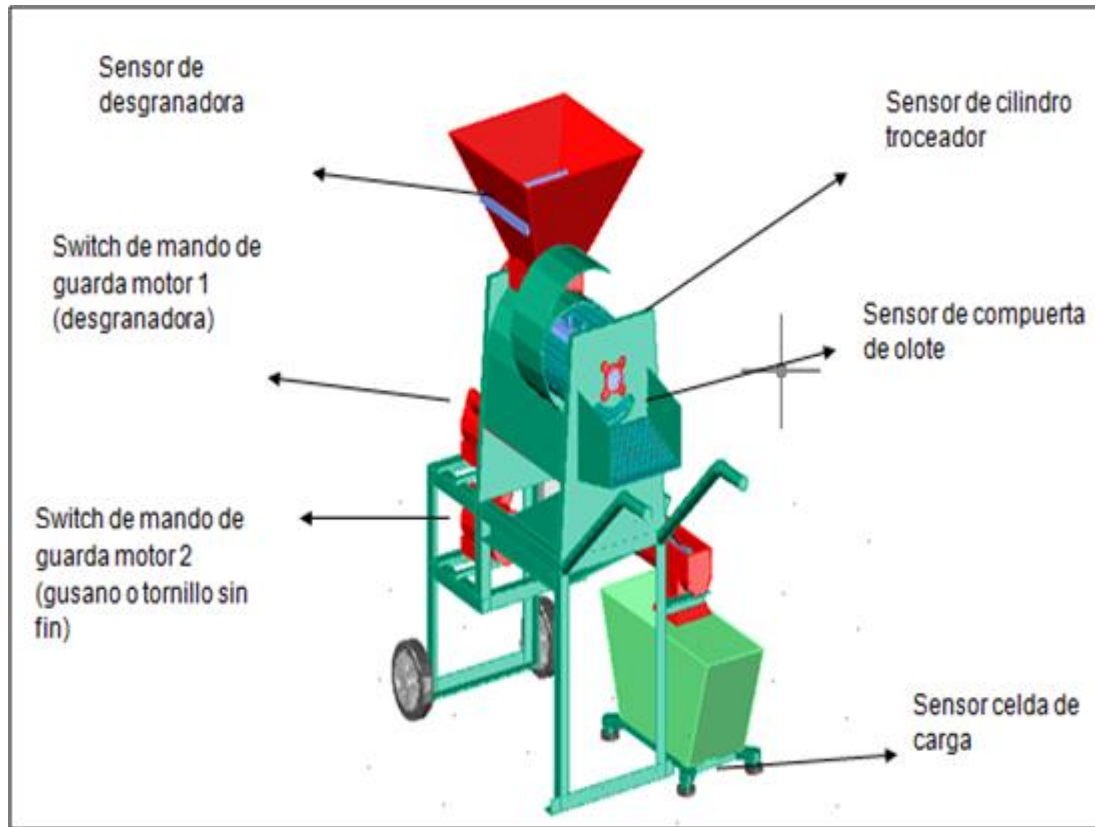
Fuente: elaboración propia, con base al programa AutoCad.

Figura 35. AutoCad, vistas frontal, lateral y planta de báscula



Fuente: elaboración propia, con base al programa AutoCad.

Figura 36. **AutoCad, componentes de máquina automatizada**



Fuente: elaboración propia, con base al programa AutoCad.

5.1.2. **Diseño de control semiautomático**

Para automatizar la máquina desgranadora de maíz se utilizó un sistema semiautomático controlado por un microcontrolador PIC16F87X.

5.1.2.1. **Diagrama de flujo**

Es una de varias formas de analizar sistemas y diseño por método SSADM, en la figura 37, se puede observar los símbolos gráficos más utilizados

para organizar las instrucciones, realizando primero un diagrama de flujo que luego se utilizará como guía para desarrollar el programa.

Figura 37. **Símbolos y funciones de los diagramas de flujo**



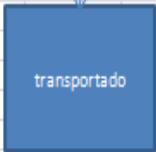




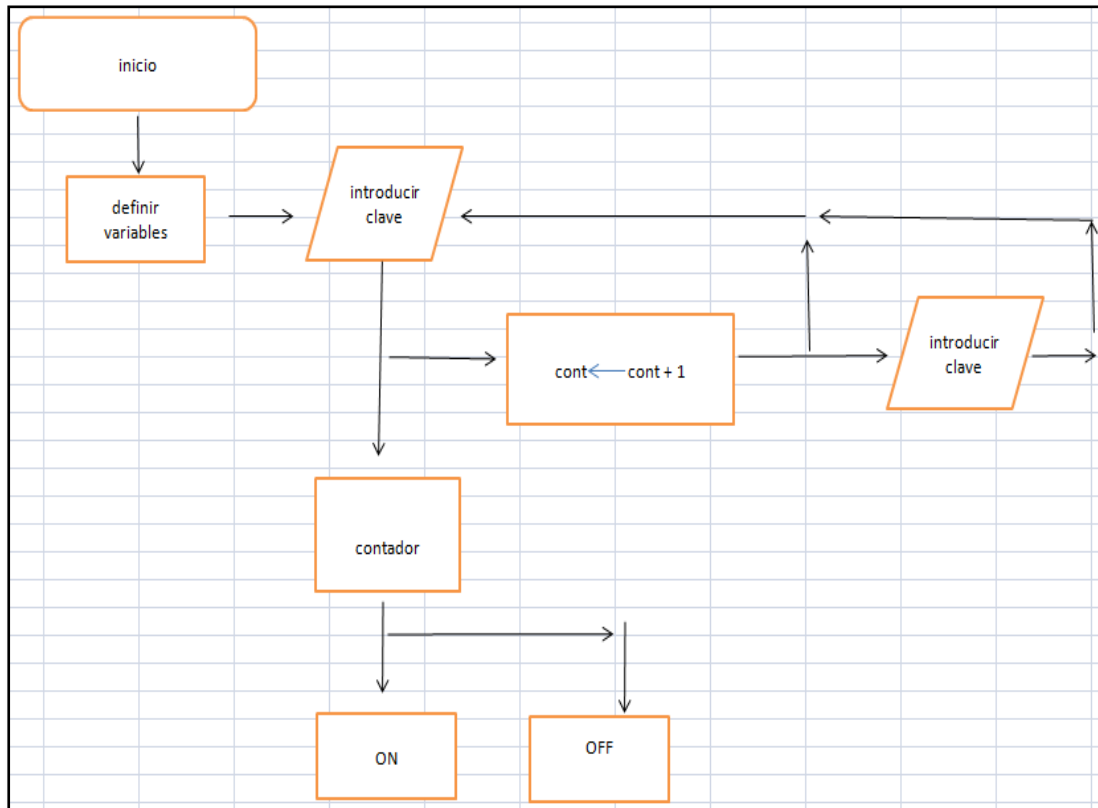
SÍMBOLO	FUNCIÓN
	comienzo o fin de procesos para indicar donde comienza y termina el programa
	Entrada/Salida, cualquier tipo de introduccion de datos en la memoria desde los periféricos.
	Proceso, operación para plantear instrucciones de asignacion. (expresion aritmetica o mover un dato de un lado a otro.
	conector, sirve para enlazar dos partes cuales quiera de un ordinograma
	Decisión, evalua una condicion y plantea la selección de una alternativa normalmente tiene dos salidas, SI o NO, pero puede tener tres o mas según sea el caso.
	Lineas de flujo, indican el sentido de ejecucion de las operaciones
	Linea conectora, sirve de union entre dos simbolos

Figura: elaboración propia, con base al programa Excel.

A continuación se presenta un diagrama de flujo de datos de programa PIC, figura 38.

Figura 38. **Diagrama de bloques de desgranadora**



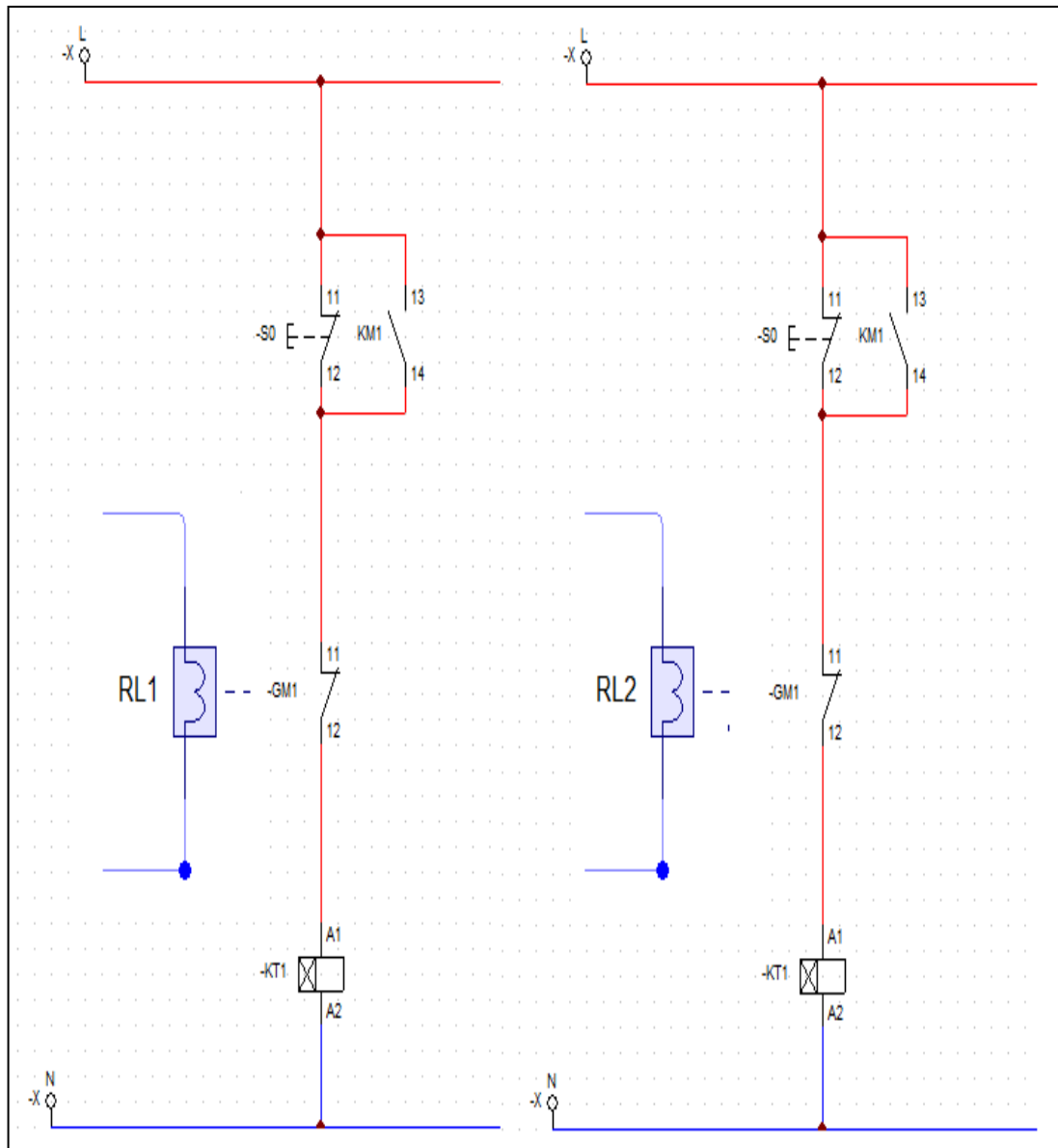
Fuente: elaboración propia, con base al programa Excel.

5.1.3. Diagrama de conexión del sistema eléctrico y electrónico

No es más que el funcionamiento del sistema de circuitos eléctricos y electrónicos de control, para la máquina semiautomática la cual dará la lógica de funcionamiento de equipos conjuntamente con la programación. A

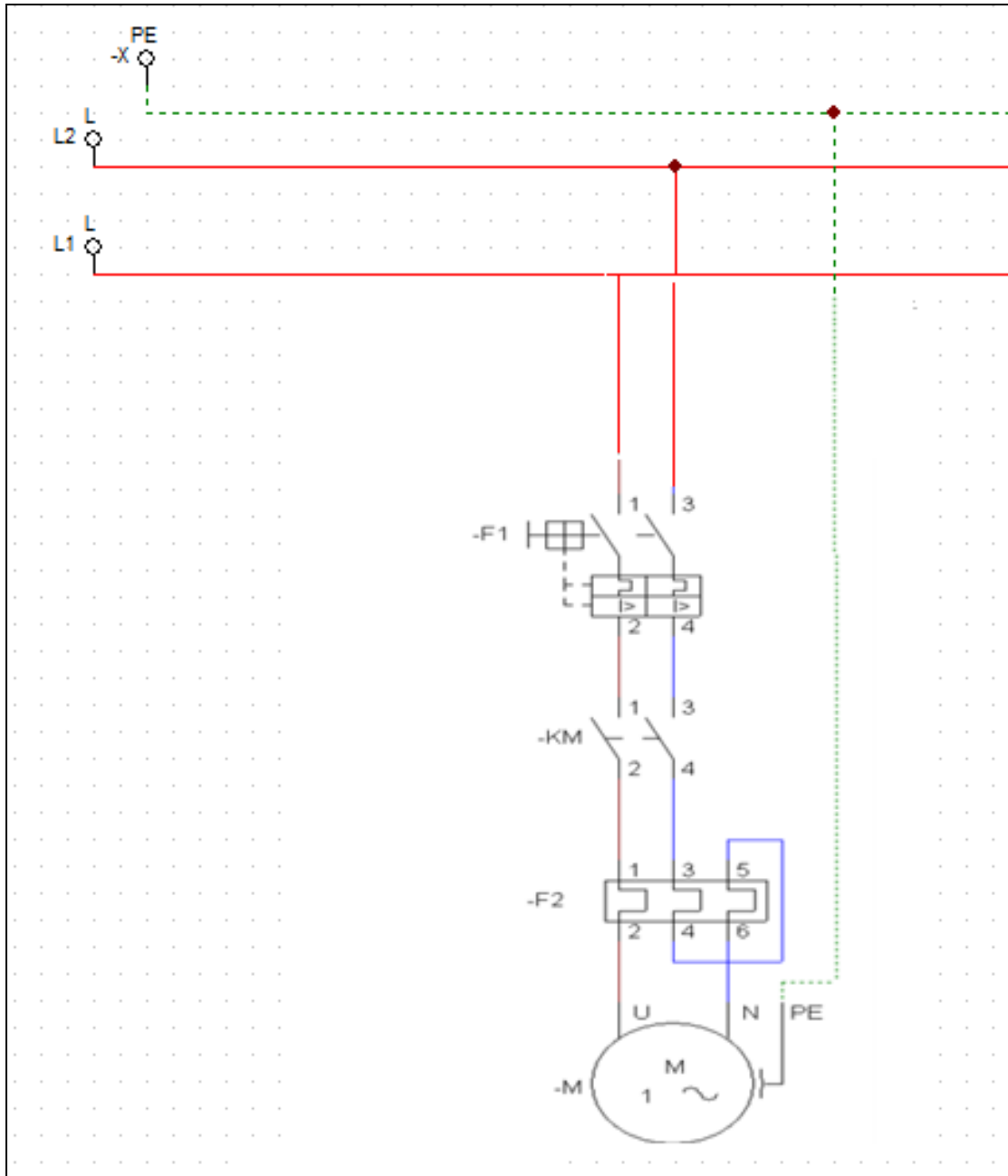
continuación en las siguientes figuras 39 a 42, se muestra la conexión de los equipos tanto eléctrico y electrónicos:

Figura 39. **CadeSimu, circuito de mando**



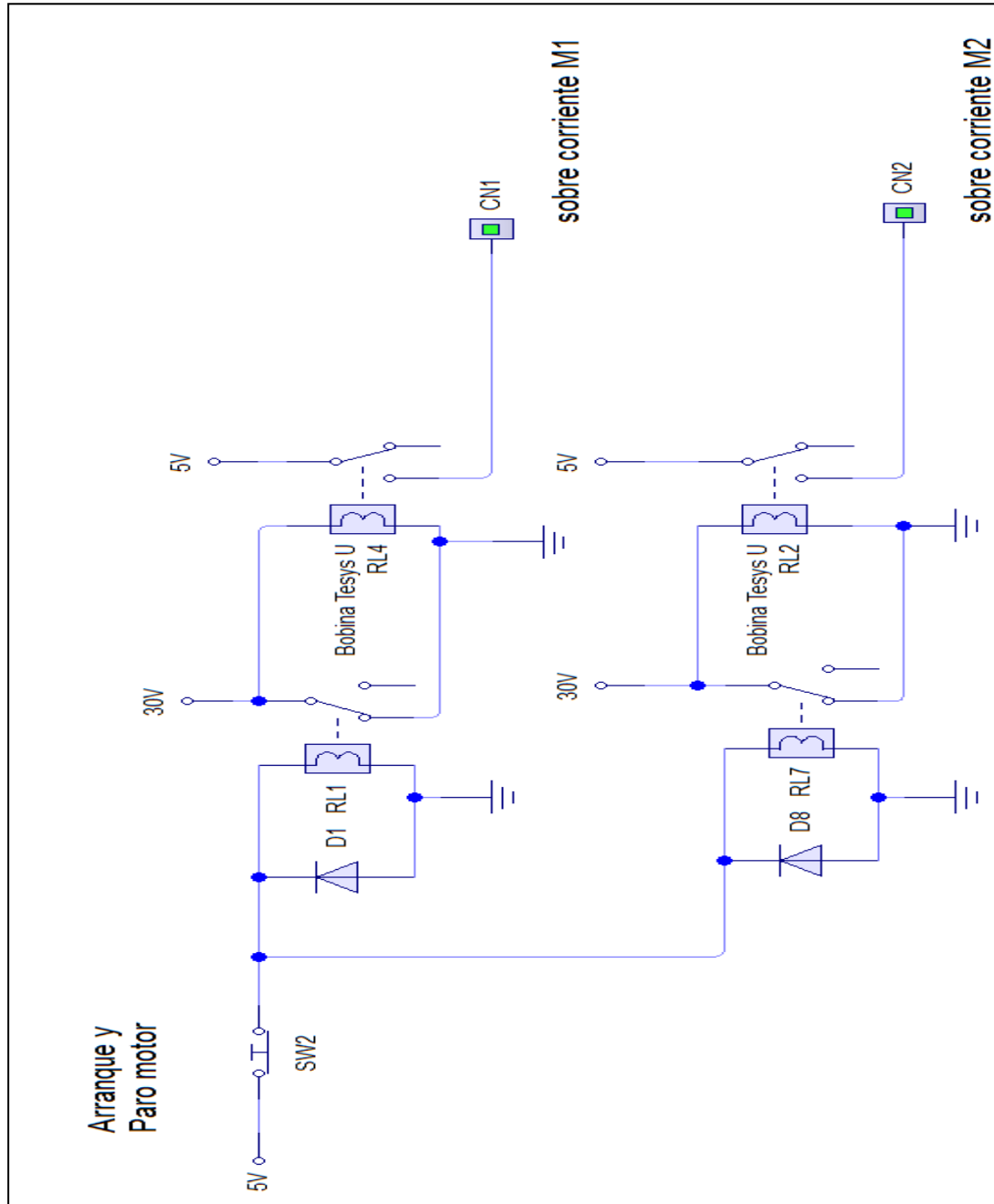
Fuente: elaboración propia, con base al programa CadeSimu.

Figura 40. **CadeSimu, circuito de potencia, protección mediante contactor**



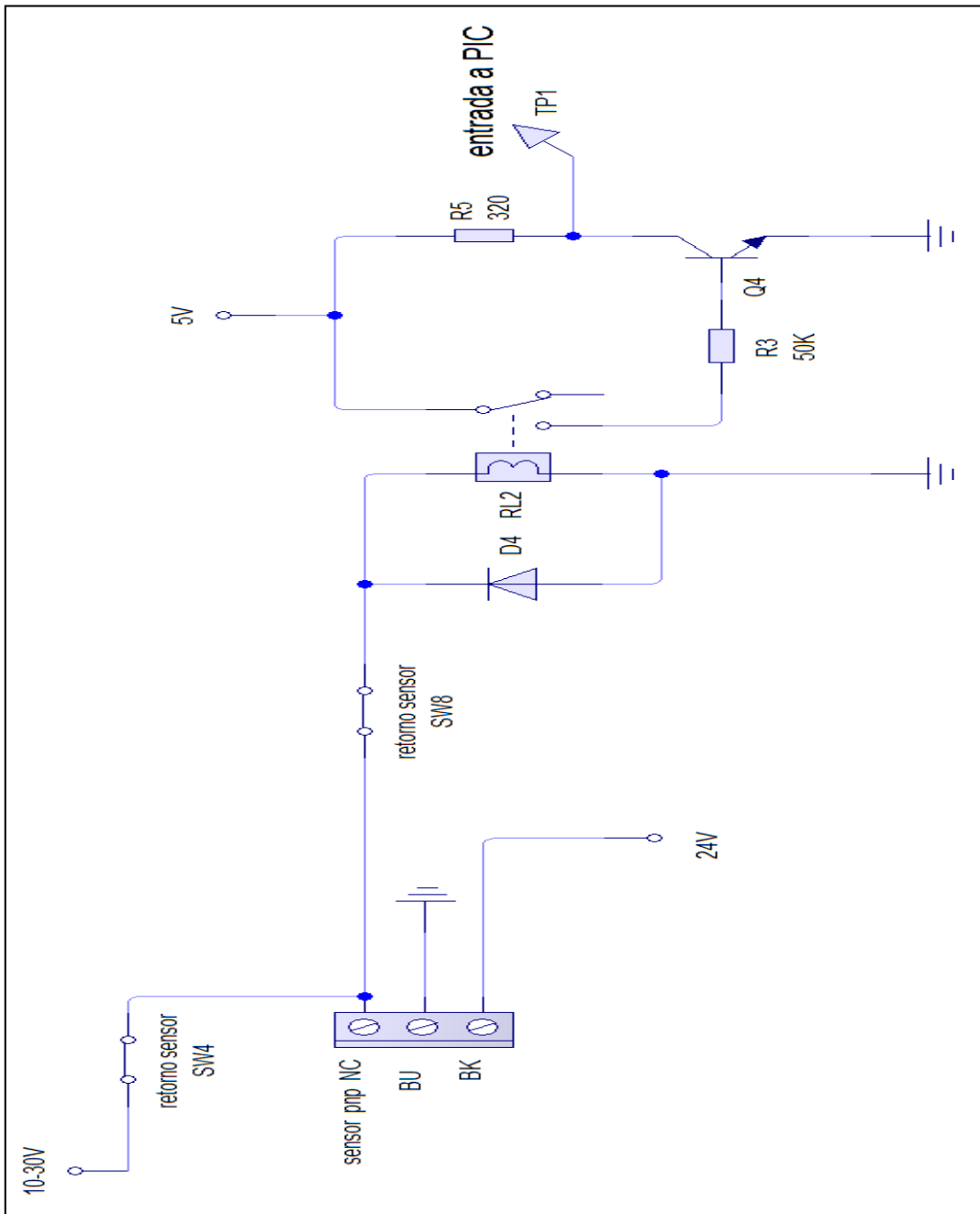
Fuente: elaboración propia, con base al programa CadeSimu.

Figura 41. **Livewire, circuito de arranque/paro y de protección contra sobre corriente**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Livewire.

Figura 42. **Livewire, circuito de sensado (ausencia producto, compuerta abierta)**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Livewire.

5.2. Tipos de mantenimiento

La información contenida en este capítulo ha sido diseñada para darle el mantenimiento adecuado así como también a localizar y corregir fallos, a continuación se mencionan los tipos de mantenimiento.

5.2.1. Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento tiene como objetivo prevenir que la máquina falle por desgaste y fallas al hacer este tipo de mantenimiento prologamos el tiempo de operación por medio de inspecciones programadas y revisiones periódicas de la máquina.

5.2.2. Mantenimiento correctivo

Este tipo de mantenimiento es antiguo y conocido, consiste en localizar averías que ocurren en pleno proceso, puesto que permite operar el equipo hasta que la falla ocurra antes de su reparación. En este tipo de mantenimiento, todo el trabajo es hecho sobre una base de emergencia, por su naturaleza no pueden planificarse en el tiempo, representa costos de reparación, ineficiente mano de obra, excesivas interrupciones y repuestos no presupuestados.

5.2.3. Mantenimiento predictivo

Está basado con la finalidad de combinar los dos tipos de mantenimiento antes descrito, para lograr el máximo tiempo de operación de la máquina antes de que fallen y eliminar el trabajo innecesario. Se ocupa en técnicas de revisión y pruebas evitando fallas de mecanismos, piezas desgastadas antes de que estos ocurran.

5.3. Mantenimiento y condiciones de falla de una máquina desgranadora de maíz

La ingeniería de mantenimiento capacidad de producir con calidad, seguridad y estabilidad, para hacer que la máquina se pueda convertir en un equipo de alta confiabilidad.

5.3.1. Ejecución

Realizar las operaciones que son especificadas a continuación siguiendo los lineamientos que a continuación se presenta.

5.3.1.1. Materiales y herramientas

Los materiales y herramienta son utilizados para mantenimiento adecuado de la máquina son los siguientes, entre estos se puede mencionar.

5.3.1.2. Materiales

- Grasa Arcanol
- Lubricante
- Soplete
- *Wipe*
- Limpia Contactos Dieltron 3

5.3.1.3. Herramientas

- Masa patrón de 1-25 Kg Según sea el caso
- Juego de destornilladores Phillips

- Juego de destornilladores estrella
- *Pull test*
- Juego llaves mixtas
- Juego de llaves hexagonal

5.3.2. Verificación y mantenimiento de máquina desgranadora de maíz

- a) Limpie con aire seco la superficie de la báscula para eliminar cualquier incrustación de zurro o polvillo que pueda presentar.
- b) Identifique que las piezas móviles de la báscula no presenten ningún desperfecto mecánico que pueda alterar el proceso.
- c) Con la báscula totalmente limpia realice un ajuste a la báscula
- d) Verifique que la celda este dentro de sus parámetros de medición, mida con un multímetro la salida de voltaje esta se debe medir dentro de la escala de los $2.0 \pm 0.025\text{mv}$ ver figura 48.
- e) Verifique que la báscula este bien centrada en el soporte donde se encuentra la celda. Si existe algún corrimiento realice el ajuste necesario.
- f) Si es necesario un ajuste realice lo siguiente:
 - Verifique que la báscula haya quedado totalmente libre
 - Coloque alguna masa que tenga alguna medida válida para comparar con la medida que se verá en el display.
 - Anote la cantidad en libras que se muestra en el display
 - Anote las lecturas que se mostraron en el display para la verificación de básculas.
 - Visualice que la báscula muestre un valor de 0 Kg

CONCLUSIONES

1. El control de desgranado, pesado y automatizado, es el método más efectivo por tener control en el proceso, el cual resulta ser una buena opción para precisión en el pesaje, describe la cantidad de masa que se ha desgranado, proporcionando un ahorro significativo en la materia prima y en el tiempo de elaboración.
2. El PIC Simulator IDE es un software especial que permite trabajar con microcontroladores, pudiendo escribir, simular, copilar y *debuggear* código.
3. Se utilizó el software asistido por computadora (AutoCad), para realizar los diseños geométricos en *2D* y *3D*, de la máquina desgranadora.
4. El mantenimiento óptimo de la máquina semiautomática, se obtiene de la combinación entre los datos de mantenimiento indicados por el fabricante, inspecciones periódicas y experiencia del personal.

RECOMENDACIONES

1. Realizar inspecciones rutinarias al troceador para evitar que se le acumule algún objeto que dañe internamente a la máquina al igual que el gusano, esto si se va dejar de operar por unos días limpiar conductor de maíz y todos sus accesorios.
2. Para que un control sea eficiente antes de encender la máquina verificar que esté completamente limpio, tanto báscula, gusano, troceador y que las fajas de motor estén bien tensadas.
3. En la manipulación de velocidad, aceleración y desaceleración, de los perfiles de movimiento, es importante tomar en cuenta no afectar el proceso de pesaje del maíz, ya que puede provocar una diferencia en precisión
4. Es conveniente leer las especificaciones que presenta la celda como su capacidad máxima de peso, forma de conectar los cables e identificando los de señal y los de excitación ya que estos datos varían según el modelo de la celda.
5. Es importante limpiar los sensores inductivos por cualquier suciedad que puedan tener ya que estos son muy importantes para que el sensado sea más preciso, asegurar bien los sensores por efecto de vibración que se pueda dar en el proceso para una buena protección hacia el operario, como también asegurando un máximo control a la hora de operar la máquina.

BIBLIOGRAFÍA

1. BOLTON, N. *Mecatrónica, sistemas de control eléctrico en la ingeniería mecánica eléctrica*. New York: Alfa Omega, 2006. 578 p.
2. BOYLESTAD, Robert; NASHELSKY, Louis. *Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*. 8ª ed. México: Pearson Educación, 1997. 949 p. ISBN: 968-880-805-9.
3. BREY B., Barry. *Los microprocesadores INTEL*. 5ª ed. México: Pearson Educación, 2001. 966 p.
4. CHAPMAN, Stephen; DE ROBINA CORDERA, Carla. *Máquinas eléctricas*. México: McGraw-Hill, 2005. 746 p.
5. HERNÁNDEZ, José E.; PUENTES P., Luis H. *Manejo postcosecha de granos a nivel de pequeño agricultor*. Cartilla para Agricultores. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Agrícola. Comité de Investigación y Desarrollo Científico - CINDEC. Santafé de Bogotá, D.C. 2006. 47 p.
6. Industry sector, motores monofásicos Siemens. *Lista de precios 2013* [en línea].
<http://www.industry.siemens.com/home/aan/es/colombia/Documents/lista_de_precios_colombia.pdf>.
[Consulta: 05 de febrero de 2013].

7. Industrial applications match. Siemens NEMA Motors. *Catalog D81.2*
[en línea].
<<http://www.industry.usa.siemens.com/drives/us/en/electric-motor/nema-motors/Literature-and-technical-resources/Pages/Catalogs.aspx>>.
[Consulta: 05 de febrero de 2013].
8. KUO, B. *Sistema de control automático*, México. Prentice-Hall, 1995.
453 p.
9. SchneiderElectric. TeSys modelo U. *Arrancador, controlador*.
[en línea].
<http://www.schneider-electric.co.cr/documents/local/folleto_tesys_u.pdf>.
[Consulta: 12 de julio de 2013].

APÉNDICES

APÉNDICE A

Especificaciones de los dispositivos de potencia

En la siguiente tabla, se describen las características de los contactores en base a la norma NEMA

Hoja de valor de contactor

Tamaño NEMA	Amperios	Voltaje Motor	Potencia HP
00	9	200 - 230	1 1/2
		460 - 575	2
0	18	200 - 230	3
		460 - 575	5
1	27	200 - 230	7 1/2
		460 - 575	10
2	45	200	10
		230	15
		460 - 575	25
3	90	200	25
		230	30
		460 - 575	50
4	135	200	40
		230	50
		460 - 575	100
5	270	200	75
		230	100
		460 - 575	200
6	540	200	150
		230	200
		460 - 575	400
7	810	230	300
		460 - 575	600

Fuente: <http://visualingeneria.blogspot.com/2006/11/cables-y-alambres-en-sistemas-de.html>.

Consulta 10/07/2013.

Para el conductor de tierra física se utilizara un calibre 14, el cual soporta hasta 30 amperios, según la siguiente tabla de cables.

Calibre de conductores

TABLA DE CABLES THHN Y THWN
(Características eléctricas y mecánicas).

CALIBRE	CONSTRUC.		ESPEORES		DIAMET. EXTERIOR MM	PESO KG / KM	CAPACIDAD MAXIMA DE CORRIENTE (AMP)			
	N° HEBRAS	Ø MM	AISL. MM	REV. MM			THWN (75°C)		THHN (90°C)	
							A	B	A	B
Alambres										
AWG										
14	1	1,63	0,38	0,1	2,69	22,48	20	30	25	35
12		2,05			3,01	34,17	25	35	30	40
10		2,59			3,81	54,52	35	50	40	55
Cables										
AWG										
14	7	0,61	0,38	0,1	2,81	24,06	20	30	25	35
12		0,77			3,3	36,62	25	35	30	40
10		0,97			4,17	58,35	35	50	40	55
8		1,23	0,76	0,13	5,48	94,85	50	70	55	80
6		1,56			6,45	145,62	65	95	75	105
4		1,96	1,02	0,15	8,22	232,62	85	125	95	140
3		2,2			8,95	288,14	100	145	110	165
2	2,47	1,02	9,76	357,49	115	170	130	190		
1	19	1,69	1,27	0,18	11,33	460,73	130	195	150	220
1/0		1,89			12,36	569,79	150	230	170	260
2/0		2,13			13,5	707,59	175	265	195	300
3/0		2,39			14,8	882,09	200	310	225	350
4/0		2,68			16,3	1.101,60	230	360	260	405
MCM										
250	37	2,09	1,52	0,2	18,04	1.314,00	255	405	290	455
300		2,29			19,44	1.564,00	285	445	320	505
350		2,47			20,74	1.815,00	310	505	350	570
400		2,64			21,94	2.063,00	355	545	380	615
500		2,95			24,14	2.562,00	380	620	430	700
750	61	2,82	1,78	0,25	29,1	3.740,00	475	785	535	885

Columna A Máximo 3 conductores en ductos a temperatura ambiente de 30°C.

Columna B Conductor al aire libre, temperatura ambiente de 30°C.

Fuente:http://www.covisa.cl/alambres-y-cables-thhn-y-thwn/prontus_covisa/2011-03-14/080020.html. Consulta el 12/07/2013.

Para el funcionamiento del sistema de control se necesita usar una programación la cual dará la lógica de funcionamiento del sistema, como

también la parte de conexión del sistema eléctrico y electrónico automatizando así la máquina, estas partes son la siguiente:

Para conocer el tipo de motor deben de tomarse las siguientes características anotando en una hoja de datos como en la que se ve a continuación en la tabla.

Características a tomar en cuenta en los motores

Potencia (CV)	Velocidad (R.P.M)	Tension (V)	Corriente (A)	
Frecuencia	Tipo	Cifra cable		
Calentamiento	Modelo	Numero de serie		
Numero de polos	Letra clave	Numero de ranuras		
Arrollamiento	Diametro cond.	Numero de ramas	Pasos	Numero espiras
Trabajo				
Arranque				

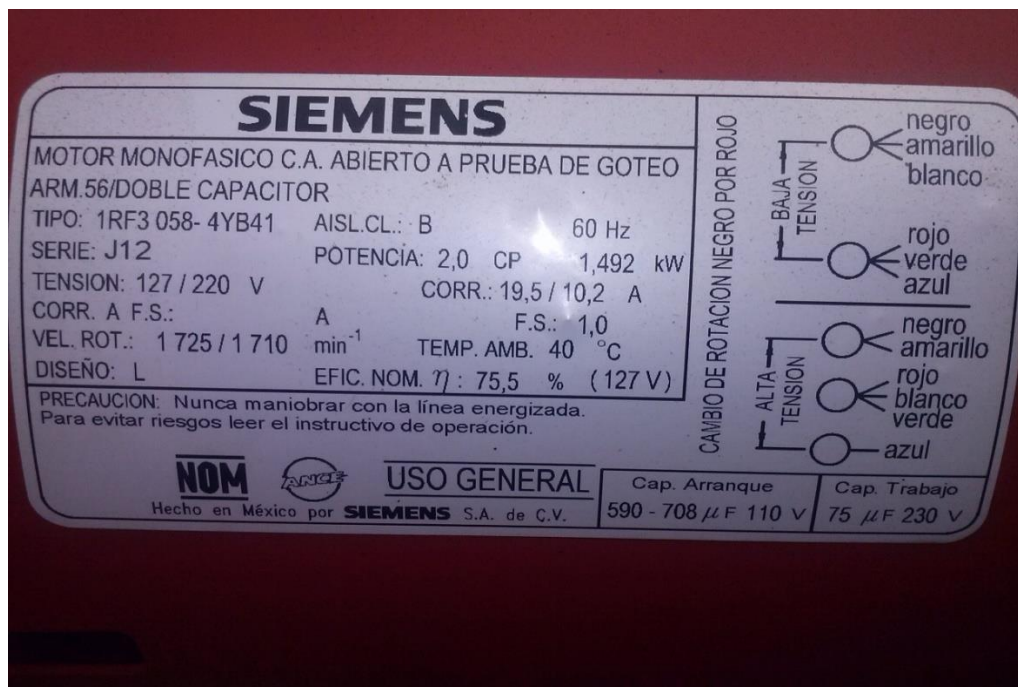
Fuente: elaboración propia, con base al programa Excel.

Selección, motor monofásico para gusano

Potencia CP	Tipo	Catálogo Spiridon	RPM	Tensión nominal Volt	Corriente nominal A	Factor de servicio	Corriente a F.S. A	Peso neto kg	Long. L mm
Arranque por capacitor, base rígida, con balero (Uso General)									
0.25	1RF30524YC31	A7B10000005060	1760	127**	5.4	1.6	6.0	7.4	254
0.50	1RF30544YC31	A7B10000005072	1745	127**	9.5	1.3	10.0	9.2	271
0.75	1RF30554YC41	A7B10000009468	1735/1720	127/220	12.7/5.8	1.25	14.0/7.0	12.6	291
1.0	1RF30564YC41	A7B10000009469	1745/1720	127/220	16/7.4	1.15	16.9/8.2	15.4	313
1.51)	1RF30574YB41	1RF30574YB41	1740/1720	127/220	13.8/7.2	1.15	15.2/8.3	14.3	313
21)	1RF30584YB41	1RF30584YB41	1730/1710	127/220	18.2/9.6	1.0	---	15.4	313

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/145877259/CatalogoMotores2010-pdf>. Consulta el 30/07/2013.

Placa característica de motor de troceadora



Fuente: motor monofásico de troceadora de maíz, marca SIEMENS, en FERREQUIPOS ELEKTRON local U54 segundo nivel, Centro Comercial Centra Norte.

Característica del motor para gusano

Potencia (CV) .75hp	Velocidad (R.P.M) 1735/1720	Tension (V) 127/220	Corriente (A) 12.7/5.8
Frecuencia 60hz	Tipo 1RF3 055 4YC41	Cifra cable	14
Calentamiento 40°C	Modelo SIEMENS	Numero de serie	H12
Numero de polos 4	Letra clave	Numero de ranuras	
f.s. 1.25			
Arranque	por capacitor		protector termico incorporado

Fuente: elaboración propia, con base al programa Excel.

En la tabla se describen las características del motor monofásico que se utiliza para el gusano.

Características de funcionamiento

FASE	POLOS	POTENCIA HP	FRAME				rpm		FULL LOAD AMPERES (FLA)						SERICE FACTOR		WEIGHT			
			50 Hz		60 Hz		50 Hz	60 Hz	50Hz			60Hz			50Hz	60Hz	50Hz		60Hz	
			B48	B56	B48	B56	50 Hz	60 Hz	115V	230V	460V	115V	230V	460V	50Hz	60Hz	lb	kg	lb	kg
S I M P L E	2	1/8	B48	B56	B48	B56	2900	3530	4.00	2	.....	3.8	1.9	.....	1.4	1.4	14.3	6.5	14.3	6.5
		1/5	B48	B56	B48	B56	2900	3500	4.20	2.1	.....	4	2	.....	1.35	1.35	14.3	6.7	14.3	6.7
		1/4	B48	B56	B48	B56	2900	3500	5.40	2.7	.....	5	2.5	.....	1.35	1.35	15.9	7.2	15.9	7.2
		1/3	C48	C56	C48	C56	2900	3500	6.00	3	.....	5.6	2.8	.....	1.35	1.35	18.3	8.3	18.3	8.3
		1/2	C48	C56	C48	C56	2900	3500	8.40	4.2	.....	8.2	4.1	.....	1.25	1.25	20.5	9.3	20.5	9.3
		3/4	D48	D56	A56		2850	3500	11.00	5.5	.....	11	5.5	.....	1.25	1.25	26.5	12	29.8	13.5
		1		A56	A56		2850	3480	15.00	7.5	.....	15	7.5	.....	1.25	1.25	32	14.5	32	14.5
		1.5		F56	E56		2850	3480	17.00	8.5	.....	19	9.5	.....	1.15	1.15	34.2	15.5	34.2	15.5
		2		H56	F56		2850	3480	23.00	11.5	.....	23	11.5	.....	1.15	1.15	48.5	22	44.1	20
		3		H56		3480	32	16	1	46.3	21
F A S E	4	1/8	B48	B56	B48	B56	1420	1730	3.20	1.6	.....	3.2	1.6	.....	1.4	1.4	15	6.8	15	6.8
		1/5	B48	B56	B48	B56	1420	1730	4.00	2	.....	4	2	.....	1.35	1.35	15.4	7	15.4	7
		1/4	C48	C56	B48	B56	1420	1730	4.80	2.4	.....	5.6	2.8	.....	1.35	1.35	16.8	8.6	16.8	8.6
		1/3	C48	C56	C48	C56	1420	1730	7.00	3.5	.....	7	3.5	.....	1.35	1.35	19	8.6	19	8.6
		1/2		A56	C48	C56	1400	1720	10.00	5	.....	9	4.5	.....	1.25	1.25	21.2	9.6	21.2	9.6
		3/4		E56	A56		1400	1720	12.00	6	.....	11.6	5.8	.....	1.25	1.25	32	14.5	28.1	12.8
		1		I56	E56		1400	1720	13.40	5.7	.....	13.4	6.7	.....	1.15	1.15	33.5	15.2	32	14.5
		1.5		H56	F56		1400	1720	22.00	11	.....	22	11	.....	1.15	1.15	47.4	21.5	44.1	20
		2		K56	H56		1430	1720	.....	10.5	.....	28	14	.....	1	1	55	25	47.4	21.5
		3		K56		1715	31.2	15.6	1	55	25

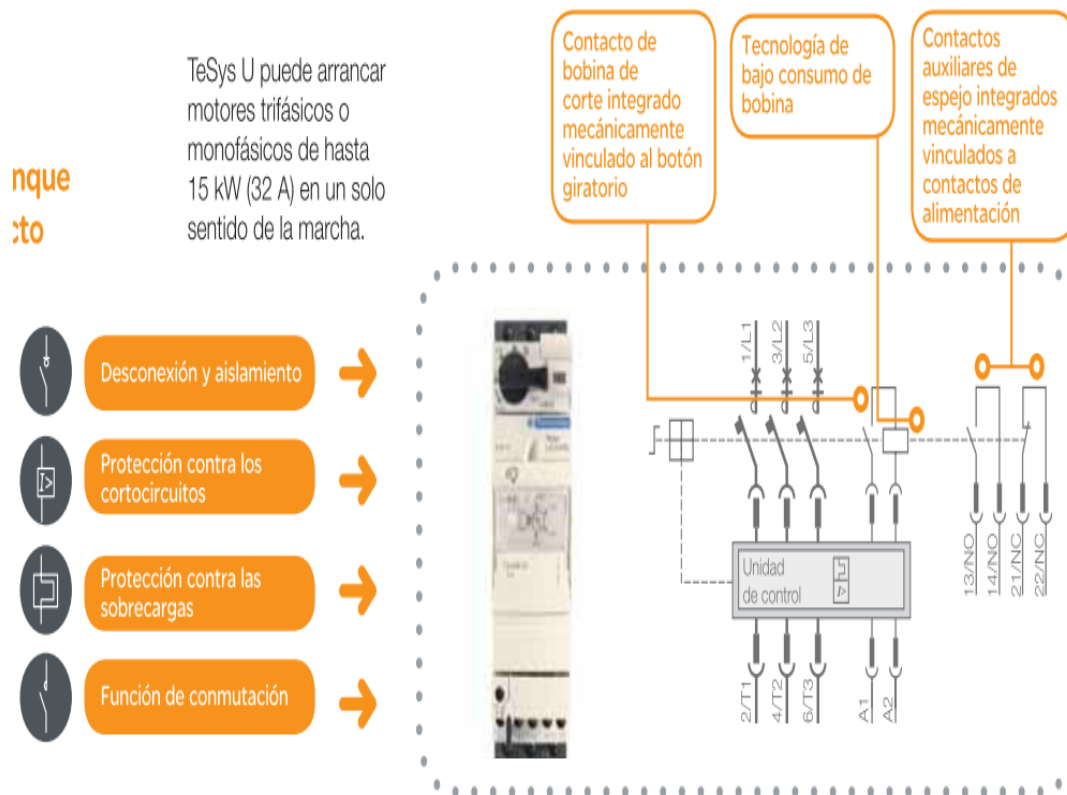
Fuente: elaboración propia, con base al programa Excel.

Por la función que se desea obtener en el proceso de desgranado, se utiliza un motor de fase dividida por tener un moderado par de arranque con una corriente de arranque medianamente baja. No necesita momentos de arranque muy alto y se encuentran entre potencias de 1/30 (25 W) a 1/2 Hp (373 W).

- **CONTACTOR EQUIPO DE PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE TESYS U**

En base a los datos técnicos recopilados, se opto para el diseño de potencia por sobre corriente utilizar el Contactor Tesys U, modelo: LUCC-12-FU + LUFV 1(0-10v) + LUA1C11, equipo de protección y control de motores trifásicos y monofásico, protección contra sobre intensidades y los cortos circuitos, protección contra las sobre cargas térmicas.

Configuración de contactor TESYS U

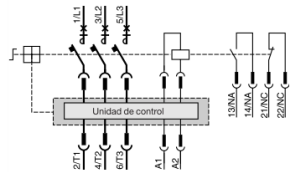


Fuente: http://www.schneider-electric.co.cr/documents/local/folleto_tesys_u.pdf. Consulta el 20/08/2013.

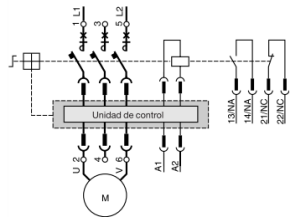
Características de los arrancadores

Arrancadores controladores de 12 o 32 A

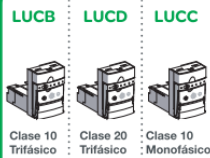
Con unidad de control estándar, evolutivo o multifunción
1 sentido de marcha



Con unidad de control LUCC o LUCM
Conexión de un motor monofásico

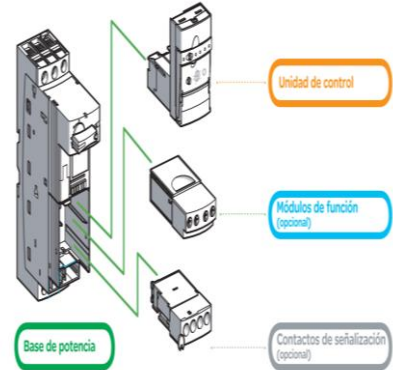


Unidad de control avanzada



- Funciones de la unidad de control estándar.
- Combinado con un módulo de funciones o comunicación:
 - Diferenciación de fallos con rearme manual.
 - Diferenciación de fallos con rearme remoto o automático del térmico.
 - Alarma de sobrecarga térmica.

TeSys U = Base de potencia + Unidad de control + Módulos de función (opcional) + Contactos de señalización (opcional)



Fuente: www.schneider-electric.com/. Consulta el 20/08/2013.

Datos técnicos de TESYS U

Bases de potencia	
1	12 A (sin conectores LUB120) LUB12
2	32 A (sin conectores LUB320) LUB32
bloque inv. con montaje a cargo del usuario: directo bajo base de potencia LU2M32 (sin conectores LU2MB0) por separado LU6MB0 + LU9M1 + LU9MR1 bloque inversor + base de potencia (montado): 12 A LU2B12 (sin conectores LU2BA0) 32 A LU2B32 (sin conectores LU2BB0)	

Unidades de control	
3	estándar: clase 10 trifásica LUCA
4	avanzada: clase 10 trifásica LUCB clase 10 monofásica LUCC clase 20 trifásica LUCD
5	multifunción LUCM BL

Unidades de control	
15	avanzada clase 10 trifásica LUCBT5 clase 10 monofásica LUCCT5 clase 20 trifásica LUCDT5
16	multifunción LUCMT5BL

Módulos	
6	conexión paralela (RJ45) LUFC00
7	comunicación AS-i ASILUFC5
8	comunicación Modbus LULC031
9	alarma LUFW10
10	indicador de carga de motor: 0-10 V LUFV1 4...20 mA LUFV2
	diferencia de fallo con: reset manual LUFDH20 reset automático LUFDA10
11	contactos auxiliares: NA + NA LUFN20 NA + NC LUFN11 NC + NC LUFN02

24 V DC	BL
24 V AC	B
48...72 V AC/DC	ES
110...240 V AC/DC	FU
0,15...0,6 A	X6
0,35...1,4 A	1X
1,25...5 A	05
3...12 A	12
4,5...18 A	18
8...32 A	32

Fuente: Fuente: www.schneider-electric.com/. Consulta el 20/08/2013.

APÉNDICE B

Disco reductor de velocidad

Para el conductor necesitamos de una faja que acople el eje del motor con eje del gusano, para unir los engranajes, sus velocidades tangenciales son iguales, por lo que podemos saber el diámetro de la rueda o disco el cual será de diámetro mayor para así reducir la velocidad de caída del maíz a la báscula, para ello usaremos las siguientes formulas para hallar el radio del disco, para que mantenga una velocidad uniforme de 86 rev/min.

$$V_a = V_c \quad (1.2)$$

$$W_a R_a = W_c R_c \quad (1.3)$$

$$n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2 = n_3 \cdot d_3 = n_4 \cdot d_4 \quad (1.4)$$

n_1 = velocidad de la polea de entrada es de 1720 rpm

n_2 = velocidad de la polea salida es una incógnita

n_3 = velocidad de la polea salida es una incógnita

n_4 = velocidad de la polea salida es una incógnita

d_1 = diámetro de la polea de entrada es de 10 cm

d_2 = diámetro de la polea de salida es de 50 cm

d_3 = diámetro de la polea de salida es de 10 cm

d_4 = diámetro de la polea de salida es de 40 cm

Calculo de la velocidad del eje 2

$$n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2 \quad (1.5)$$

$$1720 \cdot 10 = n_2 \cdot 50$$

$$n_2 = 344 \text{ rpm.}$$

Debido a que los engranajes están unidos, sus velocidades tangenciales son iguales, por lo que podemos encontrar la velocidad en el disco C, si sabemos que la velocidad de la rueda A es de 1720 rev/min. Utilizaremos la siguiente fórmula.

Calculo de la velocidad del eje 3

La velocidad de la rueda es la misma si tomamos la medida tanto en n_2 como en n_3 , por lo tanto para n_4 utilizaremos la siguiente fórmula.

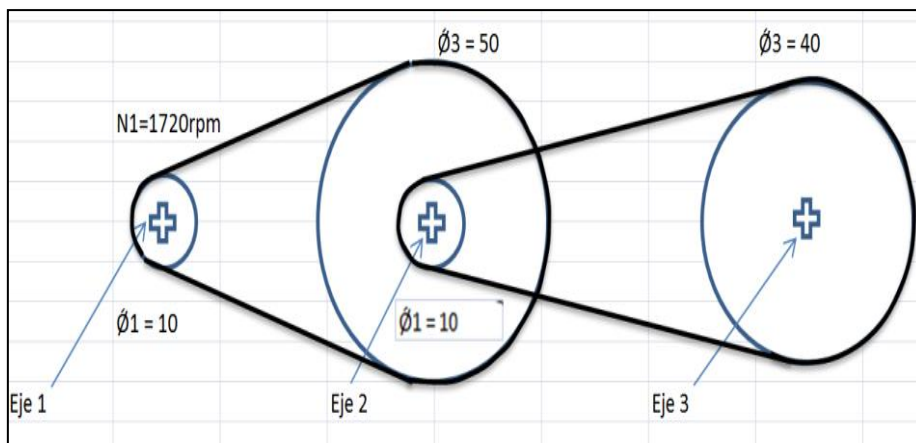
Como $n_2 = n_3 = 344 \text{ rpm.}$

$$n_3 \cdot d_3 = n_4 \cdot d_4 \quad (1.6)$$

$$344 \cdot 10 = n_4 \cdot 40$$

$$n_4 = 86 \text{ rpm.}$$

Transmisión de fajas y poleas






Fuente: elaboración propia, con base al programa Excel.

APÉNDICE C

Muestreo de pesos

A continuación se presenta tabla de muestreo, grafica y cálculo de pesos, de las características técnicas de celda de carga.

Característica técnicas de celda de carga utilizada

SPECIFICATIONS:	
Full Scale Output:	2.0 mV/V
Bridge Resistance:	350 ohms
Material/Finish:	Stainless steel
Temperature:	Compensated range 14°F to 104°F/-10°C to 40°C
Safe Overload:	150% Full scale
Rated Excitation:	10V DC (15V maximum)
Combined Error:	0.05% Full scale
Insulation Resistance:	5000 megohms
Seal Type:	Welded-seal, IP67
Cable Length:	3.1 m/10'
Cable Diameter:	.190 polyurethane jacket
Cable Color Code:	Blue..... + Excitation Black..... - Excitation White..... + Signal Red..... - Signal Yellow..... - Shield
Warranty:	One-year limited warranty
Approvals:	  

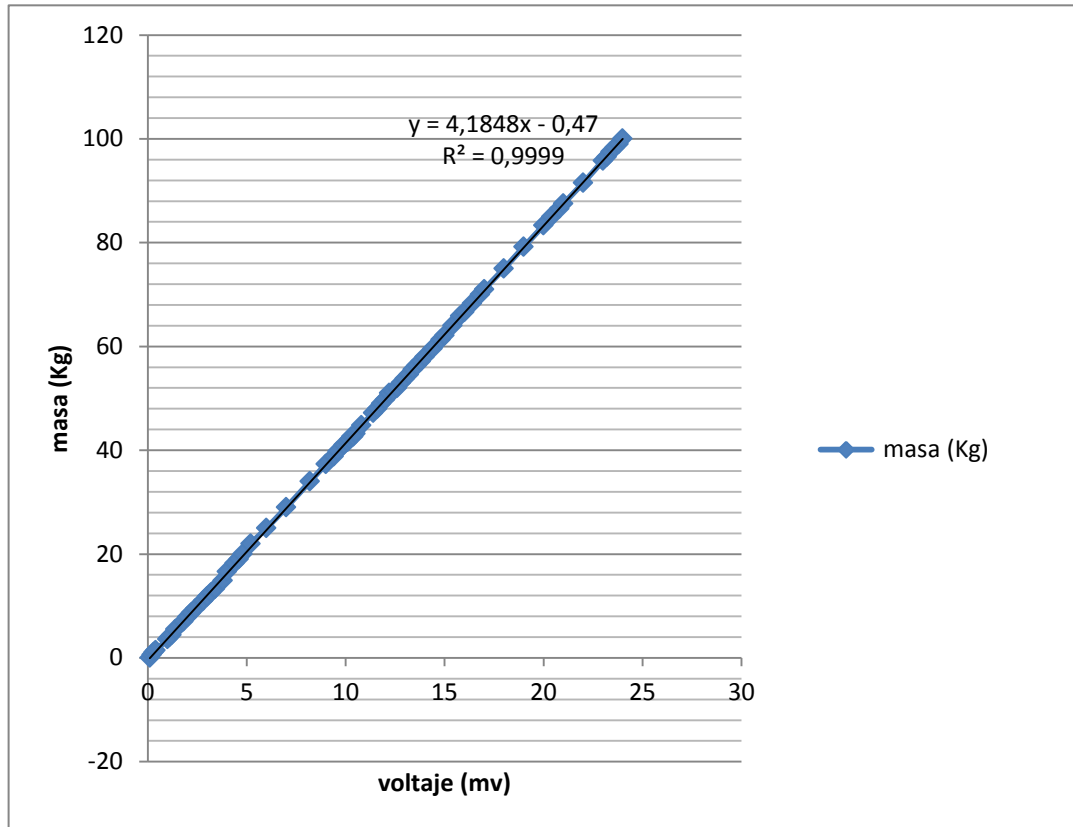
Fuente: L CG_catalog_2010 P. 234 Z6 Single-Ended Beam, Stainless Steel Welded –seal, IP67, OILM C3. Consulta 15/08/2013.

Muestreo de celda de carga Kg/mv

X(mv)	Y(Kg)	X(mv)	Y(Kg)	X(mv)	Y(Kg)	X(mv)	Y(Kg)	X(mv)	Y(Kg)
0.1	0	4.2	17.4	11.1	45.95	15.4	64		
0.2	0.55	4.4	18.2	11.4	47.2	15.8	65.9		
0.3	1.1	4.6	19	11.6	48	16	66.6		
0.4	1.46	4.8	20	11.8	49	16.4	68.3		
1	3.6	5.2	22	12	49.7	16.8	70		
1.1	4	6	25	12.2	51	17	71		
1.2	4.4	7	29	12.4	51.33	18	75		
1.4	5.5	8.2	34	12.6	52	19	79.2		
1.8	7	9	37.3	12.8	53	20	83.3		
2	7.86	9.4	38.8	13	53.8	20.4	85		
2.2	8.64	9.6	39.8	13.2	54.6	20.8	86.5		
2.4	9.43	9.9	41	13.4	55.6	21	87.5		
2.8	11	10.1	41.55	13.6	56.3	22	91.5		
3	11.78	10.2	42.1	13.8	57.13	23	95.8		
3.2	12.57	10.3	42.65	14	58	23.2	96.5		
3.4	13.3	10.4	42.65	14.4	59.6	23.4	97.5		
3.8	14.9	10.5	43.2	14.8	61.3	23.6	98.3		
4	16.6	10.8	44.8	15	62.1	23.8	99		
						24	100		

Fuente: elaboración propia, con base al programa Excel.

Relación peso vs voltaje



Fuente: elaboración propia, con base al programa Excel.

- En la tabla anterior se observa que existe una relación lineal entre las muestras obtenidas.
 - Conforme a las muestras tomadas la ecuación para la figura es la siguiente:

$$m = (Y_2 - Y_1) / (X_2 - X_1) \quad (1.7)$$

$$m = 4.185 \text{ Kg/mv}$$

$$Y = m \cdot X + C \quad (1.8)$$

$$Y = 4.185 \cdot X - .47$$

CÁLCULO PARA SENSITIVIDAD EN CELDA

Para diseñar un instrumento de pesaje utilizamos la sensibilidad de la entrada del indicador que es 0.2uV/división o más. Por lo tanto usaremos las siguientes ecuaciones:

$$\text{Ecuación 1: para una sola celda de carga } 0.2 \leq (E \cdot B \cdot D) / A \quad (1.9)$$

$$\text{Ecuación 2: para varias celdas de carga } 0.2 \leq (E \cdot B \cdot D) / (A \cdot N) \quad (1.10)$$

Donde:

A=salida de la celda de carga (Kg)

B=relación de salida (mV/V)

D=intervalo de pesaje (Kg)

E=voltaje de excitación (mV)

N=numero de celdas de carga

Aplicando la fórmula verificamos si la celda de carga utilizada es adecuada para un buen diseño.

$$N = 1$$

$$A = 100 \text{ (Kg)}$$

$$B = 2 \text{ (mV/V)}$$

$$E = 15000 \text{ (mV)}$$

$$D = 0.01 \text{ (Kg)}$$

$$0.2 \leq (E \cdot B \cdot D) / A$$

$$0.2 \leq (15000 \cdot 2 \cdot 0.01) / 100$$

0.2 ≤ 3 en base al resultado obtenido indica que es un buen diseño

Cálculo para encontrar la salida de la celda de carga total en (mV)

Modelo	CB6-100KG	
Estados Unidos		Unión Europea
96-091A2	Certificado de conformidad	R60/1991-DK-96.04
100kg	Capacidad (E _{max})	100kg
0.0kg	Carga muerta mínima	0.0kg
150kg	Límite de carga segura	150kg
2.0000MV/V±10%	Salida a la carga nominal	2.0000MV/±10%
15V CD	Excitación máxima	15V CD
S	Aplicación(solo/múltiple)	
III	Clase de precisión	C
4	n Div(k)	3
0.024kg	Mínimo intervalo de verificación	0.01kg
	Humedad	CH

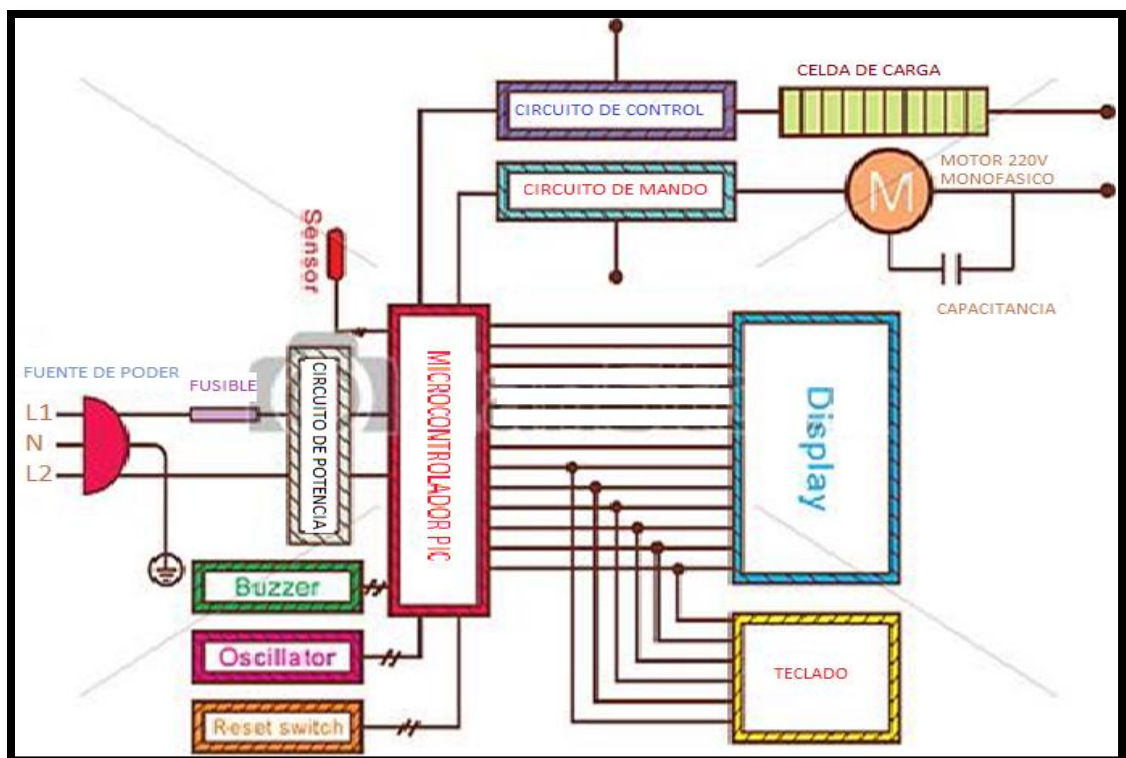
Fuente: elaboración propia, con base al programa Excel.

APÉNDICE D

Diagrama esquemático del sistema

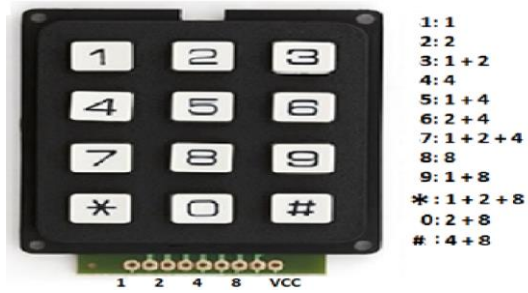
En la actualidad existe gran variedad de máquinas desgranadoras, para la máquina en estudio, se hizo uso de diagrama esquemático, hoja característica y teclado matricial como se presenta a continuación.

Diagrama general del sistema, PIC



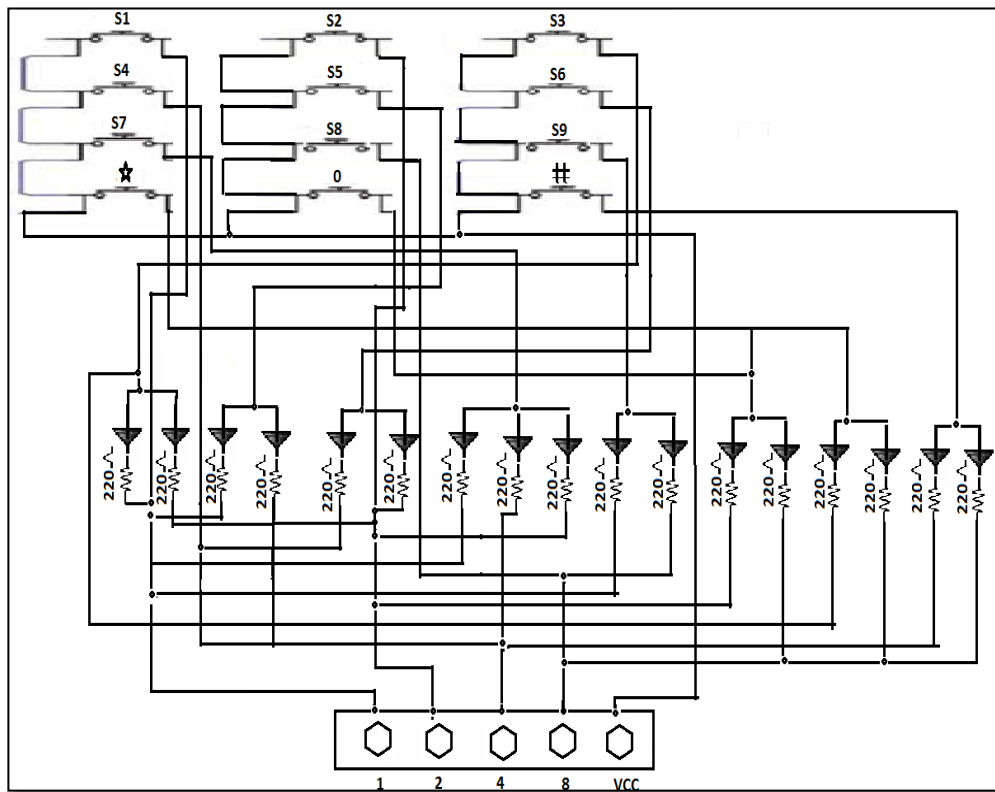
Fuente: elaboración propia, con base al programa Excel y Paint.

Teclado



Fuente: elaboración propia, con base al programa Paint.

Teclado matricial



Fuente: elaboración propia, con base al programa Paint.

Hoja característica microcontrolador



PIC16F87X

28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

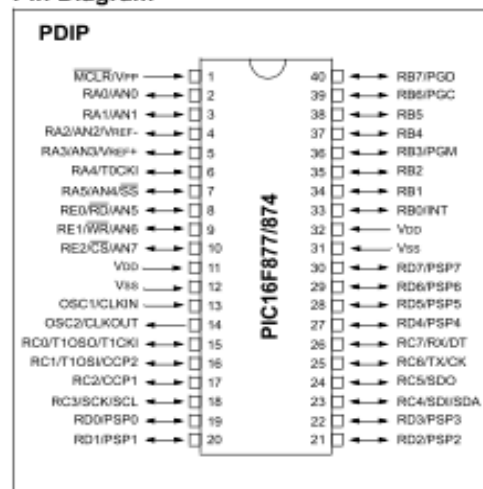
Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873
- PIC16F874
- PIC16F876
- PIC16F877

Microcontroller Core Features:

- High performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM)
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16C73B/74B/76/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and
Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC
oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM
technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two
pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial, Industrial and Extended temperature
ranges
- Low-power consumption:
 - < 0.6 mA typical @ 3V, 4 MHz
 - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
 - < 1 µA typical standby current

Pin Diagram



Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler,
can be incremented during SLEEP via external
crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period
register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master
mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver
Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address
detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with
external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for
Brown-out Reset (BOR)

Fuente: <http://www.microchip.com/>. Consulta 04/06/13.

APÉNDICE E

Lógica de control y *software* de pic

A continuación se describe toda la programación necesaria para el funcionamiento del sistema, utilizando el programa *PIC Simulator IDE*

Funciones principales de *PIC Simulator IDE*

- Panel de control: nos permitirá automatizar los procesos llevando un control en tiempo, peso, costo y un conteo de cuantas veces fue encendido el sistema. Por medio de luces nos indica el estado de la máquina.
- Luz roja–Alarma: conato de encendido detectado por el sistema que hubo una falla en el sistema de potencia.
- Luz verde: indica que el sistema está trabajando sin fallo alguno

Descripción del funcionamiento del proceso automatizado de desgranado de maíz.

Para activar la máquina introducir una clave, está a la vez activara un contador para indicar cuantas veces fue encendida la máquina guardando los pesos y tiempos de cada vez que fue encendida, para resetear contador introducir otra clave.

Indicar en panel de control cuantas libras queremos pesar luego presionamos la tecla on para hacer trabajar la desgranadora.

Para apagar la desgranadora presionamos la tecla off por 3seg, el botón de hongo es un botón de seguridad del personal, este suspenderá el proceso completamente apagando motores y deshabilitando panel de control, para volver activarlo introducir clave.

Cuando el sensor de la desgranadora deje de interrumpirse por más de 3 min. Que mande un mensaje en la pantalla indicando “falta mazorcas en el conductor” y a la vez mande a parar todos los motores (Desgranadora y gusano), luego presionar el botón reset para volver iniciar de nuevo el proceso.

Cuando el sensor de celda llegue a su peso indicado en el panel que mande a parar todos los motores (desgranadora y gusano), a la vez que mande un mensaje en pantalla que indique la cantidad pesado en libras. Luego para hacer otro pesaje presionar el botón reset para inicializar de nuevo el proceso y así de esta manera se repite infinitamente.

Cuando la compuerta donde sale el olote es abierta esta mande un mensaje que la compuerta fue abierta y active una alarma parando la desgranadora, cuando la vuelvan a cerrar que vuelva a funcionar siguiendo su rutina ya programada.

Cuando la compuerta se abra donde está el cilindro troceador este mande un mensaje que la compuerta del troceador fue abierta y active una alarma parando la máquina desgranadora, cuando la vuelvan a cerrar que vuelva a funcionar siguiendo su rutina ya programada.

Cuando guarda motor 1 o 2 se active por sobre corriente que mande a parar todo el proceso, a la vez active una alarma y que mande un mensaje en pantalla indicando “falla en Motor”.

Primera secuencia de funcionamiento de la programación

```
BASIC Compiler - funcionamiento_desgranadora_bas
File Edit Tools Options
Microcontroller: PIC16F877A; Clock Frequency: 20.0 MHz
0001 Dim a As Byte
0002 Dim b As Byte
0003 Dim e As Byte
0004 Dim g As Byte
0005 Dim cont As Byte
0006 Dim pass As Byte
0007 Dim peso As Byte
0008 Dim volt As Byte
0009 Dim pes2 As Byte
0010 Define ADC_CLOCK = 3
0011 Define ADC_SAMPLEUS = 50
0012 Define LCD_BITS = 4
0013 Define LCD_DREG = PORTB
0014 Define LCD_DBIT = 4
0015 Define LCD_RSREG = PORTB
0016 Define LCD_RSBIT = 0
0017 Define LCD_EREG = PORTB
0018 Define LCD_EBIT = 1
0019 Lcdinit 1
0020 TRISA = 0xff
0021 TRISD = 0xff
0022 TRISC = 0x00
0023 ADCON1 = 0
0024 a = 0
0025 b = 0
0026 clave:
0027 Lcdcmdout LcdClear
0028 Lcdout "  ingrese  "
0029 Lcdcmdout LcdLine2Home
0030 Lcdout "  clave  "
0031 Gosub teclado
0032 pass = e
0033 If pass = 12 Then
0034   Lcdcmdout LcdClear
0035   Lcdout "  clave  "
0036   Lcdcmdout LcdLine2Home
0037   Lcdout "  correcta  "
0038   Goto pesos
0039 Else
0040   Lcdcmdout LcdClear
0041   Lcdout "  clave  "
0042   Lcdcmdout LcdLine2Home
0043   Lcdout "  incorrecta  "
0044 Endif
0045 Goto clave
0046
0047 contador:
0048 cont = cont + 1
0049
0050 pesos:
0051 Lcdcmdout LcdClear
0052 Lcdout "  ingrese  "
0053 Lcdcmdout LcdLine2Home
0054 Lcdout "  peso  "
0055 Gosub teclado
0056 peso = e
0057 PORTC.0 = 1
0058
0059 inicio:
0060 Adcin 0, volt
0061 pes2 = 4.1848 * volt - 0.47
0062 Lcdcmdout LcdClear
0063 Lcdout "  peso  "
0064 Lcdcmdout LcdLine2Home
0065 Lcdout " " #peso2
0066 If pes2 = peso Then
0067   Lcdcmdout LcdClear
0068   Lcdout "  STOP  "
0069   PORTC.0 = 0
0070 Endif
0071
0072 If PORTD = 11 Then
0073   PORTC.0 = 0
0074   peso = 0
0075   peso2 = 0
0076   e = 0
0077   Goto contador
0078 Endif
0079
0080 If PORTD > 31 Then
0081   Gosub sensor
0082 Else
```

Fuente: elaboración propia, con base al programa *PIC Simulator IDE*.

Segunda secuencia de funcionamiento de la programación

```

BASIC Compiler - funcionamiento_desgranadora_bas
File Edit Tools Options
Microcontroller: PIC16F877A; Clock Frequency: 20.0 MHz
0083 PORTC.0 = 1
0084 Lcdcmdout LcdClear
0085 Endif
0086 Goto inicio
0087 End
0088
0089 teclado:
0090 If PORTD = 12 Then
0091     e = g
0092     a = 0
0093     b = 0
0094     g = 0
0095     Return
0096 Else
0097     If PORTD = 11 Then
0098         a = 0
0099         b = 0
0100         g = 0
0101         Goto teclado
0102     Else
0103         If PORTD > 0 Then
0104             b = PORTD
0105             a = a + 1
0106             If a > 1 Then
0107                 g = g * 10 + b
0108                 b = g
0109             Endif
0110             g = b
0111         Endif
0112     Endif
0113 Endif
0114 Lcdcmdout LcdClear
0115 Lcdout " " #g
0116 Goto teclado
0117
0118 sensor:
0119 Select Case PORTD
0120     Case 32
0121         Lcdout "ausencia "
0122         Lcdcmdout LcdLine2Home
0123         Lcdout "producto"

```

Lin 123, Col 0

```

BASIC Compiler - funcionamiento_desgranadora_bas
File Edit Tools Options
Microcontroller: PIC16F877A; Clock Frequency: 20.0 MHz
0101     Goto teclado
0102 Else
0103     If PORTD > 0 Then
0104         b = PORTD
0105         a = a + 1
0106         If a > 1 Then
0107             g = g * 10 + b
0108             b = g
0109         Endif
0110         g = b
0111     Endif
0112 Endif
0113 Endif
0114 Lcdcmdout LcdClear
0115 Lcdout " " #g
0116 Goto teclado
0117
0118 sensor:
0119 Select Case PORTD
0120     Case 32
0121         Lcdout "ausencia "
0122         Lcdcmdout LcdLine2Home
0123         Lcdout "producto"
0124         PORTC.0 = 0
0125         Return
0126
0127     Case 64
0128         Lcdout " compuerta"
0129         Lcdcmdout LcdLine2Home
0130         Lcdout " abierta"
0131         PORTC.0 = 0
0132         Return
0133
0134     Case 128
0135         Lcdout " sobre"
0136         Lcdcmdout LcdLine2Home
0137         Lcdout " corriente"
0138         PORTC.0 = 0
0139         Return
0140 EndSelect
0141 Goto sensor

```

Lin 141, Col 12

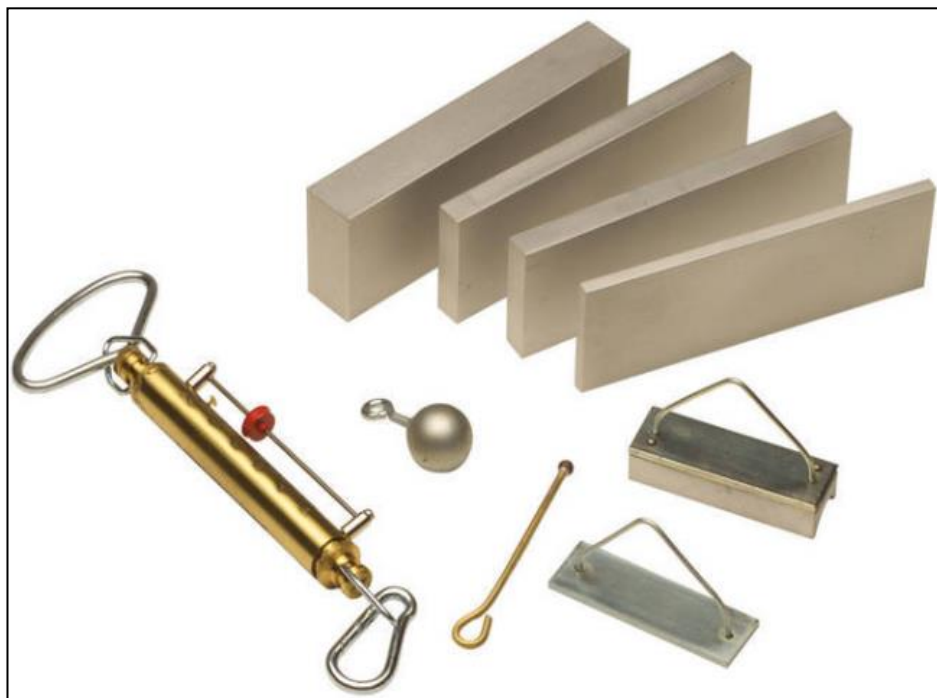
Fuente: elaboración propia, con base al programa *PIC Simulator IDE*.

APÉNDICE F

Equipo de medición de fuerza de a traccion *pull test*

A continuación se describen las mediciones de fuerza de atracción (*pull test*), que es utilizada para la calibración de rejillas magnéticas, evalúa los cambios en el rendimiento del imán, detectando cuando el imán empieza a declinar su valor, sus unidades puede ser en libras o kilogramos.

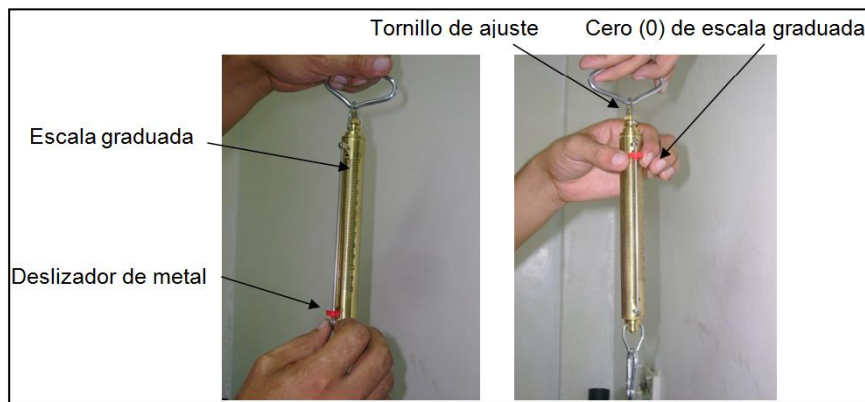
Pull test



Fuente: <http://news.thomasnet.com/fullstory/Magnetic-Pull-Test-Kit-monitors-efficiency-of-separation-equipment-595213>. Consulta 15/03/2013.

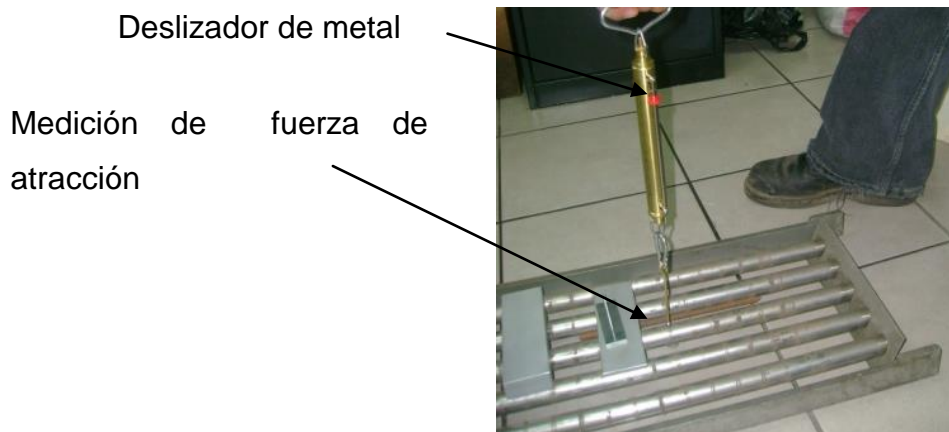
En la siguiente figura se detalla el procedimiento necesario para la calibración de *pull test*.

Ajuste de calibración de *pull test*



Fuente: *Pull test* medidor de fuerza de atracción, en Ingenio Magdalena.

Medición de fuerza de atracción de barra magnética



Fuente: *Pull test* y rejilla magnética, en Ingenio Magdalena.