



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

**“DISEÑO, INSTALACIÓN Y CONTROL AUTOMÁTICO
DE EQUIPO PARA EL PROCESAMIENTO DE SEMILLAS
FORRAJERAS DE ALFALFA Y TRÉBOL EN LA PLANTA
PILOTO DE LA COMUNIDAD DE PUNGAL GRANDE-
GUANO CHIMBORAZO”**

CASCO MANZANO JORGE VLADIMIR

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA – ECUADOR

2015

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2014-03-24

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

CASCO MANZANO JORGE VLADIMIR

Titulada:

**“DISEÑO, INSTALACIÓN Y CONTROL AUTOMÁTICO DE EQUIPO PARA
EL PROCESAMIENTO DE SEMILLAS FORRAJERAS DE ALFALFA Y
TRÉBOL EN LA PLANTA PILOTO DE LA COMUNIDAD DE PUNGAL
GRANDE-GUANO CHIMBORAZO”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Carlos Santillán M.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. César Astudillo M.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Marco Santillán G.
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CASCO MANZANO JORGE VLADIMIR

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO, INSTALACIÓN Y CONTROL AUTOMÁTICO DE EQUIPO PARA EL PROCESAMIENTO DE SEMILLAS FORRAJERAS DE ALFALFA Y TRÉBOL EN LA PLANTA PILOTO DE LA COMUNIDAD DE PUNGAL GRANDE-GUANO CHIMBORAZO”

Fecha de Examinación: 2015-11-10

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Dr. Marco Haro M. PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. César Astudillo M. DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Marco Santillán G. ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Dr. Marco Haro M.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que se presenta, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Casco Manzano Jorge Vladimir

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo, Jorge Vladimir Casco Manzano, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Jorge Vladimir Casco Manzano
Cedula de Identidad: 060301858-1

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a las personas que me han sabido ayudar tanto moral como psicológicamente, a mi familia, a mis amigos, a las personas más allegadas, a todos los conocidos que con su granito de arena han permitido que este trabajo llegue a su culminación de forma exitosa.

Casco Manzano Jorge Vladimir

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Mecánica y en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser útil para la sociedad.

Agradezco de sobremanera a mi familia que con paciencia, tolerancia y sabiduría supieron darme la chispa necesaria para que la llama se mantenga y la flama no deje de brillar durante mi período formativo como Ingeniero.

Sin olvidar el sincero agradecimiento a las personas que me facilitaron los equipos en los cuales yo pude reforzar los conocimientos con la práctica, personas que sin interés alguno tuvieron el buen corazón de hacer realidad los sueños que desde hace tiempo eran solo sueños, los mismos que hoy los puedo tocar con mis manos.

Casco Manzano Jorge Vladimir

CONTENIDO

	Pág.
1 INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos:</i>	3
2 MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO	
2.1 Marco teórico.....	4
2.1.1 <i>Consideraciones básicas del diseño eléctrico</i>	4
2.1.2 <i>Tipos de circuitos (Serie o Paralelo)</i>	5
2.1.3 <i>Calibre del conductor</i>	6
2.1.4 <i>Calcular la caída de tensión</i>	8
2.1.5 <i>Elementos de protección</i>	9
2.1.6 <i>Puesta a tierra</i>	10
2.1.7 <i>Señalización de conductores</i>	11
2.1.8 <i>Señalización de tableros eléctricos</i>	12
2.1.9 <i>Equipos de procesamiento de semillas</i>	12
2.1.9.1 <i>El secador de semillas de alfalfa y trébol</i>	12
2.1.9.2 <i>El descascarador de semillas de alfalfa y trébol</i>	14
2.1.9.3 <i>El limpiador de semillas de alfalfa y trébol</i>	15
2.1.9.4 <i>Desinfectador de semillas</i>	15
2.1.9.5 <i>Elevador de semillas</i>	15
2.1.9.6 <i>Empaquetador automático de semillas</i>	16
2.1.10 <i>El contactor</i>	16
2.1.11 <i>Pulsadores</i>	17
2.1.12 <i>Elementos auxiliares de mando</i>	18
2.1.13 <i>Finales de carrera o interruptores de posición</i>	18
2.1.14 <i>Relés de tiempo o temporizadores</i>	18
2.1.15 <i>Termostatos.</i>	18
2.1.16 <i>Elementos de señalización</i>	18
2.1.17 <i>Puesta a tierra en instalaciones</i>	18
2.1.18 <i>Iluminación industrial</i>	21
2.1.18.1 <i>Magnitudes y unidades para circuitos de iluminación</i>	21
2.1.18.2 <i>Niveles de iluminación recomendados</i>	22
2.1.19 <i>Datos para el alumbrado en instalaciones según el método de lúmenes.</i>	22
3 DISEÑO Y CÁLCULO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
3.1 Consideraciones básicas para el diseño de circuitos	28
3.2 Diseños de circuitos de mando	28
3.2.1 <i>Diseño del circuito de mando del horno secador</i>	28
3.2.2 <i>Diseño del circuito de mando del descascarador</i>	30

3.2.3	<i>Diseño del circuito de mando del limpiador de semillas</i>	31
3.2.4	<i>Diseño del circuito de mando del elevador de semillas</i>	32
3.2.5	<i>Diseño del circuito de mando del empaquetador de semillas</i>	33
3.3	Diseño de los circuitos de potencia	33
3.3.1	<i>La cantidad de carga</i>	33
3.3.2	<i>Los fusibles de protección para los consumidores</i>	35
3.3.3	<i>Circuito de potencia del horno secador</i>	35
3.3.3.1	<i>Cálculo, cantidad de corriente</i>	35
3.3.3.2	<i>Cálculo y selección del contactor del horno secador</i>	35
3.3.3.3	<i>Cálculo selección y calibración del relé térmico del horno secador</i>	36
3.3.3.4	<i>Cálculo del fusible requerido para el horno secador</i>	36
3.3.3.5	<i>Cálculo de la sección del conductor para el horno secador</i>	36
3.3.4	<i>Datos generales de todos los equipos</i>	37
3.3.4.1	<i>Cálculo de elementos de todos los equipos</i>	38
3.3.5	<i>Cálculo del sistema de puesta a tierra</i>	39
3.3.6	<i>Cálculo del alumbrado</i>	42
4	CONSTRUCCIÓN ELÉCTRICA	
4.1	Tendido de tubería conduit para la alimentación general	45
4.2	Construcción de circuitos de mando y de potencia.	46
4.2.1	<i>Construcción de los circuitos de mando y de potencia del horno</i>	46
4.2.2	<i>Construcción del circuito de mando y de potencia del descascarador</i>	46
4.2.3	<i>Construcción del circuito de mando y de potencia del limpiador</i>	47
4.2.4	<i>Construcción del circuito de mando y de potencia del desinfectador</i>	47
4.2.5	<i>Construcción del circuito de mando y de potencia del elevador</i>	48
4.2.6	<i>Construcción del circuito de mando y de potencia del empaquetador</i>	48
4.3	Costo total para la instalación de la maquinaria.	48
5	FASE EXPERIMENTAL	
5.1	Pruebas de funcionamiento.....	50
5.2	Elaboración de planes de mantenimiento	50
5.3	Elaboración de planes de seguridad para el personal e instalaciones	51
5.4	Capacitación al personal técnico.	52
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1	Conclusiones.....	53
6.2	Recomendaciones	54

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Características de los circuitos serie y paralelo 5
2	Capacidad de conducción de corriente 7
3	Factores de corrección por temperatura..... 8
4	Factores de ajuste para más de tres conductores 8
5	Calibre mínimo para la puesta a tierra de canalizaciones y equipos. 11
6	Norma IEC 60204-1 códigos de colores..... 12
7	Relación entre la sección de los conductores de protección y fase 20
8	Valores orientados de resistividad del terreno..... 20
9	Valores medios aproximados de la resistividad del terreno. 21
10	Fórmulas para estudiar la resistencia de tierra..... 21
11	Niveles de iluminación según la norma DIN 5035..... 23
12	Fórmulas para determinar la altura de las luminarias. 24
13	Método de cálculo K..... 24
14	Determinar el factor de utilización 25
15	Coeficientes de reflexión 25
16	Tabla de distribución de luminarias..... 26
17	Tabla de datos de los equipos 38
18	Tabla de cálculos 38
19	Lúmenes por vatio 44
20	Tuberías conduit y cantidad de conductores que la atraviesan..... 45
21	Costos de instalación 49
22	Consumo energético 50

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1	Plano de las luminarias 24
2	Distribución de las luminarias 26
3	Circuito de mando del horno secador 29
4	Circuito de mando del descascarador 30
5	Circuito de mando del limpiador de semillas 31
6	Circuito de mando del elevador de semillas 32
7	Circuito de mando del empaquetador de semillas 34
8	Circuito de potencia del horno secador..... 37
9	Circuitos de potencia del limpiador 39
10	Forma geométrica de la puesta a tierra 40

LISTA DE ANEXOS

- A** Circuito de mando y potencia del horno secador
- B** Circuito de mando y potencia del descascarador de semillas
- C** Circuito de mando y potencia del limpiador de semillas
- D** Circuito de mando y potencia del desinfectador de semillas
- E** Circuito de mando y potencia del elevador de semillas
- F** Circuito de mando y potencia del empaquetador de semillas
- G** Planta de procesamiento de semillas

RESUMEN

En la planta piloto de procesamiento de semillas forrajeras de alfalfa y trébol ubicada en la comunidad de Pungal Grande cantón Guano provincia de Chimborazo, se puso en marcha la maquinaria encargada del proceso de semillas; los requerimientos de la planta y de cada máquina, es el punto de partida para el diseño eléctrico de toda la procesadora, los materiales requeridos y otras prestaciones.

El circuito supervisor de fase instalado en el tablero principal, monitorea la existencia de las tres fases, el mismo que fue diseñado y calculado para soportar el trabajo a plena carga de toda la planta, en los circuitos de mando se tomaron en cuenta todas las variables que proporcionan señales digitales y que permiten el apagado y encendido de un mecanismo. Los circuitos de potencia fueron diseñados y construidos de acuerdo a la cantidad de corriente que circula por cada uno de ellos.

El cálculo previo permitió determinar los valores y los porcentajes de incremento para que la calibración de cada elemento esté acorde a su consumo a plena carga, así como los materiales eléctricos utilizados en los circuitos tanto de control y de fuerza; cada tablero de control está debidamente señalizado, indicando al operador que variable está controlando, además se instaló una malla de puesta a tierra la misma que garantizará el buen desempeño de las máquinas y protegerá a los operarios.

Se recomienda la creación de un departamento de mantenimiento, encargado de llevar bitácoras de cada equipo, que asegure el buen funcionamiento de las máquinas.

ABSTRACT

In the alfalfa and clover seeds pilot processing plant located in Pungal Grande, Guano, Chimborazo Province, the machinery for the seeds processing was set; the requirements of the facility and each machine is the starting point for the seeds processor electrical design, the required materials and other supplies.

The phase supervisor circuit installed on the board, monitors the existence of three phases, it was designed and calculated to support the work full load of the entire facility, and in the control circuits all the variables which give digital signals and allow the power cycle mechanism were considered. The power circuits were designed and constructed according to the amount of current flowing through each one of them.

The previous calculation helped to determine the values and percentage increases, so the calibration of each element could be in line with the consumption at full load, as well as the electrical materials used in control and power circuits; each control panel is clearly marked, indicating the operator the controlling variable, a ground wire net was also installed to ensure the good performance of the machinery and operators protection.

It is recommended to create a maintenance department, responsible for keeping a journal of each equipment to ensure the operation of the machines.

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En los cantones de la Provincia de Chimborazo se realiza la explotación de semillas forrajeras en forma tradicional (a mano y tracción animal) para lo cual la ESPOCH e Ingeniería implementaron un proyecto de procesamiento de semillas en forma eficiente y automática; a dicho proyecto le falta el diseño, montaje y automatización eléctrica de toda la maquinaria necesaria para la obtención del producto terminado. Motivo por el cual la Facultad de Mecánica y la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento se comprometen a facilitar el contingente humano para la puesta en marcha, pruebas y la obtención del producto terminado.

En la serranía ecuatoriana, en la Provincia de Chimborazo y específicamente en el cantón Guano, en los sectores de los Pungales, Guanando, la Providencia, se cultivan forrajes (alfalfa y trébol) en una superficie aproximada de 450 hectáreas de terreno, habitadas por 325 familias; que producen semillas de alfalfa y trébol sin emplear técnicas adecuadas; por lo cual es necesario implementar nueva tecnología para el mejoramiento de la semilla y obtener un producto de calidad, el mismo que será competitivo en el mercado local, con proyección a competir con productores de semillas a nivel internacional, ya que el producto terminado contara con garantías para exportación con el aval del mejoramiento del suelo donde será cultivado.

Por lo tanto es de gran importancia la capacitación en tecnología de semillas que deriven en un correcto empleo de los equipos que serán utilizados en el procesamiento de semillas de alfalfa y trébol, convirtiéndose en una fuente de trabajo para la familia campesina.

Cabe resaltar que el papel del Ingeniero en Mantenimiento es aportar con el desarrollo de tecnologías que vayan en beneficio de la sociedad, lo cual sustenta su acción en el análisis, planificación, programación de los sistemas integrales mecánicos, eléctricos y electrónicos con lo cual el tema propuesto encaja con el perfil del Ingeniero en Mantenimiento.

1.2 Justificación

El trabajo a destajo en el campo es muy común debido a la abundante mano de obra que existe en las zonas rurales, pero por su elaboración manual se torna el proceso lento, de baja calidad y más costoso, debido a la poca producción diaria y al elevado costo de la mano de obra prestada.

Con la implementación de la Planta Piloto de Procesamiento de Semillas Forrajeras, el costo de extracción se reduce notablemente, ya que esta planta piloto puede ser operada por una sola persona que se encargue de controlar la secuencia programada del procesamiento.

En la Comunidad “Pungal Grande”, el empleo de los equipos de tratamiento de semillas alcanzará una disminución en el costo de mano de obra del 75%; además se obtendrá un producto de mayor calidad para su futura comercialización.

Con un adecuado manejo del cultivo y aplicación de esta tecnología se podrá obtener aproximadamente 300 kg de semilla de alfalfa y 140 fardos de forraje por año. Que representan un ingreso de 2000 USD por hectárea, al momento de su comercialización. Además se logrará elevar y sostener las actividades agrícolas y pecuarias de las 325 familias campesinas.

La tecnología aplicada no genera desechos indeseables ni productos que se puedan considerar como contaminantes del medio ambiente, al contrario al desarrollar e impulsar el cultivo de alfalfa y trébol, se favorece en la recuperación y mantenimiento del suelo, ya que el producto de desecho regresa al mismo y este lo transforma en abono orgánico aprovechando el residuo y de esta manera las propiedades regenerativas del abono verde disminuyendo la contaminación del suelo por la utilización de abonos químicos que son muy perjudiciales.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Diseñar, instalar y controlar automáticamente los equipos de procesamientos de semillas forrajeras de alfalfa y trébol en la planta piloto de la comunidad de Pungal Grande, Cantón Guano Provincia de Chimborazo.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

- Establecer los requerimientos de energía necesarios para el buen funcionamiento de las máquinas.
- Diseñar el sistema eléctrico y de automatización para la planta en general.
- Determinar los materiales y accesorios eléctricos necesarios para la instalación de cada uno de los equipos de la planta piloto.
- Crear un controlador PID y un regulador de temperatura para el horno secador con una escala de temperatura y humedad ideal de 40°C.
- Instalar una malla de puesta a tierra con una resistencia óhmica ideal de 15 ohmios.
- Mejorar la conductividad del suelo, disminuyendo la resistencia del mismo y facilitando el camino de corrientes atmosféricas o parasitas.
- Comprobar que los equipos funcionen de acuerdo a las necesidades requeridas por los productores

CAPÍTULO II

2 MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO

2.1 Marco teórico

2.1.1 Consideraciones básicas del diseño eléctrico. Para diseñar un circuito eléctrico se debe tener en cuenta lo siguiente: la potencia eléctrica, el voltaje, la intensidad de corriente consumida, tipo de circuito (serie-Paralelo u otro), el calibre del conductor, los elementos de protección de los consumidores, la puesta a tierra y la señalización (conductores-tableros eléctricos).

Voltaje. Se denomina fuerza electromotriz a la energía proveniente de cualquier fuente, medio o dispositivo que suministre corriente eléctrica. Para ello se necesita la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos o polos (uno negativo y el otro positivo) de dicha fuente, que sea capaz de bombear e impulsar las cargas eléctricas a través de un circuito cerrado. Se la denomina con la letra V y unidad es el voltio. (Astudillo, 2009)

$$V = I \cdot R \quad (1)$$

Potencia eléctrica. Es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo, es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado. La potencia eléctrica se representa con la letra P y la unidad de medida es el vatio. Para el cálculo y diseño eléctrico de los diversos circuitos de potencia y control se utilizara las siguientes ecuaciones: (Astudillo, 2009)

$$P = V \cdot I \quad (2)$$

$$P = I^2 \cdot R \quad (3)$$

Intensidad de corriente eléctrica. Es la cantidad de corriente eléctrica que circula por un circuito en la unidad de tiempo, básicamente existen dos tipos de corriente eléctrica, la corriente continua y la corriente alterna en nuestro caso todo será realizada en función a la corriente alterna. Para denominar la intensidad de corriente se utiliza la letra I y su unidad es el amperio. (Astudillo, 2009).

Para circuitos monofásicos se utiliza la ecuación:

$$I = \frac{V}{R}$$

Para circuitos trifásicos se utiliza la ecuación:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi} \quad (4)$$

2.1.2 Tipos de circuitos: Los más utilizados son serie y paralelo.

Circuitos serie. En un circuito serie los receptores o consumidores están instalados uno a continuación del otro en la línea eléctrica, de tal forma que la corriente que atraviesa el primer consumidor será la misma que atraviesa el último (consumidor) (TiposDe.com, 2015)

Circuitos paralelo. En un circuito en paralelo cada receptor o consumidor conectado a la fuente de alimentación lo está de forma independiente al resto; cada uno tiene su propia línea, aunque haya parte de esa línea que sea común a todos los demás consumidores. (TiposDe.com, 2015)

Tabla 1. Características de los circuitos serie y paralelo

	Serie	Paralelo
Resistencia	Aumenta al incorporar receptores	Disminuye al incorporar receptores
Caída de tensión	Cada receptor tiene la suya que aumenta con su resistencia La suma de todas las caídas es igual a la de la fuente	Es la misma para cada uno de los consumidores e igual a la de la fuente
Intensidad	Es la misma en todos los consumidores e igual a la general en el circuito Cuanto más consumidores menor será la corriente que circule	Cada receptor es atravesado por una corriente independiente, menor cuanto mayor resistencia tenga. La intensidad total es la suma de las intensidades individuales. Será mayor cuanto más consumidores tengamos en el circuito

Fuente: Ing. César Astudillo docente de la ESPOCH

2.1.3 Calibre del conductor. La capacidad de conducción de corriente de los todos los conductores eléctricos depende de muchos factores, entre los cuales podemos mencionar los siguientes: tipo de instalación (conduit, ducto, ducto subterráneo, etc.), de la temperatura de operación de los conductores seleccionados, de la longitud del circuito, etc.

2.1.3.1 Ecuaciones para el cálculo de conductores:

Líneas de corriente alterna monofásica

$$S = \frac{2\rho L I \cos\phi}{\Delta V} \quad (5)$$

Líneas de corriente alterna trifásicas

$$S = \frac{\sqrt{3}\rho L I \cos\phi}{\Delta V} \quad (6)$$

Para conductores que alimenten a un solo motor, la corriente nominal a plena carga se multiplicara por 1,25. En el caso de varios motores, a la suma de la corriente a plena carga de los motores se le sumara el 25 % del motor más grande.

Se selecciona el calibre del conductor de acuerdo con la capacidad de conducción de corriente del cable, que depende del tipo de aislamiento, de la temperatura de operación y del método de instalación, la función básica de un cable consiste en transportar energía eléctrica en forma segura y confiable desde la fuente de potencia a las diferentes cargas.

De acuerdo a la norma NOM-001-SEDE-2005 si la corriente en el circuito es mayor a 100 A, se elige la capacidad de corriente a una temperatura de operación del conductor de 75 °C. Si la corriente es menor de 100 A, se elige la capacidad de corriente a una temperatura de operación del conductor a 60 °C.

La capacidad de conducción de corriente de los conductores debe ser mayor o igual al valor nominal o de ajuste del dispositivo de protección de sobre corriente del circuito una regla sencilla es tomar 2 % como caída de tensión máxima, tanto en alimentadores como en circuitos derivados, para evitar que la suma de caídas exceda el 5 %.

Tabla 2. Capacidad de conducción de corriente

Calibre AWG Kcmil	Área de sección transversal nominal [mm ²]	Temperatura nominal del conductor					
		60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
		TW TWD CCE	THW,RHW THW-LS THWN XHHW	RHH,EHW-2 THHN,THW-2 TTHW-LS XHHW-2	UF	RHW XHHW	RHW-2 XHHW XHHW-2 DRS
14	2,08	20*	20*	25*	-	-	-
12	3,31	25*	25*	30*	-	-	-
10	5,26	30	35*	40*	-	-	-
8	8,37	40	50	55	-	-	-
6	13,3	55	65	75	40	50	60
4	21,2	70	85	95	55	65	75
2	33,6	95	115	130	75	90	100
1/0	53,5	125	150	170	100	120	135
2/0	76,4	145	175	195	115	135	150
3/0	85,0	165	200	225	130	155	175
4/0	107	195	230	260	150	180	205
250	127	215	255	290	170	205	230
300	152	240	285	320	190	230	255
350	177	260	310	350	210	250	280
400	203	280	335	380	225	270	305
500	253	320	380	430	260	310	350
600	304	355	420	475	285	340	385
750	380	400	475	535	320	385	435
1000	507	455	545	615	375	445	500

Fuente: (Latincasa, 2011)

La norma NOM-001-SEDE-2005 “Capacidad de conducción de corriente [A] permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de 3 conductores portadores de corriente en una canalización o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C”. A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta norma, la protección contra sobre corrientes de los conductores marcados con un asterisco (*), no se debe superar los 15 A para 14 AWG, 20 A para 12 AWG, y 30 A para 10 AWG, todos de cobre”.

Una vez elegido el calibre del conductor, corregir la capacidad de conducción de corriente tomada de la tabla anterior, en función de la temperatura ambiente del lugar de instalación, para ello se multiplica por el factor de corrección que se indica en la tabla 3 la cual nos ayudara a visualizar de mejor manera lo antes expuesto.

Tabla 3. Factores de corrección por temperatura

Temperatura ambiente del lugar de instalación [°C]	60 °C	75 °C	90 °C
21-25	1,08	1,05	1,04
26-30	1,00	1,00	1,00
31-35	0,91	0,94	0,96
36-40	0,82	0,88	0,91
41-45	0,71	0,82	0,87
46-50	0,58	0,75	0,82
51-55	0,41	0,67	0,76

Fuente: (Latincasa, 2011)

Si existen más de tres conductores por tubería (conduit) portadores de corriente, corregir la capacidad de conducción de corriente multiplicando ésta por los factores de la tabla 4. (Norma NOM-001-SEDE-2005).

Tabla 4. Factores de ajuste para más de tres conductores

Cantidad de conductores portadores de corriente eléctrica	Factor de corrección por agrupamiento
DE 4 a 6	0,80
DE 7 a 9	0,70
DE 10 a 12	0,50
DE 21 a 30	0,45
DE 31 a 40	0,40
DE 41 y más	0,35

Fuente: (Latincasa, 2011)

2.1.4 Calcular la caída de tensión. La caída de tensión de la instalación de la instalación eléctrica, tanto para circuitos monofásicos así como para circuitos trifásicos es muy útil realizarlo utilizando la ecuación que interactúa con la longitud para ello tenemos las siguientes formulas:

Circuito monofásico

$$\Delta V = \frac{2 \times R \times L \times I}{V_0} \times 100 \quad (7)$$

Circuito trifásico

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} R x L x I}{V_{ff}} x 100 \quad (8)$$

Dónde:

ΔV = Caída de tensión del cable [%]

I = Intensidad de corriente eléctrica que circula a través del conductor [A]

L = Longitud total del circuito [m]

V_o = Tensión de fase a neutro en [V]

V_{ff} = Tensión entre fases en [V]

R = Resistencia del terreno en [Ω]

2.1.5 *Elementos de protección.* Los elementos de protección de los consumidores son:

Protección contra cortocircuitos. Tenemos: (MÜLLER, 1984 págs. 295-321)

- Fusibles
- Interruptores automáticos con sistema de disparo electromagnético

Protección contra sobrecargas. Tenemos:

- Fusibles
- Interruptores automáticos con curva térmica de disparo
- Relés térmicos para proteger los motores

Alternativas de protección. Tenemos:

- Solo fusibles
- Fusible + Relé térmicos típico en motores
- Interruptor automático magneto térmico

Cálculo de la corriente de protección con fusibles

$$I_F = K x I_N \quad (9)$$

I_F = Corriente de protección de los fusibles

K = Constante de protección en el rango de 1.8 a 2

I_N = Corriente nominal o a plena carga

Protección contra contactos directos. Son contactos de personas con partes activas de los materiales o equipos.

La protección contra los contactos directos consiste en tomar las medidas destinadas a proteger a las personas contra los peligros que resultan de un contacto con partes activas de los materiales eléctricos evitando que el contacto tenga lugar, de acuerdo con la norma UNE 20460-4-47:1996, que especifica que todos los materiales deberán estar sujetos a una de las medidas de protección contra los contactos directos previstas en la norma UNE 20460-4-41:1998. (VALENCIA)

Protección contra contactos indirectos. : Está concebida para proteger a las personas contra los peligros que pueden derivarse de un defecto de aislamiento entre las partes activas y masa u otras partes conductoras accesibles. Son contactos de personas con masas puestas accidentalmente bajo tensión, son de dos tipos:

- Medidas de protección de clase (A).- Separación de partes activas y masas, recubrimiento de las masas.
- Medidas de protección de clase (B).- Puesta a tierra o a neutro de las masas

Protección diferencial. Detecta fallos de aislamiento o contacto accidental de una persona con una tensión, tiene una sensibilidad mínima de 30, 100, 300, 500 mA, 1 A.

2.1.6 *Puesta a tierra.* Los procedimientos para diseñar sistemas de tierras se basan en conceptos tradicionales, su aplicación puede ser compleja, pero la aplicación correcta es un arte, ya que cada instalación es única en su localización, tipo de suelo, y equipos a proteger.

De acuerdo a NOM-001-SEDE-2005 es necesario instalar el conductor de puesta a tierra de equipos en todos los alambrados. Para seleccionar el calibre de puesta a tierra de equipos nos basaremos en la Tabla 5 la cual nos indica el calibre mínimo para la puesta a

tierra de canalizaciones y equipos.

Tabla 5. Calibre mínimo para la puesta a tierra de canalizaciones y equipos.

Intensidad [A]	Calibre de Cu	Calibre de Al
15	2,08 (14)	-
20	3,31 (12)	-
30	5,26 (10)	-
40	5,26 (10)	-
60	5,26 (10)	-
100	8,37 (8)	13,3 (6)
200	13,3 (6)	21,2 (4)
300	21,2 (4)	33,6 (2)
400	33,6 (2)	42,4 (1)
500	33,6 (2)	53,6 (1/0)
600	42,4 (1)	67,4 (2/0)
800	53,5 (1/0)	85,0 (3/0)
1000	67,4 (2/0)	107 (4/0)

Fuente: (Latincasa, 2011)

2.1.7 Señalización de conductores. Los tipos de señalizaciones que se utilizan para marcar los conductores son:

- Tipo UNEX con forma de anillo son de color amarillo
- Tipo LEGRAND con forma de U interiormente tienen unos resortes que no les permiten salir de los conductores. El color de los números corresponde con el código colores de las resistencias.
- Tipo PHOENIX CONTAC mediante impresora especial.
- Tipo FERRULES amarillos. Manguito impreso con impresora térmica con una amplia gama de usos.
- Tipo FERRULES termo retráctiles.

2.1.8 *Señalización de tableros eléctricos.* Señalizaciones luminosas: Norma IEC 60204-1 establece los códigos de colores correspondientes a los mensajes que deben ser atendidos.

Tabla 6. Norma IEC 60204-1 códigos de colores

Señalización luminosa	
Rojo	Urgencia (acción inmediata requerida)
Amarillo/ Naranja	Anomalía(chequeo y/ o intervención requerida)
Verde	Funcionamiento normal (opcional)
Azul	Acción obligatoria (acción del operador requerida)
Blanco	Chequeo (opcional)

Fuente: (Scribd., 2009)

2.1.9 *Equipos de procesamiento de semillas.* Los equipos de procesamiento de semillas disminuyen tiempo, mano de obra y mejoran la calidad del producto, el proceso de secado, extracción, limpiado, desinfección, y enfundado, se lo puede hacer en un lapso corto de tiempo, incluso en horas, dándole un valor agregado a las semillas mejorando la forma de vida de los campesinos de la comunidad. Estos son:

2.1.9.1 *El secador de semillas de alfalfa y trébol.* El silo secador es de acero inoxidable, el cual tiene 30cm arriba, un piso plano de acero totalmente perforado. Este espacio entre la base y el silo permiten la formación de una cámara de aire denominado Plenum.

Por esa cámara mediante uno o más ventiladores y calentadores a gas, se inyecta aire caliente al silo, el cual atravesara toda la masa de semillas que se encuentran sobre el piso perforado logrando la evaporación de los excedentes de líquidos presentes en las semillas al momento de su cosecha.

El horno secador consta de los siguientes componentes:

Motor eléctrico, ventilador de purga, electrodos de ignición, transformador elevador de tensión, conductores de alto voltaje, válvulas solenoides, quemador de gas (GLP), termocupla tipo J, cámara con álabes conductores del aire caliente.

Motor eléctrico. Es un motor WAG de corriente alterna, su potencia es de 5 Hp, el mismo que funciona a 220 V monofásicos, y es el encargado de transmitir movimiento por medio

de bandas y poleas a los álabes impulsores del aire caliente hacia el silo

Ventilador de purga. Su función es eliminar los vapores de combustible existente en la cámara de ignición, la potencia de su motor eléctrico es de $\frac{1}{4}$ Hp a 110 V monofásicos.

El mismo que genera movimiento a los álabes del ventilador encargados de producir la corriente de aire necesaria para lograr el barrido total de los excedentes de combustible antes de la ignición, además el flujo de aire proveniente de los álabes del ventilador mejorará la combustión del gas elevando su energía calorífica gracias al aumento de oxígeno.

La llama por el aumento de la corriente de aire alcanzará un ángulo mayor cubriendo en su totalidad a los álabes encargados de llevar el aire caliente al silo secador.

Electrodos de ignición. Son los encargados de conducir la chispa para el encendido piloto del quemador, hechos de Kantal A1 o en acero inoxidable AISI 310, éstos deben estar sostenidos a la cerámica con adhesivo vitrificado con trabas o arandelas de acero inoxidable para que su fijación no se deteriore con el proceso térmico. El voltaje conducido por los electrodos está en el rango de 7 000 a 10 000 V

Transformador de ignición. Tiene por función elevar la tensión de 110 V a 7 000-10 000 V, de forma instantánea y de corta duración este sirve para dar la chispa inicial para completar el triángulo de fuego de encendido del quemador el cual conjuntamente con los electrodos y el alto amperaje y la correcta calibración cierran el circuito y provocan una chispa de encendido.

Conductores de alto voltaje. Su función es conducir el voltaje desde el transformador de ignición (7 000-10 000 V) hasta los electrodos, estos conductores están fabricados en dos vainas de PVC para alta temperatura, antinflama, con un diámetro final de 8 mm. Su núcleo es ferrítico con un enrollamiento de alambre AISI 304 siendo su resistencia de 1400 W/m.

Válvulas solenoides. En un número de dos, permiten el paso del gas GLP hacia la boquilla del quemador, son de diferente diámetro ya que cumplen funciones diferentes de $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ plg respectivamente. La válvula solenoide de $\frac{1}{4}$ plg permite el paso del gas para el encendido piloto, la misma que será activada durante un corto de tiempo con un voltaje

de entrada de 110 V, la válvula solenoide de ½ plg permite el encendido de la llama principal por lo tanto mayor circulación de combustible hacia la boquilla del quemador la misma que se quedará activada el tiempo necesario hasta que el silo haya alcanzado su temperatura de secado 38 °C, el voltaje necesario para la activación de esta válvula es de 110 V.

Quemador de gas. Su diseño permite transformar un combustible en energía calorífica, está constituido por diferentes elementos los mismos que funcionan de forma coordinada para lograr la transformación de energía.

Termocupla tipo J. Consta de dos partes la primera que es el control de temperatura digital y la segunda que es el bulbo receptor de señales, el bulbo se lo ubica en el interior del silo en la parte superior el mismo que recibirá una señal térmica y la transformará en eléctrica, permitiendo el encendido o apagado del sistema en conjunto llamado quemador.

Cámara con álabes conductores del aire caliente. En este elemento choca la llama proveniente del quemador la cual se encuentra a una temperatura promedio de 540 °C.

El motor eléctrico da el movimiento giratorio a los álabes y por medio de radiación el aire que circula adquiere la temperatura de la llama y este aire caliente es conducido al interior de silo el cual llega a la cámara denominada Plenum y es el lugar donde pierde su entalpía y comienza la transferencia de calor hacia las semillas.

Lográndose el secado de las mismas por la evaporación forzada de la humedad existente en ellas.

2.1.9.2 *El descascarador de semillas de alfalfa y trébol.* Llamado también molino el cual está diseñado para triturar las envolturas de los forrajes permitiendo la extracción con facilidad de las semillas, el movimiento circular del tambor que contiene las muelas trituradoras se hace posible por la utilización de un motor WEG.

El motor WEG tiene una velocidad centrífuga de 1750 rpm, alimentado a 220 V trifásicos y su potencia es de 3 Hp este motor transfiere su energía de movimiento al tambor a través de bandas y poleas; para optimizar la energía transmitida por la correa se la hace pasar por una polea excéntrica que será la encargada de generar un movimiento en va y ven, el

cual es aprovechado para separar las semillas de su envoltura, este efecto se logra porque el lugar donde se depositan las semillas después de haber pasado por el molino es un tamiz con agujeros de 2 mm de diámetro los cuales permiten el paso solo de las semillas y basuras de pequeñas longitudes pero la mayoría de las cáscaras son desechadas gracias al movimiento excéntrico.

2.1.9.3 *El limpiador de semillas de alfalfa y trébol.* Su función es la limpieza total de las semillas efecto que se logra ya que el equipo cuenta con un sistema de venteo forzado absorbiendo el oxígeno circundante por medio de unas aspas dispuestas de tal manera que permitan la absorción del aire y lo proyecten directamente sobre las semillas. Por densidades las semillas serán atraídas por la gravedad hacia la parte más inferior del ducto de venteo, mientras que las basuras serán conducidas al exterior del ducto de ventilación, el limpiador de semillas en su construcción cuenta con un motor eléctrico el mismo que tiene una potencia de 1/4 Hp, una velocidad de giro de 3600 rpm, y es alimentado por una tensión monofásica de 220 V.

2.1.9.4 *Desinfectador de semillas.* La desinfección de cualquier producto es de vital importancia, permite mantener la semilla por lapsos de tiempos prolongados. El desinfectador de semillas está diseñado para pulverizar el químico y proteger la semilla de agentes indeseados en el proceso de producción. Este equipo está controlado por un PLC Zelio el mismo que está programado en un lenguaje BDF y será el encargado de realizar el mando de los diferentes componentes que se detallan: una vez depositadas las semillas en la tolva del desinfectador. Otro motor eléctrico con una potencia de ¼ Hp alimentado a 220 V trifásicos gira el tambor del desinfectador. Por ende las semillas caerán desde la parte superior del tambor hacia el piso del mismo es ahí cuando un rociador neumático activado por una señal de tiempo en el programa del PLC activa una válvula y permite la salida del químico pulverizando de esta manera la semilla; además la proporción de dicho químico debe ser la ideal, pues al momento de caer la semilla desde la parte superior del tambor hasta el suelo del mismo dicho químico debe estar totalmente seco para evitar que las semillas se adhieran entre sí.

2.1.9.5 *Elevador de semillas.* Conocido también como elevador de cangilones su función es recoger las semillas provenientes desde el desinfectador y elevarlas hasta la tolva de la máquina envasadora, actividad que la realiza por la acción motora de un motor

de 1/3 Hp, trifásico 220 V, el motor transfiere su movimiento a un reductor de velocidad por engranajes que disminuirá la velocidad centrífuga para permitir un movimiento coordinado y lento evitando así que las semillas sean expulsadas a la periferia de los cangilones y sean desperdiciadas en el proceso.

2.1.9.6 *Empaquetador automático de semillas.* Es una máquina que cumple con diferentes procesos para llegar al fin principal que es el empaquetamiento de la semilla, provista de una tolva lugar donde son almacenadas las semillas, la tolva tiene una compuerta controlada por actuadores neumáticos que permiten el paso de cierta cantidad de producto a la balanza, lugar en el cual se pesa la cantidad necesaria de semillas y cuando llega al peso requerido se cierran los actuadores de la balanza evitando los excedentes, detectado el peso correcto otro actuador neumático permitirá la apertura de la compuerta de la balanza dejando caer el producto ya pesado hacia la funda que previamente se encuentra dada forma en el formador, una vez las semillas dentro de la funda; la funda será sellada con niquelinas y cortadas de acuerdo a los requerimientos establecidos.

El proceso está controlado por un PLC Zelio el mismo que está programado en el lenguaje BDF, el cual recibirá las señales tanto analógicas como digitales de los diferentes sensores, los mismos que permitirán el avance, paro, apertura, cierre, corte, excitación y desexcitación de las bobinas de los diferentes actuadores. El empaquetador automático de semillas logra su fuerza motriz gracias a un motor trifásico de ¼ Hp.

El motor transfiere su potencia mecánica a un reductor de velocidad por engranajes, este reductor de velocidad envía pulsos a un encoder el mismo que transforma las señales mecánicas en señale analógicas que se transfieren al PLC, gracias a las señales del encoder se logra el avance del plástico para la formación de la funda, este plástico tiene unas señales de color las mismas que serán detectadas por sensores ópticos, éstos permite avanzar, morder, sellar y cortar la funda.

2.1.10 *El contactor.* Es un elemento de accionamiento electromagnético el mismo que tiene dos tipos de contactos; de fuerza y maniobra y una bobina para el enclavamiento del mismo. Los contactos de fuerza son robustos y soportan altas intensidades de corriente, los contactos de maniobra son débiles y se los utiliza para mando. La bobina puede ser

alimentada con CD o CA, es la que permitirá que los contactos se cierren o se habrán. El contactor sirve para comunicar las órdenes finales del circuito de mando al circuito principal aunque no hay contacto eléctrico entre ambos.

Los elementos principales del contactor son:

Electroimán. Formado por un circuito magnético y una bobina. Es el órgano activo, cuando se aplica tensión a la bobina, el yugo (parte fija del circuito magnético) atrae al martillo (parte móvil) y este en su movimiento arrastra a todos los contactos que van solidariamente unidos a él.

Contactos principales. Son los elementos que establecen y cortan la corriente del circuito principal, esto se consigue por unión o separación de sus contactos, lo que produce un arco eléctrico que hay que controlar especialmente en la desconexión, por eso los contactos principales son los elementos que están sometidos al trabajo más duro del contactor.

Contactos auxiliares. Son los elementos que establecen y cortan corriente en el circuito de mando, realizan las funciones de señalización, enclavamiento, autorretención, una de las formas que se representan los contactos auxiliares son (NC, NA)

2.1.11 Pulsadores

- Rasantes: que impiden maniobras involuntarias
- Salientes: de accionamiento más cómodo. Son los más usados
- De llave: para accionamiento de gran responsabilidad
- De seta: para accionamientos de emergencia

Pulsadores Luminosos: con señalización incorporada

Selectores o interruptores giratorios: Simples, de maneta, de llave, etc.

Manipuladores: de dos o cuatro posiciones

La función que realizan los elementos citados anteriormente es abrir y cerrar circuitos de

aquí que cualquiera de ellos pueden clasificarse en:

- Normalmente cerrado (NC): para abrir un circuito
- Normalmente abierto (NA): para cerrar un circuito
- De desconexión múltiple: para abrir varios circuitos independientes
- De conexión múltiple: para cerrar varios circuitos independientes
- De conexión- desconexión: para abrir un circuito y cerrar otro al mismo tiempo
- De conexión desconexión múltiple: para abrir y cerrar varios circuitos contemporáneamente.

2.1.12 *Elementos auxiliares de mando.* Son aparatos que a diferencia de los pulsadores, no son accionados por el operario, sino por otros factores como son: tiempo, temperatura, presión, acción mecánica, etc. y son:

2.1.13 *Finales de carrera o interruptores de posición.* Tienen un contacto normalmente abierto y normalmente cerrado, su aplicación va dirigida a la parada o inversión del sentido de desplazamiento de las máquinas, de acuerdo al tipo de accionamiento mecánico que se ejercen sobre ellos, se eligen los de pistón, bola, roldana, resorte, etc. También se incluyen en este grupo los interruptores accionados por boya.

2.1.14 *Relés de tiempo o temporizadores.* Son aparatos que cierran o abren determinados contactos (contactos temporizados) al cabo de un tiempo, de haberse cerrado o abierto su circuito de alimentación. Existen dos tipos de temporizadores, al trabajo (ON DE LAY) al reposo (OFF DE LAY).

2.1.15 *Termostatos.* Abren o cierran circuitos por acción de la temperatura pueden ser de láminas bimetálicas o de tubo capilar.

2.1.16 *Elementos de señalización.* Son todos aquellos dispositivos, cuya función es llamar la atención sobre el correcto funcionamiento o paros anormales de las máquinas, aumentando así la seguridad del personal y facilitando el control y mantenimiento de los equipos.

2.1.17 *Puesta a tierra en instalaciones.* Son las conexiones eléctricas directas de todas

las partes metálicas de una instalación, sin fusibles ni otros sistemas de protección, de sección adecuada y uno o varios electrodos enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficies próximas al terreno, no exista diferencias de potencial peligrosas, y que al mismo tiempo permitan el paso de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico. Para el método de cálculo tenemos las siguientes ecuaciones:

Resistencia de la malla
$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L} \quad (10)$$

L = Longitud total de la malla incluida el número de varillas por su longitud

$$L = nxA + mxB \quad (11)$$

Donde (n) es el número de conductores que van en el lado A de la malla y [m] es el número de conductores que van en el lado B de la malla; el valor de A será en metros y el valor de B será en metros.

Calculamos la intensidad de cortocircuito

$$I_{cc} = \frac{Ix 100}{3} \quad (12)$$

Calculamos la sección del conductor

$$Ac = I_{cc} \sqrt{\frac{33 x t}{\text{Log}\left(\frac{Tm-Ta}{234+Ta}+1\right)}} \quad (13)$$

Tm = es la temperatura que soporta las uniones de la malla a tierra, 450 °C en uniones soldadas y 250 °C en uniones empernadas.

Ta = temperatura ambiente

El sistema de protección está basado, en no permitir la existencia de tensiones entre diferentes masas metálicas o entre estas y el suelo, superiores a 24 V en viviendas y locales húmedos, o 50 V en locales secos.

Conductores de protección. Unen las masas de una instalación y los elementos metálicos que puedan existir, como cañerías, calderas, etc., y cualquier otra masa importante de la estructura, con las líneas de tierra. La sección de los conductores depende del conductor de fase que acompañen, cuando el conductor de protección sea común a varios circuitos, la sección de ese conductor debe dimensionarse en función de la mayor sección de los conductores de fase.

Conductores equipotenciales. En una instalación de tierra, se denominan conductores equipotenciales a aquellos que conectan eléctricamente todas las masas metálicas de una estructura, con el fin de evitar diferencias de potencial entre ellas. El conjunto forma una red equipotencial unida a la red de tierra del edificio (tierra + neutro).

Tabla 7. Relación entre la sección de los conductores de protección y fase

Sección de los conductores de fase de la instalación [mm ²]	Sección mínima de los conductores de protección [mm ²]
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Fuente: (Marcombo, 2010)

Tabla 8. Valores orientados de resistividad del terreno

Naturaleza del terreno	Resistividad [$\Omega \cdot m$]
Pantanosos	Menor de 30
Limo	20 a 100
Humos	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silíceo	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5000
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granito y gres procedente de alteración	1500 a 10000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

Fuente: (Marcombo, 2010)

Tabla 9. Valores medios aproximados de la resistividad del terreno.

Naturaleza del terreno	Valor medio de la resistividad (ρ) [$\Omega.m$]
Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos	50
Terrenos cultivables poco fértiles y otros terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas y permeables	3000

Fuente: Fuente: (Marcombo, 2010)

Tabla 10. Fórmulas para estudiar la resistencia de tierra

Electrodo	Resistencia de tierra [Ω]
Placa enterrada	$R = 0,8 \frac{\rho}{P}$
Varilla vertical	$R = \frac{\rho}{L}$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = 2 \frac{\rho}{L}$

Fuente: (Marcombo, 2010)

2.1.18 Iluminación industrial. La iluminación industrial debe poseer características distintas a iluminarias convencionales y residenciales, como poseer mayor potencia, brillo, incandescencia, y aceptar los cambios bruscos de voltaje, estas iluminarias se crearon con el fin de facilitar los procesos productivos de distintos trabajos industriales.

2.1.18.1 Magnitudes y unidades para circuitos de iluminación

Flujo luminoso. Es la potencia emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible, su símbolo Φ y la unidad lumen.

Intensidad luminosa. Es el flujo emitido por una unidad de ángulo sólido en una dirección concreta, su símbolo I y la unidad Lux.

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad (14)$$

Luminancia. La luminancia es el flujo luminoso recibido por una superficie, su símbolo E y la unidad candela.

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (15)$$

$$lux = \frac{Lumex}{m^2}$$

Rendimiento o eficiencia luminosa. Es el cociente entre el flujo luminoso producido y la potencia eléctrica consumida que viene en las características de cada lámpara, su símbolo η [lm/W].

$$\eta = \frac{\Phi}{W} \quad (16)$$

$$Rendimiento = \frac{Flujo\ luminoso}{Potencia\ consumida}$$

2.1.18.2 Niveles de iluminación recomendados. Se detallan los niveles de iluminación recomendados para diferentes zonas según la norma DIN 5035 (ver Tabla 12).

2.1.19 Datos para el alumbrado en instalaciones según el método de lúmenes. Para el alumbrado de la instalación es necesario conocer lo siguiente:

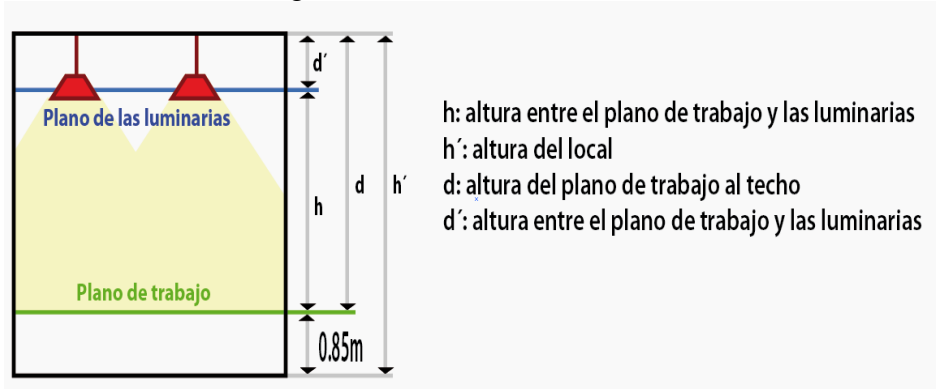
- Dimensiones del local. Es necesario saber las dimensiones del local y la altura del plano de trabajo (altura del suelo a la superficie de trabajo), normalmente 0,85 m.
- Determinar el nivel de iluminación media (Em). Valor dado en lux y depende del tipo de actividad a realizar en el local (valor que lo podemos encontrar en la tabla de niveles de iluminación recomendados).
- Determinar el tipo de lámpara a utilizar. Determinar si la lámpara será incandescente, fluorescente, o de descarga alta, según el tipo de actividad que se realice en la instalación.
- Determinar el sistema de alumbrado y las iluminarias. Según las actividades a desarrollar determinaremos si vamos a utilizar alumbrado general, general localizado, o localizado y el tipo de iluminarias.
- Determinar la altura: de suspensión de las luminarias según el sistema de iluminación escogido.

Tabla 11. Niveles de iluminación según la norma DIN 5035.

Tareas y clases de local	Iluminación en (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
Zonas generales de edificios			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos, almacenes y archivos.	100	150	200
Centros docentes			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, Salas de estudio	300	500	750
Oficinas			
Oficinas normales, mecanografiado, salas de procesos de datos, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000
Comercios			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000
Industria en general			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
Viviendas			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocina	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudios	300	500	750

Fuente: (López, 2012)

Figura 1. Plano de las luminarias.



Fuente: (López, 2012)

Tabla 12. Fórmulas para determinar la altura de las luminarias.

Características del área	Altura de las luminarias
Locales de altura normal, (oficinas, viviendas, aulas)	Lo más altas posibles
Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa	Mínimo: $h = \frac{2}{3}(h' - 0,85)$ Óptimo: $h = \frac{4}{5}(h' - 0,85)$
Locales con iluminación indirecta	Mínimo: $d' \approx \frac{1}{4}(h' - 0,85)$ Óptimo: $d' \approx \frac{3}{4}(h' - 0,85)$

Fuente: (López, 2012)

Norma DIN 5039. Determina que las fuentes artificiales de luz se denominan lámparas.

- Calcular el índice del local (K). Este índice se calcula a partir de la geometría del local, con la ayuda de las siguientes fórmulas:

Tabla 13. Método de cálculo K.

Sistema de iluminación	Índice del local
Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta, y general	$K = \frac{(2b + 8a)}{10 h'}$
Iluminación indirecta y semi-indirecta	$K = \frac{(2b + 8a)}{10 h'}$

Fuente: (López, 2012)

- Tabla para determinar el factor de utilización: El mismo que se calcula a partir del índice del local y factores de reflexión.

Tabla 14. Determinar el factor de utilización

Rendimiento de iluminación η alumbrado						
Techo	ρ_D		0,7	0,7	0,5	0,5
Paredes	ρ_W		0,5	0,3	0,3	0,3
Plano de trabajo	$\rho_{\text{Útil}}$		0,3	0,3	0,3	0,1
Factor K	0,6	1 Lámpara	0,24	0,20	0,19	0,19
		2 Lámparas	0,28	0,24	0,23	0,23
	1	1 Lámpara	0,34	0,29	0,29	0,28
		2 Lámparas	0,40	0,35	0,34	0,32
	2	1 Lámpara	0,47	0,43	0,41	0,39
		2 Lámparas	0,52	0,48	0,46	0,43
	3	1 Lámpara	0,53	0,50	0,48	0,44
		2 Lámparas	0,58	0,55	0,52	0,48
	5	1 Lámpara	0,58	0,55	0,52	0,48
		2 Lámparas	0,62	0,60	0,57	0,52

Fuente: (López, 2012)

- Determinar los coeficientes de reflexión de techo, paredes y suelo: Para tal efecto podemos tomar como base la siguiente tabla:

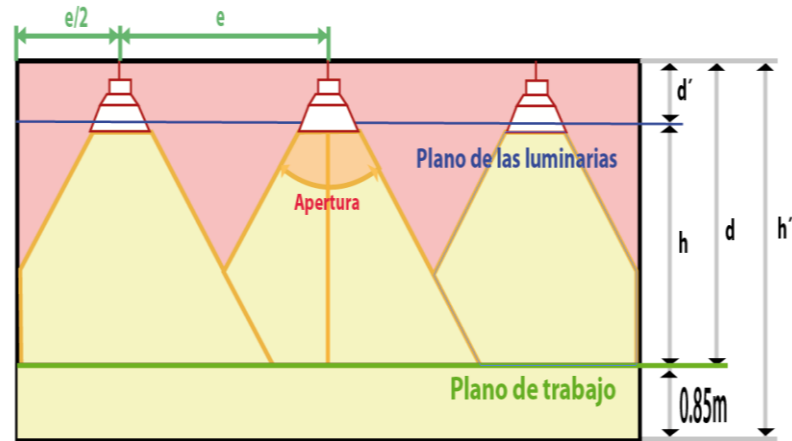
Tabla 15. Coeficientes de reflexión

Ambiente	Color	Factor de reflexión (P)
Techo	Blanco o muy claro	0,7
	Claro	0,5
	Medio	0,5
Paredes	Claro	0,5
	Medio	0,3
	Obscuro	0,3
Suelo	Claro	0,3
	Obscuro	0,3

Fuente: (López, 2012)

- Determinar la distribución de los focos de alumbrado:

Figura 2. Distribución de las luminarias



Fuente: (López, 2012)

Tabla 16. Tabla de distribución de luminarias.

Tipo de luminaria	Altura del local	Distancia máxima entre luminarias
Intensiva	> 10 m	$e \leq 1.2 h$
Extensiva	6 – 10 m	$e \leq 1.5 h$
Semiextensiva	4 – 6 m	
Extensiva	4 m	$e \leq 1.6 h$

Fuente: (López, 2012)

- Altura de las luminarias: se calcula con la siguiente fórmula.

$$h = \frac{2}{3}(h' - 0,85) \quad (7)$$

Distancia entre las luminarias (e): Se debe multiplicar la distancia máxima entre luminarias de la tabla de distancia de luminarias por la altura (h) de la luminaria para nuestro caso utilizaremos:

$$e \leq 1.5 h \quad (8)$$

La separación de las lámparas con respecto de las paredes debe ser de:

$$e' = e/2 \quad (99)$$

El número de luminarias necesarias se calcula con la ecuación:

$$N = \frac{1,25 \times E \times A}{n \times \Phi_L} \quad (10)$$

CAPÍTULO III

3 DISEÑO Y CÁLCULO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

3.1 Consideraciones básicas para el diseño de circuitos

Para diseñar un circuito de control y de potencia es necesario saber la función que realiza el equipo; para diseñar el circuito de control se debe conocer además del funcionamiento las variables que se ejecutarán para cumplir un proceso, y para el circuito de potencia los elementos serán dimensionados de acuerdo al cálculo.

3.2 Diseños de circuitos de mando

3.2.1 *Diseño del circuito de mando del horno secador.* Para poder realizar su diseño es necesario conocer el proceso de cada uno de los equipos para esto tenemos como paso principal conocer cuál es la función del horno secador, desde el encendido hasta el secado de las semillas:

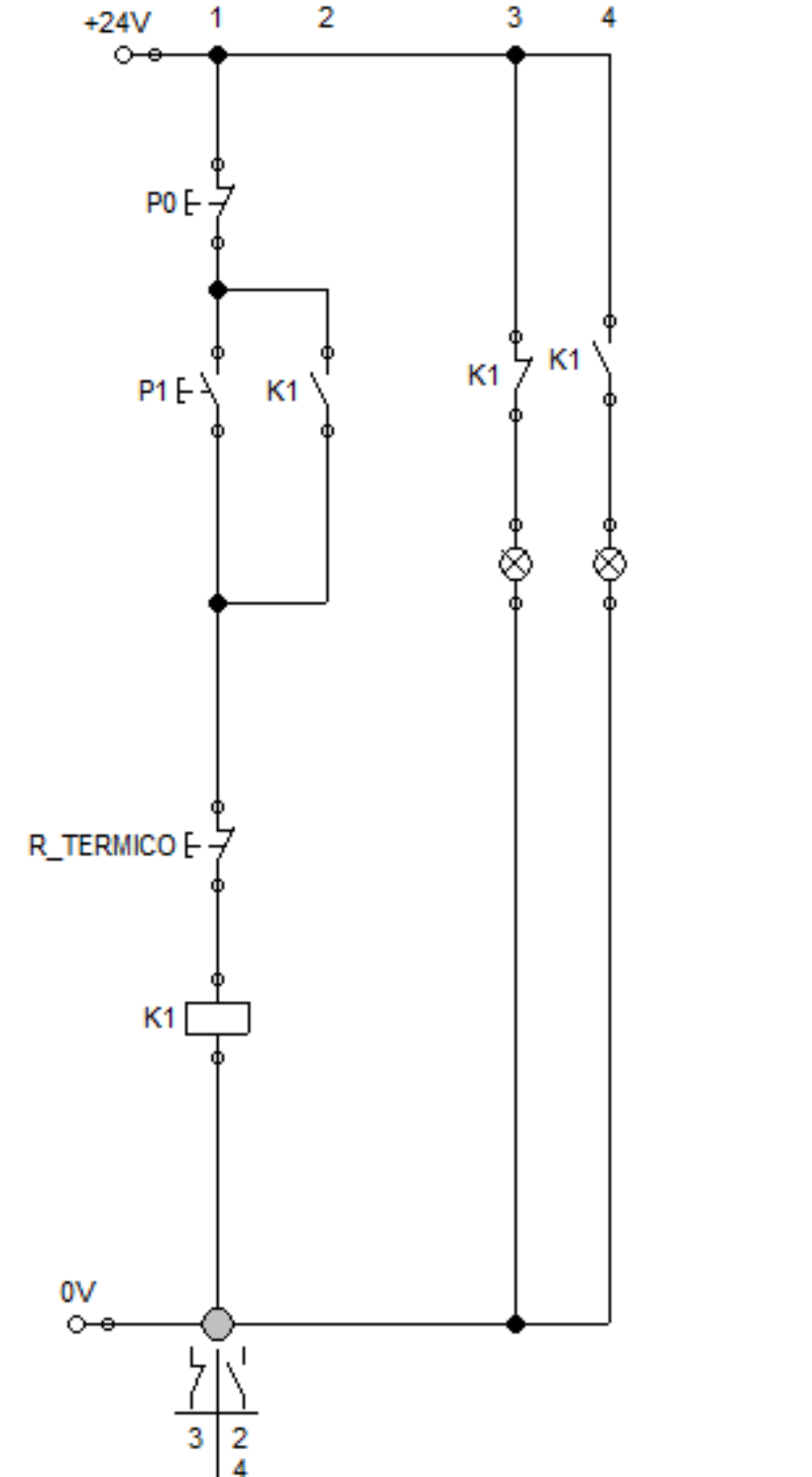
El motor principal 5 Hp y el ventilador son los primeros en encenderse al igual que el temporizador Rt_1 , después de 5s, Rt_1 activa los temporizadores Rt_2 , Rt_3 , Rt_4 y Rt_5 con tiempos de 3s, 2s, 5s, y 7s y al transformador de ignición.

El temporizador Rt_3 permite la apertura de la válvula solenoide de $\frac{1}{4}$ plg, Rt_2 apagará el transformador de ignición, Rt_4 permite la apertura de la válvula solenoide de $\frac{1}{2}$ plg y Rt_5 apagará la válvula solenoide de $\frac{1}{4}$ plg, la termocupla en conjunto con el bulbo controlan la temperatura del silo.

El circuito de mando será el encargado de realizar las funciones de temporización, autorretención, enclavamiento, etc.; que nos permite un mayor control del proceso. Consta de dos hilos ya que por lo general se trabaja con alimentación alterna monofásica 220 V o menor. Los elementos que forman parte de los circuitos de mando no maniobran con elevadas intensidades y por tanto no se exigen las mismas condiciones que los elementos del circuito de potencia. En la figura 3 se muestra el circuito de mando del horno secador.

3.2.3 *Diseño del circuito de mando del limpiador de semillas.* Al pulsar P₁ el contactor principal queda auto-excitado y el motor principal arranca, al pulsar P₀ el contactor se deja de excitar y el motor para, en caso de una sobrecarga el relé térmico abrirá el circuito protegiendo al motor y al equipo.

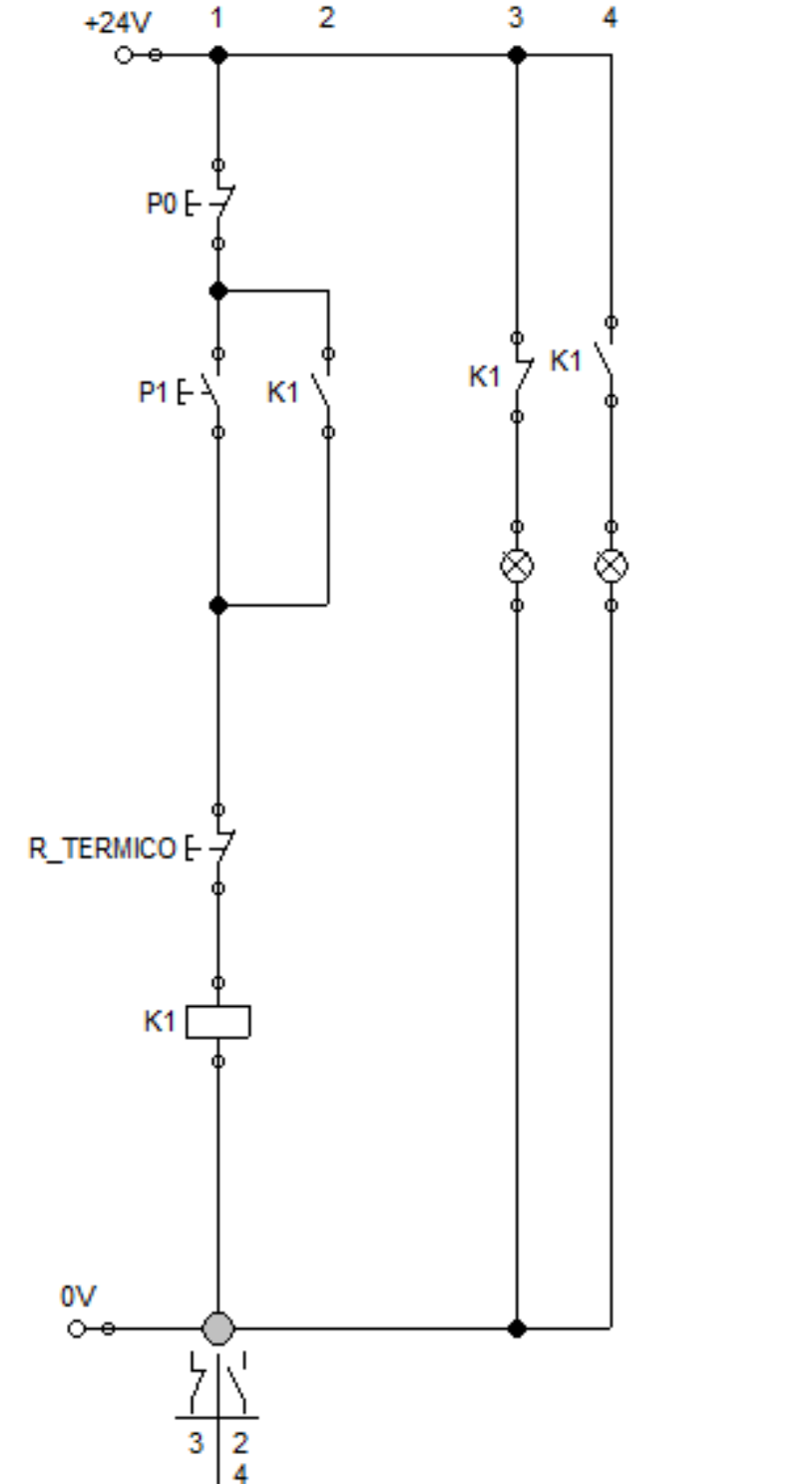
Figura 5. Circuito de mando del limpiador de semillas



Fuente: Autor

3.2.4 *Diseño del circuito de mando del elevador de semillas.* Al pulsar P₁ el contactor principal queda auto-excitado y el motor principal arranca, al pulsar P₀ el contactor se deja de excitar y el motor para, en caso de una sobrecarga el relé térmico abrirá el circuito protegiendo al motor y al equipo.

Figura 6. Circuito de mando del elevador de semillas



Fuente: Autor

3.2.5 *Diseño del circuito de mando del empaquetador de semillas.* Su diseño está hecho en el programa BDF del PLC Zelio sus variables a controlar son: el proceso comienza con el calentamiento de las niquelinas (las mismas que se encenderán y apagarán por un controlador de temperatura integrado en el proceso de mando), y el encendido del compresor de aire, luego de esto el circuito verifica la existencia del rollo de funda y la presencia de semillas en la tolva.

Entonces el encoder indica que el motor principal debe funcionar haciendo que la funda avance hacia el formador, se activa la balanza la misma que pesará la cantidad de semilla adecuada, luego de pesar las semillas, se abre el contenedor de semillas de la balanza y deja caer las semillas hacia la funda preformada, una vez las semillas en la funda, el circuito neumático cierra las mordazas sellando las fundas y cortándolas al mismo tiempo ver figura 7, el cual nos muestra en el circuito de mando el funcionamiento del empaquetador de semillas.

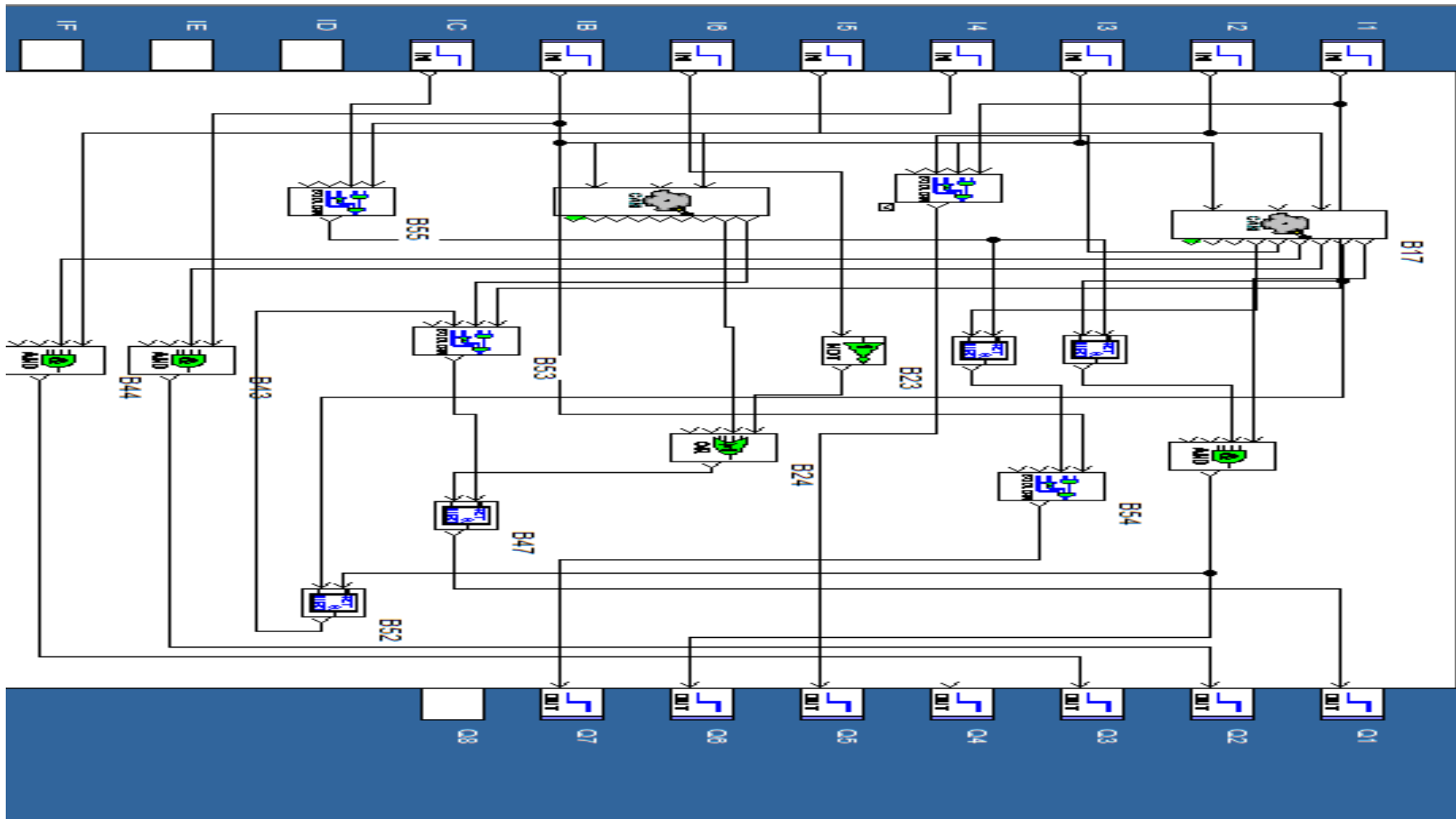
El empaquetador de semillas permite al campesino saber con exactitud qué cantidad de semillas está procesando, ya que esta máquina enfunda semillas con diferentes pesos de acuerdo a las necesidades del productor y del mercado, las fundas contenedoras de semillas presentan el logotipo de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo dando a conocer de esta manera la vinculación con la colectividad y la participación de la politécnica en este tipo de proyectos.

3.3 **Diseño de los circuitos de potencia**

Para el diseño de un circuito de potencia se debe considerar los siguientes parámetros: la intensidad de corriente, la capacidad del contactor, capacidad del relé térmico, cálculo de fusibles, cálculo de la sección del conductor y la caída de tensión en las líneas, además se debe calcular el sobredimensionamiento en porcentaje que se debe añadir a los elementos que servirán de camino para la corriente hacia los consumidores.

3.3.1 *La cantidad de carga.* Intensidad de corriente eléctrica que va a circular por un elemento ya sea este un contactor, o un relé térmico. Cabe mencionar que un contactor acoplado a un relé térmico forma un denominado guarda-motor que será el encargado de abrir el circuito de mando y des-energizar el circuito de potencia.

Figura 7. Circuito de mando del empaquetador de semillas



3.3.2 *Los fusibles de protección para los consumidores;* los mismos que serán los encargados de cortar la energía proveniente de la red en caso de un cortocircuito; cabe mencionar que los fusibles deben soportar los picos de arranque de los motores.

3.3.3 *Circuito de potencia del horno secador.* En la procesadora de semillas forrajeras de alfalfa y trébol, el horno secador tiene un motor monofásico de 5 Hp el cual es alimentado con 220 V monofásicos.

3.3.3.1 *Cálculo, cantidad de corriente.* Para el cálculo de la cantidad de corriente que circula por los contactos principales del contactor del horno secador tenemos:

Desarrollo:

Motor de 5Hp

$$P_{Del\ motor} = 5 \times 746 = 3730W$$

$$U = 220V$$

($P = U \times I \times \cos\phi$) despejando la intensidad tenemos que:

$$I = \frac{P}{U \times \cos\phi}$$

$$I = \frac{3730}{220 \times 0.85} = 19,94 A$$

$$I_{Nom} = 19,94 A$$

3.3.3.2 *Cálculo y selección del contactor del horno secador.* Para poder seleccionar el contactor adecuado tenemos que incrementar el 30 % a la intensidad nominal que se ha calculado.

$$I = 19,94A \times 1,3 = 25,92 A$$

$$I_{Contactor} = 25,92 A$$

Los contactos de fuerza del contactor son los que soportan la circulación de corriente hacia los consumidores, es por esta razón que se debe incrementar el 30 % a sus contactos

para que soporten el paso de corriente y no se recalienten por un trabajo excesivo. El contactor para el horno secador fue seleccionado del catálogo de proveedores Camsco (Camsco, 2014)

3.3.3.3 *Cálculo selección y calibración del relé térmico del horno secador.* Para el cálculo tenemos:

$$I = I_{Nom} \times 1,20$$

$$I_{Relé} = 23,92A$$

Todos los protectores de corriente no tienen un rango preestablecido razón por la cual se debe elegir un relé térmico con un rango calibrable, el mismo que no debe excederse del 75 % de su escala total de medición. El relé térmico para el horno secador se seleccionó en el rango de 18 a 30 A del catálogo de proveedores Camsco. (Camsco, 2014)

3.3.3.4 *Cálculo del fusible requerido para el horno secador.*

$$I_F = K \times I_N$$

$$I_F = 1.8 \times 19,94$$

$$I_F = 35,9 A$$

$$I_{Fusible} = 35,9 A$$

Los fusibles con esta intensidad no se encuentran en el mercado, por eso se colocara un fusible de mayor amperaje; para este caso se escogió uno de 40 A.

3.3.3.5 *Cálculo de la sección del conductor para el horno secador.* Para calcular la sección del conductor es necesario saber la caída de tensión y el máximo porcentaje para las líneas de alimentación es el 3 %.

$$uc = \frac{\% \times U}{100}$$

$$uc = \frac{3 \times 220}{100}$$

$$uc = \frac{660}{100}$$

$$uc = 6,6$$

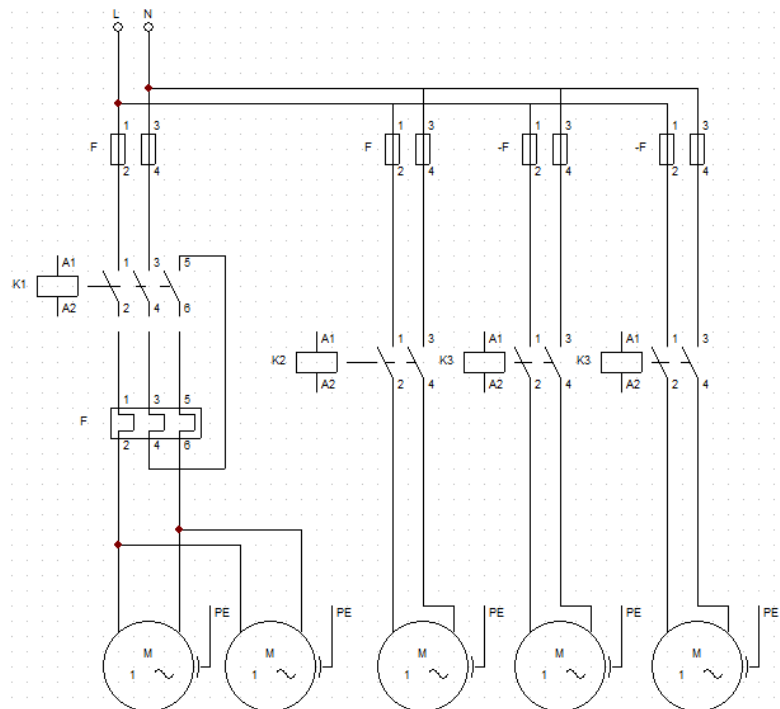
$$S = \frac{2\rho L I \text{Cos}\varphi}{\Delta V}$$

$$S = \frac{2 \times 0,0175 \times 10 \times 19,94 \times 0,85}{6,6}$$

$$S = 0,89 \text{ mm}^2$$

Conductor = N° 16

Figura 8. Circuito de potencia del horno secador



Fuente: Autor

3.3.4 *Datos generales de todos los equipos.* Para el cálculo de todos los equipos instalados es necesario conocer todos los datos de placa de cada equipo los cuales los detallaremos en la siguiente tabla.

Tabla 17. Tabla de datos de los equipos

Equipo	Datos					
	Longitud [m]	Voltaje [V]	Cos ϕ	Potencia[Hp]	Potencia[w]	ΔV [%]
Horno Secador	10	220	0,85	5	3730	3
Limpiador	10	220	0,85	0,25	186,5	3
Descascarador	10	220	0,85	3	2238	3
Desinfectador	10	220	0,85	0,25	186,5	3
Empaquetador	10	220	0,85	0,25	186,5	3
Elevador	10	220	0,85	0,33	246,18	3

Fuente: Autor

3.3.4.1 *Cálculo de elementos de todos los equipos.* Para el cálculo de los elementos se realizaron de la misma manera mostrada anteriormente y ellos se muestran en la siguiente tabla.

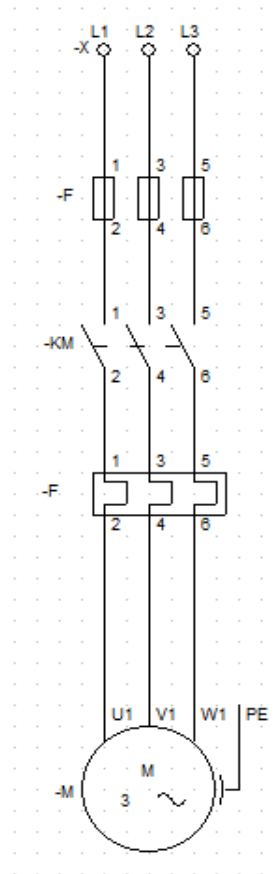
Tabla 18. Tabla de cálculos

Equipo	Cálculos						
	I. Nominal [A]	I. Contactor [A]	I. Relé T.[A]	I. Fusible [A]	Uc [V]	S. Conductor [mm ²]	Conductor N°
Horno Secador	19,95	25,93	23,94	35,90	6,60	0,90	16
Limpiador	1,00	1,30	1,20	1,80	6,60	0,04	20
Descascarador	6,92	8,99	8,30	12,45	6,60	0,27	18
Desinfectador	0,58	0,75	0,69	1,04	6,60	0,02	22
Empaquetador	0,58	0,75	0,69	1,04	6,60	0,02	22
Elevador	0,76	0,99	0,91	1,37	6,60	0,03	22

Fuente: Autor

En función a la tabla 9 de datos se puede realizar el cálculo de todos los elementos de los equipos, para poder realizar la instalación también es necesario realizar el circuito de potencia con el que se instalara cada uno de los equipos, cabe indicar que el mismo circuito de potencia se utilizara en todos los equipos.

Figura 9. Circuitos de potencia del limpiador



Fuente: Autor

3.3.5 *Cálculo del sistema de puesta a tierra.* Para la planta piloto de procesamiento de semillas forrajeras de alfalfa y trébol en la comunidad de Pungal Grande se realizó los cálculos para el sistema de puesta a tierra de la planta para lo cual se realizó en función a los siguientes datos recolectados.

Datos:

$$\rho = 100 \Omega \cdot m$$

$$S = 50\,000 \text{ W}$$

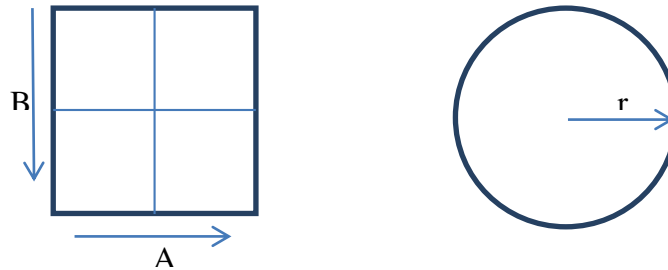
$$V = 220 \text{ V}$$

$$I = 131,37 \text{ A}$$

$$t = 0,4 \text{ s}$$

Se realizará una malla de tierra de forma cuadrada por la geometría del terreno que deberá tener una resistencia de puesta a tierra de 15Ω

Figura 10. Forma geométrica de la puesta a tierra



Fuente: Autor

($l = 4 \rightarrow$ es la separación de las picas o varillas de cobre)

Para obtener los datos necesarios para el cálculo debemos transformar el área del cuadrado en el área del círculo, y valiéndonos de conocimientos matemáticos despejamos las incógnitas, de esta manera obtendremos el radio del cuadrado para el cálculo que se detalla a continuación.

Reemplazando datos tenemos

$$A = l^2 \Rightarrow A = \pi r^2$$

$$l^2 = \pi r^2$$

$$16 = 3,1416r^2$$

$$r^2 = \frac{16}{3,1416}$$

$$r^2 = 5,09$$

$$r = \sqrt{5,09}$$

$$r = 2,256755$$

Para calcular la longitud total del mallado utilizamos la Ecuación 11.

$$L_T = nxA + mxB + N^\circ \text{Varillas} * \text{su longitud}$$

$$L = 3x4 + 3x4 + 4x1,8$$

$$L = 12 + 12 + 7,2$$

$$L = 31,2$$

Reemplazando en la Ecuación 10 tenemos

$$R = \frac{100}{4(2,256755)} + \frac{100}{31,20}$$

$$R = 11,07785 + 3,21$$

$$R = 14,28$$

Calculamos la intensidad de cortocircuito con la Ecuación 12

I esta intensidad es la del transformador.

$$I_{cc} = \frac{131,37x 100}{3}$$

$$I_{cc} = 4379 \text{ A}$$

Calculamos la sección del conductor con la Ecuación 13

Reemplazando datos:

$$Ac = 4379 \sqrt{\frac{33 x 0,4}{\text{Log} \left(\frac{250-18}{234+18} + 1 \right)}}$$

$$Ac = 4379 \sqrt{\frac{13,2}{\text{Log}\left(\frac{484}{252}\right)}}$$

$$Ac = 4379 \sqrt{46,5699}$$

$$Ac = 4379 (6,8242)$$

$$Ac = 29883,17 \text{ CM}$$

Una vez obtenida el área del conductor en CM, transformamos este valor a [mm²] aplicando la siguiente fórmula matemática.

$$CM = \text{Factor de transformación} = 5 \times 10^{-4} \text{ mm}^2$$

$$\text{Calibre del conductor} = 5 \times 10^{-4} \text{ mm}^2 \times 29883,17 = 14,94 \text{ mm}^2$$

$$\text{Calibre del conductor N}^\circ 4 = 14,94 \text{ mm}^2$$

3.3.6 Cálculo del alumbrado, para la planta piloto de procesamiento de semillas en la comunidad de Pungal Grande. En primer lugar determinamos el área de la planta 15 m de largo por 10m de ancho; la altura de la misma es de 4,50 m. Luego la iluminación necesaria en **lux** según la norma DIN 5035 para un local con fines de este tipo es de (E=200 lux), requerimos lámparas fluorescentes doble tubo de 40 W.

Partiendo de las dimensiones del local calculamos el factor K de iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta, y general tabla 13.

Datos:

$$\mathbf{a} = 15 \text{ m}$$

$$\mathbf{b} = 10 \text{ m}$$

$$\mathbf{h}' = 6,50 \text{ m}$$

$$K = \frac{2(10) + 2(15)}{10(6,50)}$$

$$K = \frac{50}{65}$$

$$K = 0,76 \approx 1$$

Los factores de reflexión que limitan el local se toman de las tablas del rendimiento de iluminación η .

$$\rho_D \text{ de pared} = 0,3$$

$$\rho_W \text{ de suelo} = 0,3$$

$$\rho \text{ Útil de techo} = 0,3$$

Con estos valores el rendimiento de iluminación es ($\eta = 0,35$)

El número de luminarias necesarias se calcula con la ecuación 13:

E = Iluminación necesaria en lux (200 lx), 1,25 factor que tiene en cuenta el envejecimiento de las luminarias, por él se multiplicará la iluminación nominal del aparato (nuevo) Φ_L = Flujo luminoso de una luminaria en lúmenes (lm) (40 X 70 X 2) = 5600 lm

$$A = \text{Superficie útil en m}^2$$

$$N = \frac{1,25 \times 200 \text{ lx} \times 150 \text{ m}^2}{5600 \times 0,35}$$

$$N = \frac{37500}{1960}$$

$$N = 19,13 \approx \text{redondeando } 19 \text{ lámparas}$$

Altura de las luminarias: se calcula con la Ecuación 17.

$$h = 2,43\text{m}$$

Distancia entre las luminarias calculamos a partir de la Ecuación 18

$$e <= 1.5 \times 2,43$$

$$e <= 3,6 \text{ m}$$

La separación de las lámparas con respecto de las paredes se calcula con la Ecuación 19

$$e' = 3,6/2$$

$$e' = 1,8$$

Tabla 19. Lúmenes por vatio

Tipo de lámpara	Lúmenes aproximados por vatio
Incandescente	14
Fluorescente	70
Mercurio	58
Metal haluro	88
Sodio de alta presión	120
Leed	110

Fuente: (TECHNOLOGIES, 2013)

CAPÍTULO IV

4 CONSTRUCCIÓN ELÉCTRICA

4.1 Tendido de tubería conduit para la alimentación general.

La tubería conduit es fabricada en acero de alta calidad de la cual se obtiene una maleabilidad que facilite el doblado y roscado. Se detallan los diámetros en milímetros y pulgadas y la cantidad de conductores que deben ir dentro de una tubería conduit.

Tabla 20. Tuberías conduit y cantidad de conductores que la atraviesan

Calibre AWG o Kcmil	Diámetro nominal del tubo (Pulgadas y mm)									
	½ 13	¾ 19	1 25	1¼ 32	1½ 38	2 51	2½ 64	3 76	3½ 89	4 102
14	16	27	44	73	96	150	225	338	441	566
12	11	19	32	53	70	109	164	246	321	412
10	7	12	20	33	44	69	103	155	202	260
8	4	7	12	19	25	40	59	89	117	150
6	3	5	8	14	18	28	43	64	84	108
4	1	3	5	8	11	17	26	39	52	66
2	1	1	3	6	8	12	19	28	37	47
1	1	1	2	4	6	9	14	21	27	35
1/0	1	1	2	4	5	8	11	17	23	29
2/0	1	1	1	3	4	6	10	14	19	24
3/0	-	1	1	2	3	5	8	12	16	20
4/0	-	1	1	1	3	4	6	10	13	17
250	-	1	1	1	2	3	5	8	10	14
300	-	-	1	1	1	3	4	7	9	12
350	-	-	1	1	1	2	4	6	8	10
400	-	-	1	1	1	2	3	5	7	9
500	-	-	1	1	1	1	3	4	6	7
600	-	-	-	1	1	1	2	3	5	6
750	-	-	-	1	1	1	1	3	4	5
800	-	-	-	1	1	1	1	3	4	5
900	-	-	-	-	1	1	1	2	3	4
1000	-	-	-	-	1	1	1	2	3	4

Fuente: (Eléctricas, 2003)

4.2 Construcción de circuitos de mando y de potencia.

4.2.1 *Construcción de los circuitos de mando y de potencia del horno secador.* Para instalar este circuito se utilizó los materiales que se detallan:

- Un gabinete modular de 40x40x15
- Un breaker de 25 A
- Un pulsador de marcha
- Un pulsador de paro
- Cinco temporizadores en segundos
- Un contactor de 25 A
- Un relé térmico de 18 a 25 A
- Cuatro relés auxiliares de 10 A
- Una termocupla de 0 a 100 °C
- Treinta metros de conductor en hilos N°18
- Diez metro de conductor concéntrico N°16
- Una luz piloto roja
- Una luz piloto verde
- Una luz pilota amarilla

El tablero instalado y funcionando se detalla en el (*Anexo A*)

4.2.2 *Construcción del circuito de mando y de potencia del descascarador.* Para la construcción de los circuitos de mando y de potencia del descascarador se utilizaron los materiales que se detallan:

- Un gabinete modular de 30x20x15
- Una botonera de marcha
- Una botonera de paro
- Un breaker de 15 A
- Un contactor de 9A
- Relé térmico de 6- 8 A
- Diez metros de conducto concéntrico 2x16

- Una luz piloto roja
- Una luz piloto verde
- Una luz piloto amarilla
- Quince metros de conductor N°18

El tablero instalado y funcionando se detalla en el (Anexo B)

4.2.3 *Construcción del circuito de mando y de potencia del limpiador de semillas.*

Para la construcción de estos circuitos se necesitó los materiales que se detallan:

- Un gabinete modular de 30x20x15
- Un breaker de 10 A
- Un fusible de cartucho de 2 A
- Un contactor de 9 A
- Un relé térmico de 2-4 A
- Quince metros de conductor N°18
- Diez metros de conductor concéntrico 2x18
- Una luz verde
- Una luz roja
- Una luz amarilla

El tablero instalado y funcionando se detalla en el (Anexo C)

4.2.4 *Construcción del circuito de mando y de potencia del desinfectador de semillas.*

Para la construcción de los circuitos de mando y de potencia del desinfectador se utilizaron los materiales que se detalla:

- Un gabinete de 40x40x15
- Un breaker de 10 A
- Un fusible de cartucho de 2 A
- Un contactor de 9 A
- Un relé térmico de 2-4 A
- Una botonera de marcha
- Una botonera de paro

- Una luz de color rojo
- Una luz de color verde
- Una luz de color amarillo

El tablero instalado y funcionando se detalla en el (Anexo D)

4.2.5 *Construcción del circuito de mando y de potencia del elevador de semillas.* Para el circuito de mando y de potencia del elevador de semillas se utilizaron los elementos que se detallan:

- Un gabinete de 40x40x15
- Un breaker de 10 A
- Un fusible de cartucho de 2 A
- Un contactor de 9 A
- Un relé térmico de 2-4 A
- Una botonera de marcha
- Una botonera de paro
- Una luz de color rojo
- Una luz de color verde
- Una luz de color amarillo

El tablero instalado y funcionando se detalla en el (Anexo E)

4.2.6 *Construcción del circuito de mando y de potencia del empaquetador de semillas.* Este circuito fue elaborado en el programa Zelio en un lenguaje BDF el mismo que se encuentra diseñado y cargado en el PLC Zelio, este PLC Zelio ejecuta las ordenes que están cargadas en dicho programa. Se adjunta el diseño del empaquetador de semillas. (Anexo F)

4.3 Costo total para la instalación de la maquinaria.

El costo total de la instalación implican varios factores tales como Materiales, montaje, automatizaciones y demás actividades q contemplan el costo total de la instalación realizada en todas las maquinas.

A continuación se detalla estos costos en la siguiente tabla:

Tabla 21. Costos de instalación

Descripción	Costo [usd]
Materiales	3000
Montaje eléctrico	900
Automatización	1000
Actividades varias	600
Total	5500

Fuente: Autor

CAPÍTULO V

5 FASE EXPERIMENTAL.

5.1 Pruebas de funcionamiento

En las diferentes pruebas de funcionamiento se pudo constatar que los tableros de control realicen las funciones para las cuales fueron diseñados, además se verificó que los sensores emitan los pulsos eléctricos que permitan abrir y cerrar los circuitos cuando una variable se haya ejecutado.

Con la ayuda de aparatos de control industrial (multímetro, termocupla) se verificó el consumo de energía y las temperaturas tanto del silo del horno secador como de las niquelinas de la empaquetadora. Las lecturas fueron las siguientes:

Tabla 22. Consumo energético

Maquina	Elemento	Potencia	Consumo
Horno Secador	Motor Principal	5,5 Hp	20 A
Horno Secador	Motor Ventilador	¼ Hp	0,85 A
Descascarador	Motor principal	3 Hp	7 A
Limpiador de semillas	Motor principal	¼ Hp	1 A
Desinfectador	Motor principal	¼ Hp	1A
Elevador de cangilones	Motor principal	1/3 Hp	1A
Empaquetadora	Motor principal	¼ Hp	1 A
Empaquetadora	Niquelinas	3000 W	14 A

Fuente: Autor

5.2 Elaboración de planes de mantenimiento

Un plan de mantenimiento es un conjunto de tareas de mantenimiento programado que incluyen una serie de equipos de la planta que habitualmente no son todos.

El plan de mantenimiento engloba tres tipos de actividades:

- Las actividades rutinarias que se realizan a diario, y que generalmente las realizan los operarios
- Las actividades programadas que se realizan a lo largo del año
- Las actividades que se realizan durante las paradas programadas

Las actividades que se realizarán en la planta piloto de procesamiento de semillas son:

Trabajos diarios de mantenimiento:

- Limpieza de los equipos, verificación del buen estado de las bandas, revisión de poleas, inspección visual del sistema eléctrico, auscultación de sonidos inadecuados de los equipos.

Trabajos programados que se realizaran a lo largo del año son:

- Verificación del consumo de energía, control de sensores, control de quemador.

Actividades que se ejecutaran durante las paradas programadas:

- Cambio de rodamientos, cambio de bandas, cambio de poleas, cambio de elementos eléctricos de mando y fuerza, cambio de elementos indicadores (luces, sensores).

5.3 Elaboración de planes de seguridad para el personal e instalaciones

Proteger el contingente humano es una de las prioridades de esta planta piloto. Las guardas en cada una de las máquinas, la puesta a tierra, el control automático de cada proceso disminuyen en forma notable el peligro latente que circunda al manipular por personal no capacitado cada proceso, además se indica que el personal debe utilizar protectores nasales por la polución presente en el interior de la fábrica.

Las instalaciones eléctricas, electrónicas y neumáticas están protegidas por cada uno de los tableros de control y una protección adicional para las instalaciones es el supervisor

de fase que se encargará de abrir los circuitos en caso de llegar a faltar una fase o cuando detecte un sobre voltaje o caída de tensión de la red de alimentación; el mismo desconectará la totalidad de las instalaciones protegiéndolas de esta manera.

5.4 Capacitación al personal técnico.

Cada tablero eléctrico cumple con una función específica es decir hace imprescindible la mano de obra calificada, dicho de otras palabras no es necesaria la presencia de técnicos en la planta por lo que la capacitación para el arranque y parada de cada máquina fue impartida a los beneficiarios de la planta piloto que será los encargados de poner en marcha al conjunto de máquinas.

CAPÍTULO VI

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se verificó el voltaje de alimentación y se balancearon las fases garantizando que los equipos consuman la intensidad adecuada prolongando su vida útil, disminuyendo los costos por mantenimiento y cambio de los elementos eléctricos por desbalanceo de fases en la planta.

Se instaló un interruptor principal, el mismo que desenergiza toda la maquinaria incluida la iluminación; cuando por algún motivo una de las tres fases de los sistemas trifásicos llegue a faltar (220 V) o (440 V). Este nos garantiza la operación de todas las instalaciones de una forma segura. El automatismo de este control se lo denominó supervisor de fase.

El cálculo de la intensidad y el voltaje que consume cada equipo, permitió seleccionar los elementos de control y mando adecuados para las potencias de cada máquina y no sobredimensionar y peor aún no elegir de forma correcta los controladores provocando daños en los mismos y en los equipos que controlan. Al seleccionar adecuadamente los elementos de control y potencia también se optimizan los recursos sin generar desperdicios en elementos sobredimensionados.

El controlador PID implementado garantiza un secado rápido y uniforme de las diferentes semillas del proceso, hace prescindible la mano de obra, y en caso de falla, apagó el proceso bloqueando el funcionamiento del automatismo.

Los equipos instalados dentro de la planta piloto presentaron una confiabilidad del 90 %, la misma que permite que los beneficiarios obtengan su producto terminado dentro del plazo previsto.

El cálculo e implementación de la malla de puesta a tierra se realizó considerando que la diferencia de potencia entre partes metálicas y tierra no supere los 40 V, protegiendo a personas, máquinas y obra civil de manera eficiente y segura.

6.2 Recomendaciones

Verificar periódicamente el consumo de cada equipo.

Controlar que los elementos de mando ejecuten las funciones para las cuales fueron destinadas.

Capacitar periódicamente al personal.

Crear bitácoras de cada máquina y mantener las ya existentes.

Respetar las normas de seguridad y utilizar los EPP, salvan vidas.

BIBLIOGRAFÍA

Astudillo, César. 2009. *PROBLEMAS RESUELTOS Y PROPUESTOS DE ELECTROTECNIA I*. Riobamba : E-ECOPYCENTER, 2009.

Camsco. 2014. *Proveedor Camsco*. 2014.

Eléctricas, Inter. 2003. I.E INTER ELECTRICAS. [En línea] 2003. [Citado el: 25 de Julio de 2015.]
<http://www.ie.com.co/interelec2.php?idcategoria=9&categoria1=Tuber%C3%ADa%20Met%C3%A1lica%20y%20PVC>.

Latincasa. 2011. Latincasa. *Latincasa*. [En línea] Latincasa, 2011.
<http://www.latincasa.com.mx/ES/Paginas/Latincasa.aspx>.

López, Bryan Salazar. 2012. Ingeniería Industrial Online. [En línea] E-Resources, Training and Technology. , 2012. [Citado el: 15 de Junio de 2015.]
<http://www.ingenieriaindustrialonline.com/>.

MARCO, ING. SANTILLAN GALLEGOS. *CONTROL INDUSTRIAL DOCENTE DE LA ESPOCH*. RIOBAMBA, : s.n.

Marcombo. 2010. *Marcombo Ediciones Técnicas*. [En línea] 2010. [Citado el: 15 de Junio de 2015.] <http://www.marcombo.com>.

MÜLLER, W. 1984. *ELECTROTECNIA DE POTENCIA CURSO SUPERIOR*. BARCELONA : REVERTÉ S.A, 1984.

ROSENBERG, R. 1973. *Reparación de Motores Eléctricos*. Barcelona : Gustavo Gill, 1973.

SANTILLÁN, Marco. 2010. *Control Industrial*. Riobamba : Politécnica, 2010.

Scribd. 2009. Scribd. *Scribd*. [En línea] 23 de Mayo de 2009.
<http://es.scribd.com/doc/16155171/tableros-electricos#scribd>.

TECHNOLOGIES, GAIGA NEW. 2013. New Technologies. [En línea] 2013. [Citado el: 20 de Julio de 2015.] <http://tecnologiaschile.com>. **TiposDe.com. 2015.** TiposDe.com. *TiposDe.com*. [En línea] Enero de 2015.
<http://www.tiposde.com/tecnologia/circuitos/tipos-de-circuitos.html>.

tuveras.com. 2004. *tuveras.com. tuveras.com*. [En línea] Septiembre de 2004.
<http://www.tuveras.com/aparamenta/magnetotermico.htm>.

VALENCIA, UNIVERSIDAD POLITECNICA DE. UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA. *UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA*. [En línea] https://www.sprl.upv.es/IOP_ELEC_04.htm.

WIKIPEDIA. WIKIPEDIA. WIKIPEDIA. [En línea] Fundación Wikimedia, Inc.
https://es.wiki/Relé_térmicowikipedia.org/.

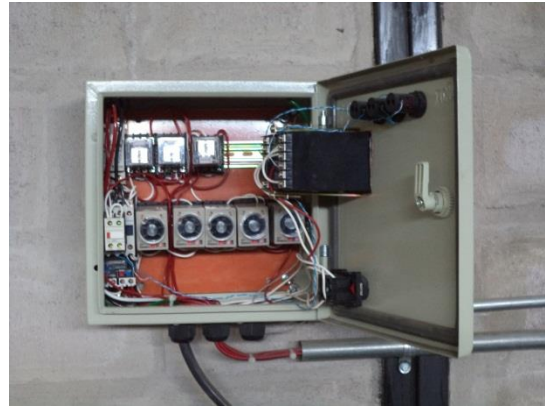
ANEXOS

ANEXO A

Circuito de mando y potencia del horno secador



Tablero de control



Circuito de mando y potencia



Control del quemador



Horno secador

ANEXO B

Circuito de mando y potencia del descascarador de semillas



Tablero de control



Circuito de mando y potencia



Descascarador de semillas

ANEXO C

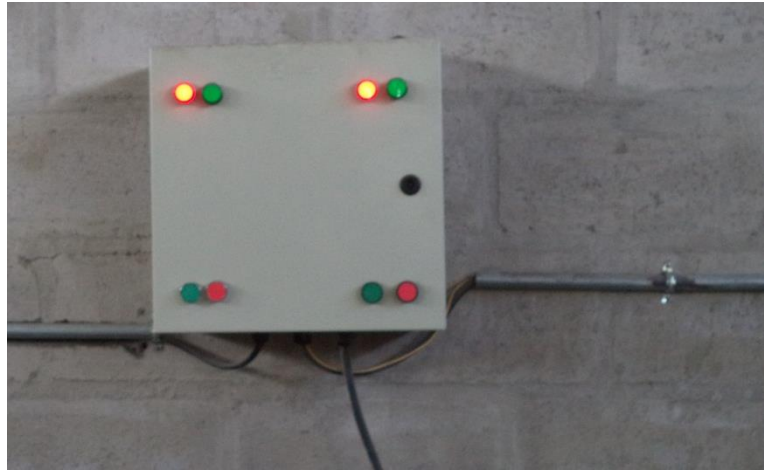
Circuito de mando y potencia del limpiador de semillas



Limpiador de semillas

ANEXO D

Circuito de mando y potencia del desinfectador de semillas



Tablero de control



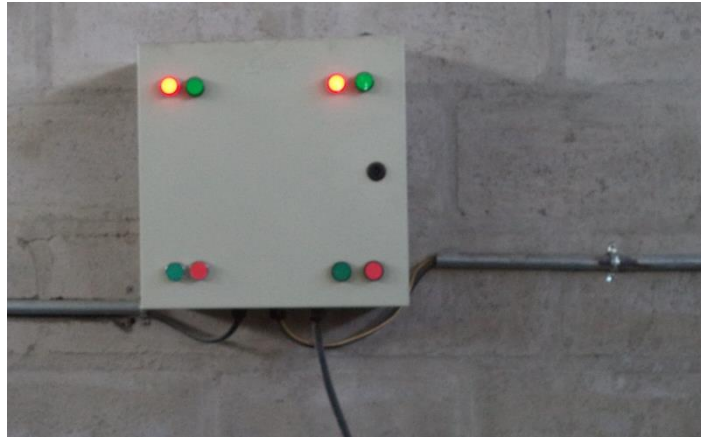
Circuito de mando y potencia



Desinfectador de semillas

ANEXO E

Circuito de mando y potencia del elevador de semillas



Tablero de control



Circuito de mando y potencia



Elevador de semillas

ANEXO F

Circuito de mando y potencia del empaquetador de semillas



Tablero de control



Circuito de mando y potencia



Empaquetador de semillas

ANEXO G

Planta de procesamiento de semillas y transformador de alimentación



Interior de la planta piloto

