

**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN PROTOTIPO DE UNA BOBINADORA
ELECTRÓNICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE TRANSFORMADORES Y
PRODUCCIÓN DE BOBINAS DE MOTORES ELÉCTRICOS DE BAJA Y
MEDIANA TENSIÓN**

CÉSAR EDUARDO GUEVARA CASTRELLÓN

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA - HUILA
2013**

**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN PROTOTIPO DE UNA BOBINADORA
ELECTRÓNICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE TRANSFORMADORES Y
PRODUCCIÓN DE BOBINAS DE MOTORES ELÉCTRICOS DE BAJA Y
MEDIANA TENSIÓN**

CÉSAR EDUARDO GUEVARA CASTRELLÓN

**Trabajo de grado
Para optar al título de:
Ingeniero Electrónico**

**Director:
JESÚS DAVID QUINTERO POLANCO
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA - HUILA
2013**

Nota de aceptación:



DIRECTOR PROYECTO DE GRADO

Presidente del jurado



FIRMA DEL JURADO

Primer Jurado



FIRMA DEL JURADO

Segundo Jurado

Neiva, 5 de Noviembre de 2013

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por el apoyo incondicional que siempre me han ofrecido, siendo el motor esencial al momento de alcanzar las metas propuestas.

De una manera muy especial a un tutor que siempre apoya las iniciativas de los estudiantes y los alienta a cumplir los proyectos y sueños propuestos, el profesor **EDILBERTO POLANIA PUENTES**.

También agradecimientos al Director de tesis **JESÚS DAVID QUINTERO POLANCO** por apoyarme académica, moralmente y hacer posible este trabajo.

A Maquipartes, empresa de embobinados, a través de la señora **JOSEFINA ALVIRA**, quien me mostro el proceso manual y dio asesoría sobre los requerimientos prácticos de la máquina a diseñar.

Al señor **GUSTAVO ENRIQUE CUELLAR** quien brindó asesoría sobre el sistema de hilado y tensor que existen en los diferentes tipos de máquinas industriales de coser, siendo este muy parecido al de hilos de cobre.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. ANTECEDENTES	15
1.1. MÁQUINAS BOBINADORAS ACTUALES.....	15
1.2 FINALIDAD DEL PROYECTO.....	17
1.3 OBJETIVOS.....	17
1.3.1 General.....	17
1.3.2 Específicos.....	17
1.4 METODOLOGÍA DEL TRABAJO.....	18
2. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS	19
2.1 DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO.....	20
2.2 TABLERO DE CONTROL.....	21
2.2.1 Visualización.....	22
2.2.2 Teclado.....	24
2.2.3 Sistema de encendido.....	24
2.2.4 Conmutador.....	24
2.3 SISTEMA DE CARRETE.....	25
2.4 SISTEMA MECÁNICO.....	26
2.4.1 Motor.....	27
2.4.2 Eje para molde de bobinas.....	30
2.4.3 Sistema de rodamientos.....	31
2.4.4 Acople del eje con el motor.....	32
2.5 TENSOR.....	32
2.6 ALIMENTACIÓN.....	33
2.7 PROTECCIONES.....	34
2.8 APLICACIONES DEL SOFTWARE.....	35
3. DISEÑO	38
3.1 DISEÑO ESTRUCTURAL.....	39
3.2 DISEÑO ELÉCTRICO.....	40
3.3 DISEÑO ELECTRÓNICO.....	41
3.3.1 Control del motor.....	44
3.3.2 Control de velocidad.....	44
3.3.3 Control número de espiras.....	44
3.4 DISEÑO MECÁNICO.....	45
3.4.1 Sistema de tensión.....	45
3.4.2 Acople de carrete, tensor y motor.....	46
3.5 DISEÑO PANEL FRONTAL.....	48

4. IMPLEMENTACIÓN	50
4.1 MONTAJE PARTE ESTRUCTURAL	50
4.2 MONTAJE PARTE MECÁNICA	51
4.2.1 Sistema de tensión	51
4.2.2 Acople de eje y motor	52
4.3 MONTAJE PARTE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA	52
4.4 MONTAJE PANEL FRONTAL	53
4.5 MONTAJE DE LÁMINAS Y ACCESORIOS FINALES	53
4.6 PUESTA EN FUNCIONAMIENTO	54
4.6.1 Verificación del funcionamiento de todos los módulos o bloques	55
4.6.2 Embobinado de prueba y calibración de la máquina	55
4.6.3 Resultados de la puesta a punto.....	56
5. MANUAL DE TRABAJO	57
6. CONCLUSIONES	60
7. RECOMENDACIONES.....	62
BIBLIOGRAFÍA	63
ANEXOS.....	64

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Sistema manual para la construcción de bobinas.....	16
Figura 2. Sistema electromecánico para la construcción de bobinas.....	17
Figura 3. Metodología de trabajo.....	18
Figura 4. Distribución del área de trabajo.....	21
Figura 5. Tablero de control diseñado según prescripciones técnicas.....	22
Figura 6. Diagrama en bloques de los principales componentes del panel.....	23
Figura 7. Display LCD de 2x16.....	23
Figura 8. Teclado matricial de 4x4 hexadecimal.....	24
Figura 9. Interruptor para panel frontal con piloto.....	25
Figura 10. Interruptor de codillo de dos posiciones tres terminales.....	25
Figura 11. Carrete (maqueta o molde del transformador) para la Elaboración de transformadores.....	26
Figura 12. Carrete donde viene enrollado el alambre esmaltado.....	26
Figura 13. Acople de poleas y medidas de sus diámetros.....	29
Figura 14. Motor Sewing Machine Motor.....	30
Figura 15. Eje metálico para impresoras de varias medidas.....	30
Figura 16. Balinera o rodamiento.....	31
Figura 17. Polea para eje del motor de 15 mm de diámetro.....	32
Figura 18. Diferentes tamaños de poleas para usar en el eje del carrete para transformador.....	33
Figura 19. Correa dentada para transmisión del movimiento entre poleas.....	33
Figura 20. Tensor mecánico de un solo hilo, con perilla de ajuste.....	34
Figura 21. Porta fusible para panel de 5 x 20 mm.....	35
Figura 22. Pulsadores NA y NC plásticos de 22 mm de diámetro.....	35
Figura 23. Tarjeta Arduino Uno R3.....	37
Figura 24. Diagrama general en bloques de la máquina bobinadora.....	38
Figura 25. Vista montaje armazón en aluminio.....	40
Figura 26. Fuente de voltaje de 12 voltios D. C.....	41
Figura 27. Inversión de giro para motor universal, conmutando la conexión de las escobillas.....	42
Figura 28. Circuito sensor de pulsos y acondicionador de señal.....	42
Figura 29. Esquema de montaje para la tarjeta Arduino uno R3 y sus conexiones.....	43

Figura 30. Control de velocidad para el motor.....	45
Figura 31. Ajuste de tensión mediante perilla y resorte.....	46
Figura 32. Aislador cerámico de 7.5 cm de diámetro por 8 cm de alto.....	46
Figura 33. Vista montaje armazón en aluminio, medidas en centímetros.....	47
Figura 34. Detalle instalación de los rodamientos.....	48
Figura 35. Diseño panel frontal.....	48
Figura 36. Construcción estructura metálica de la máquina sin panel.....	51
Figura 37. Vista frontal e instalación del tensor y polea sobre platina.....	51
Figura 38. Detalle instalación tensor.....	52
Figura 39. Detalle montaje eje, poleas, correa y motor.....	52
Figura 40. Montaje estructura panel y dispositivos sobre lámina.....	53
Figura 41. Montaje panel frontal terminado.....	54
Figura 42. Montaje final con láminas de protección.....	54
Figura 43. Vista del prototipo en disposición de trabajo.....	55
Figura 44. Manual de trabajo, máquina bobinadora.....	59

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A. Estatuto de seguridad industrial, título II, artículo 9.
- Anexo B. Tabla de calibres por Amperios.
- Anexo C. Especificaciones técnicas Display JHD162A de 2x16.
- Anexo D. Especificaciones técnicas teclado matricial 4x4 hexadecimal.
- Anexo E. Especificaciones técnicas de arduino uno R3.
- Anexo F. Programación en Arduino uno R3.
- Anexo G. Vista montaje de prueba, para arduino y sus periféricos.

GLOSARIO

Pínnolas: son los platos que sujetan el carrete, y le confieren el sistema de giro.

Carrete: es el soporte donde se bobina el hilo, cuando está vacío.

Bobina: es el carrete una vez bobinado.

Bobinado: acción de enrollar un hilo o cinta magnética en un carrete.

Calibre: Diámetro del hilo de cobre.

Arduino: es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un micro controlador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

Dimmer: circuito encargado de variar la cantidad de energía suministrada a una carga, esta puede ser un foco o un motor.

Microcontrolador: Es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica.

RESUMEN

En el mercado actual se encuentran máquinas en los talleres de medianas y pequeñas empresas, para hacer bobinas de diferentes tipos como son: Manuales y semiautomáticas, las cuales dan lugar a múltiples errores en el funcionamiento de los motores y variaciones considerables en los voltajes de los transformadores.

El prototipo construido en este proyecto de aplicación es capaz de controlar el proceso de la fabricación de bobinas para motores eléctricos y transformadores.

La realización de todo el sistema requiere diferentes partes que unidas logran un trabajo integral en la máquina, como lo son:

- A. Control de velocidad, dependiendo del calibre del alambre a utilizar.
- B. Sistema de tensión continuo para un arrollamiento parejo.
- C. Contador de vueltas o espiras, para una total precisión, en los cálculos de voltaje, sobre todo para transformadores.
- D. Sistema de parada automático al terminar el arrollamiento.
- E. Cambio sentido de giro en el motor para uso semiautomático en el conteo de bobinas para transformadores.
- F. Sistemas de aviso en caso de parada por falla y terminación del proceso.
- G. Sistemas de protección de todo el conjunto por fallas eléctricas.

La máquina será capaz de realizar automáticamente, una vez programada, bobinas para reparación de motores y construcción de transformadores en un tiempo hasta cinco veces más rápido que el empleado por un operario en forma manual y tendrá una precisión del 100% en el número de espiras, en relación con el error humano al llevar el conteo de forma manual.

Otra de las mayores ventajas está relacionada con el operario, ya que en un taller promedio, esta tarea ocupa el 50% de su trabajo rutinario, al liberarlo de posiciones incómodas y repetitivas, permitiéndole dedicarse más al ensamblaje y conexión de los transformadores y motores.

ABSTRACT

In today's market, there are machines in the workshops of small and medium enterprises, in order to make coils of different types such as: Manual and semi-automatic; which lead to multiple errors in the operation of engines and considerable variations in the voltage of the transformers.

The prototype built for this application (implementation) project is able to control the process of the coils' manufacture for electric motors and transformers.

The performance of the whole system requires different parts, which joining together, achieve an integral work in the machine, such as:

- A. Speed Control, depending on the wire gauge to be used.
- B. Continue System of tension for a smooth winding.
- C. Lap or coils counter, for total accuracy in voltage calculations, especially for transformers.
- D. Automatic stop system as soon as the rolling finishes.
- E. Change direction of rotation in the motor for semi-automatic use in the counting coils for transformers.
- F. Warning Systems in case of a failure shutdown and when the process ends.
- G. Protection Systems in the whole system by electrical failure.

The machine will be able to automatically perform, once programmed, coils for repairing motors and construction of transformers at a time up to five times faster than that time used by an operator manually; and it will have an accuracy of 100 % in the number of turns, in relation to human error by keeping an accurate count mentally.

Another major advantage is related to the operator, because this task takes 50% of the routine work in a workshop, so that the operator won't have to be in uncomfortable positions or performing repetitive tasks, allowing him to spend more time to the assembly and connection of the transformers and motors.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las diferentes áreas de tecnología e ingeniería, realizado en los procesos de control y automatización, ha alcanzado un nivel muy alto y de acceso no solo a las grandes sino también a las medianas empresas.

El proceso de construcción en transformadores y bobinas para motores, se realiza de una forma muy artesanal en la región del Huila, especialmente en la ciudad de Neiva, la mayoría de los talleres, utilizan sistemas manuales o electromecánicos, los cuales presentan muchas falencias con respecto a los sistemas industriales.

Con el avance de la tecnología se hace cada día más indispensable tener nuevas formas de competir en el mercado, mejorando la calidad, tiempo de producción y cantidad de la misma.

La automatización de procesos mecánicos en la industria, no solo permite ofrecer un mejor servicio en cuanto a calidad, sino también un ahorro en tiempo y dinero al trabajar de una forma rápida y precisa, abriendo las ventanas a la posibilidad de diseñar y realizar sus propios productos para ofrecerlos al mercado, como sería el caso de transformadores de baja tensión y control.

1. ANTECEDENTES

1.1. MÁQUINAS BOBINADORAS ACTUALES

Se realizó un estudio sobre los sistemas que se encuentran en la actualidad, y se encontró que, para pequeñas y medianas empresas, existen básicamente dos tipos de máquinas o sistemas empleados para la realización de las bobinas, en la construcción de transformadores y reparación de motores, en ambos casos ninguno de ellos cumple con las condiciones necesarias para garantizar el óptimo funcionamiento del embobinado. A continuación se describe brevemente, el proceso que se lleva en los talleres de reparación.

1.1.1 Sistemas manuales. En este caso el proceso se lleva en una máquina totalmente mecánica, la cual es girada a través de una biela, imprimiendo el movimiento a un eje, donde se coloca el carrete a ser embobinado.

El sistema de conteo para el número de espiras, es llevado a cabo por el operario en forma mental, siendo este un gran inconveniente al tener que realizar bobinas con un gran número de vueltas.

Las desventajas de este sistema son muchas, entre ellas se pueden mencionar:

- A. Fallas en el conteo debido al cansancio del operario en la ejecución de las bobinas.
- B. Problemas de salud al tener que incurrir en malas posturas, por realizar un ejercicio de fuerza siempre en las mismas condiciones y de forma recurrente.
- C. Bobinas de capas disperejas, al realizar diferentes tipos de tensión en forma manual ya que no es posible garantizar humanamente una tensión constante por el cansancio del operario.
- D. Gran cantidad de tiempo en la elaboración de cada grupo de bobinas.
- E. Un mayor costo en cuanto a designar un operador solo para esta función.

En la Figura 1 se muestra una máquina para un sistema manual.

1.1.2 Sistemas electromecánicos. Este es un sistema mejorado, el cual posee como ventaja la inclusión de dos componentes, haciendo más efectiva la máquina. El primero de ellos, es la adaptación de un motor para lograr el arrollamiento del alambre en el carrete a embobinar.

El segundo es un contador mecánico, el cual lleva el conteo de las espiras, y tiene la opción de reiniciarse siempre que sea necesario.

Figura 1. Sistema manual para la construcción de bobinas



Fuente: BOBINADORAS G.M.R. Máquina bobinadora para campos. [Online].
< <http://www.bobinadorasgmr.com.ar/campos.htm> > [consulta: 15 nov 2013]

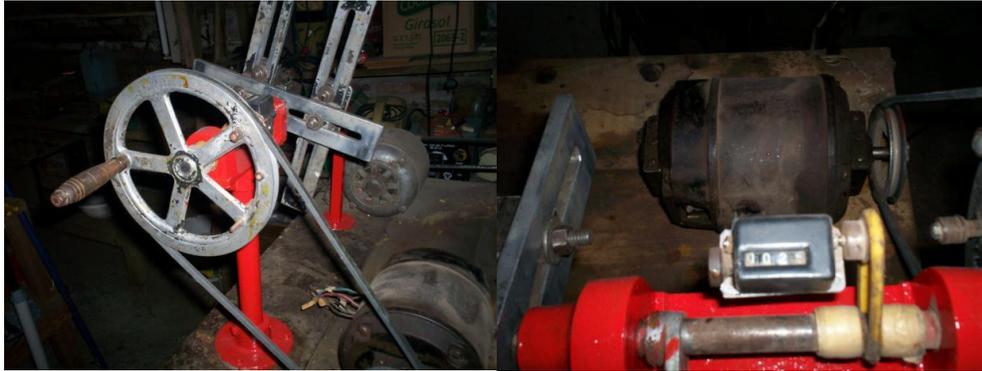
Sin embargo esto no es suficiente, y se encuentran todavía algunas falencias como son:

- A. Sigue siendo necesaria la presencia de un operario.
- B. La velocidad del motor normalmente es constante y no sirve para todo tipo de embobinados, el tipo de motor usado es monofásico de jaula de ardilla.
- C. El contador es mecánico y no hay control sobre el número de vueltas, el operador debe apagar el motor, apenas vaya a finalizar el embobinado.
- D. La tensión del alambre sigue dependiendo de la fuerza en las manos del operador.

A pesar de las mejoras en este sistema, siguen estando presente muchas falencias que deben ser superadas.

En la Figura 2, se muestra una máquina usada en el sistema electromecánico.

Figura 2. Sistema electromecánico para la construcción de bobinas



Fuente: FOTOS DE MÁQUINA BOBINADORA DE MOTORES. [Online].
<<http://pergamino.olx.com.ar/pictures/maquina-bobinadora-de-motores-iid-135094021>> [consulta: 15 nov. 2013]

1.2 FINALIDAD DEL PROYECTO.

Con el presente proyecto, se pretende superar todas las falencias que presentan los sistemas actuales utilizados en los talleres de reparación y construcción de transformadores y embobinado en motores de baja y mediana potencia.

La finalidad básica es construir un prototipo de máquina electrónica, que permita realizar bobinas de una forma totalmente autónoma, teniendo control sobre la velocidad, número de espiras y tensión en el momento de hacer un embobinado.

1.3 OBJETIVOS.

1.3.1 General. Diseñar e implementar un prototipo de una máquina electromecánica, programable para la realización de bobinas en cobre, mejorando la calidad y producción en transformadores y motores de baja y mediana potencia.

1.3.2 Específicos

- ✓ Aplicar los conocimientos adquiridos en un problema propio de automatización de procesos industriales, en medianas y pequeñas empresas de bobinados.
- ✓ Construir un prototipo de máquina electromecánica, que pueda ser programada para la realización de bobinas, usadas en la reparación de motores y construcción de transformadores.
- ✓ Utilización de tecnologías que conlleven a una reducción sustancial del desgaste físico del operario, en cada uno de los procesos involucrados en el trabajo de bobinado.

- ✓ Organizar de manera sistemática el proceso de bobinado, mejorando el uso del espacio en taller.

1.4 METODOLOGÍA DEL TRABAJO

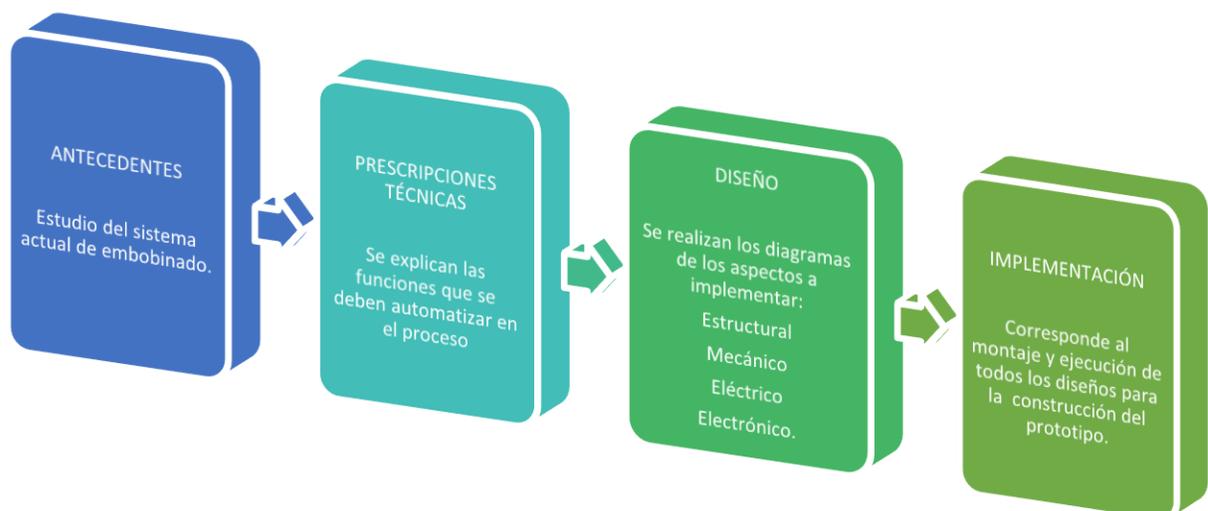
El proyecto estará dividido en cuatro grandes bloques claramente diferenciados.

- **En la primera parte, antecedentes**, se realiza el estudio pormenorizado del estado inicial de la línea de producción, comprendiendo los apartados de descripción de la actividad a automatizar.
- **El segundo bloque, prescripciones técnicas**, se exponen puntualmente las funciones que se implementan y los elementos que se utilizan para realizar dichas funciones.
- **El tercer bloque, diseño**, se realizan los diagramas correspondientes a cada parte constitutiva del proyecto, desde diseño estructural, pasando por el diseño mecánico hasta el diseño de la parte eléctrica y electrónica.
- **El cuarto bloque, implementación**, corresponde al montaje y ejecución de todos los diseños anteriormente realizados, desde su parte física, hasta la puesta en funcionamiento de la máquina, luego de esto se realizaran varias pruebas para su respectiva calibración y ajuste.

Para facilidad del operario, se realizará un manual indicando la forma correcta de manipular la máquina bobinadora.

A continuación se muestra en la Figura 3, los bloques básicos que constituyen la metodología para la implementación del prototipo.

Figura 3. Metodología del trabajo



2. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

Corresponden a la solicitud por parte de los operarios, de las tareas que debe realizar la máquina para un óptimo desempeño en taller, no solo se trata de suplir las falencias antes mencionadas en los sistemas manuales y electromecánicos, sino de ir más allá, ofreciendo la posibilidad de otras funciones que simplifiquen las tareas en el taller, en la reparación de motores y en cuanto a la elaboración de bobinas.

En este orden de ideas, se consultaron varios talleres y en especial se tuvo en cuenta las prescripciones indicadas por el taller **MAQUIPARTES**, donde labora la señora **JOSEFINA ALVIRA**, quien dio indicaciones precisas sobre otras funciones que hacen a la máquina mucho más versátil.

Se debe recordar que en el mercado si existen bobinadoras electrónicas a nivel industrial, pero debido a su costo, tamaño y servicio único y exclusivo en una línea de producción, no son para nada rentables en talleres y fábricas de medianas y pequeñas empresas. Este sistema brinda una solución para hacer un trabajo más rápido limpio y económico.

Las funciones solicitadas son:

- A. Debe poder realizar las bobinas de forma independiente, mediante la programación del número de vueltas y velocidad de giro.
- B. Se debe poder realizar de forma libre un embobinado, haciendo uso solamente del contador, (caso típico de reparación con bobinas de múltiples salidas).
- C. Debe tener un sistema de conmutación entre el trabajo automático y manual.
- D. Debe contar con un dispositivo de entrada de datos, para programar el número de espiras, (vueltas).
- E. Deben poderse visualizar el número programado de espiras y el conteo que lleve la máquina.
- F. El motor debe tener la opción de inversión de giro, esto para que la máquina pueda contar las espiras que trae un transformador en mal estado, (caso típico de reparación).
- G. Debe tener un control de velocidad para el motor de forma análoga, ya que es el sistema óptimo debido a la gran variedad de calibres que se pueden usar.

- H. Debe hacer uso de un sistema de control de arranque parada, mediante pulsadores y relés, tal como se maneja en máquinas industriales.
- I. La máquina debe ser autónoma, con capacidad de cargar (tener un espacio donde ser colocados) los carretes de alambre y formaleta para los transformadores.
- J. Debe tener un sistema de tensión, que permita un arrollamiento del alambre de una forma constante y ordenada.
- K. Debe dejarse la posibilidad, de ampliar el número de servicios, ya que por tratarse de un taller, la máquina debe ser lo más versátil posible, no como en líneas de producción industrial.

A continuación se realiza una descripción de la distribución del área de trabajo y los diferentes componentes que tendrá la máquina y que función realizará dentro de la misma.

2.1 DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO

El criterio para esta distribución se basa en dos aspectos relevantes:

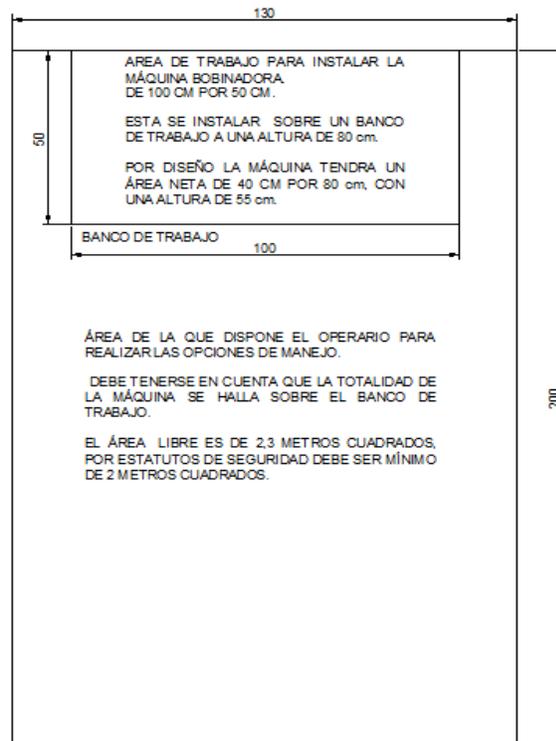
- El primero corresponde al tamaño de la máquina, la cual será diseñada de 55 cm de alto por 80 cm de ancho y 40 cm de largo, estas medidas son las que se utilizarán para tener en cuenta en el banco de trabajo o mesa sobre la que será ubicada, tal como se muestra en la Figura 4.
- El segundo criterio, está dado por la interacción del programador sobre la máquina, el cual deberá disponer de un área libre, para instalar los carretes, alinear el alambre y configurar la máquina para su correcto funcionamiento, todo esto ya se encuentra contemplado en el estatuto de seguridad industrial, resolución 02400 de 1979 (mayo 22), Artículos 7,8,9 y 12.

Para la instalación de la máquina se requiere un banco de trabajo o mesa, mínimo de 1 metro de ancho por 50 cm de largo, con una altura desde el suelo aproximada de 80 cm dependiendo del operador. Una conexión de voltaje a 110 voltios A.C. y un buen sistema de iluminación.

Al no ser necesaria la presencia del operario durante todo el proceso de embobinado, no se requiere un punto de trabajo fijo acompañado de silla o demás, el área libre alrededor de la máquina debe ser mínimo de 2 m², según lo estipula el estatuto de seguridad industrial, en su título II, artículo 9 (ver Anexo A), espacio suficiente para realizar las operaciones de instalación y configuración de la máquina.

En total, el taller deberá disponer de una área (máquina operador) mínimo de 2 m de largo por 1,30 m de ancho o sea 2,6 m², en la Figura 4, se puede observar la distribución que se requiere para la instalación del prototipo.

Figura 4. Distribución del área de trabajo



2.2 TABLERO DE CONTROL

Desde aquí el operario programará la máquina para la realización de las bobinas.

Dentro de las opciones que se dispondrán, se tienen:

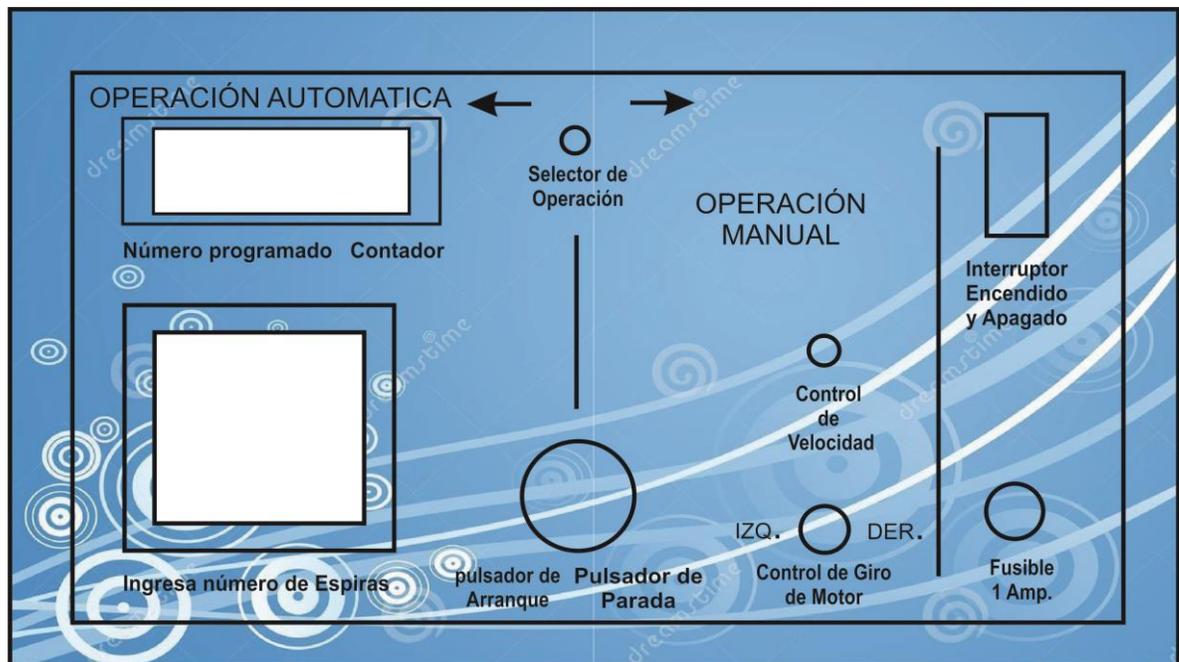
- Encendido de la máquina.
- Trabajo de forma manual o automática.
- Control de velocidad.
- Teclado para programar número de vueltas.
- Display para confirmar la programación.
- Control de inversión de giro para el motor.

En este capítulo (prescripciones técnicas, tablero de control), se darán las especificaciones técnicas y el trabajo que realizara cada uno de ellos.

El objetivo será diseñar y construir un tablero de control, que se encargue de realizar las funciones indicadas por los operarios de taller de embobinado. Para esto se planteó el siguiente diagrama mostrado en la Figura 5, el cual es el resultado de varios bocetos, adecuados por tamaño y comodidad para el usuario.

Las medidas precisas son mostradas en el...capítulo 3 ítem 3.5 Diseño panel frontal, el cual fue desarrollado con el software de AutoCAD 2012.

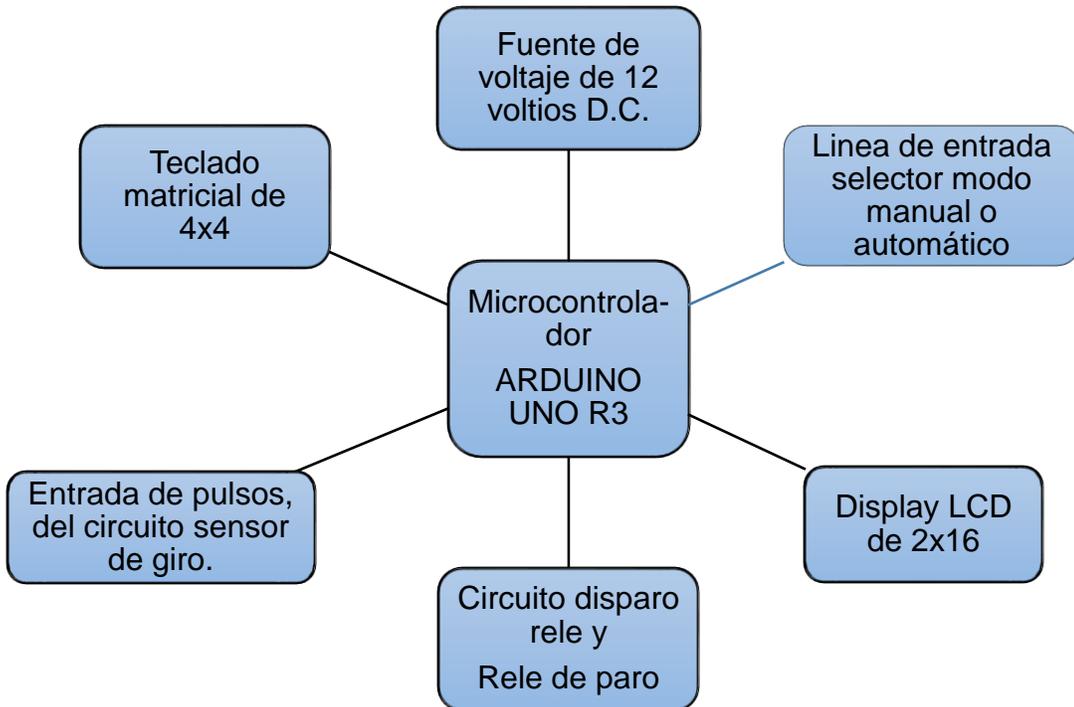
Figura 5. Tablero de Control diseñado según prescripciones técnicas.



Para tener una idea más clara de los elementos que se instalan sobre el panel, puede verse la Figura 6, donde se muestra mediante un diagrama en bloques la estructura que se pretende realizar, hay que tener en cuenta que el microcontrolador, o la tarjeta arduino, se encuentra detrás y no frente al panel.

2.2.1 Visualización. Para confirmar la programación del número de vueltas en la bobina y verificar en qué número se detiene la máquina, se requiere de un display que sea capaz de mostrar el número programado y el conteo de las espiras realizadas en el carrete.

Figura 6. Diagrama en bloques de los principales componentes del panel.



Para dar cumplimiento a esta necesidad se optó por un LCD162B-YHY (Display LCD de 2x16) tal como se muestra en la Figura 7.

Este debe ir en el panel frontal cerca al teclado para verificar los datos programados, la iluminación y el grado de brillo son opciones que se calibrarán una vez se termine el montaje de todos los componentes y no estarán a disposición del operador.

Figura 7. Display LCD de 2x16



Fuente: MODTRONIX ENGINEERING. Modular Electronic Solutions. [Online]. < http://www.modtronix.com/product_info.php?products_id=209 > [consulta: 15 nov. 2013]

2.2.2 Teclado. Para ingresar el número de espiras (vueltas) que debe realizar la máquina, es necesario el uso de un teclado, como el programa se desarrolla con base en un microcontrolador, se busca uno que no solo permita digitar números, si no también, que pueda ser utilizado si se llegaron a implementar más funciones por software.

Se empleará un TECLADO-MAT-16, teclado matricial de 16 teclas (4x4), el cual tiene un conector SIL (Single In Line) macho de 8 pines que corresponden con las cuatro filas y las cuatro columnas de las que dispone, en la Figura 8, se puede observar el teclado a utilizar, las teclas identificadas con las letras A, B, C, y D serán puestos a disposición de futuras aplicaciones para mejoras del proyecto.

Lo usará el operario para programar el número de vueltas, el cual se visualizará en el Display LCD de 2x16.

Figura 8. Teclado matricial de 4x4 hexadecimal



Fuente: SSC-EMBEBIDOS. Teclado Mat-16. [Online].
<<http://sscembebidos.blogspot.com/2012/06/uc-developmentsystem.html>>
[consulta: 15 Nov. 2013]

2.2.3 Sistema de encendido. Como en todo circuito debe existir la forma de controlar el encendido y apagado de la maquinaria, en este caso se utilizará un interruptor con piloto para tableros.

La ventaja de este dispositivo, es que permite manejar grandes cantidades de corriente (15 Amperios), son pequeños y sobre todo permiten conocer el estado de la máquina, mediante un aviso luminoso.

Este elemento se debe conectar después del sistema de protección o fusible, se muestra en la Figura 9.

2.2.4 Conmutador. Será el encargado de seleccionar bajo qué modo operará la máquina, de forma manual o automática.

Existen diferentes formas de realizar esta operación, desde complejos circuitos electrónicos, hasta pequeños interruptores conmutables, en este caso no es necesaria la implementación de tarjetas complejas, basta con un interruptor de dos posiciones y tres terminales, que permita cambiar de un modo de trabajo a otro, en la Figura 10, se muestra un interruptor de codillo de dos posiciones y tres terminales.

Figura 9. Interruptor para panel frontal con piloto



Fuente: CETRONIC. Componentes electrónicos. IB81LV interruptor basculante luminoso. [Online].
<http://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?ididioma=&idTienda=93&codProducto=999208529&cPath=515>
[consulta: 15 nov. 2013]

Figura 10. Interruptor de codillo de dos posiciones tres terminales



Fuente: MAZcr.com. Interruptor de Palanca de Enclavamiento SPDT 20/15A. [Online].
<http://www.mazcr.com/store/index.php?route=product/product&product_id=1259>
[consulta: 15 nov. 2013]

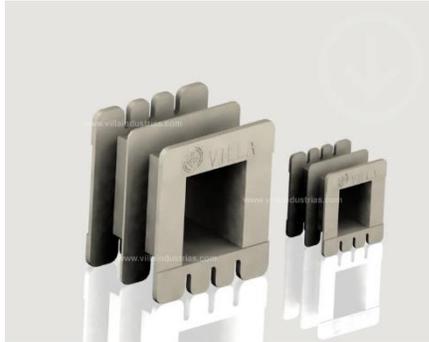
2.3 SISTEMA DE CARRETE

Primero se debe entender que para la industria de bobinado, carrete no solamente es aquel donde se realizan las bobinas (maqueta o molde del transformador) sino más bien, la base que se utiliza para enrollar el alambre que venden en el comercio.

Como puede verse en la Figura 11 y Figura 12, los carretes donde se realizan las bobinas, son muy diferentes a los carretes donde viene el alambre, este carrete debe ser instalado en la máquina para que de allí se tome la materia prima (alambre esmaltado), que luego será utilizado en el molde del transformador.

En este caso solo se dispone de un eje, que será un tubo galvanizado de $\frac{3}{4}$ ", el cual estará fijo y sostendrá el carrete.

Figura 11. Carrete (maqueta o molde del transformador) para la elaboración de transformadores



Fuente: VILLA INDUSTRIAS, S.A. DE C.V. Carretes para transformadores y reactores. [Online].
<<http://www.villa.com.mx/carretes.html>> [consulta: 15 nov. 2013]

Figura 12. Carrete donde viene enrollado el alambre esmaltado



Fuente: Shenzhen T-MAK Co. electrónico, Ltd. [Online].
<http://spanish.carriertapes.com/china7_inch_12mm_plastic_reels_manufactures_for_smt_smd_ic_transformer_sensors-513621.html> [consulta: 15 nov. 2013]

2.4 SISTEMA MECÁNICO

Está compuesto principalmente por el motor, elemento central de esta máquina, luego las poleas, la correa y finalmente un eje que ira sobre rodamientos para que pueda realizarse el bobinado correspondiente.

En este apartado, se describen los elementos utilizados para implementar el sistema mecánico.

2.4.1 Motor. Para que el motor cumpla los objetivos del prototipo, debe satisfacer al menos cinco condiciones:

- A. Permitir de una forma fácil y segura la inversión de giro.
- B. Cumplir con la fuerza mínima de torque para tensionar y enrollar el alambre, lo que permite hacer las bobinas (calibre máximo 18, con un torque de 0.5 Nm).
- C. Manejar una velocidad de giro lo más baja posible (RPM).
- D. Que cumpla con las condiciones de voltaje (110 voltios A. C.) y frecuencia de la red eléctrica domestica (60 Hertz), esto para los talleres en zonas no industriales.
- E. Que no sea costoso, ya que está dirigido a pequeñas y medianas empresas.

Dentro de la gran gama de motores conocidos, se optó por trabajar con uno tipo universal de baja potencia, ya que este es de fácil instalación, poco peso y factible para realizar la inversión de giro, la referencia de este es **Sewing Machine Motor**, el cual tiene las siguientes características:

- Voltaje de operación: 110 voltios A.C.
- Frecuencia de operación: 60 Hertz.
- Corriente nominal: 0,9 Amperios.
- Potencia Eléctrica: 90 vatios.
- Revoluciones por minuto: 7500 rpm.
- Tipo de motor: universal, asíncrono.

En las especificaciones del motor se encuentra la potencia en vatios, sin embargo para muchas aplicaciones se utiliza las unidades en caballos de fuerza, para realizar este cambio, se utiliza la siguiente expresión:

$$hp = 90 w * 0,00136 = 0,12 hp$$

Otro de los datos necesarios para saber si el motor cumple con las condiciones, es el torque o par motor, valor que no se encuentra dentro de las especificaciones que da el fabricante por ser un motor chino, para este caso se utiliza la siguiente formula:

$$T = \frac{\text{potencia (vatios)}}{Rpm * \frac{2 * \pi}{60}}$$

$$T = \frac{90 \text{ w}}{7500 * \frac{2 * 3.1416}{60}} = 0.1146 \text{ Nm}$$

Los únicos aspectos que se deben mejorar, como puede observarse, son las revoluciones muy altas y el torque muy bajo, para hacer útil el motor, se desarrolla en la etapa de acople motor- eje, un arreglo de poleas, para reducir la velocidad y aumentar la fuerza, mediante el uso de una correa.

Aumento del torque: como se debe dar cumplimiento a los parámetros de torque para que el motor pueda realizar las bobinas, teniendo en cuenta que el torque mínimo de trabajo es de 0.5 Nm, se despeja el valor para saber el diámetro de la segunda polea, que dé cumplimiento a este parámetro.

Diámetro de la primera polea de uso comercial para este tipo de motores $D1 = 15$ mm, torque del motor $T1 = 0.1146$ Nm, torque mínimo necesario para que funcione 0.5 Nm, pero teniendo en cuenta factores como rozamiento (esfuerzo por uso de balineras) y arrastre del carrete de alambre se toma $T2$ con aumento del 30% para garantizar un buen funcionamiento, $T2 = 0.65$ Nm.

$$D1 * T2 = D2 * T1$$

Donde:

$D1$ Diámetro de la polea conductora

$D2$ Diámetro de la polea conducida

$T1$ Torque de la Polea Conductora

$T2$ Torque de la Polea Conducida

$$D2 = \frac{D1 * T2}{T1} = \frac{15 \text{ mm} * 0.65 \text{ Nm}}{0.1146 \text{ Nm}} = 85.07 \text{ mm}$$

Comercialmente se encuentran poleas de 85 mm, que es la necesaria para dar cumplimiento a los requisitos de la máquina.

Disminución de la velocidad: para realizar este cambio de velocidad, se usa una polea de menor tamaño unida al motor y una más grande en el eje de trabajo, las medidas de las poleas son:

Polea unida al motor 15 mm de diámetro.

Polea unida al eje de trabajo 85 mm de diámetro. La relación de velocidades se obtiene de la siguiente forma:

$$N1 * D1 = N2 * D2$$

Donde:

D1 Diámetro de la polea conductora

D2 Diámetro de la polea conducida

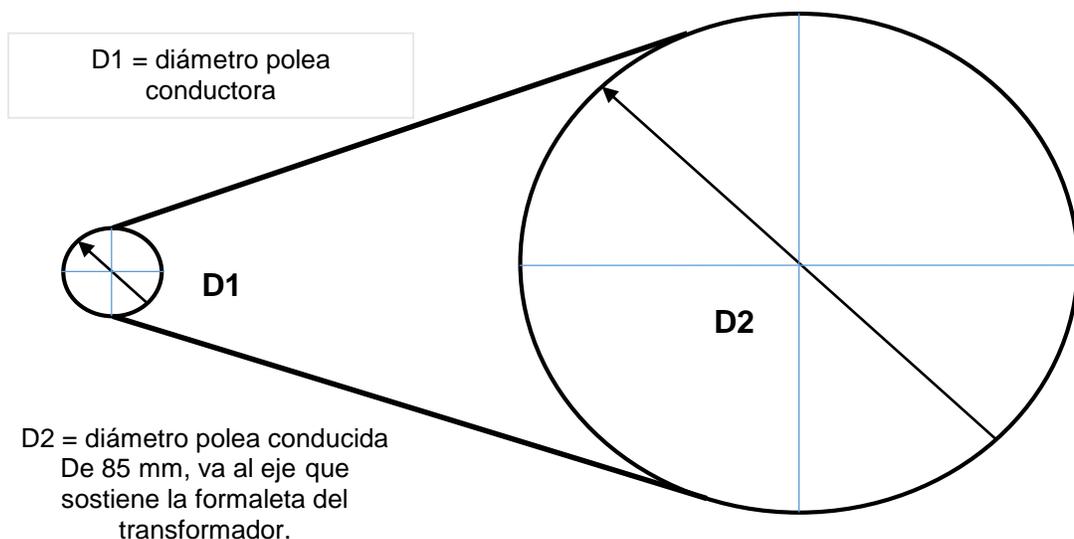
N1 Velocidad de giro de la Polea Conconductora

N2 Velocidad de giro de la Polea Conducida

$$N2 = \frac{N1 * D1}{D2} = \frac{7500 \text{ RPM} * 15 \text{ mm}}{85 \text{ mm}} = 1324 \text{ RPM}$$

Una vez terminados los cálculos, se pueden adquirir las poleas con las medidas comerciales, la Figura 13, muestra la forma de conectarlas a través de la misma correa que trae el kit del motor.

Figura 13. Acople de poleas y medida de sus diámetros



A pesar de que se ha reducido enormemente la velocidad con este arreglo, todavía sigue teniendo una velocidad muy alta para la realización de los embobinados. Por esta razón en el capítulo de diseño, apartado 3.3.4 control de número de espiras se incluye un regulador de velocidad con TRIAC, el cual se ilustra en la Figura 26, esto permite reducir la velocidad hasta el punto de parada del motor.

En la Figura 14, se muestra exactamente el tipo de motor que se usará para este proyecto y todos los accesorios con los que el viene, en el momento de la compra.

Figura 14. Motor Sewing Machine Motor



Fuente: Atlas Levy. Complete Home Sewing Machine Motor w/ foot control. [Online]. < http://atlaslevy.3dcartstores.com/Complete-Home-Sewing-Machine-Motor-w-foot-control_p_2867.html > [consulta: 15 nov. 2013]

2.4.2 Eje para molde de bobinas. Este elemento, a pesar de parecer muy simple, posee uno de los acoples mecánicos más elaborados.

Consiste en una varilla perfectamente nivelada y torneada de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro por 40 cm de largo, la cual para su fácil obtención la se ha comprado en un taller de partes de electrónica, siendo usada en impresoras de tinta, como se muestra en la Figura 15.

Figura 15. Eje metálico para impresoras de varias medidas



Fuente: Mercado libre. Ejes Carro Para Impresora. [Online]. < http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-494402038-ejes-carro-para-impresora-epson-fx-2170-_JM > [consulta: 15 nov. 2013]

Luego para que pueda girar libremente, deberá ser instalada sobre un par de balineras las cuales ofrecen una menor fricción.

Para el soporte, de las formaletas de los transformadores, se realiza una rosca inversa en el eje metálico, desde el extremo externo hasta completar unos 15 cm de largo.

Hay que tener en cuenta que para que este eje pueda girar, debe conectársele una polea (polea conducida de 85 mm), la cual le transmitirá el movimiento desde el motor a través de una correa dentada.

2.4.3 Sistema de rodamientos. Este será empleado para la ubicación del eje que sostiene el carrete del transformador, aquí es posible hacer uso de bujes o balineras.

Figura 16. Balinera o rodamiento



Fuente: IMPEX. Rodamiento. [Online].

<<http://www.impex-corp.co.jp/espa/category/bearing.php> > [consulta: 15 nov. 2013]

Para este proyecto se ha escogido un par de Balineras de referencia 6201z de marca NTN, las cuales irán a lado y lado de la máquina, para una mayor estabilidad, los criterios de este rodamiento obedecen a:

- ✓ Las balineras sufren de menos desgaste que los bujes.
- ✓ Traen lubricación interna y por esa razón requieren menos mantenimiento.
- ✓ Vienen selladas, lo que es una gran ventaja respecto a daños por polvo o partículas externas que siempre se dan en talleres.
- ✓ Ofrecen menor resistencia de fricción que los bujes y por ende menos esfuerzo por parte del motor.

En la Figura 16 se muestra una Balinera como la usada en este proyecto.

2.4.4 Acople del eje con el motor. Este acople, es la conexión o transmisión del movimiento desde el motor, pasando por la polea del motor, a la polea del eje, mediante el uso de una correa dentada.

Una de las cosas que se deben tener en cuenta es que este tipo de motores desarrolla una alta velocidad a un bajo torque, para mejorar esta situación, lo que se aprovecha son las dimensiones de las poleas para reducir velocidad y aumentar fuerza.

En este proceso, se instala una polea pequeña en el eje del motor (15 mm de diámetro) y otra 5,7 veces mayor en el eje que sostiene el carrete para transformadores, luego empleando la misma correa dentada que viene con los accesorios del motor, se realiza la transmisión de velocidad (reducida) y torque (aumentada).

Las Figuras 17, 18, 19, muestran los elementos con los cuales se realizará esta tarea.

Figura 17. Polea para eje del motor de 15 mm de diámetro



Fuente: Fernando Sepúlveda. Polea Motor $\frac{1}{2} \times 1 \frac{1}{2}$ [Online].
<<http://www.refaccionesfernandosepulveda.com/hogar/polea-motor-1-2x-1-1-2.html>> [consulta: 15 nov. 2013]

2.5 TENSOR

Este sistema es uno de los más importantes ya que reemplaza directamente una de las tareas que es propia del operario, la cual consiste en dar un nivel de tensión constante, para realizar un correcto arrollamiento de la misma.

El tensor consiste en un tornillo con un pin centrado, el cual apoya dos laminas curvas, entre las que se colocara el hilo de alambre, la tensión de estas laminas estará limitada por un resorte helicoidal (de diferentes diámetros en sus lados),

siendo tensado (ajustado), por una tuerca con agarre, la cual definirá que tanta presión ejercen las láminas sobre el alambre.

Para tener mayor claridad sobre este dispositivo mecánico se puede apreciar la Figura 20, donde se muestran claramente las partes mencionadas.

Figura 18. Diferentes tamaños de poleas para usar en el eje del carrete del transformador



Fuente: Pabbos.com. Polea de correa. [Online].
< <http://es.pabbos.com/list/Pulley5> > [consulta: 15 nov. 2013]

Figura 19. Correa dentada para transmisión del movimiento entre poleas



Fuente: Proveedor de Mercaderías y Ferreterías, S.A. de C.V. Banda para máquina de coser Estriada. [Online].
< <http://www.proveedorameracias.com.mx/productos7.html> > [consulta: 15 nov. 2013]

2.6 ALIMENTACIÓN

Contiene los elementos propios de energía para un circuito, van desde el tomacorriente de 110 voltios A.C., la clavija, pasando por el cable dúplex, entrando a la máquina y llegando directamente a las protecciones.

En este apartado lo más importante es que los elementos sean seleccionados por encima de las características propias de consumo de la máquina, es decir al sumar las corrientes de los diferentes circuitos, ésta deberá pasar por el cable de entrada, el cual, por norma de protección (RETIE) tendrá un 25% más de capacidad en amperios para evitar daños por calentamiento.

Figura 20. Tensor mecánico de un solo hilo, con perilla de ajuste



Fuente: Agujas y repuestos. TE522-5 TENSOR DE HILO PARA COLL. [Online]. <<http://agujasyrepuestos.com/producto-te522-5-tensor-de-hilo-para-coll->> [consulta: 15 nov. 2013]

Otra cosa que también se debe tener en cuenta, es que al trabajar en un taller, es importante que la protección del aislante (caucho), permita malos tratos, como peso o tirones propios de este tipo de trabajos.

En este orden de ideas al sumar la corriente de los diferentes componentes de la máquina se obtiene una corriente de 2 Amperios, sin embargo pensando en posibles ampliaciones (cambio del motor) asumimos una corriente de 4 Amperios para la elección del cable.

La corriente según tabla de calibres, corresponde a un número 16, la cual puede verse en el Anexo B.

2.7 PROTECCIONES

Básicamente la protección de todo circuito eléctrico de baja potencia y electrónico es un fusible con su respectivo porta fusible.

Aquí se utilizará un fusible de 3 Amperios, el cual se instalará en un porta fusible para panel de 5 x 20 mm, tal como se muestra en la Figura 21, lo cual, hará fácil su reemplazo en caso de daños por sobre voltajes y cortocircuitos en el taller.

Sin embargo por petición de los usuarios, también se implementa un pulsador de parada, que al sufrir la máquina un daño, pueda permitir parar el motor sin necesidad de apagar todo el prototipo y así poder guardar el número de espiras que se lleven hasta el momento mostrado en el display, en la Figura 22, se ilustran los tipos de pulsadores que se pueden utilizar para esta operación.

Figura 21. Porta fusible para panel de 5 x 20 mm



Fuente: MAYORISTA ELECTRÓNICO. Alimentadores y accesorios alimentación > Portafusibles. [Online].

<<http://www.mayoristaelectronico.com/1187-PORTAFUSIBLES>> [consulta: 15 nov. 2013]

Figura 22. Pulsadores NA y NC plásticos de 22 mm de diámetro



Fuente: SASSIN. Pulsantería plástica 3SA5 Ø22 mm. [Online].

<http://www.sassinelectric.com/producto_detalle.php?id=146&PHPSESSID=ed72a4a4429a8ec36853c9ff6c8b8708> [consulta: 15 nov. 2013]

2.8 APLICACIONES DEL SOFTWARE

Aquí se describen las funciones que se programan desde el panel de control, usando para esta tarea principalmente el teclado, y los demás elementos dispuestos para la elaboración de la bobina.

Las funciones a realizar bajo programación son:

- ✓ En el inicio de la máquina, visualizar en un display de 2x16 la solicitud de ingreso del número de espiras y mostrar el número de vueltas programado.
- ✓ Leer el dato (número) programado de un teclado para almacenarlo en memoria.
- ✓ Leer de un sensor (opto acoplador ranurado y circuito acondicionador de pulsos), el pulso obtenido por cada giro o vuelta del eje.
- ✓ Mostrar en el display el número programado y el conteo de espiras hasta llegar al valor deseado.
- ✓ Realizar internamente la comparación entre el número programado y el de conteo, para enviar un pulso (a un relé) y detener el giro del motor.

Dentro de los muchos dispositivos encontrados en el mercado para programar, están fabricantes como: Microchip, Intel, Motorola etc., sin embargo al analizar los costos de implementación y servicios prestados, se encuentra uno que posee muchas ventajas y es de acceso libre.

Para este proyecto se usará una tarjeta electrónica basada en el ATmega 328, cuenta con 14 entradas o salidas digitales (de las cuales 6 se puede utilizar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reset. En la Figura 23, se ilustra la tarjeta a usar en este proyecto.

Ventajas del arduino uno R3 con respecto a otros sistemas:

- ✓ Arduino trae el programador incorporado, en la plataforma PIC es necesario comprar el programador por separado alcanzando este, costos de hasta \$200.000 para los originales y desde \$60.000 a \$120.000 para las copias hechas en Colombia y del orden de \$40.000 más el tiempo para un programador hecho por el usuario. Esto contrasta con el caso de arduino en donde las versiones más costosas están por unos \$80.000 (R3) y ya incorporan programador y el chip a programar.
- ✓ La plataforma hecha en Colombia (realmente en cualquier parte que no sea la original Italiana) llamada FREEDUINO se puede conseguir entre unos \$10.000 y \$15.000 pesos más económica que la versión italiana y con las mismas prestaciones.
- ✓ En conclusión los microcontroladores Atmel utilizados para construir las plataformas arduino, presentan mejores prestaciones que los de Microchip con respecto a proyectos de baja y mediana complejidad.

- ✓ Las plataformas de arduino pueden ser adquiridas en versiones de montaje superficial que ocupan muy poco espacio y consumen muy poca potencia, este punto es relevante cuando se diseñan productos del tipo electrodomésticos o productos electrónicos de consumo.
- ✓ Al usar las librerías, la programación en arduino es más sencilla y fácil de aprender que la basada en lenguaje ensamblador de los PIC. Realmente las personas acostumbradas a programar en lenguajes como C y C++ ya saben programar los arduinos.
- ✓ Dado que tanto el software como el hardware es libre, se hacen ideal para los proyectos de la universidad y de pequeñas empresas sin temor a estar violando los derechos de autor de alguien.

La programación del software, que involucra el funcionamiento, tanto del teclado, display y demás elementos, se efectuará sobre la tarjeta arduino uno R3, el cual mediante un código grabado se encargará de visualizar el conteo, realizar una comparación con el dato asignado y por ultimo generar el pulso para que la máquina se detenga en el momento que termine el arrollamiento.

Figura 23. Tarjeta Arduino Uno R3

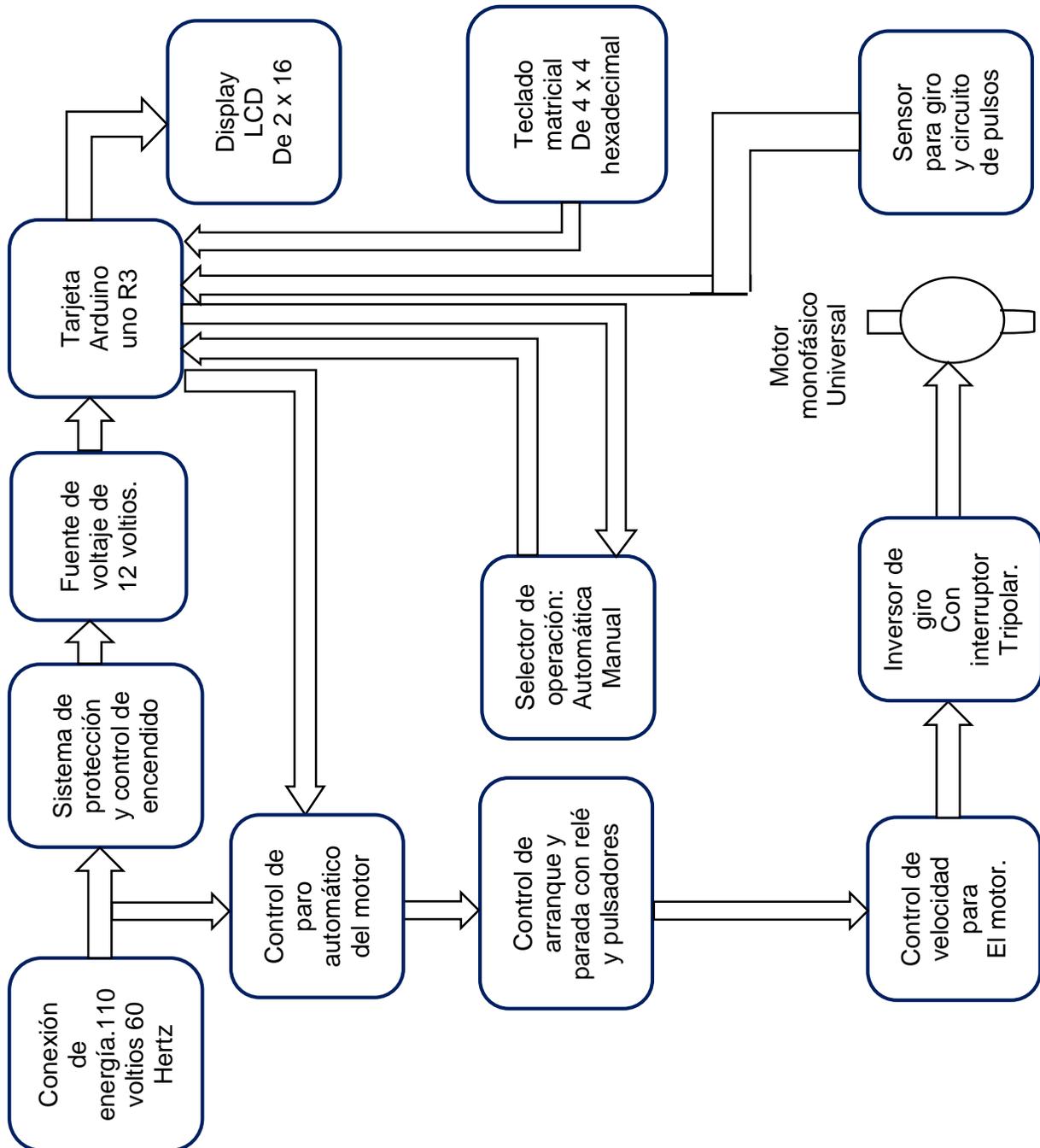


Fuente: Arduino. Arduino Uno. [Online].
 < <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno> > [consulta: 15 nov. 2013]

3. DISEÑO

Aquí se realiza el diseño de todas las etapas por separado, para luego unir las en un solo bloque funcional, un diagrama a bloques general de lo que se pretende lograr, se muestra en la Figura 24.

Figura 24. Diagrama general en bloque de la máquina bobinadora



3.1 DISEÑO ESTRUCTURAL

La máquina estará construida principalmente en lámina y ángulo de aluminio, las partes que requieran de mayor resistencia y fuerza serán montadas en hierro.

Las medidas de la estructura principal son:

- A. Un frente que tendrá 80 cm de largo por 40 cm de ancho, todo en ángulo de aluminio.
- B. Para el soporte del tubo donde descansa el carrete de alambre esmaltado, se utilizan dos travesaños en forma vertical, el de la parte trasera en material de aluminio y en la parte delantera donde se concentra la mayor fuerza de carga, en lámina de hierro, este tubo estará fijo y no podrá girar, para disminuir la inercia al girar el carrete, cuando se esté haciendo la bobina.
- C. Para el soporte del motor, se emplearán 6 ángulos de aluminio, 4 de forma vertical y dos a lo ancho que servirán de base para colocar el motor, habrá un pequeño ángulo que se utilizara para dar ajuste al motor. Por último se emplearán dos abrazaderas metálicas que serán las que finalmente darán el ajuste entre el motor y la correa.
- D. El soporte del eje que sostiene el carrete para los transformadores, por ser un elemento que realiza fuerza, estará sujeto de dos láminas metálicas, una adelante y otra en la parte posterior, ambas en hierro para que no sufra desajustes a la hora de tensionarse con el alambre, fuera de esto sobre cada lámina, deberán ir incrustadas las bases que soportaran los rodamientos dispuestos para sostener el eje.
- E. Entre el tubo que sirve para cargar el carrete de alambre y el que se utiliza para realizar las bobinas, deberá ir una lámina frontal en aluminio, que será dedicada para conectar la polea y el tensor encargado de alinear el hilo sobre el carrete del transformador.
- F. Por último se diseñó un bloque, que estará sobre este módulo, centrado en la parte superior, también en aluminio, para conformar el panel frontal, este tendrá las siguientes medidas:

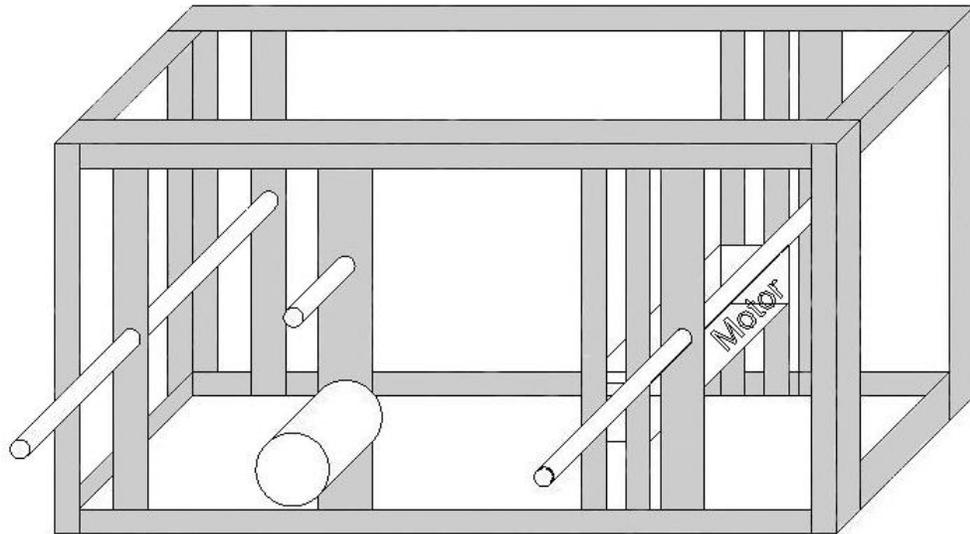
26 cm de largo por 15 cm de alto, esto para la parte frontal.

40 cm de ancho por 15 cm de altura para los laterales y

40 cm por 26 cm para la parte superior.

Ya para dar un acabado a toda la estructura y no quede hueca, se usará una lámina en zinc, cortada con las medidas de las caras, perforada y puesta para cubrir todo su contorno, esto con el fin de proteger todos sus componentes internos.

Figura 25. Vista montaje armazón en aluminio



3.2 DISEÑO ELÉCTRICO

En este apartado, se realiza la conexión de la máquina desde el tomacorriente de 110 Voltios A.C. hasta el motor, teniendo en cuenta la inversión de giro.

Como ya se ha explicado antes, la conexión eléctrica se hará a través de una clavija, un cable dúplex, llegará a un porta fusible de allí a la fuente de poder que alimentará todo la parte electrónica, los voltajes que se necesitan son solamente 110 Voltios A.C. para el motor tipo universal y de 12 Voltios D.C. para la circuitería electrónica, en total se estima una potencia de 120 vatios (90 vatios del motor, y 20 vatios entre las diferentes tarjetas electrónicas y periféricos como Display).

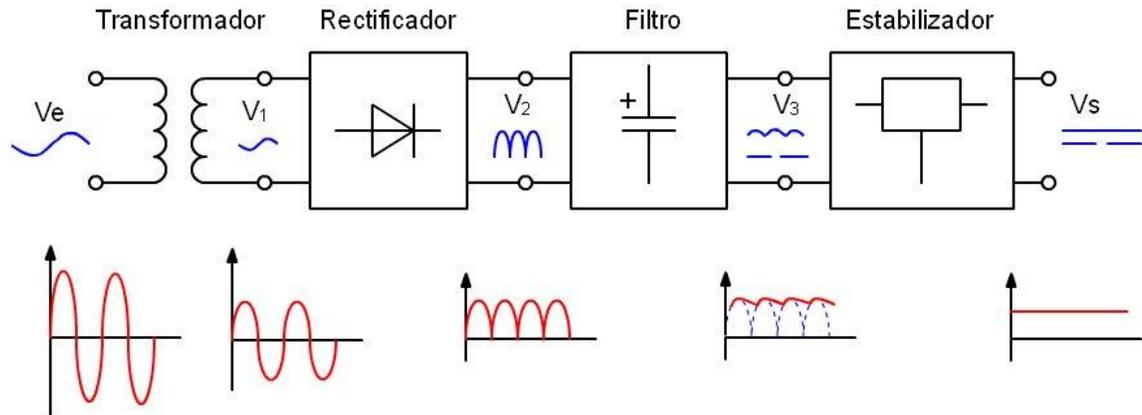
En la Figura 26 se muestra un diagrama en bloques con las partes constitutivas de la fuente de poder, por tratarse de un circuito básico, no se dedicará tiempo en la explicación para la implementación del mismo.

La construcción de la circuitería eléctrica, del inversor de giro (ya que es mucho más práctica que la electrónica y menos costosa), consiste en aprovechar la estructura del motor e invertir las conexiones mediante un interruptor de codillo de 3 polos, el cual garantiza tres posiciones y tres estados de funcionamiento (giro a la derecha, parada y giro a la izquierda).

La alimentación se dará en los dos terminales del centro, en la parte superior se tendrá la conexión de los cables que llegan a las escobillas, dando un sentido de giro, por otro lado en la parte inferior del interruptor se invierte esta misma conexión obteniendo el giro contrario.

Para visualizar mejor esta conexión se puede ver la Figura 27.

Figura 26. Fuente de voltaje de 12 voltios D.C.



Fuente: Unidad didáctica: "Electrónica Básica". 5.- La fuente de alimentación. [Online].

<http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web_electronica_3/electronica_indice.html> [consulta: 15 nov. 2013]

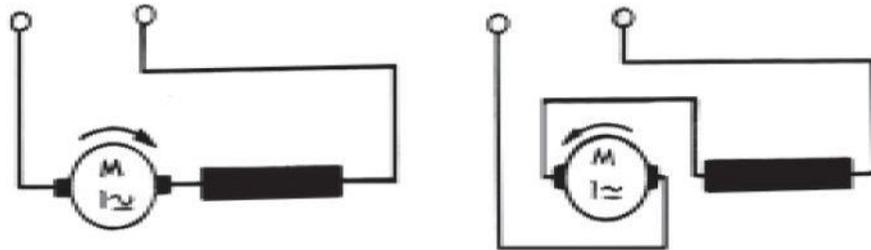
3.3 DISEÑO ELECTRÓNICO

El diseño electrónico, consta básicamente de tres partes.

- A. El circuito encargado de convertir el giro del eje en pulsos de onda cuadrada, determinando las vueltas del núcleo que arma las bobinas, el cual consta de un optoacoplador y un circuito integrado NE556N (integrado que incluye dos circuitos integrados 555 e ideal para entregar una onda cuadrada bien definida por cada giro del eje), la tarjeta y configuración se muestra en la Figura 28, esto se monta sobre una base metálica y luego sobre el armazón de la máquina cerca al eje, que tendrá un pin el cual pasará por el sensor óptico.
- B. Una tarjeta arduino encargada de realizar cuatro funciones principales:
 - Recibir desde un teclado el número de espiras (vueltas) que debe tener la bobina.
 - Recibir de la tarjeta sensor y acondicionador de señal, los pulsos de onda cuadrada, los cuales serán contados por el microcontrolador.

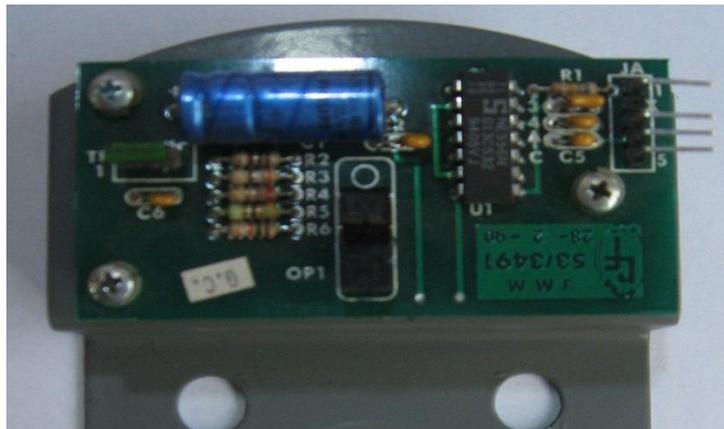
- Visualizar a través de un display LCD de 2 x 16, el número de vueltas y durante el proceso el incremento de las mismas.
- Enviar un pulso de parada, para terminar con el embobinado una vez se alcance el número programado.

Figura 27. Inversión de giro para motor universal, conmutando la conexión de las escobillas



Fuente: MOTOR ELÉCTRICO MONOFÁSICO. Cambio del sentido de giro del motor universal. [Online].
 <<http://motoresmonofasicos1.blogspot.com/2010/10/cambio-del-sentido-de-giro-del-motor.html>> [consulta: 15 nov. 2013]

Figura 28. Circuito sensor de pulsos y acondicionador de señal

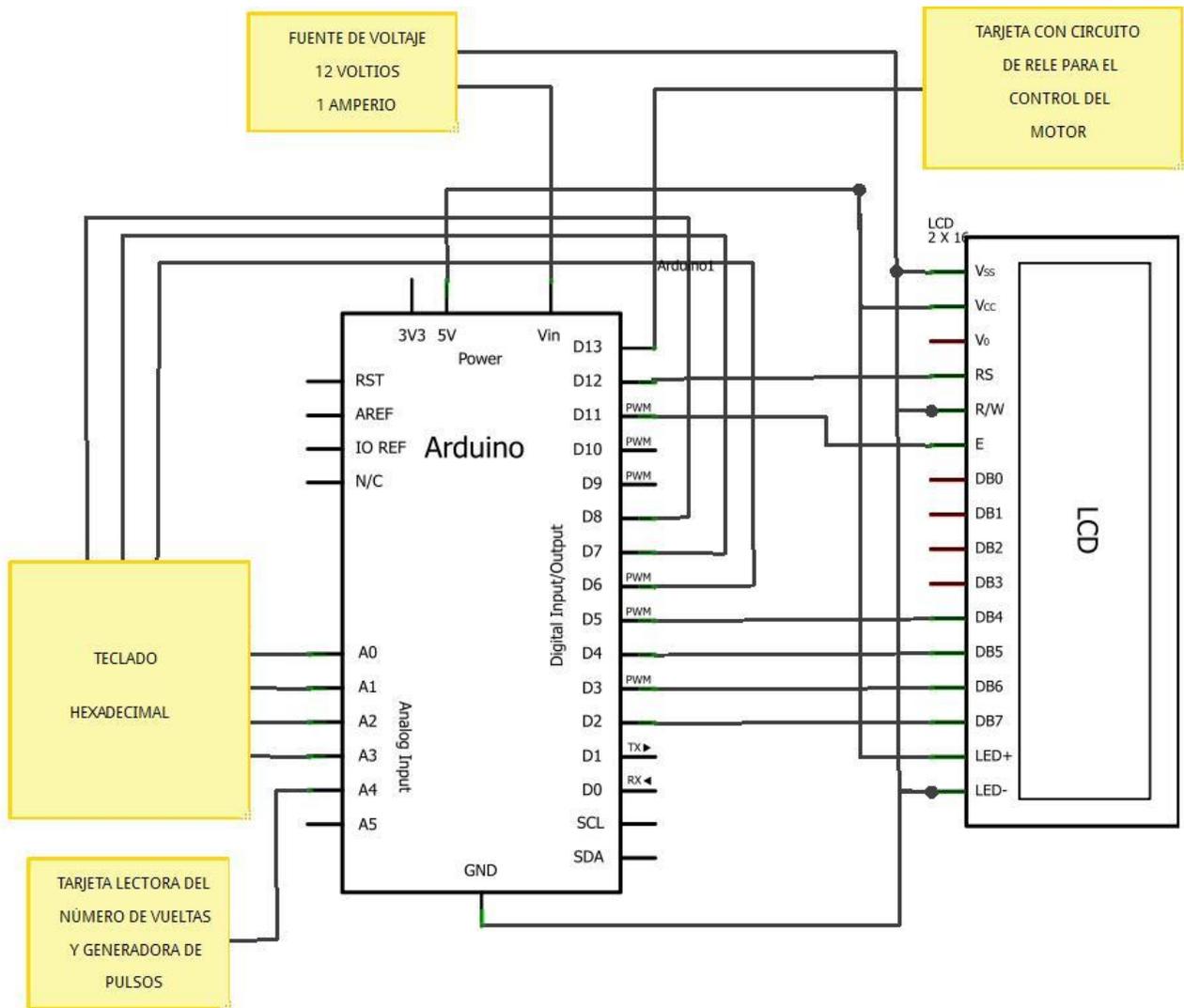


Como puede verse en la Figura 29, se muestran las conexiones físicas, para:

- ✓ LCD el cual usa 4 líneas de transmisión para datos, dos para configuración, dos para 5 voltios y 3 para negativo.

- ✓ La conexión al teclado matricial 4x4, como se aprecia solo se usan 7 líneas de datos, ya que no se emplea por ahora la columna de las letras, sin embargo se deja la posibilidad de mejorar los servicios y que se les de aplicación en un futuro.
- ✓ Los circuitos de fuente de poder, control del motor y lector de vueltas y generador de pulsos, se muestran como módulos que se conectan a los respectivos puertos del arduino, tal como se ve en la Figura 29.
- ✓ Antes de implementar y conectar los diferentes bloques se realizan pruebas de funcionamiento tal como puede verse en el Anexo G, vista montaje de prueba para arduino y sus periféricos.

Figura 29. Esquema de montaje para la tarjeta Arduino uno R3 y sus conexiones.



C. Un pequeño circuito de control conformado por un relé, que se encargará de cortar el suministro de la corriente al motor una vez termine el número de vueltas asignado.

✓ Por último la conexión de salida que ira a un transistor y relé encargados de suspender el giro del motor, una vez se complete el número de vueltas programado, para este caso se usa un LED conectado al pin número 13 de la tarjeta Arduino.

3.3.1 Control del motor. (On, off), este tendrá varios frentes, una vez que la máquina se prende, se escoge el método de trabajo y se programa el número de vueltas, aquí se tienen varias formas de control:

- A. En el panel frontal, se digitará el número de espiras a realizar y el proceso comienza cuando el operador presiona el pulsador de arranque (color verde), el microcontrolador realiza la comparación del número de espiras y envía un pulso que apagará la máquina una vez los dos valores sean iguales.
- B. Se instalará un pulsador de parada (color rojo) de emergencia, que cortará el suministro de energía al motor, deteniéndolo inmediatamente, en caso de alguna falla o error en la programación del mismo.

3.3.2 Control de velocidad. El control de velocidad se realiza a través de un circuito muy común utilizado en motores de corriente alterna, el cual es simplemente un variador de señal a través de un TRIAC.

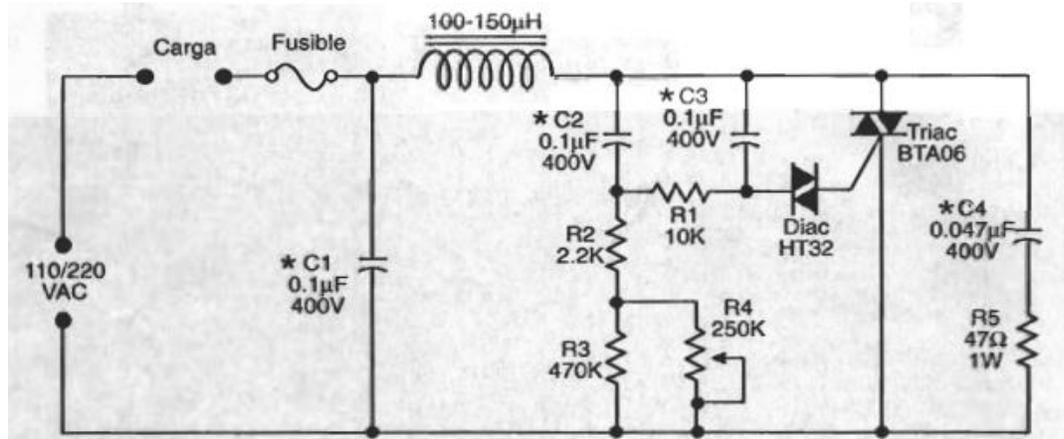
Se ha optado por dejar un control manual a través de un potenciómetro, por recomendación directa de los operarios, dejando la ventaja de realizar cualquier tipo de bobinado, de acuerdo al calibre del alambre (entre más delgado el alambre más lento debe ser el giro), esto porque existe un gran rango del calibre usado en los transformadores y motores y diseñar una tabla con cada valor análogo, no solo lo haría dispendioso, sino más demorado.

Para la realización de este montaje se tuvo en cuenta el diagrama mostrado en la Figura 30.

3.3.3 Control número de espiras. Este se realiza en el módulo arduino, mediante un software grabado en el mismo, una vez finalizado, envía un pulso a un circuito de control, el cual mediante un relé desactiva el paso de voltaje al motor.

Para mayor claridad sobre la programación realizada, referirse al Anexo F, donde se muestra en detalle el código para Arduino uno R3.

Figura 30. Control de velocidad para el motor



Fuente: ELECTRO SCHEMATICS. AC Motor Speed Controller Circuit. [Online]. <<http://www.electroschematics.com/444/motor-speed-regulator-with-triac/>> [consulta: 15 nov. 2014]

3.4 DISEÑO MECÁNICO

Aquí se contemplan las adaptaciones mecánicas en todo el proceso de bobinado, hay que tener en cuenta que no solo el motor realiza parte de estas tareas, ya que el operario estaba encargado de tensionar el alambre para realizar una bobina pareja, esta labor también forma parte del sistema, a continuación se describe como se diseña, para luego ser implementado cada uno de ellos.

3.4.1 Sistema de tensión. Se realiza teniendo en cuenta los mismos principios de los tensores usados en máquinas textiles industriales, los cuales manejan hilos de algodón en lugar de hilos de cobre, la diferencia radica en el tamaño y fuerza que realizan ya que el alambre tiene una diferencia en resistencia y calibre.

Dentro de las múltiples opciones, se encontraron tensores de dos y tres hilos, para este caso se usará el que maneja un solo hilo.

En la Figura 31 se puede apreciar la forma como se varia la tensión sobre un hilo de algodón, mediante el ajuste de una perilla roscada, este mismo proceso será el usado para el hilo de cobre, con la salvedad de que se deben proteger las arandelas de presión para no rayar el esmalte del alambre.

Para la implementación de este módulo, hace falta tener en cuenta que el hilo de cobre, no puede salir directamente del carrete al tensor, ya que la amplitud del carrete, con el eje tan pequeño de entrada del tensor, haría que este se salga del mismo, por tal motivo se debe colocar una polea fija que pueda alinear el ancho del carrete con la entrada precisa del tensor.

Figura 31. Ajuste de tensión mediante perilla y resorte



Fuente: Upper Thread Tensión. [Online].

<<http://www.ebay.com/itm/Adler-189A-INDUSTRIAL-STRENGTH-1958-German-Sewing-Machine-METAL-RELIABLE-DURABLE-/130697010400>

> [Consulta: 15 marzo 2014]

El elemento usado para esta tarea, es simplemente un aislador cerámico de 7.5 cm de diámetro por 8 cm de altura empleado en instalaciones eléctricas, el cual será sujetado en el armazón, a través de una lámina de aluminio, de 5 cm de largo por 2 mm de grosor, misma donde se instalará el tensor.

En la Figura 32, se muestra el aislador usado como polea, la razón de que sea en cerámica, obedece a que el alambre es esmaltado y no debe tener fricción con elementos que puedan desgastar la protección.

Figura 32. Aislador cerámico de 7.5 cm de diámetro por 8cm de alto.

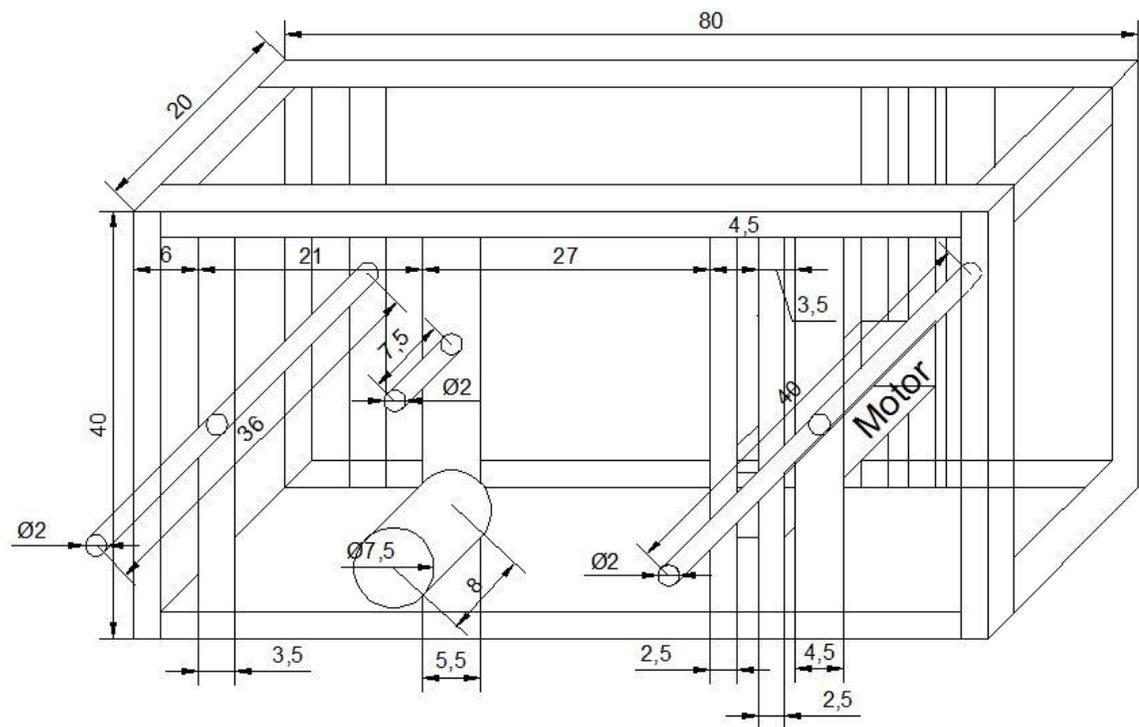


3.4.2 Acople de carrete, tensor y motor. En esta etapa se deben tener en cuenta las distancias dentro de la máquina y los diferentes dispositivos mecánicos para su correcto funcionamiento, primero se describe el orden correcto para el montaje, luego su funcionamiento y por último la distancia dentro de la máquina.

Todas estas medidas se muestran claramente en la Figura 33, vista montaje armazón en aluminio, medidas en centímetros.

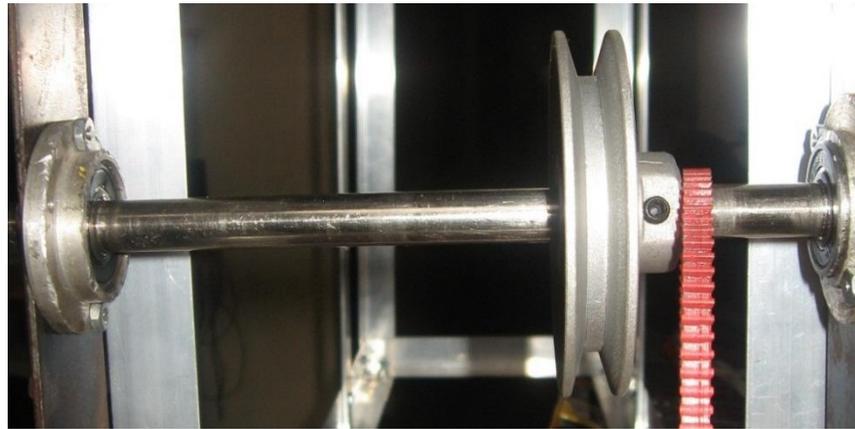
- A. **Tubo de soporte para carrete de alambre**, ubicado en la parte frontal, de derecha a izquierda, tendrá una distancia de 8 cm al centro del tubo, con una altura de 20 cm, se fijará en una lámina de hierro ya que la fuerza que este realiza será grande de acuerdo al tamaño y cantidad de alambre que posea el carrete. La lámina tiene 40 cm de alta, 3.5 cm de ancho y 2 mm de grosor.

Figura 33. Vista montaje armazón en aluminio, medidas en centímetros



- B. Se ubicarán sobre una lámina de aluminio de 40 cm, por 5 cm y 2 mm el **tensor y la polea de cerámica**, de arriba para abajo el tensor se ubicara en 12 cm centrados al ancho de la lámina, la polea estará más abajo a 28 cm medidos desde la parte superior y centrada sobre el ancho de la lámina.
- C. Se instala el **eje sobre el cual se colocará el carrete del transformador**, ubicado con una medida de izquierda a derecha de 64 cm al centro de dos láminas en hierro de 40 cm x 4,5 cm x 2 mm, una en la parte frontal y otra en la parte trasera de la máquina, no solo bastará con colocar la platina, para lograr un movimiento suelto y tener la menor inercia posible, se instalarán dos rodamientos (balineras), en la parte interior de la platina, haciendo uso de una base para rodamientos que será fabricada en torno, en la Figura 34 se ilustra la instalación de los rodamientos con el eje sobre las platinas laterales.

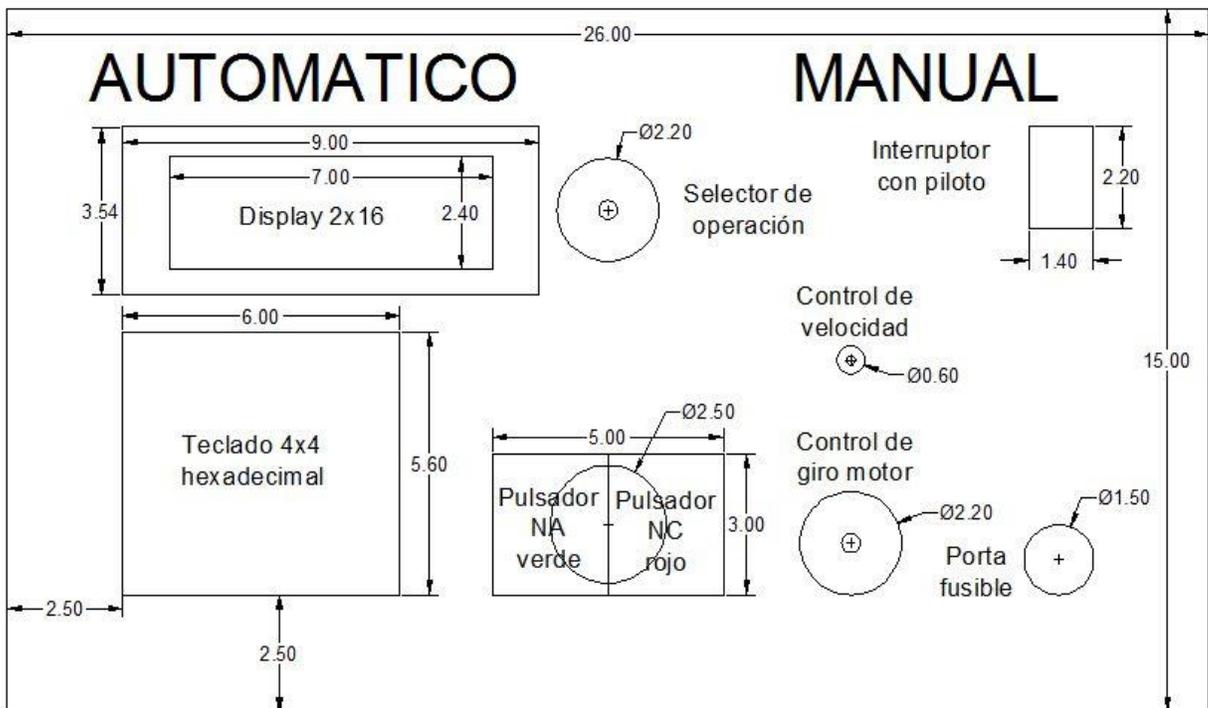
Figura 34. Detalle instalación de los rodamientos



3.5 DISEÑO PANEL FRONTAL.

Aquí se darán las medidas de todos los elementos ya descritos en el apartado de prescripciones técnicas, para mayor facilidad se muestran en la Figura 35.

Figura 35. Diseño panel frontal



Este panel se instalará sobre el armazón de la máquina, centrado y con un espacio de 26 cm de ancho, por 15 cm de alto y 20 cm de largo, su estructura será implementada en ángulos de aluminio, por no requerir de esfuerzos mayores.

Sus caras externas serán cubiertas con la misma lámina de zinc que el armazón, pero teniendo en cuenta que sobre el frente (panel frontal), se realiza un diseño especial que indique claramente los dispositivos y su aplicación.

4. IMPLEMENTACIÓN

4.1 MONTAJE PARTE ESTRUCTURAL

Para realizar el montaje de la estructura básicamente se emplean los siguientes materiales:

- A. Ángulo en aluminio de 1 x 1/16 pulgadas.
- B. Lámina en aluminio de 5 cm x 2 mm.
- C. Lámina en hierro de 3.5 cm x 2 mm.
- D. Lámina en hierro de 5 cm x 2 mm.
- E. Tornillos con arandela y tuerca de 1/16" x 3/8".
- F. Lámina de zinc para cubrir las caras de la máquina una vez terminada.

Las herramientas empleadas para esta tarea son:

- A. Taladro de mediana potencia y broca para los orificios de los tornillos, ejes y tensor.
- B. Segueta para metal.
- C. Pulidora, para hacer cortes y pulir terminaciones.
- D. Pinzas y destornilladores para ajustar tornillos y demás piezas.
- E. Limas redondas y triangulares para limpiar los residuos al cortar y taladrar.

Las medidas del armazón están contempladas en las prescripciones técnicas, aquí se describe la forma como se construye el prototipo.

En la Figura 36, se ilustra la terminación del montaje, hecha para el prototipo de la máquina, conformado por la estructura en aluminio y se muestra la platina en hierro destinada a soportar el eje sobre el que se instala el futuro transformador.

Figura 36. Construcción estructura metálica de la máquina sin panel.



4.2 MONTAJE PARTE MECÁNICA

4.2.1 Sistema de tensión. aquí se realiza la instalación del tensor de alambre, el cual se encarga de mantener constante la fuerza necesaria para lograr un embobinado uniforme, debido al tamaño reducido de los carretes a embobinar, si se tiene suficiente distancia entre el tensor y el transformador, no es necesario de una guía para que las bobinas se enrolen de forma ordenada.

En la Figura 37, se muestra la instalación del tensor sobre una platina de aluminio.

Figura 37. Vista frontal e instalación del tensor y polea sobre platina de aluminio

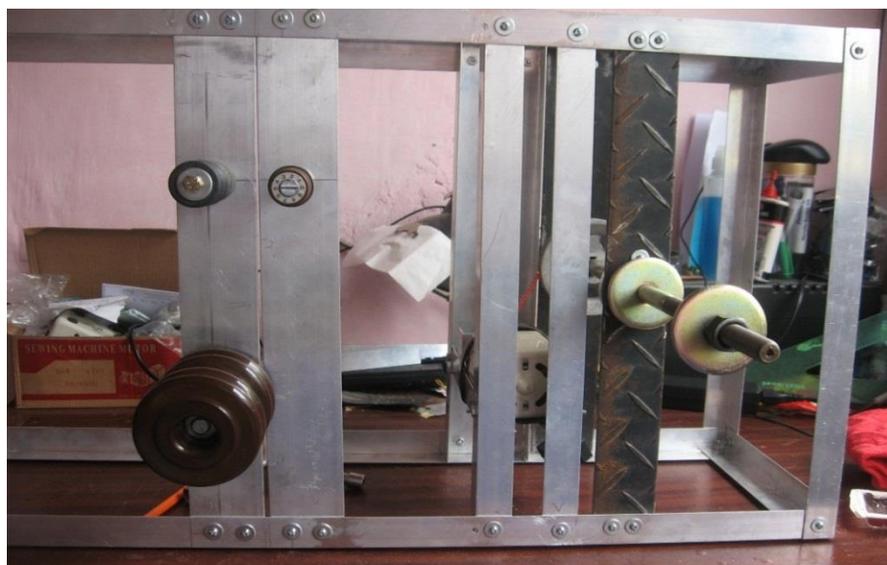


Figura 38. Detalle instalación tensor



4.2.2 Acople de eje y motor. Aquí se realiza la instalación del eje que soporta el carrete del transformador, el cual va conectado al motor a través de una correa dentada, también la instalación de las poleas correspondientes.

En la Figura 39, se muestra el detalle del montaje, puede verse claramente que la polea de menor tamaño se encuentra unida a través de un tornillo al motor y la de mayor tamaño al eje que soporta el transformador

Figura 39. Detalle montaje eje, poleas, correa y motor



4.3 MONTAJE PARTE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Una vez se tiene construido todo el armazón e instalada la parte mecánica, se implementa la circuitería eléctrica y electrónica, para ello se colocan varias láminas

de aluminio que servirán para ajustar la parte de fuente de poder y tarjetas electrónicas.

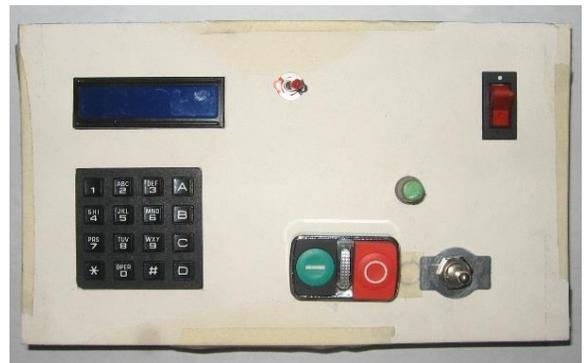
Después se procede a realizar las conexiones de todos los componentes, especialmente las del panel frontal y las tarjetas.

4.4 MONTAJE PANEL FRONTAL

Para implementar esta sección de la máquina, primero se construye la estructura, donde se integran todos los elementos de mando y control, tal como se definió en el apartado 3.5 diseño panel frontal, utilizando ángulos de aluminio y luego una lámina de zinc para cubrir las caras externas.

En la Figura 40, se muestra el detalle del montaje de la estructura del panel sobre el armazón de la máquina, luego de esto se procede a instalar el panel propiamente dicho, sobre la cara frontal con el diseño de los componentes ya ajustados para su correspondiente conexión. En la Figura 41 se puede apreciar el panel ya terminado y ajustado sobre el armazón de la máquina

Figura 40. Montaje estructura panel y dispositivos sobre lámina.



4.5 MONTAJE DE LÁMINAS Y ACCESORIOS FINALES

En este punto ya solo hace falta cubrir la máquina en sus caras, para mejorar la presentación y colocar algunos accesorios de soporte como bases en caucho para dar mayor estabilidad y aislarla eléctricamente de la mesa de trabajo.

En la Figura 42, se puede apreciar el prototipo totalmente terminado, como puede verse se ha cubierto la lámina frontal con un contact de color madera para obtener una mejor presentación.

Figura 41. Montaje panel frontal terminado



Figura 42. Montaje final con láminas de protección



4.6 PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

Una vez hecho el montaje completo, se realiza la puesta en funcionamiento para comprobar los siguientes parámetros:

- A. Verificación del funcionamiento de todos los módulos o bloques.
- B. Embobinado de prueba y calibración de la máquina.
- C. Resultados de la puesta a punto.

En estos aspectos se cuenta con la ayuda de la empresa MAQUIPARTES, a través de la señora JOSEFINA quien suministro los materiales para la elaboración de los transformadores y bobinas de prueba.

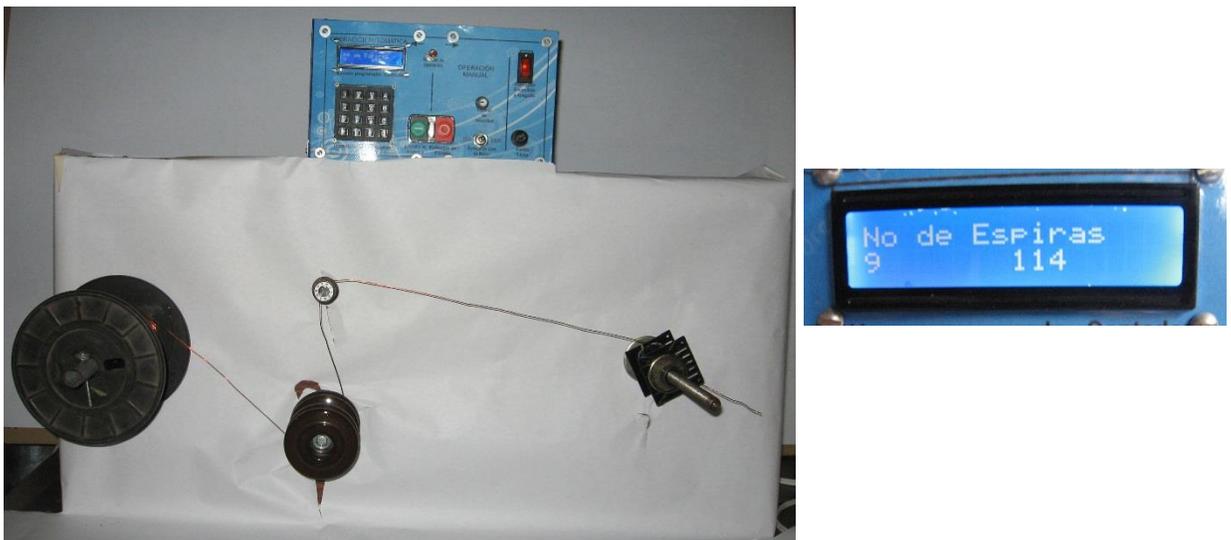
En la Figura 43, se ilustra la puesta en marcha de la máquina con la ubicación de los carretes de alambre y transformador, con el recorrido del alambre en el proceso normal de embobinado.

4.6.1 Verificación del funcionamiento de todos los módulos o bloques. El objetivo principal en este paso, es confirmar que todos los módulos operen de acuerdo al diseño y realicen la tarea que les corresponde en el tiempo indicado, aquí se verifica el trabajo de tres grandes bloques, que son:

- A. Componentes del circuito eléctrico.
- B. Componentes de circuitos electrónicos.
- C. Comportamiento del sistema mecánico.

Como todos estos bloques ya se encuentran funcionando independientemente, la comprobación se realiza en el aspecto de no quedar algún elemento desconectado o creando un falso contacto.

Figura 43. Vista del prototipo en disposición de trabajo



4.6.2 Embobinado de prueba y calibración de la máquina. Una vez verificado que todos los módulos operan de forma correcta, se procede a realizar varios embobinados de prueba donde se encuentra la necesidad de calibrar los siguientes componentes:

- A. Cantidad de brillo e iluminación en el Display LCD.
- B. Sensibilidad en el control de velocidad para el motor.
- C. La velocidad de respuesta al presionar las teclas (software).
- D. Control de tensión por parte del elemento tensor sobre el alambre de cobre.
- E. Velocidad del motor de acuerdo al calibre del bobinado.
- F. Número de vueltas o espiras a las que debe detenerse el motor.
- G. Arranque de trabajo de la máquina.

4.6.3 Resultados de la puesta a punto. Después de que se realizaron las respectivas pruebas se obtuvieron las siguientes mejoras y consideraciones:

- A. Se ajustó el brillo y contraste del display para laborar en jornadas diurnas, ya que el tipo de iluminación cambia de acuerdo a día o la noche.
- B. Se mejoró el circuito de velocidad, cambiando el rango de control mediante el cambio del potenciómetro que se ubica en el panel de control.
- C. Con respecto a la respuesta del teclado sobre la impresión de los caracteres en display no se encontró necesidad de cambiarla.
- D. Control de tensión, aquí se requiere que el operador realice varias pruebas para que tenga un mejor manejo sobre el nivel de tensión sobre el alambre, ya que este ajuste es cien por ciento manual.
- E. Después de trabajar con varios calibres, la mejora que se puede realizar en este sentido es la implementación de una guía gráfica sobre el panel que indique la posición de la perilla de acuerdo a la velocidad requerida, según el calibre a utilizar.
- F. En la práctica el motor como trabaja a bajas velocidades y tiene una carga que mover a través de un acople de poleas y correa, presenta una inercia de al menos un cuarto de vuelta, que en todos los casos representa un porcentaje de error menor al 1 %.
- G. Con respecto al arranque de la máquina, se encontró que el operador debe iniciar la máquina con una baja velocidad y una vez venza la inercia, ubicarla en la velocidad de trabajo, esta operación solo lleva un par de segundos y se recomienda ya que en altas velocidades el arranque puede ser brusco.

5. MANUAL DE TRABAJO

Básicamente la máquina tiene dos modos de operación principales (manual y automático), sin embargo gracias a su flexibilidad presta otros servicios que ayudan en la reparación de motores y transformadores (conteo de espiras, elaboración de bobinas con múltiples devanados, elaboración de grupo de bobinas, inclusión de módulos para bobinas de diferentes tamaños).

En este manual se describe el funcionamiento de los modos de operación principales en el caso puntual para el embobinado en un transformador:

Procedimiento:

- **Primero:** preparar la máquina, antes de prenderla, sin importar cual modo se escoja, se deben instalar los carretes de alimentación (donde viene el alambre esmaltado), y el carrete o formaleta donde se requiere el embobinado (base del transformador o bobina), luego se pasa el alambre por las poleas y el tensor, hasta el transformador asegurando la primer espira.
- **Segundo:** configuración, de acuerdo a la orientación del embobinado se escoge el sentido de giro para el motor (derecha, izquierda). También debe graduarse la velocidad teniendo en cuenta el calibre que se requiere para hacer la bobina.
- **Tercero:** selección de la forma de operación, aquí se define qué tipo de trabajo realizara la máquina, si manual o automática, esto lo se realiza con un selector ubicado en el panel de control.

Operación manual: se utiliza cuando se quieren realizar bobinas con derivación, esto quiere decir que se debe parar la máquina y sacar una conexión de acuerdo a las espiras que se requieran. Pasos a seguir:

- A. Paso uno: iniciar el proceso de embobinado haciendo uso del pulsador de arranque (color verde), aquí puede observarse el número de espiras que se van realizando en el Display, pero no existe control sobre cuantas se harán.
- B. Paso dos: al acercarse el número de espiras, se puede reducir manualmente la velocidad, para luego parar el conteo con el pulsador rojo.
- C. Paso tres: se realiza la conexión para la derivación y se ajusta el alambre para continuar con las espiras faltantes, aquí se puede invertir el giro del motor si es necesario y cambiar la velocidad en caso de cambiar el calibre de la segunda bobina.

D. Pasó cuatro: se repiten los pasos uno y dos hasta completar el embobinado y se apaga la máquina una vez terminado el trabajo.

Operación automática: se utiliza cuando se quiere realizar una sola bobina, esto es no se necesita cambiar el calibre del alambre y no hay derivaciones. Pasos a seguir:

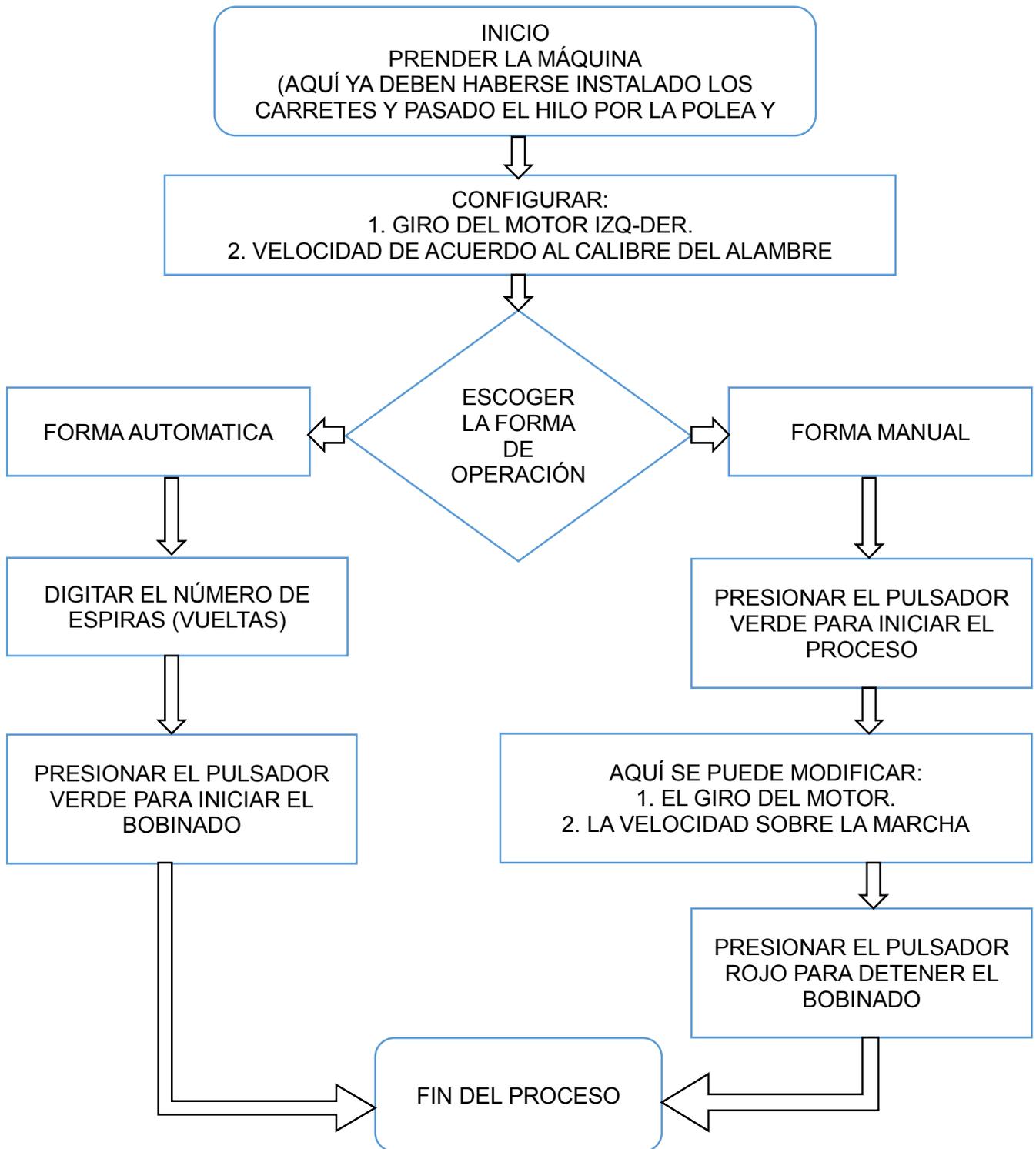
- A. Paso uno: digitar el número de espiras que se requiere en el teclado, asegurarse de ingresar el número correcto, para no tener que frenar la máquina de forma manual.
- B. Paso dos: dar comienzo al embobinado presionando el pulsador de arranque (color verde), aquí empieza el proceso sin intervención del operador.
- C. Paso tres: esperar a que la máquina termine la bobina, apagar la máquina y retirar el molde del transformador.

Para mayor claridad sobre los pasos a seguir, puede verse la Figura 44, donde se ilustra de forma clara y ordenada el principio de funcionamiento de la máquina.

También puede usarse la máquina para tareas adicionales que son propias de taller, aquí se mencionan algunas:

- ✓ Toma de datos en bobinas a reemplazar, utilizando el inversor de giro y el conteo en el Display, caso típico de reparación en transformadores sin datos.
- ✓ Con ayuda de un molde multi-tamaños, realizar juego de bobinas con diferentes polos y calibres.
- ✓ Enrollar de forma rápida otros carretes, para sacar una porción de alambre en caso de querer venderlo.

Figura 44. Manual de trabajo, máquina bobinadora



6. CONCLUSIONES

- ✓ El presente trabajo, ha permitido, utilizar en forma práctica y teórica, los conocimientos adquiridos durante la carrera, empleando electrónica análoga y digital, además se logra el desarrollo de habilidades en el campo mecánico y de sistemas.
- ✓ Se cumplió con el objetivo más importante, que es el de implementar un prototipo de máquina, capaz de realizar bobinados para transformadores y motores que se requieran reparar, con las funciones más empleadas en el ambiente práctico de un taller.
- ✓ Se consigue, un aumento en la producción y calidad de los transformadores a la hora de su construcción, debido a la automatización de la mayor parte de su proceso.
- ✓ El diseño y construcción de este tipo de equipo, no solo beneficia a la empresa que lo implementa, si no también que mejora en gran forma la calidad de vida de los operarios, al liberarlos de malas posturas en tiempos prolongados.

Ventajas y mejoras obtenidas con el prototipo

Al finalizar el presente proyecto, se pueden destacar al menos tres campos donde se realizan mejoras en el proceso de embobinado y el operador de la máquina en taller.

➤ **Mejoras con el nuevo sistema de producción:**

Menor tiempo en la elaboración de transformadores y bobinas para la reparación de motores. Con el mismo número de espiras en un transformador de forma manual, el operador puede llegar a tardar cincuenta minutos, con la máquina el tiempo se reduce a tan solo quince minutos.

Calidad en cuanto a precisión se refiere sube al cien por ciento, ya que el conteo se realiza en forma digital y no depende de cuentas mentales que por cansancio o distracción pueden incurrir en grandes errores y así mismo alterar los valores de voltajes esperados.

Presentación sobre el cuerpo de las bobinas, ya que el sistema de tensión del alambre se incluye en la máquina, este tiende a ser constante y por ende las bobinas se realizan de forma pareja, en el sistema manual, a medida que aumenta el tiempo el operario expresa cansancio muscular y la tensión aumenta o disminuye de acuerdo a la fuerza y resistencia particular en cada operador.

➤ **Calidad de vida del operador:**

Debido a que la máquina realiza el proceso de embobinado, ya no se requiere una persona desarrollando un proceso de fuerza y desgaste físico de manera recurrente, esto repercute fuertemente en la ergonomía de los operarios y en su constitución física, ya que algunos después de llevar varios años en esta labor muestran un desarrollo muscular más grande en el brazo con el que realizan los embobinados que en el otro.

➤ **Aplicación de los estatutos de seguridad industrial:**

Distribución del espacio en taller, en el presente proyecto, se aplican las normas que rige el estatuto de seguridad industrial, frente aspectos como distancia operador máquina, espacio de operación, cantidad de aire requerido en metros cúbicos, altura mínima del techo y textura apropiada del piso en el área de trabajo, todo esto se muestra con más detalle en el Anexo A.

Se tienen en cuenta los riesgos físicos, ergonómicos, mecánicos y eléctricos, esto se ve reflejado en los parámetros de prescripciones técnicas y cálculos, como es el caso de la escogencia del tipo de cable de acuerdo al amperaje que circula por el mismo, visto en tablas diseñadas para este propósito.

7. RECOMENDACIONES.

- ✓ Esta máquina es solo un prototipo, con la habilidad de realizar bobinados para diferentes usos, una mejora sería utilizar un motor con mayor potencia para lograr bobinados de calibre mucho más gruesos.
- ✓ Existen diferentes módulos que se pueden diseñar para utilizar el eje y así realizar bobinados de máquinas específicas, como es el caso de los motores universales.
- ✓ Al expandirse en tantas funciones, no se precisó en algunos diseños que pueden ser mejorados, como el de control de velocidad lineal, ya que al no ser un proceso exacto, el prototipo funciona muy bien.
- ✓ Las posibilidades de estas máquinas son muchas, centralizar más estas funciones en un sistema micro-controlado, ofrece una mayor automatización de la misma.
- ✓ En la forma de trabajo manual, también se podría implementar un control de velocidad, no con potenciómetro en tablero, sino, en con una extensión controlada con el pie, tal cual se realiza con las máquinas de coser industriales.
- ✓ Este prototipo, podría ser automatizado aún más, si se diseñara la forma de alimentar automáticamente los carretes y se guiara la posición del alambre, llegando al punto de no requerir un operador en todo el proceso
- ✓ Se deja abierta la opción de manejar la columna A, B, C y D, del teclado, ya que aunque el teclado es hexadecimal, en el programa no se tuvieron en cuenta.

BIBLIOGRAFÍA

THEODORE WILDI. Máquinas eléctricas y sistemas de potencia. Sexta edición. Capítulo 18 Motors monofásicos. 18.13 Motor universal paginas 412, 413.

Instalación y mantenimiento de motores eléctricos monofásicos, MT.3.4.2.41/02 Edición 02, 5 Modulo, INTECAP (Instituto Técnico de Capacitación y Productividad)

<http://esquemasyelectricidad.blogspot.com/2013/05/esquema-conexion-de-interruptor-con-luz.html>

<http://www.electricasbogota.com/detalles/de-codillo/3665-31443>

<http://italian.alibaba.com/product-gs-img/black-plastic-cable-reel-for-wire-manufacturer--437430482.html>

<http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>

<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/127934/ETC1/JHD162A.html>

<http://www.abcelectronica.net/productos/teclados/>

http://atlaslevy.3dcartstores.com/Complete-Home-Sewing-Machine-Motor-w-foot-control_p_2867.html

<http://fritzing.org/download/>

ANEXOS

Anexo A. Estatuto de seguridad industrial, título II, capítulo I, edificios y locales

TÍTULO II

2.2 De los inmuebles destinados a establecimientos de trabajo.

CAPÍTULO I

2.2.1 Edificios y locales.

Artículo 4º. Todos los edificios destinados a establecimientos industriales, temporales o permanentes, serán de construcción segura y firme para evitar el riesgo de desplome; los techos o cerchas de estructura metálica, presentaran suficiente resistencia a los efectos del viento, y a su propia carga; los cimientos y pisos presentarán resistencia suficiente para sostener con seguridad las cargas para las cuales han sido calculados, y ningún cimiento o piso será sobrecargado por encima de la carga normal:

El factor de seguridad para el acero estructural con referencia a la carga de rotura, será por lo menos de cuatro (4) para las cargas estáticas, y por lo menos de seis (6) para las cargas vivas o dinámicas, y será correspondientemente más alto para otros materiales; además se dispondrá de un margen suficiente para situaciones anormales.

Parágrafo. Las edificaciones permanentes o temporales para fines de industria, comercio o servicios, tendrán su extensión superficial en correcta relación con las labores, procesos u operaciones propias de las actividades desarrolladas, y con el número de trabajadores para evitar acumulación excesiva, hacinamiento o distribución inadecuada que impliquen riesgos para la salud.

Artículo 5º. Las edificaciones de los lugares de trabajo permanente o transitorio, sus instalaciones, vías de tránsito, servicios higiénico-sanitarios y demás dependencias deberán estar construidas y conservadas en forma tal que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores y del público en general.

Parágrafo. Las instalaciones, máquinas, aparatos, equipos, canalizaciones y dispositivos complementarios de los servicios de agua potable, desagüe, gas industrial, tuberías de flujo, electricidad, ventilación calefacción, refrigeración, deberán reunir los requisitos exigidos por las reglamentaciones vigentes, o que al efecto se dicten sobre la materia.

Artículo 6º. En la construcción, reformas o modificaciones de los inmuebles destinados a establecimientos de trabajo, se deberán tener en cuenta, además de

los requisitos exigidos en el artículo quinto, los corredores, pasadizos, pasillos, escaleras, rampas, ascensores, plataformas, pasamanos, escalas fijas y verticales en torres, chimeneas o estructuras similares que serán diseñados y construidos de acuerdo a la naturaleza del trabajo y dispondrán de espacio cómodo y seguro para el tránsito o acceso de los trabajadores.

Artículo 7º. Todo local o lugar de trabajo debe contar con buena iluminación en cantidad y calidad, acorde con las tareas que se realicen; deben mantenerse en condiciones apropiadas de temperatura que no impliquen deterioro en la salud, ni limitaciones en la eficiencia de los trabajadores. Se debe proporcionar la ventilación necesaria para mantener aire limpio y fresco en forma permanente.

Artículo 8º. Los locales de trabajo tendrán las dimensiones necesarias en cuanto a extensión superficial y capacidad de los locales, de acuerdo con los requerimientos de la industria, para una mejor distribución de equipos, aparatos, etc., en el flujo de materiales, teniendo en cuenta el número de trabajadores en cada lugar de trabajo.

Artículo 9º. La superficie de pavimento por trabajador no será menor de dos (2) metros cuadrados, con un volumen de aire suficiente para 11,5 metros cúbicos, sin tener en cuenta la superficie y el volumen ocupados por los aparatos, equipos, máquinas, materiales, instalaciones, etc. No se permitirá el trabajo en los locales cuya altura del techo sea menor de tres (3) metros, cualquiera que sea el sistema de cubierta.

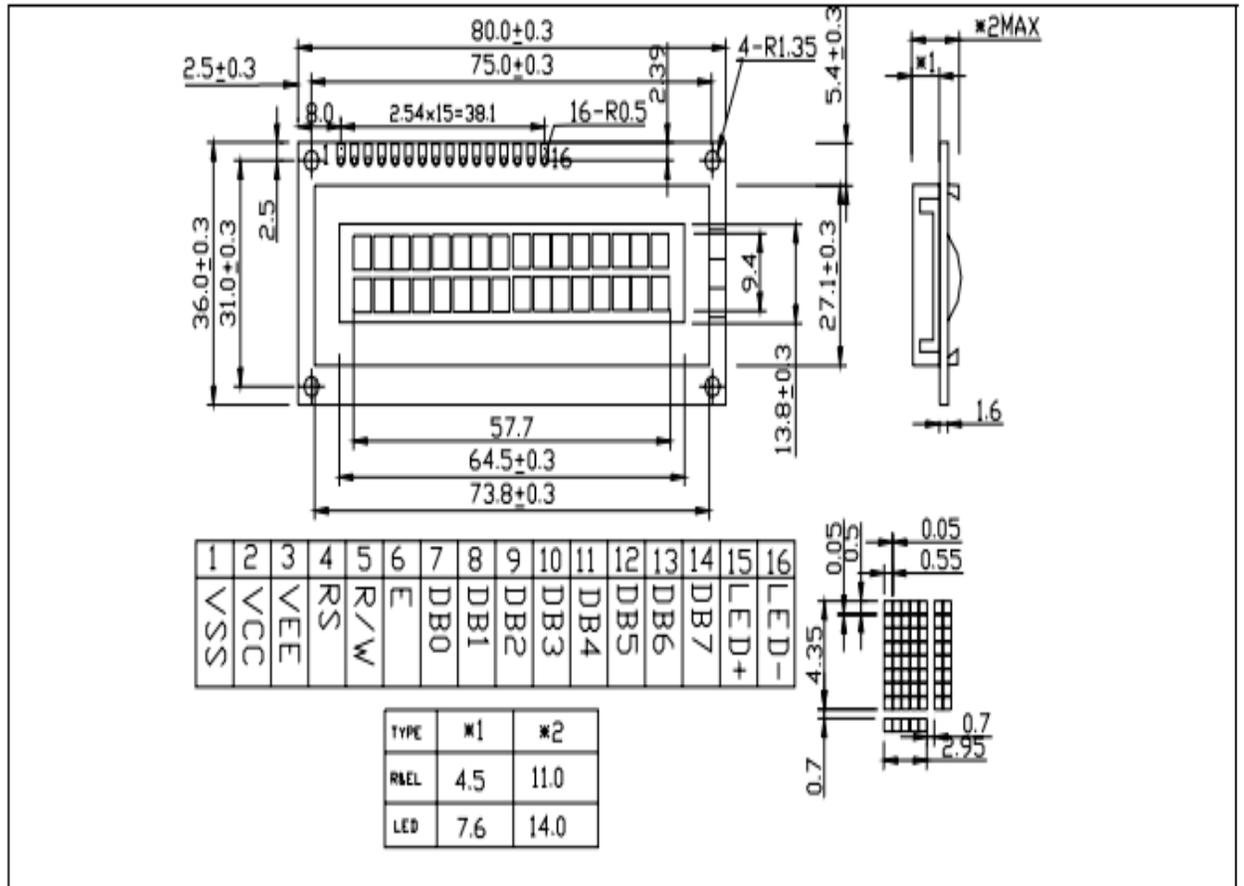
Parágrafo. El piso pavimento constituirá un conjunto homogéneo y liso sin soluciones de continuidad; será de material resistente, antirresbaladizo y en lo posible fácil de ser lavado.

Artículo 10º. En las cercanías de hornos, hogares, y en general en todas las operaciones en donde exista el fuego, el pavimento en las inmediaciones de éstas será de material incombustible, en un radio de un (1) metro. Se procurará que todo el pavimento se encuentre al mismo nivel; en caso de existir pequeños escalones, estos se sustituirán por rampas de pendiente suave, para salvar las diferencias de altura entre un lugar y otro.

Anexo B. Tabla de calibres por amperios

Codigo AWG	Diametro del conductor (mm)	Ohmios por kilometro	Amperaje maximo para distancias cortas	Amperaje maximo para distancias largas
OOOO	11.684	0.16072	380	302
OOO	10.40384	0.202704	328	239
OO	9.26592	0.255512	283	190
0	8.25246	0.322424	245	150
1	7.34822	0.406392	211	119
2	6.54304	0.512664	181	94
3	5.82676	0.64616	158	75
4	5.18922	0.81508	135	60
5	4.62026	1.027624	118	47
6	4.1148	1.295928	101	37
7	3.66522	1.634096	89	30
8	3.2639	2.060496	73	24
9	2.90576	2.598088	64	19
10	2.58826	3.276392	55	15
11	2.30378	4.1328	47	12
12	2.05232	5.20864	41	9.3
13	1.8288	6.56984	35	7.4
14	1.62814	8.282	32	5.9
15	1.45034	10.44352	28	4.7
16	1.29032	13.17248	22	3.7
17	1.15062	16.60992	19	2.9
18	1.02362	20.9428	16	2.3
19	0.91186	26.40728	14	1.8
20	0.8128	33.292	11	1.5
21	0.7239	41.984	9	1.2
22	0.64516	52.9392	7	0.92
23	0.57404	66.7808	4.7	0.729
24	0.51054	84.1976	3.5	0.577
25	0.45466	106.1736	2.7	0.457
26	0.40386	133.8568	2.2	0.361
27	0.36068	168.8216	1.7	0.288
28	0.32004	212.872	1.4	0.226
29	0.28702	268.4024	1.2	0.182
30	0.254	338.496	0.86	0.142
31	0.22606	426.728	0.7	0.113
32	0.2032	538.248	0.53	0.091

Anexo C. Especificaciones técnicas display JHD162A de 2x16



■ PIN CONFIGURATION

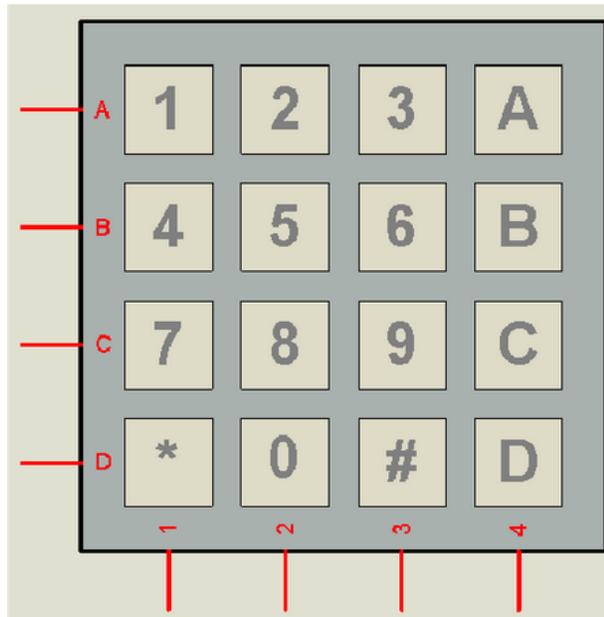
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
VSS	VCC	VEE	RS	R/W	E	DB0	DB1	DB2	DB3	DB4	DB5	DB6	DB7	LED+	LED-

■ AC Characteristics Read Mode Timing Diagram

Anexo D. Especificaciones técnicas teclado matricial 4x4 hexadecimal

Características:

- Teclado matricial de 16 teclas
- 10 números, 4 letras, el # y *
- 4 pines para columna y 4 pines para filas
- Cuerpo plástico
- Compatible con header macho 40x1
- Voltaje alimentación: 3 a 5 VDC
- Medidas: 7cm x 7cm x 0.5cm (aprox)



Anexo E. Especificaciones técnicas de arduino uno R3

El Arduino Uno es una placa electrónica basada en el microprocesador Atmega328 (ficha técnica). Tiene 14 pines digitales de entrada / salida (de las cuales 6 se puede utilizar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un 16 MHz resonador cerámico, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para apoyar el microcontrolador, basta con conectarlo a un ordenador con un cable USB o el poder con un adaptador AC-DC o batería para empezar.

Características:

Microcontroladores	ATmega328
Voltaje de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límites)	6-20V
Pines E / S digitales	14 (de los cuales 6 proporcionan PWM)
Pines de entrada analógica	6
DC Corriente por I / O Pin	40 mA
Corriente CC para Pin 3.3V	50 mA
Memoria Flash	32 KB (ATmega328) de los cuales 0,5 KB utilizado por gestor de arranque
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Velocidad del reloj	16 MHz

Anexo F. Programación en Arduino uno R3

```
//Programa Bobinadora electrónica CEGTRONIC
#include <Keypad.h> // Librería para teclado
// Empieza código necesario para teclado
const byte filas = 4;
const byte columnas = 3;
byte pinsFilas[filas] = {14, 15, 16, 17}; //el orden de F1 F2 F3 F4
byte pinsColumnas[columnas] = {8, 7, 6}; //en el orden C1 C2 C3
char teclas[filas][columnas]={
    {'1','2','3'},
    {'4','5','6'},
    {'7','8','9'},
    {'*','0','#'},
};
Keypad teclado = Keypad(makeKeymap(teclas), pinsFilas, pinsColumnas, filas,
columnas); //terminación código necesario
char tecla; //variables y constantes usados para el teclado
int numero=1;
#include <LiquidCrystal.h> // librería para el LCD de 2x16
// inicialización de la librería con la interfaz del número de pines
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
const int boton = 18; // entrada del sensor contador de vueltas
const int tiempoAntirebote = 10;
int cuenta=0; //variables y constantes usada en el
int estadoBoton; // programa anti rebote del teclado
int estadoBotonAnterior;
// Aquí empieza el programa anti rebote para la entrada de pulsos
boolean antirebote(int pin)
{
    int contador = 0;
    boolean estado; // guarda el estado del botón
    boolean estadoAnterior; //guarda el ultimo estado del botón

    do{
        estado = digitalRead(pin);
        if(estado != estadoAnterior){
            contador = 0;
            estadoAnterior = estado;
        }
        else {
            contador = contador + 1;
        }
    }
}
```

```

    while(contador < tiempoAntirebote);
    return estado;
}
// terminacion programa antirebote

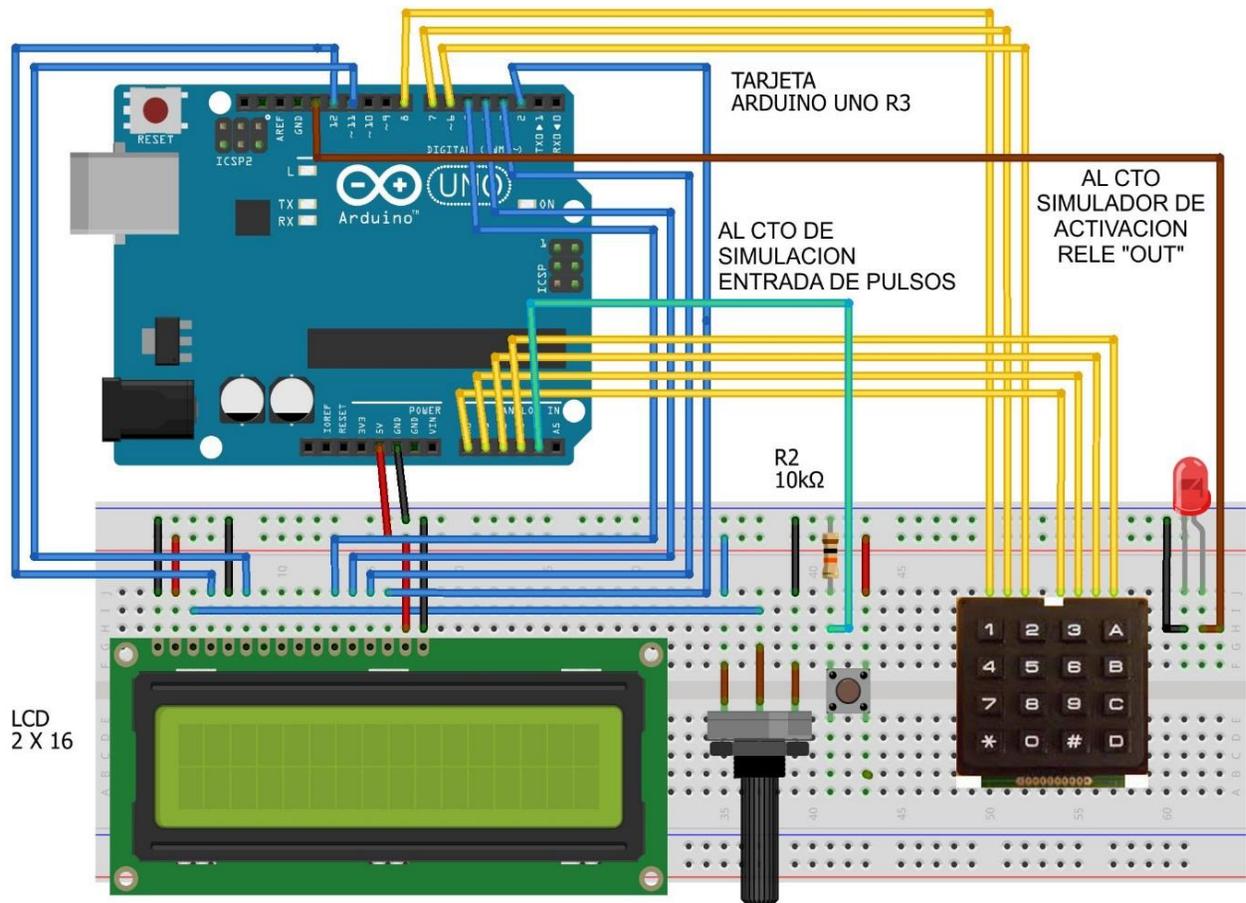
void setup()
{
    pinMode(18,INPUT);    //declaración de pines de entrada y salida
    pinMode(13,OUTPUT);
    lcd.begin(16, 2);    //programación uso de columnas y filas en LCD
    lcd.print("No de Espiras"); //imprime mensaje en el LCD
    lcd.setCursor(8, 1);
    lcd.print(cuenta);

}

void loop() {
    tecla=teclado.getKey();
    if(tecla != NO_KEY) {    //si se presiona una tecla
        numero = tecla - 48;    // convertimos el carácter a valor numérico
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print(numero);    //imprime el numero en el LCD
    }
    estadoBoton = digitalRead(boton);
    if(estadoBoton != estadoBotonAnterior){
        if(antirebote(boton))
            cuenta++;
        lcd.setCursor(8, 1);
        lcd.print(cuenta);
        estadoBotonAnterior = estadoBoton;
    }
    if ( cuenta==numero)
    {
        digitalWrite( 13,HIGH ); // envía un pulso alto al pin 13
    }
    //para activación del relé
}

```

Anexo G. Vista montaje de prueba, para arduino y sus periféricos



Made with Fritzing.org