



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
SEMIAUTOMÁTICO DE ESTAMPADO DE TRANSFER PARA LA
EMPRESA A5 REPRESENTACIONES**

AUTOR: UNTUÑA LLUMIQUINGA, LEONARDO FERNANDO

DIRECTOR DEL PROYECTO: ING. OROZCO, LUIS

SANGOLQUÍ

2017



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "Diseño e implementación de un sistema semiautomático de estampado de transfer para la empresa A5 Representaciones" realizado por el señor Leonardo Fernando Untuña Llumiquinga, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor Leonardo Fernando Untuña Llumiquinga para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 1 septiembre de 2017

Atentamente,

Ing. Luis Orozco Brito

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Leonardo Fernando Untuña Llumiquinga, con cédula de identidad N°1722470711, declaro que este trabajo de titulación "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO DE ESTAMPADO DE TRANSFER PARA LA EMPRESA A.E. REPRESENTACIONES" ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, 1 de septiembre del 2017

Leonardo Fernando Untuña Llumiquinga

Ci: 1722470711



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL

AUTORIZACIÓN

Yo, Leonardo Fernando Untuña Llumiquinga, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO DE ESTAMPADO DE TRANSFER PARA LA EMPRESA A5 REPRESENTACIONES" cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 1 de septiembre del 2017

Leonardo Fernando Untuña Llumiquinga

Ci: 1722470711

DEDICATORIAS

Este trabajo va dedicado especialmente a mi madre, Gladys quien con su infinito apoyo, con ejemplo de esfuerzo, trabajo y sus sabias palabras me ha sabido guiar a lo largo de este transcurso que está llegando a su fin.

De igual manera a mi padre, a mis hermanas y hermano quienes me han apoyado en circunstancias adversas y así poder llegar a este momento importante de mi vida.

Fernando

AGRADECIMIENTOS

A Dios que me da la vida y la fuerza para seguir hacia delante cada día.

A mi madre quien siempre me ha apoyado en lo que he decidido y con sus palabras me guía para superarme día a día. A mi padre, a mis hermanas y hermano que han sido parte fundamental de esta etapa de mi vida.

A la familia Arciniega, en especial a Cristian que ha sido un amigo en la buenas y las malas tanto en la vida universitaria y especialmente afuera.

Finalmente, agradezco a mi director Ing. Luis Orozco, por su paciencia y sabiduría ha sabido guiarme hacia la culminación del presente trabajo.

Fernando

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIAS	V
AGRADECIMIENTOS	VI
ÍNDICE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación	2
1.3. Alcance del proyecto	4
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. General.....	6
1.4.2. Específicos	6
CAPÍTULO 2	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1. Sistemas de estampados	7
2.1.1 Métodos de estampados	7
2.1.1.1. Estampado mediante sublimado.....	7
2.1.1.2. Estampado mediante transfer	8
2.2. Tipos de máquinas estampadoras.....	9
2.3. Descripción general del proceso de estampado por transfer.....	10
2.4. Sistema semiautomático de estampado por transfer.....	11
2.4.1 Actuadores	11
2.4.2 Instrumentación.....	13
2.4.3 Controlador.....	15
2.4.4 Interfaz Humano-Máquina	16
CAPÍTULO 3	20

DISEÑO DEL SISTEMA DE ESTAMPADO	20
3.1. Diseño mecánico del sistema de estampado por transfer	20
3.1.1. Cilindro fusor	21
3.1.2. Campana de calentamiento.....	22
3.1.3. Resistencia eléctrica.....	23
3.1.4. Estructura del sistema de estampado	24
3.1.5. Base de estampado	25
3.2. Diseño del sistema actuador	26
3.2.1. Comparativa entre diferentes tipos de actuadores	27
3.2.2. Actuador eléctrico para rotación del cilindro fusor.....	27
3.2.3. Actuador neumático.....	29
3.3. Sistema de Control para el estampado de transfer.....	33
3.3.1. Planta del sistema de estampado de transfer	33
3.3.2. Control de la temperatura del cilindro fusor.....	33
3.3.3. Control de la velocidad del cilindro fusor.....	34
3.4. Instrumentación (Sensor)	34
3.4.1. Medición de temperatura.....	34
3.4.2. Medición velocidad cilindro fusor.....	36
3.4.3. Alarma del sistema.....	36
3.4.4. Descripción de la alarma	37
3.5. Diseño del controlador.....	37
3.5.1. Diagrama de bloques entradas y salidas del controlador	40
3.5.2. Diseño control Todo Nada.....	41
3.5.3. Descripción del sistema y diagrama de flujos.....	44
3.5.4. Diseño del panel de control	47
3.5.5. Ubicación del controlador	49
3.6. Diseño del sistema de comunicación.....	50
3.7. Interfaz eléctrica entre controlador y actuador.....	51
3.8. Diseño del sistema eléctrico	52
3.8.1. Conexión eléctrica del sistema de estampado	52
3.8.2. Protección eléctrica	55
3.9. Diseño Interfaz Humano – Máquina (HMI)	56
3.9.1. Interfaz Humano-Máquina	56

CAPÍTULO 4	59
IMPLEMENTACIÓN, PRUEBAS Y RESULTADOS	59
4.1 Implementación.....	59
4.1.1 Estructura base	59
4.1.2 Base de estampado	59
4.1.3 Actuador neumático.....	60
4.1.4 Campana de calentamiento.....	61
4.1.5 Montaje del panel de control	63
4.1.6 Montaje controlador.....	64
4.2 Pruebas y Resultados	65
4.2.1 Conexión eléctrica.....	65
4.2.2 Funcionamiento de la pantalla Nextion.....	66
4.2.3 Prueba No.1 Rangos de temperatura.....	70
4.2.4 Prueba No.2 Temperatura constante en el cilindro	72
4.2.5 Prueba No.3 Perturbaciones temperatura	73
4.2.6 Prueba No.4 Perturbaciones en la velocidad	77
4.2.7 Prueba No.5 Estampado en taza	78
4.2.8 Prueba No.6	79
4.2.9 Prueba No.7	80
4.2.10 Prueba No.8 Estampado en esfero	81
4.2.11 Prueba No.9	82
4.2.12 Prueba No.10	82
CAPÍTULO 5	86
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
5.1. Conclusiones	86
5.2. Recomendaciones	88
BIBLIOGRAFÍA	90

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Rango de temperaturas según el material a estampar	2
Tabla 2. Características actuadores neumáticos, hidráulicos y eléctricos	13
Tabla 3. Tipos de termocuplas.....	14
Tabla 4. Parámetros diseño de resistencia.....	24
Tabla 5. Comparativa actuadores	27
Tabla 6. Escala de valoración prestaciones de los actuadores.....	27
Tabla 7. Características motor Dayton.....	28
Tabla 8. Comparación actuadores neumáticos.....	30
Tabla 9. Características cilindro XCPC.....	30
Tabla 10. Comparación electroválvulas	31
Tabla 11. Características electroválvula US Solid	32
Tabla 12. Características termocupla tipo k.....	35
Tabla 13. Características controlador necesario.....	38
Tabla 14. Tipos de tarjetas Arduino	39
Tabla 15. Características pantalla Nextion	49
Tabla 16. Elementos del sistema eléctrico.....	53
Tabla 17. Medición temperatura en las secciones del cilindro	72
Tabla 18. Prueba 1 con temperatura ambiente 22°C	75
Tabla 19. Prueba 2 con temperatura ambiente a 18°C	75
Tabla 20. Prueba 3 con temperatura ambiente a 12°C	75
Tabla 21. Prueba de velocidad	77
Tabla 22. Comparativa de pruebas 5, 6 y 7	84
Tabla 23. Comparativa de pruebas 8, 9 y 10	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Máquinas de estampados para patinetas y para botellas.....	3
Figura 2. Prototipo del sistema semiautomático de estampado de transfers	4
Figura 3. Proceso de estampado.....	7
Figura 4. Estampado mediante sublimado	8
Figura 5. Estampado mediante transfer	8
Figura 6. Tipos de máquinas estampadoras.....	9
Figura 7. Funcionamiento del sistema de estampado	10
Figura 8. Representación de las electroválvulas según su posición y vías.	12
Figura 9. Encoder	15
Figura 10. Micro PLC.....	15
Figura 11. Tarjeta Arduino Uno	16
Figura 12. Pantallas nextion de diferentes tamaños.....	17
Figura 13. Interfaz Software Nextion	17
Figura 14. Prototipo mecánico para sistema estampado.....	20
Figura 15. Cilindro Fusor	21
Figura 16. Campana de calentamiento.....	22
Figura 17. Acople campana calentamiento y cilindro	22
Figura 18. Prototipo Estructura Sistema Estampado.....	25
Figura 19. Base para el estampado.....	25
Figura 20. Vista inferior sistema de estampado.....	26
Figura 21. Motor DC Dayton.....	28
Figura 22. Acople del motor y cilindro fusor.....	28
Figura 23. Ubicación cilindro neumático	29
Figura 24. Cilindro neumático XCPC.....	30
Figura 25. Electroválvula US Solid	31
Figura 26. Ubicación de la electroválvula	32
Figura 27. Planta sistema de estampado	33
Figura 28. Diagrama de bloques control temperatura	33
Figura 29. Diagrama de bloques control velocidad.....	34
Figura 30. Termocupla tipo K	35
Figura 31. Ubicación sensor temperatura.....	35
Figura 32. Encoder	36

Figura 33. Sensor mecánico.....	36
Figura 34. Ubicación sensor mecánico.....	37
Figura 35. Arduino mega2560	40
Figura 36. Diagrama de bloques entradas y salidas.....	40
Figura 37. Control todo nada	42
Figura 38. Control todo nada con Histéresis.....	42
Figura 39. Diagrama de control todo nada	43
Figura 40. Diagrama de flujo del control del sistema de estampado	44
Figura 41. Subrutina de la lectura de la pantalla Nextion	45
Figura 42. Subrutina del control todo nada.....	46
Figura 43. Subrutina del control de velocidad.....	47
Figura 44. Panel de control.....	48
Figura 45. Interior del panel de control	48
Figura 46. Ubicación del panel de control	49
Figura 47. Ubicación del controlador	50
Figura 48. Comunicación serial entre Arduinos	50
Figura 49. Pantalla Nextion comunicación serial	51
Figura 50. Interfaz conexión Arduino mosfet motor	51
Figura 51. Mosfet IRF520	52
Figura 52. Cable #16 AWG.....	52
Figura 53. Cable UTP para conexión Arduino	52
Figura 54. Relé estado sólido	56
Figura 55. Termomagnético de protección del sistema	56
Figura 56. Ventana de inicio del HMI.....	57
Figura 57. Ventana Principal del HMI	57
Figura 58. Estructura base del sistema	59
Figura 59. Base de estampado.....	60
Figura 60. Actuador neumático con la platina.....	60
Figura 61. Actuador adaptado a la estructura base.....	61
Figura 62. Ubicación de la electroválvula	61
Figura 63. Campana con cilindro fusor.....	62
Figura 64. Campana con resistencia eléctrica.....	62
Figura 65. Campana acoplada con cilindro fusor y resistencia.....	63
Figura 66. Vista frontal del panel de control	63

Figura 67. Vista posterior del panel de control	64
Figura 68. Botón enclavado para el actuador neumático	64
Figura 69. Controlador en el interior del panel de control	65
Figura 70. Prueba eléctrica 1	65
Figura 71. Prueba eléctrica 2	66
Figura 72. Ventana de inicio del HMI	66
Figura 73. Ventana Principal del HMI	67
Figura 74. Logo empresa A5 Representaciones	67
Figura 75. Logo de la universidad	67
Figura 76. Sección para poder acceder a la pantalla principal	68
Figura 77. Sección izquierda correspondiente a temperatura	68
Figura 78. Sección derecha correspondiente a la velocidad	69
Figura 79. Prueba táctil de la pantalla nextion	69
Figura 80. Prueba temperaturas altas	71
Figura 81. Prueba temperaturas bajas	71
Figura 82. Temperatura en las 3 secciones del cilindro	73
Figura 83. Representación para cada valor de la prueba	73
Figura 84. Prueba temperatura con pistola laser	74
Figura 85. Sensor Humedad Relativa DHT21	74
Figura 86. Temperatura ambiente vs variación temperatura.	76
Figura 87. Encoder adaptado al eje del cilindro	77
Figura 88. Baja temperatura Alta velocidad	79
Figura 89. Temperatura y velocidad media	80
Figura 90. Temperatura alta y velocidad baja	80
Figura 91. Esfero temperatura baja y velocidad alta	81
Figura 92. Estampado con menos irregularidades	82
Figura 93. Combinación de estampado adecuada	83
Figura 94. Porcentaje estampado vs temperatura en taza	84
Figura 95. Porcentaje estampado vs temperatura en esfero	85

RESUMEN

El estampado mediante transfer en la actualidad necesita de máquinas especiales para cada forma del objeto a estampar, el desarrollo de este proyecto busca solventar este problema, diseñando e implementando una sola máquina que sea capaz de realizar el estampado para diferentes formas de objetos. El presente documento detalla el proceso de diseño e implementación de un sistema semiautomático de estampado de transfer para la empresa A5 Representaciones. El desarrollo del proyecto se dividió en tres etapas: 1.- diseño mecánico, eléctrico y electrónico, 2.- diseño del sistema de control, 3.- implementación del sistema previamente diseñado y pruebas. El documento constará de cinco capítulos donde se detalla lo anterior mencionado.

PALABRAS CLAVE:

- **TRANSFER**
- **ESTAMPADO**
- **SEMIAUTOMÁTICO**

ABSTRACT

Transfer printing currently requires special machines for each shape of the object to be stamped. The development of this project seeks to solve this problem by designing and implementing a single machine that is capable of stamping for different forms of objects. This document details the process of design and implementation of a semiautomatic transfer printing system for the company A5 Representaciones. The development of the project was divided into three stages: 1.- mechanical, electrical and electronic design, 2.- design of the control system, 3.-implementation of the previously designed system and tests. The document will consist of five chapters detailing the above mentioned.

KEYWORDS:

- **TRANSFER**
- **STAMPING**
- **SEMIAUTOMATIC**

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

En los últimos años la industria publicitaria ha ido avanzando conjuntamente con el desarrollo de la tecnología, razón por la cual es necesario implementar nuevas tendencias tecnológicas que permitan la mejora de los procesos de producción, mediante la automatización de dichos procesos en las empresas.

A5 Representaciones es una empresa dedicada a ofrecer todo tipo de publicidad, su principal meta es ofrecer a los clientes, productos que cumplan con el objetivo principal de la publicidad que es impulsar sus ventas.

En la actualidad, el estampado publicitario mediante el aplique de transfer, en la empresa de publicidad A5 Representaciones se realiza de forma manual y con ciertos contratiempos, lo cual conlleva un incremento en el costo final de producción.

Existe gran diversidad de publicidad, razón por la cual vasos, esferos o cualquier superficie en la que pueda aplicar dicha publicidad es válida, esto es posible gracias al estampado de dicha publicidad mediante el uso de láminas de transfer.

La gran ventaja del papel transfer radica en que se puede utilizar la misma impresora láser que se emplea para imprimir papel normal, es decir, la inversión inicial es muy baja, porque se aprovecharía la impresora doméstica/de oficina para imprimir el transfer con el dibujo, diseño o frase que se desea estampar.

Otra gran ventaja del estampado mediante láminas transfer es que, mediante la temperatura, el contenido del transfer se adhiere a la superficie deseada, mientras que otro tipo de estampado como la serigrafía se realiza por capas, es decir, primero hay que adherir una capa y esperar a que se seque para poder aplicar la siguiente capa, lo cual conlleva más tiempo en el proceso de estampado.

Una vez que estas láminas de transfer estén listas con los logos, frases o lo que la empresa desea que sea publicitado, gracias al calor, estos transfers, se adhieren a la superficie de los materiales requeridos por el cliente, los más usados son los presentados en la tabla 1:

Tabla 1. Rango de temperaturas según el material a estampar

Material	Temperatura [°C]
Aluminio	200
Plásticos	90 – 180
Sublimables	
Textiles	195
Cartón	20 – 180
Cerámica	250
Vidrio	200
PVC	175

Fuente: (Colormake, 2016)

1.2. Justificación

En la actualidad existen máquinas de estampados de transfers, desarrolladas para una aplicación específica, como se indica en la figura 1, estos tipos de máquinas pueden ser empleadas para el estampado en patinetas, estampado en botellas, entre otros.

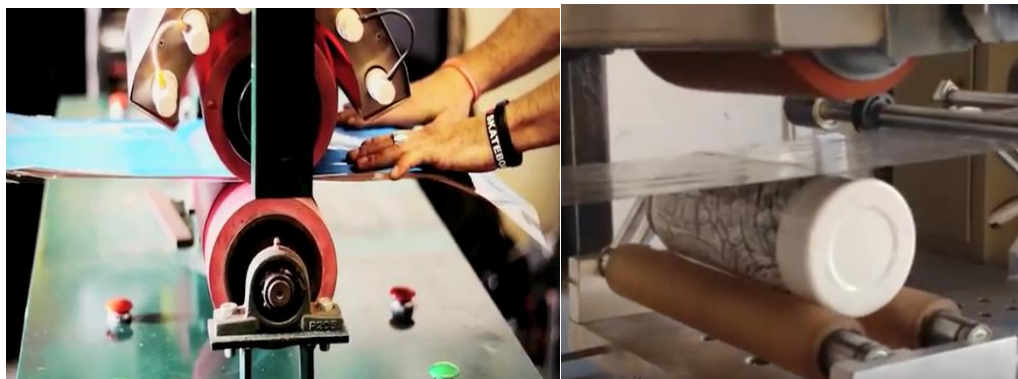


Figura 1. Máquinas de estampados para patinetas y para botellas

Fuente: (Polestardistribution, 2011)

Lo que se busca con este proyecto, es diseñar e implementar una máquina de estampados, que no se rija a un tipo de estampado determinado, es decir, que con la misma máquina se pueda realizar estampados tanto para superficies planas como cilíndricas. De esta manera, la empresa A5 Representaciones, ofrecería el estampado de transfers, ya sea en superficies cilíndricas o planas y en los materiales presentados en la tabla 1, de acuerdo a las necesidades del cliente.

Este estampado publicitario es solicitado en materiales tanto cilíndricos como planos y es realizado por los operarios en varios procesos dependiendo de la máquina a utilizar, por lo cual la principal razón de la automatización del sistema de estampado de transfer, es la optimización de tiempos de ejecución del proceso, facilitando las condiciones óptimas para el mejoramiento del aplique del transfer.

La falta de organización del proceso, es otro factor muy importante, ya que el estampado publicitario es realizado por varios operarios, con la implementación de este sistema, se busca un proceso de producción organizado, ya que se permitiría que sea un solo operario el que se encargue de la monitorización y supervisión del sistema, para que otros operarios desarrollen otros tipos de funciones laborales, obteniendo así un sistema de producción más eficaz y eficiente.

1.3. Alcance del proyecto

Para el presente proyecto del sistema semiautomático de estampado de transfers al calor, se propondrá un prototipo que tiene cuatro partes principales mostradas en la figura 2:

- Actuador.
- Elementos de calentamiento.
- Cilindro fusor.
- Base regulable.

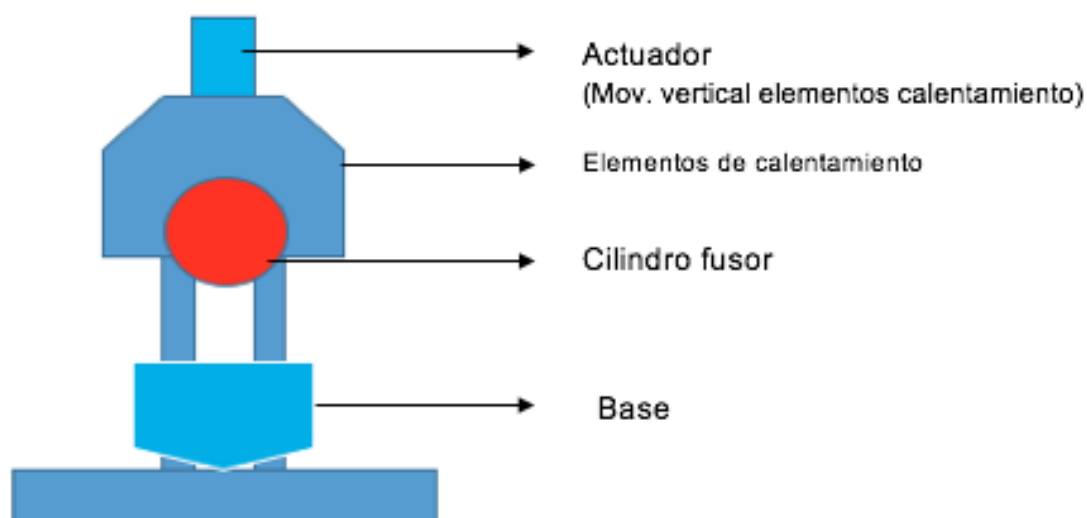


Figura 2. Prototipo del sistema semiautomático de estampado de transfers

El actuador tiene la función de hacer subir o bajar la parte correspondiente a los elementos de calefacción, a una cierta presión, la cual tiene que ser la adecuada dependiendo del material a estampar, para así obtener un estampado exitoso.

Los elementos de calentamiento cumplen la función de mantener la temperatura constante, según sea el material que se esté estampando, esta temperatura tendrá un rango de 60°C a 300°C que será calibrada de forma manual por un operario, ya que para cada material a estampar la temperatura es diferente, tal como se aprecia en la tabla 1.

Se dimensionará la instrumentación y comunicación de elementos de software y hardware que conforman el sistema, para que de manera que el cilindro fusor gire a una velocidad constante y así obtenga una temperatura uniforme.

La base regulable permitirá manipular la base del prototipo, para que de esta manera sea más factible, estampar en superficies tanto cilíndricas como planas.

Para poder realizar el presente proyecto se ha dividido el mismo en etapas que permitan obtener el alcance deseado:

- La primera etapa del proyecto consistirá en el diseño mecánico, eléctrico y electrónico del sistema semiautomático de estampado de transfers, para lo cual se deberá dimensionar un sistema actuador, la instrumentación y la comunicación entre elementos de software/hardware. Se ha previsto que el actuador sea semiautomático, permitiendo de esta manera que el operario ejerza la correcta presión necesaria para el estampado. Para apoyar y documentar la identificación del sistema se realizarán los respectivos diagramas de conexiones, diagramas de bloques y flujo del proceso a automatizarse.
- La segunda etapa del proyecto consistirá en el diseño del sistema de control, para lo cual se dimensionará la instrumentación y la comunicación de los distintos elementos que conforman el sistema, esto permitirá decidir la estrategia que se utilizará, para el control (regulación) de la temperatura y la velocidad a la que tiene que mantenerse el cilindro fusor. En esta etapa se realizará un análisis y selección de la estrategia de control de temperatura y velocidad a utilizarse, los cuales pueden ser: Todo o Nada, PI, PID, etc. se seleccionará el tipo de programación y los módulos necesarios para las conexiones del sistema.
- Finalmente, la tercera etapa del proyecto consistirá en implementar el sistema previamente diseñado y realizar pruebas con diferentes

valores de temperatura, presión y velocidad que posteriormente serán analizadas. Las pruebas respectivas se realizarán para comprobar que el sistema funcione de manera correcta.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Estampar en superficies cilíndricas y planas, con un óptimo aplique del transfer, mediante el diseño e implementación de un sistema térmico, siendo de esta manera posible optimizar costos y tiempos en el proceso.

1.4.2. Específicos

- Dimensionar e implementar un sistema actuador, para realizar el estampado semiautomático.
- Diseñar e implementar un sistema de control, para el sistema de estampado de transfers, con el fin de alcanzar la temperatura adecuada para el estampado y regular la velocidad de giro del cilindro fusor.
- Dimensionar las conexiones eléctricas y electrónicas, para poder determinar la comunicación, la interfaz con el usuario del sistema.
- Realizar pruebas y analizar resultados, una vez que el sistema se encuentre en marcha, con el fin de garantizar el correcto funcionamiento del sistema implementado.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. Sistemas de estampados

2.1.1 Métodos de estampados

Para realizar un estampado se debe primero imprimir lo que se desee estampar y dependiendo del material en el que se va a estampar, se empleará la máquina adecuada y mediante calor se obtendrá el producto final como se indica en el proceso de la figura 3.



Figura 3. Proceso de estampado

Fuente: (Realinkjet, 2015)

2.1.1.1. Estampado mediante sublimado

La principal característica del estampado mediante sublimado es que el papel de la impresión se lo puede encontrar fácilmente, con la condición que para la impresión del mismo se tiene que usar específicamente tinta para sublimación. El sublimado es un método de estampado especialmente para textiles como se aprecia en la figura 4.



Figura 4. Estampado mediante sublimado

Fuente: (Acquacolors, 2014)

2.1.1.2. Estampado mediante transfer

La principal diferencia del estampado mediante sublimación con este estampado mediante transfer, es que este ofrece una gran ventaja, que es utilizar la misma impresora láser que se utiliza para imprimir papel normal, es decir, la inversión inicial es muy baja, porque se aprovecharía la impresora doméstica/de oficina como se aprecia en la figura 5, para imprimir el transfer con el dibujo, diseño o frase que se desea estampar.

Este papel permite realizar la transferencia de imágenes por medio de calor a diferentes superficies lisas y rígidas de materiales como: aluminio, madera, azulejo, tazas de cerámica, entre muchos otros materiales de aplicación con los cuales se puede experimentar y así ofrecer mayor versatilidad en el negocio.



Figura 5. Estampado mediante transfer

Fuente: (Touch, 2015)

2.2. Tipos de máquinas estampadoras

Dependiendo del material y la superficie a estampar existe gran diversidad de máquinas estampadoras.

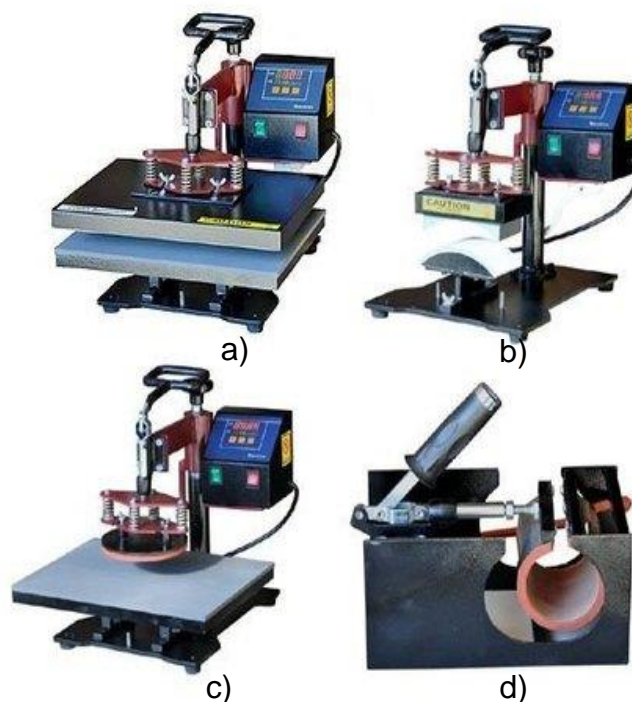


Figura 6. Tipos de máquinas estampadoras

a) Estampadora objetos planos, b) Estampadora objetos curvos, c) Estampadora objetos pequeños, d) Estampadora objetos cilíndricos

Fuente: (Novastitch, 2014)

Como se observa en la figura 6, estas máquinas pueden ser para camisetas, gorras, vasos, platos, botellas, etc. Entre estas se tiene:

- a)** Estampadora empleada para materiales textiles como camisetas.
- b)** Estampadora empleada para materiales con curvaturas como una gorra.
- c)** Estampadora empleada para materiales pequeños que necesiten mayor precisión.
- d)** Estampadora empleada para materiales cilíndricos como vasos, botellas, etc.

2.3. Descripción general del proceso de estampado por transfer

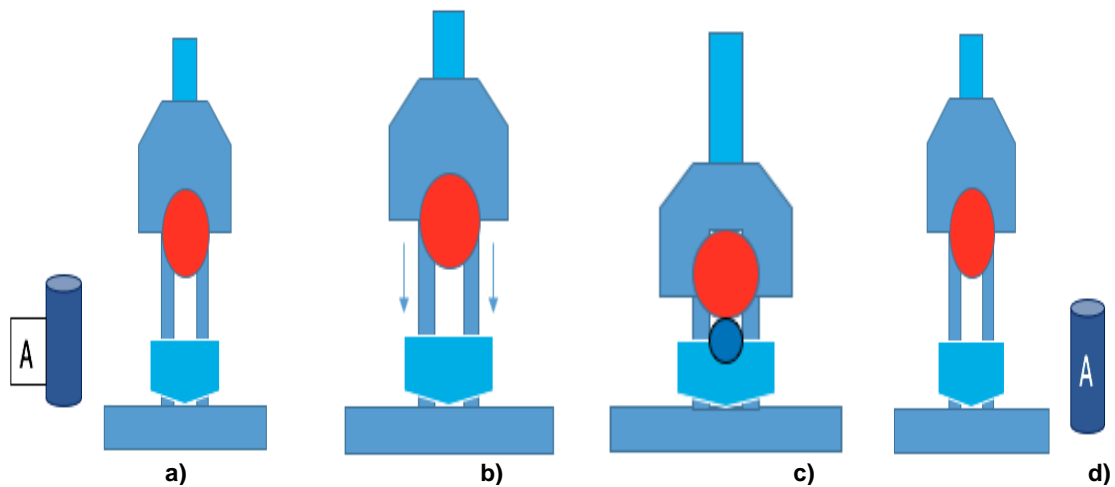


Figura 7. Funcionamiento del sistema de estampado
a) Preparación elemento a estampar, b) Actuador bajando, c) Estampando, d) Producto final

Como se aprecia en la figura 7 el sistema de estampado de transfers funciona de la siguiente manera:

- Una vez puesto en marcha el sistema, el cilindro fusor comienza a moverse a una velocidad constante, para que de esta manera se obtenga la temperatura deseada, gracias a los elementos de calentamiento. Una vez que se haya alcanzado la temperatura deseada, se procede a colocar el elemento con el respectivo transfer que se desea estampar en la base intercambiable.
- A continuación, se acciona el actuador para que baje el cilindro fusor y haga contacto con el elemento a estampar.
- Al mantener una presión constante, la cual ejerce el operario en el actuador y conjuntamente con la velocidad que mantiene el cilindro fusor, esto permite que el transfer sea aplicado correctamente en toda la superficie deseada, para que, de esta manera, se obtenga un correcto estampado.
- Finalmente, cuando el transfer es aplicado correctamente en la superficie deseada, se procede subir el actuador, para poder retirar el elemento ya estampado, el cual es el producto final.

2.4. Sistema semiautomático de estampado por transfer

Debido al sistema requerido por la empresa A5 representaciones y la descripción dada en la sección anterior es necesario determinar los posibles componentes que conformarán el sistema, los cuales se describirán a continuación:

2.4.1 Actuadores

Debido a que el sistema es semiautomático, es necesario establecer, tanto el actuador que reemplazará la acción realizada por la palanca de una estampadora manual, como el actuador para mantener girando el cilindro fusor, por lo cual es necesario analizar los actuadores disponibles en el mercado.

Un actuador es un dispositivo mecánico cuya finalidad es dar una fuerza que mueva o “actúe” sobre otro dispositivo. Un actuador funciona mediante tres fuentes de fuerza posibles: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica, dependiendo de el origen de la fuerza el actuador se denomina, eléctrico, hidráulico, neumático.

2.4.1.1. Actuadores neumáticos

Estos actuadores, transforman la fuerza neumática que reciben en energía mecánica, gracias a los cilindros neumáticos de simple y doble efecto, según la aplicación en la que se esté trabajando.

2.4.1.1.1. Electroválvula

Elementos diseñados con la finalidad de controlar el paso de un fluido a través de un conducto o tubería.

Dependiendo de la actividad a realizar tendrán un tipo de activación, la cual clasifica a las electroválvulas según al número de posiciones y número de vías que estas podrían tener, como se aprecia en la figura 8.

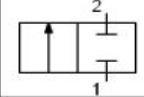
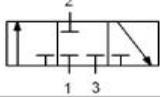
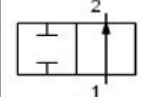
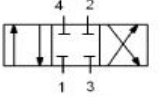
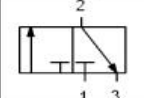
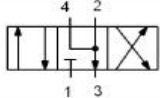
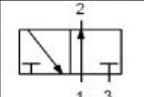
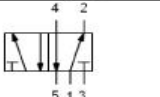
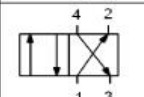

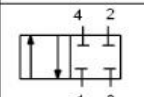
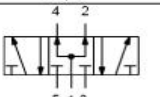
	Válvula 2/2 normalmente cerrada		Válvula 3/3 con posición neutra normalmente cerrada
	Válvula 2/2 normalmente abierta		Válvula 4/3 con posición neutra normalmente cerrada
	Válvula 3/2 normalmente cerrada		Válvula 4/3 con posición neutra a escape
	Válvula 3/2 normalmente abierta		Válvula 5/2
	Válvula 4/2		Válvula 5/3 en posición normalmente cerrada
	Válvula 4/2 normalmente cerrada		Válvula 5/3 en posición normalmente abierta

Figura 8. Representación de las electroválvulas según su posición y vías.

Fuente: (Juarez, 2014)

2.4.1.2. Actuadores hidráulicos

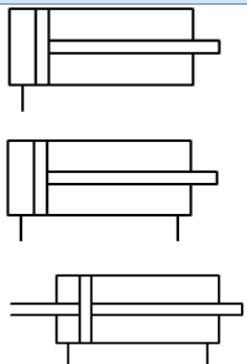
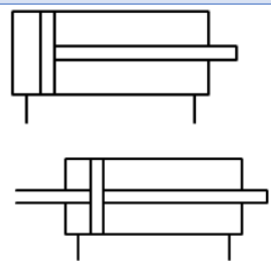

Estos actuadores, transforman la fuerza de la presión hidráulica que reciben en energía mecánica. Esta presión hidráulica se obtiene de la presión proporcionada a un líquido, que por lo general en la industria es un aceite.

2.4.1.3. Actuadores eléctricos

Estos actuadores, transforman la fuerza motriz eléctrica, en energía mecánica. Esta fuerza motriz eléctrica se obtiene precisamente de un motor gracias a la electricidad.

Las principales características de los actuadores neumáticos, hidráulicos y eléctricos se las puede apreciar en la tabla 2.

Tabla 2. Características actuadores neumáticos, hidráulicos y eléctricos

Actuador	Neumático	Hidráulico	Eléctrico
Fuerza generadora de movimiento	Presión de aire	Presión de líquido	Energía eléctrica
Elemento motriz	Émbolo	Émbolo	Motor Eléctrico
Tipos	Cilindro simple efecto, doble efecto, doble vástago	Cilindro doble efecto, doble vástago	Motores de corriente alterna y corriente continua
Simbología			

2.4.2 Instrumentación

Tiene la finalidad de medir, transmitir, las variables de un sistema para de esta manera poder realizar, un control o un registro de las mismas.

2.4.2.1. Sensor

Convierte las variables del sistema obtenidas mediante la instrumentación en señales eléctricas. Los sensores más empleados son los de temperatura, de presencia, de presión entre otros.

2.4.2.1.1. Sensor temperatura

La temperatura es la variable más importante de este sistema ya que, para un correcto estampado, hay que controlar la temperatura a la que tiene que estar el cilindro fusor.

Los sensores más empleados pueden ser el integrado LM35, un RTD, un termopar o termocupla, entre otros.

2.4.2.1.1.1. Termocupla

Estos elementos son económicos, intercambiables, tienen conectores estándar y son capaces de medir un amplio rango de temperaturas de acuerdo al tipo de termocupla que se esté empleando tal como se indica en la tabla 3.

Tabla 3. Tipos de termocuplas

Tipo	Aleación	Rango (°C)
K	Niquel-Cromo Niquel-Aluminio	-150 a 1100
J	Hierro Cobre-Niquel	-40 a 700
T	Cobre Cobre-Niquel	-200 a 350
E	Niquel-Cromo Cobre-Niquel	-150 a 800
N	Niquel-Cromo Niquel-Silicio	-150 a 1300
S	Platino Platino-Rodio10%	0 a 1550
R	Platino Platino-Rodio13%	0 a 1600
B	Platino-Rodio6% Platino-Rodio30%	0 a 1700

Fuente: (Termopar, 2015)

2.4.2.1.2. Encoder

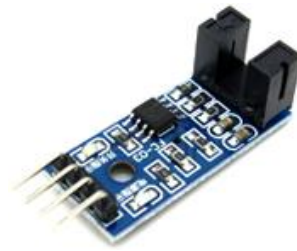


Figura 9. Encoder

Fuente: (Llamas, 2016)

La velocidad es una variable importante del sistema para un correcto estampado, por ello es necesario conocer cual la velocidad a que se encuentra el cilindro fusor, para lograrlo se adhirió el encoder (véase figura 9) al eje del cilindro fusor y así tomar los datos necesarios.

2.4.3 Controlador

Para realizar el sistema de estampado semiautomático, es necesario un elemento controlador, para realizar una elección hay que determinar las prestaciones que ofrecen las opciones disponibles, como controlador logo, tarjetas Arduino, entre otros, además de la relación costo-beneficios.

2.4.3.1. Micro PLC

Estos tipos de micro PLC (véase figura 10) son módulos, empleados para el control de invernaderos, sistemas de riego, parking, arranque de motores, alumbrado, calefacción, instalaciones en el ámbito doméstico, entre otros.



Figura 10. Micro PLC

Fuente: (Easy, 2013)

2.4.3.2. Arduino

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software de fácil uso.

Debido a la gran acogida por desarrolladores, profesionales, estudiantes, la placa Arduino se ha ido adaptando a las nuevas necesidades y aplicaciones en el mercado.

Todas las tarjetas de Arduino como en la figura 11, son totalmente de código abierto, lo que permite a los usuarios adaptarlas a sus necesidades particulares.

Las principales características de Arduino son:

- Asequible - placas Arduino son relativamente baratos.
- Multiplataforma - El software de Arduino (IDE) se ejecuta en Windows, Macintosh OS X, y Linux.
- Fácil uso - entorno de programación clara.
- Es de código abierto, software y hardware ampliable.

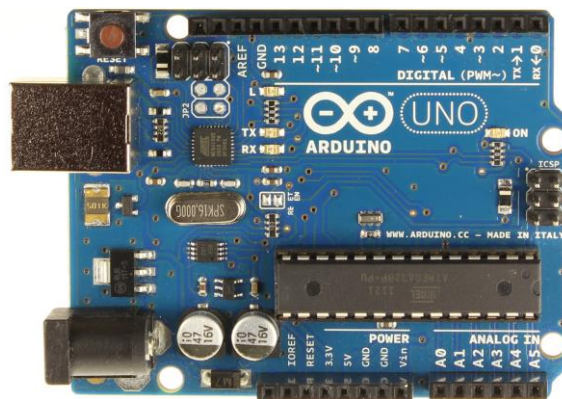


Figura 11. Tarjeta Arduino Uno

Fuente: (Arduino, Tipos de arduino, 2017)

2.4.4 Interfaz Humano-Máquina

En el sistema de estampado semiautomático se ha decidido implementar una pantalla táctil, gracias a la cual se permitirá de manera más sencilla, tanto la visualización del estado del sistema como manejo del mismo.

2.4.4.1. Pantalla Nextion TFT de 4.3”

Las pantallas nextion como en la figura 12, proporcionan una interfaz de control y visualización entre un usuario y un proceso, máquina, aplicación o sistema.

Las pantallas Nextion TFT utilizan el puerto serie del Arduino para comunicarse, esto permite evitar la molestia de cableado excesivo como en otros modelos de pantallas.

Nextion incluye parte de hardware (pantallas TFT) y la parte de software (el editor de Nextion).



Figura 12. Pantallas nextion de diferentes tamaños

Fuente: (NextionHMI, Editor HMI, 2017)

2.4.4.1.1. Editor Nextion

Nextion cuenta con un editor, en el cual se puede realizar interfaces para el usuario con botones, texto, barras de progreso, control deslizante, panel de instrumentos, etc. Todo lo necesario para una correcta visualización y control del sistema de estampado.

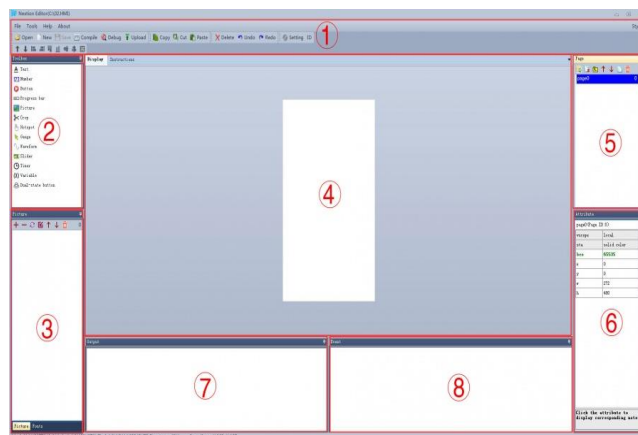


Figura 13. Interfaz Software Nextion

En la figura 13 se tiene la interfaz del programa Nextion en la cual cada sección numera es:

- 1: Menú principal
- 2. Componentes
- 3. Biblioteca de imágenes: aquí se ingresa las imágenes que se emplearan en el diseño de la interfaz.
- 4. Área de visualización
- 5. Área de la página: Editar las páginas que contiene la interfaz.
- 6. Área de edición de atributos: Edite los atributos de componentes y páginas, como el valor, el color de un componente de texto.
- 7. Ventana de salida del compilador: si ocurren errores, se mostrarán en esta área.
- 8. Área del Evento: aquí se puede escribir código simple.

2.4.4.2. Descripción de guía GEDIS

La guía GEDIS, está conformada por una serie de pasos, que permiten tener una interfaz HMI para el operario de fácil manejo, los pasos que conforman esta guía son 10 los cuales son: arquitectura, navegación, distribución de pantallas, uso del color, información texto, estatus de los equipos, información y valores de proceso, tablas, comandos e ingresos de datos y alarmas.

- La arquitectura permite generar diversas pantallas como: pantalla de procesos, de comandos, de configuración, de tendencias y pantalla de alarmas a las que se tendrá acceso de acuerdo a la aplicación del sistema.
- La distribución de pantallas, de acuerdo a los diferentes elementos que se tiene como: el logo de empresa, alarmas, fecha - hora, título, se sugiere que deben ser colocados siempre en la parte superior con el fin de facilitar el manejo al operario

- En la navegación de las pantallas de la interfaz gráfica, debe usarse la combinación de varios botones que permitan al operario tener un acceso rápido y un fácil manejo entre las pantallas de la interfaz gráfica.
- El uso del color es un punto muy importante, ya que permite identificar de manera sencilla las diferentes alarmas, botones de navegación y mensajes de información, para así proporcionar una información clara y concisa al operario, se debe considerar que se debe asignar hasta cuatro colores para un operario principiante y máximo de siete colores a un operario experto.
- La información textual es muy importante como el tamaño del texto y debe estar alineado, además de ser claro y conciso, no utilizar texto subrayado y sombreado, para que así el operario pueda visualizar de manera correcta el estado en el que se encuentra el proceso.
- Es necesario un estándar internacional mediante el cual se representen todos los elementos del proceso con símbolos e iconos que sean fáciles de reconocer y comprender para el operario.
- Información y valores de proceso, es de mucha importancia ya que el operario puede verificar el estado en el que se encuentra el sistema.
- Para manipular el proceso de forma directa, el operario ingresara comandos de datos, de acuerdo a las exigencias del cliente con el fin de alcanzar un objetivo deseado en el sistema.
- Las alarmas permiten conocer los diferentes errores que pueden presentarse, dando la posibilidad de tomar acciones correctivas o preventivas a través del sistema o de forma manual.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL SISTEMA DE ESTAMPADO

En el presente capítulo se diseñará el sistema de estampado por transfer. Gracias a los aspectos mencionados en la sección 2.3 aquí se definirán los requerimientos para el completo funcionamiento del sistema de estampado, tales como: el diseño mecánico, seguido de la propuesta del sistema de control, que abarca aspectos como, el actuador, la instrumentación, el controlador, el sistema eléctrico y la interfaz gráfica del sistema.

3.1. Diseño mecánico del sistema de estampado por transfer

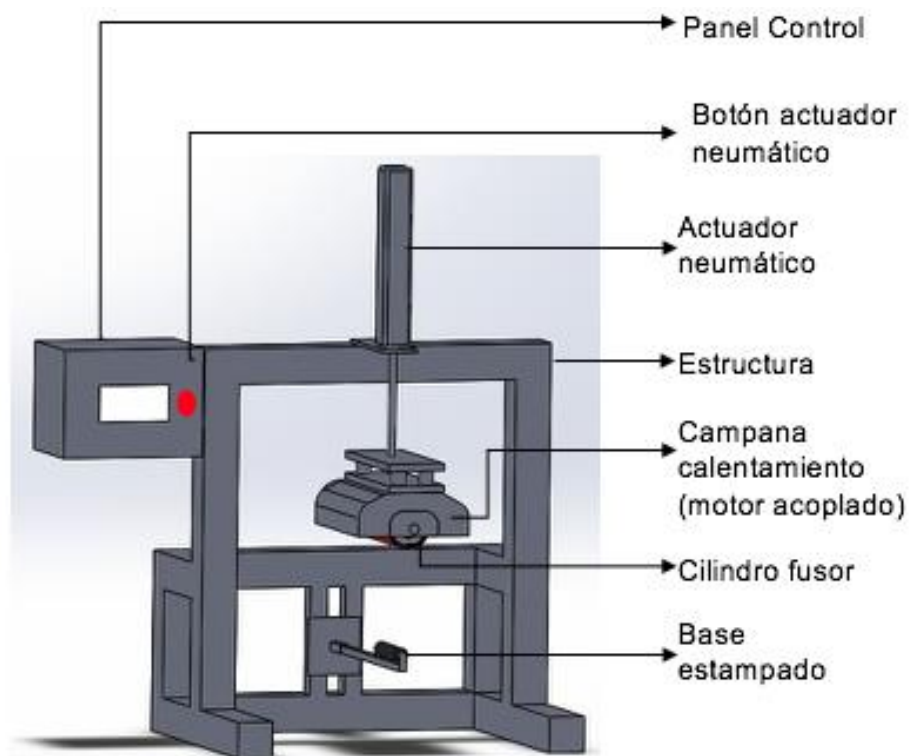


Figura 14. Prototipo mecánico para sistema estampado

Para el diseño mecánico del sistema, en el presente proyecto se propone un sistema semiautomático tal como se aprecia en la figura 14, cuyo funcionamiento se resume a continuación:

- Para poner en marcha al sistema se lo encenderá desde el panel de control y acto seguido en la pantalla táctil se fijarán los valores de temperatura y velocidad deseados. El cilindro fusor comienza a calentarse manteniendo una velocidad constante, para así obtener la temperatura deseada en su superficie.
- Una vez que se haya alcanzado la temperatura deseada, se procede a colocar el elemento con el respectivo transfer que se desea estampar en la base de estampado.
- A continuación, se presiona el botón del actuador neumático para que el cilindro neumático baje la campana de calentamiento conjuntamente con el cilindro fusor y haga contacto con el elemento a estampar.
- Al mantener el actuador abajo ejerce presión constante y gracias a la velocidad que mantiene el cilindro fusor, permite que el transfer sea aplicado correctamente en toda la superficie deseada.
- Finalmente, cuando el transfer es aplicado correctamente en la superficie deseada, se presiona el botón del actuador, para poder subir la campana de calentamiento y retirar el elemento ya estampado.

3.1.1. Cilindro fusor

La pieza más importante de este sistema es el cilindro fusor, debido a que es la encargada de transmitir el calor generado por una resistencia eléctrica, así como de mantener a una temperatura adecuada el material que se esté estampando, para lo cual es necesario hacer girar el cilindro a una velocidad constante.

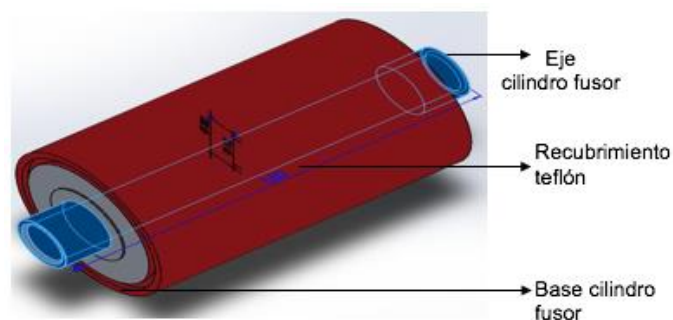


Figura 15. Cilindro Fusor

El cilindro fusor ha sido adecuado con una longitud de 15 cm y está compuesto por tres elementos importantes, la base de acero inoxidable la cual está recubierta por teflón resistente a altas temperaturas y el eje como se indica en la Figura 15.

3.1.2. Campana de calentamiento

La campana de calentamiento es la que contendrá la resistencia eléctrica usada para generar calor y el cilindro fusor, además de un acople a un motor que permitirá que el cilindro fusor gire.

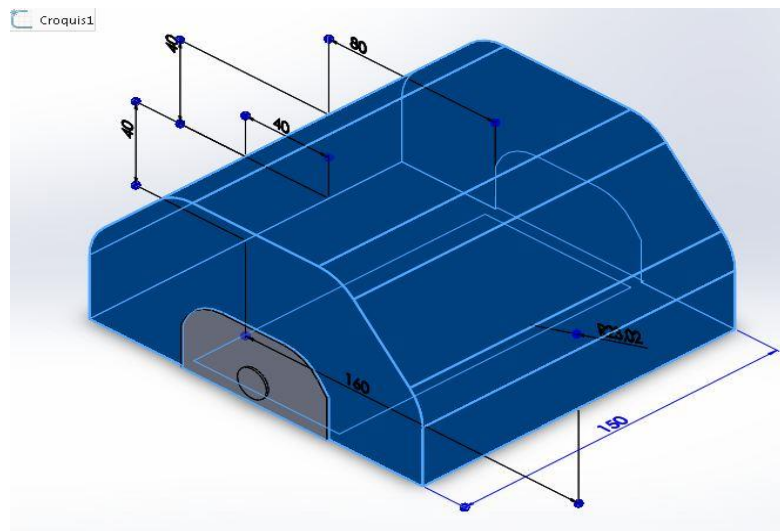


Figura 16. Campana de calentamiento

Como se aprecia en la Figura 16, el dimensionamiento de la campana de calentamiento es de tal manera, que mediante un eje interno se coloque el cilindro fusor para que este gire constantemente.

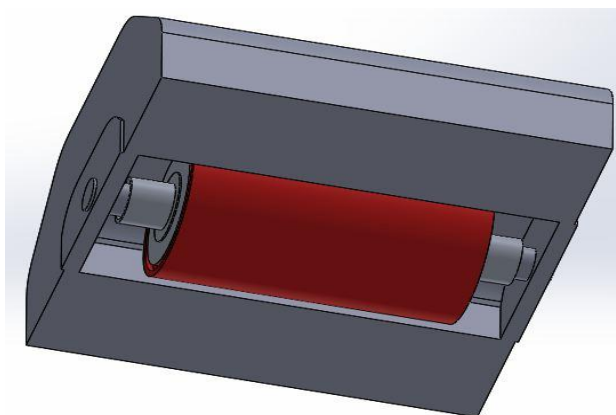


Figura 17. Acople campana calentamiento y cilindro

En la Figura 17 se aprecia la campana de calentamiento elaborada de acero inoxidable, la cual albergando en su interior el centro el cilindro fusor, en las paredes tendrá un espacio, en el cual se colocará la de fibra de vidrio para evitar que el calor se propague por toda la campana y se concentre en el cilindro fusor.

3.1.3. Resistencia eléctrica

En el espacio que existe entre la campana y el cilindro se ubicará la resistencia eléctrica la cual calentará al cilindro fusor de manera uniforme.

Para esto hay que calcular la energía necesaria para calentar el cilindro fusor en la campana de calentamiento del sistema semiautomático del sistema de estampado.

Es necesario conocer las dimensiones de la campana de calentamiento detallada en la figura 16 por lo tanto, se procede a calcular el volumen y otros factores como se detalla a continuación:

Dimensiones de la campana= 15 x 8 x 8 cm

$$Volumen = 960 \text{ cm}^3 = 0.00096\text{m}^3$$

$$Densidad \text{ de aire} = 1 \text{ Kg/ m}^3$$

Se tiene que la densidad es igual a:

$$\delta = \frac{\text{masa}}{\text{Volumen}}$$

Despejando la masa del aire con presión de 1 atm se obtiene que:

$$\text{Masa de aire} = 0.00096\text{Kg}$$

$$T_o = \text{Temperatura inicial} = 50^\circ\text{C} = 323.15^\circ\text{K}$$

$$T_f = \text{Temperatura final} = 300^\circ\text{C} = 573.15^\circ\text{K}$$

$$C_e: \text{Calor específico de aire} = 1012 \frac{\text{J}}{\text{Kg. K}}$$

Reemplazando en la ecuación de la energía térmica se tiene que:

$$Q = m(T_f - T_o).C_e$$

$$Q = 0.00096x(573.15 - 323.15)x1012$$

$$Q = 0.00096x(500)x1012$$

$$Q = 485.76 J$$

Se debería calentar en aproximadamente 5 minutos o 300 segundos que es el tiempo de diseño que se desea, por lo tanto:

$$t = 5 \text{ min} = 300 \text{ s}$$

Pd: Potencia disipada

$$Pd = \frac{Q}{t} = \frac{485.76J}{300s}$$

$$Pd = 1.61W$$

Con este resultado considerando que se obtendrán pérdidas mínimas en la transferencia del calor al cilindro fusor, se tiene que se necesita una resistencia aproximada de 1.61W, que constará de las características presentadas en la tabla 4 a continuación:

Tabla 4. Parámetros diseño de resistencia

Parámetros	Detalle
Tensión	110 VAC
Potencia requerida	1.61W (aprox.)
Forma	M
Material	Acero Inoxidable
Diámetro interno de tubo	8mm
Dimensiones	14 cm por lado

3.1.4. Estructura del sistema de estampado

Como se aprecia en la figura 18 la estructura base del sistema elaborada en acero inoxidable, tiene que ser robusta para que, de esta manera al momento de realizar el estampado, no se tenga problemas de tambaleos que afecten al estampado.

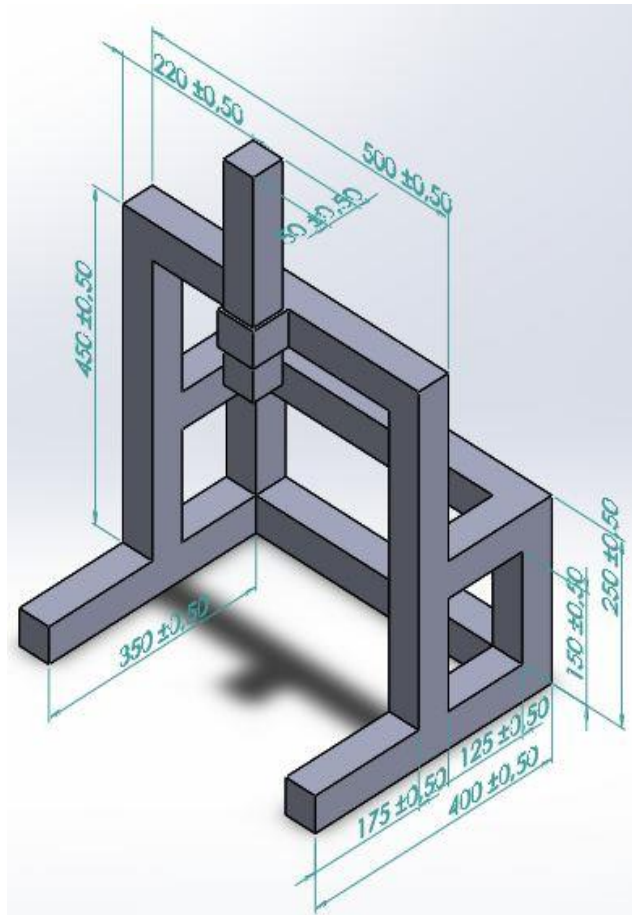


Figura 18. Prototipo Estructura Sistema Estampado

3.1.5. Base de estampado

La base de estampado se la adaptará en la parte inferior de la estructura la cual podrá ser regulable según lo que se desee estampar, como lo indica la figura 19.

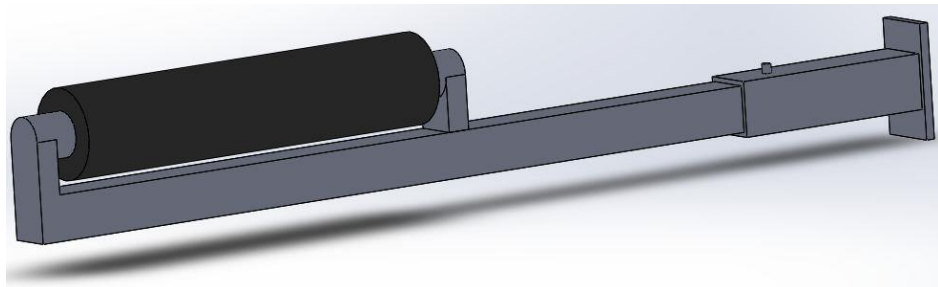


Figura 19. Base para el estampado

Esta base está conformada por un cilindro pequeño que gira libremente sobre su propio eje, con esto al momento que la campana de calentamiento

baje y el cilindro fusor que está girando, hace contacto con la base, permite que el objeto a estampar ya sea cilíndrico o plano avance la superficie necesaria para que se estampe.

Para que haya un correcto estampado tanto la campana de calentamiento como la base de estampado, deben estar alineadas como se muestra en la figura 20, para que esta forma el estampado sea el correcto en toda la superficie del objeto.

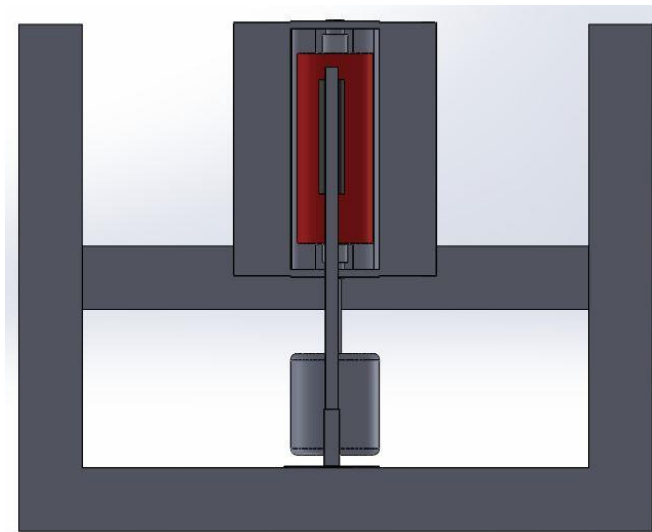


Figura 20. Vista inferior sistema de estampado

3.2. Diseño del sistema actuador

En esta sección se ha propuesto que el sistema este conformado, por un actuador para permitir subir o bajar la campana de calentamiento y el otro para mantener girando el cilindro fusor del sistema.

Por esta razón es importante realizar un análisis comparativo de los actuadores disponibles y sus ventajas para determinar cuál es la mejor opción para el sistema de estampado.

La propuesta se basa en el análisis de las principales características de los distintos tipos de actuadores, como son neumático, hidráulico y eléctrico, para ello se ha realizado una comparativa en la tabla 5.

3.2.1. Comparativa entre diferentes tipos de actuadores

Tabla 5. Comparativa actuadores

Descripción	Neumático	Hidráulico	Eléctrico
Precisión	3	5	5
Velocidad	5	2	4
Limpieza	5	1	4
Ruidoso	3	2	3
Mantenimiento Posterior	5	1	4
Dificultad de Control	5	5	5
Costo	4	2	3
TOTAL	30	18	28

Tabla 6. Escala de valoración prestaciones de los actuadores

Prestaciones	Valor mínimo	Valor máximo
Precisión	Poco preciso -1	Preciso -5
Velocidad	No tan rápido – 1	Rápido – 5
Limpieza	Difícil – 1	Sencilla – 5
Ruido	Ruido alto – 1	Ruido bajo – 5
Mantenimiento	Difícil – 1	Sencillo – 5
Control	Difícil – 1	Sencillo – 5
Costo	Alto – 1	Bajo – 5

De los resultados obtenidos en las tablas 5 y 6, los actuadores neumáticos y eléctricos son los más puntuados y los que mejor se adaptarían a las necesidades del sistema de estampado.

3.2.2. Actuador eléctrico para rotación del cilindro fusor

La razón por la que se decidió emplear este motor es debido a que una de las principales características de este tipo de motores, es que permiten tener precisión y control de la velocidad de manera fácil.

Es importante que en el sistema de estampado, el cilindro fusor se caliente uniformemente, por esto es necesario, una velocidad precisa y constante, lo que ofrece un motor de corriente continua ya que, en ellos, se puede acelerar y desacelerar de forma controlada en todo momento.



Figura 21. Motor DC Dayton

Fuente: (Terapeak, 2015)

El actuador eléctrico seleccionado es de la marca Dayton cuyas características son las presentadas en la tabla 7.

Tabla 7. Características motor Dayton

Tipo de producto	Motor DC
Dimensiones	150mm
Corriente	0.42A
Torque	2.3Nm
RPM	102
Peso	1kg

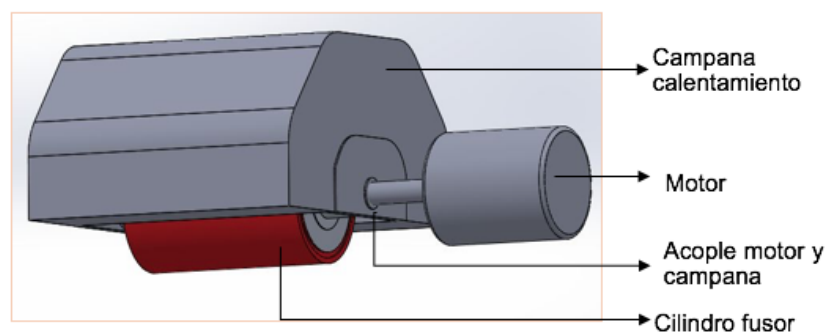


Figura 22. Acople del motor y cilindro fusor

La ubicación del motor para hacer girar al cilindro fusor, es en la parte posterior de la campana de calentamiento. En este caso se hizo un acople directamente entre el eje del motor con el eje en que gira el cilindro, conjuntamente con la campana de calentamiento, como se indica en la figura 22.

3.2.3. Actuador neumático

Una vez que el cilindro fusor este a la temperatura y velocidad adecuada, se activará el actuador neumático, para que la campana de calentamiento suba o baje respectivamente.

En la parte superior de la estructura se adaptará una placa, la que servirá de base en donde irá atornillado el cilindro neumático y en este a su vez en el final del vástago, se ubicará la campana de calentamiento como se aprecia en la figura 23.

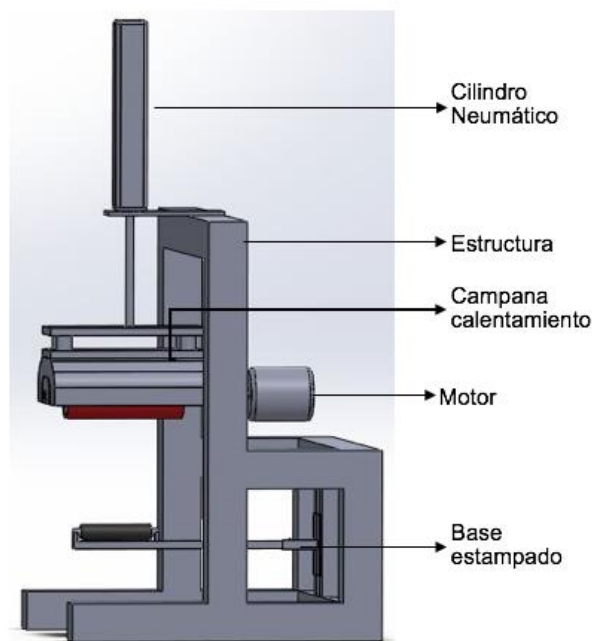


Figura 23. Ubicación cilindro neumático

En el sistema se utilizará un actuador neumático ya que estos poseen rapidez y así se podrá subir y bajar la campana de calentamiento de forma inmediata una vez se haya activado dicho proceso.



Figura 24. Cilindro neumático XPCP

Existe una gran variedad de actuadores neumáticos en el mercado, entre los cuales SMC, FESTO y XPCP, de los cuales en la tabla 8 se ha realizado la comparación de sus principales características.

Tabla 8. Comparación actuadores neumáticos

Características	XPCP	SMC	FESTO
Presión trabajo (BAR)	6	6	5
Presión máxima (BAR)	10	12	11
Presión mínima (BAR)	3	4	5
Temperatura Trabajo (C°)	-5 a 70	5 a 70	8 a 80
Costos (\$)	50	90	120

El actuador neumático seleccionado es de la marca XPCP, gracias al precio en el mercado y a sus características que son las presentadas en la tabla 9.

Tabla 9. Características cilindro XPCP

Descripción	Características
Marca	XPCP
Modelo	DNC 32X160-S
Tipo	Doble efecto

Continua ➡

Presión de Compresión	1.5MPa
Máxima presión de operación	1.0MPa
Mínima presión de operación	0.1MPa
Temperatura	-5-70°C
Velocidad de operación	50-800mm/s

3.2.3.1 Electroválvula

Debido a las características presentadas del cilindro neumático indicado anteriormente, es necesario emplear una electroválvula 5/2, es decir, 5 posiciones 2 vías, esta tendrá activación mediante solenoide de 110V y el retorno será por muelle.



Figura 25. Electroválvula US Solid

Existe una gran variedad de electroválvulas en el mercado, entre los cuales SMC, FESTO y US Solid, de los cuales en la tabla 10 se ha realizado la comparación de sus principales características.

Tabla 10. Comparación electroválvulas

Características	US Solid	SMC	FESTO
Presión (Mpa)	6	6	5
Activación	Solenoides	Solenoides	Solenoides
Retorno	Muelle	Muelle	Muelle
Vías	5 – 2	5 – 2	5 – 2
Costo (\$)	35	40	90

La electroválvula seleccionada es de la marca US Solid, cuyas características son las presentadas en la tabla 11.

Tabla 11. Características electroválvula US Solid

Características	
Modelo	4V210-08
Voltaje de Trabajo	AC 110 V
Presión de Trabajo	0.05 – 1.0 Mpa
Accionada por	Solenoides
Retorno Por	Muelle
Estado inicial	Normalmente abierta
Vías	5/2

La electroválvula será ubicada en la parte posterior, superior de la estructura del sistema de estampado, para que de esta manera quede lo más cerca posible al cilindro neumático, como se indica en la figura 26.

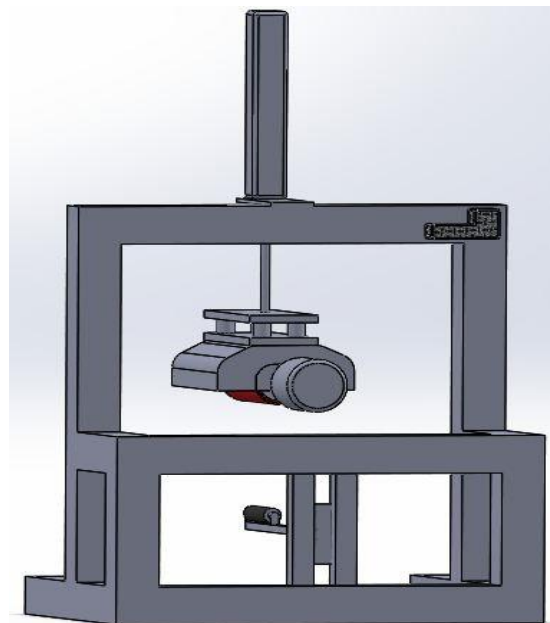


Figura 26. Ubicación de la electroválvula

3.3. Sistema de Control para el estampado de transfer

3.3.1. Planta del sistema de estampado de transfer

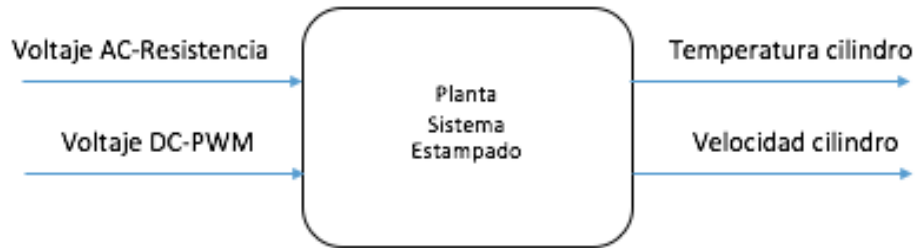


Figura 27. Planta sistema de estampado

La planta del sistema de estampado de transfer como lo indica la figura 27 tiene 2 variables de entradas y 2 salidas principales. Es decir, a la planta se aplica un voltaje AC para alimentar la resistencia eléctrica, con el propósito de obtener a la salida la temperatura deseada en el cilindro fusor, de igual manera ingresa un voltaje DC que da paso al PWM, para a la salida tener la velocidad apropiada del cilindro fusor.

3.3.2. Control de la temperatura del cilindro fusor

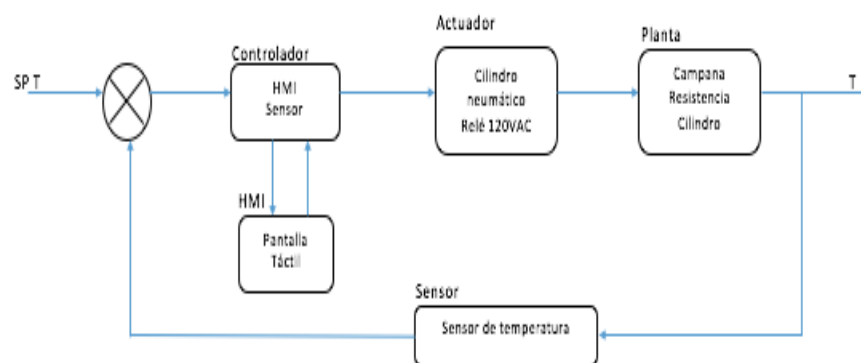


Figura 28. Diagrama de bloques control temperatura

Para el control de temperatura del cilindro fusor, se propone un sistema de control realimentado basado en el diagrama de bloques que se presenta en la figura 28, el cual consta de: controlador, actuador, planta, sensor y HMI. El controlador recibirá valores de referencia (set point) de la temperatura deseada, los cuales tienen que estar controlados gracias a la información

proporcionada por el bloque de sensor, posteriormente el actuador se accionará apropiadamente, para que la planta realice su trabajo. El HMI mediante la pantalla táctil, brinda información y a la vez permite el control del sistema de estampado.

3.3.3. Control de la velocidad del cilindro fusor

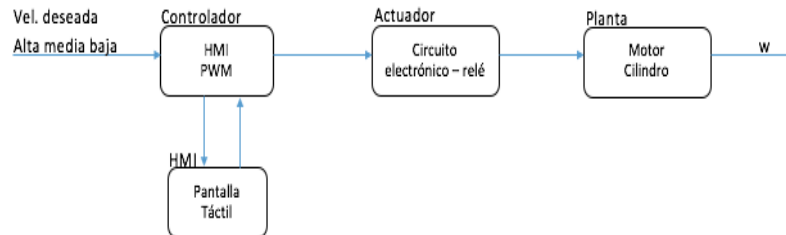


Figura 29. Diagrama de bloques control velocidad

Para el control de la velocidad del cilindro fusor, se propone un sistema de control basado en el diagrama de bloques que se presenta en la figura 29, el cual consta de: controlador, actuador, planta y HMI. El controlador recibirá valores de referencia (set point) de la velocidad deseada, posteriormente el actuador se accionará apropiadamente, para que la planta realice su trabajo.

3.4. Instrumentación (Sensor)

Como se mencionó anteriormente, lo más importante es determinar la temperatura del cilindro fusor, ya que de eso dependerá un estampado correcto, lo cual se detallará a continuación

3.4.1. Medición de temperatura

Para la medición de la temperatura se usará una termocupla como las que se presentan en la tabla 3, de entre las cuales, debido a características presentadas en dicha tabla, además del precio y disponibilidad en el mercado se eligió la termocupla tipo K como la de figura 30.



Figura 30. Termocupla tipo K

Tabla 12. Características termocupla tipo k

Termocupla	Aleación	Rango (°C)
Tipo		
K	Niquel-Cromo Niquel-Aluminio	-150 a 1100

Para una medición más aproximada de la temperatura del cilindro fusor, se adaptará la campana de calentamiento para poder ubicar la termocupla lo más cercano y en la mitad del cilindro como en la figura 31.

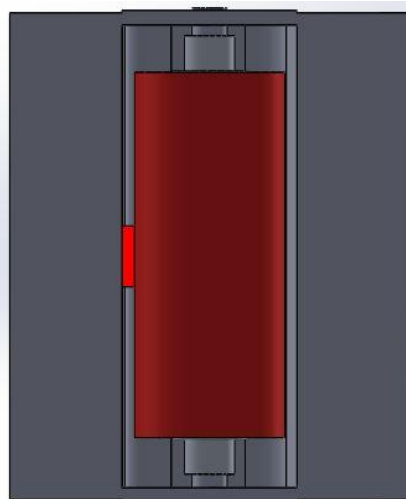


Figura 31. Ubicación sensor temperatura

3.4.2. Medición velocidad cilindro fusor



Figura 32. Encoder

La velocidad ha sido medida gracias a un encoder óptico, que ha sido adaptado al eje del cilindro fusor para de esta manera poder determinar las revoluciones por minuto a la que gira el cilindro en sus tres velocidades que son alta, baja y media.

3.4.3. Alarma del sistema

Para que el actuador neumático ejerza la función de bajar, primeramente, hay que asegurarse que exista un objeto en la base de estampado, para iniciar el proceso.

Para esto empleará un sensor mecánico, el cual permitirá saber si hay presencia de un objeto a estampar, ubicado en la base de estampado, cuya posición estaría según se representa con un recuadro rojo como se aprecia en la figura 34, ya que en esa posición se obtendrá la información de los objetos que se coloquen ya sean circulares o planos.

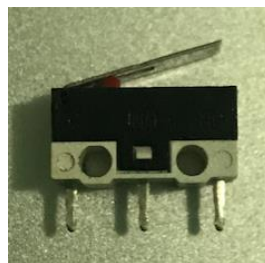


Figura 33. Sensor mecánico

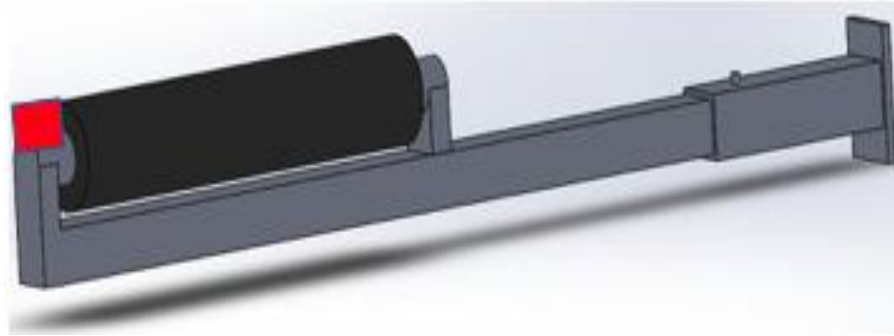


Figura 34. Ubicación sensor mecánico

3.4.4. Descripción de la alarma

La alarma más importante considerada en este sistema es, la presencia de objeto a estampar, ya que no es factible iniciar el proceso sino hay el objeto que se deseé estampar.

El sensor mecánico en este caso será un switch como el de la figura 33, el cual, estará ubicado en la base de estampado, en donde en su posición abierta significa que no hay elemento a estampar, y en su posición cerrado indica la presencia del objeto a estampar, además esto será representado mediante la luz piloto roja del panel de control, la cual parpadeará constantemente mientras no haya objeto a estampar en la base de estampado.

3.5. Diseño del controlador

El sistema de estampado requiere tanto la activación de sus actuadores como la comunicación con su instrumentación, para esto es necesario un controlador, que ofrezca una relación costo beneficios, además de que cuente con las entradas y salidas necesarias que necesita el sistema.

A continuación, se mencionarán los distintos elementos eléctricos y electrónicos que intervienen en el sistema detallando sus respectivas entradas y salidas.

- Sensor de temperatura (entrada).

- Sensor de humedad (entrada).
- Sensor de velocidad (entrada).
- Actuador resistencia eléctrica (Salida)
- Actuador neumático (Salida)
- Actuador motor eléctrico (Salida)
- Pantalla HMI (Salida Serial RS232)
- Relés (Salidas digitales).
- Sensor mecánico para presencia objeto (entrada).
- Luces piloto (salidas)

Estas son las características necesarias que debe cumplir el controlador a elegir se detallarán en la tabla 13 a continuación:



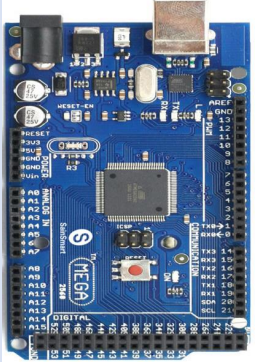

Tabla 13. Características controlador necesario

Parámetros	Detalle
Alimentación	5 VDC-24 VDC
Comunicación	Serial
Entradas	4
Salidas	6

Como se mencionó anteriormente un aspecto importante es la relación costo beneficio que puede ofrecer un controlador, ya que se debe tener en consideración que este sistema de estampado estará en constante uso y si llegara a fallar el controlador hasta poder arreglarlo o reemplazarlo se tendría perdidas tanto de tiempo como económicas, razón por la cual en este proyecto se propone el uso de tarjeta controladora Arduino cuyas prestaciones y costo prevalecen ante el uso de otras opciones como microPLC, microcontroladores, etc

Existe una gran variedad de tarjetas Arduino, cuyo uso depende las necesidades de la aplicación; en la tabla 14 se realiza una comparativa de tarjetas Arduino y sus prestaciones.

Tabla 14. Tipos de tarjetas Arduino

Tipo	Microcontrolador	I/O	Imagen
Nano	ATmega328	14	
Uno	ATmega328P	14	
Mega2560	ATmega2560	54	
Leonardo	ATmega32u4	20	

En este caso con lo antes mencionado y las características de la tabla 14 se ha seleccionado la tarjeta Arduino mega2560 (ver figura 35), ya que es una de las más accesibles en el mercado, además de sus características, como

son sus 54 entradas y salidas, entre otras son las indicadas para la implementación del sistema de estampado.

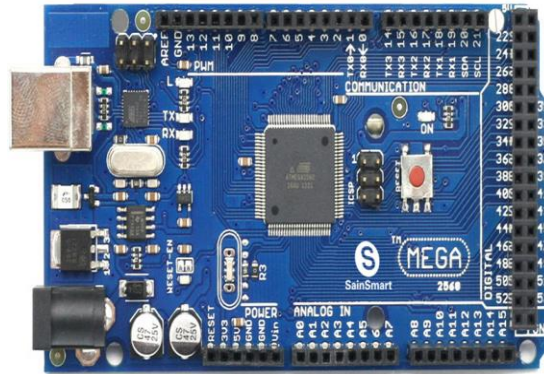


Figura 35. Arduino mega2560

3.5.1. Diagrama de bloques entradas y salidas del controlador

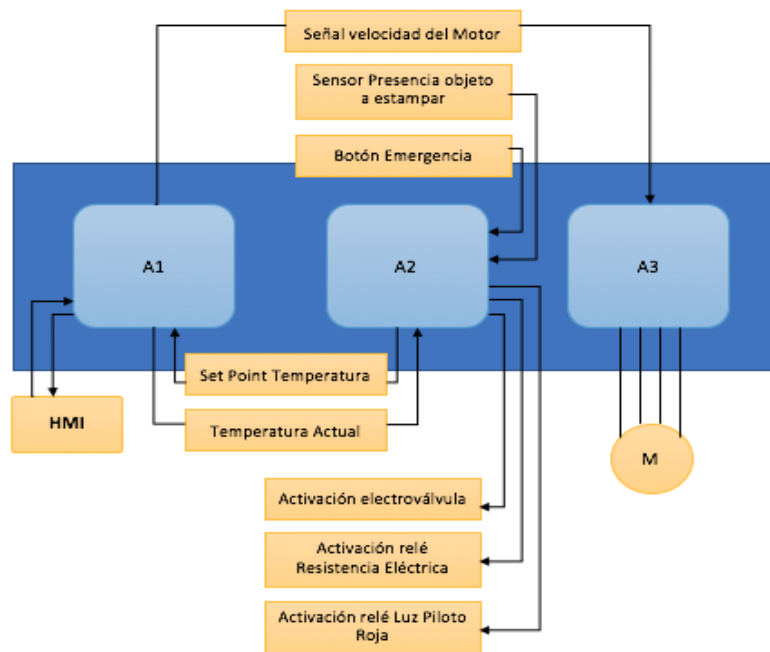


Figura 36. Diagrama de bloques entradas y salidas

Como se puede apreciar en la figura 36 se tiene A1, A2 y A3 que en este caso son 3 tarjetas Arduino mega2560; que se encargarán del control de determinadas acciones del sistema de estampado respectivamente.

Inicialmente el control estaría compuesto de dos tarjetas Arduino, en donde una específicamente se encargaría del manejo del HMI y la segunda

tarjeta lo que corresponde al control de temperatura, velocidad del motor, activación electroválvula y demás. Pero al momento de implementar el motor este produce variaciones en la corriente de las tarjetas Arduino lo que afecta al sistema en general enviando y recibiendo datos basura en el HMI

Por lo tanto, se tomó la decisión de emplear 3 tarjetas Arduino para que cada una de ellas cumpla respectivas funciones, de esta manera poder tener un control fluido y correcto del sistema de estampado.

A1 se encarga especialmente del HMI implementado en la pantalla táctil Nextion, y este a su vez está conectado en serie con A2 el cual se encarga del control de temperatura y gestionar las activaciones de la electroválvula, la luz piloto roja, entre otras que se explicaran a continuación en el diagrama de flujos del sistema. Finalmente se tiene A3 que recibe la señal que es enviada desde A1 mediante la pantalla táctil Nextion, para así exclusivamente encargarse del control de velocidad del motor y no tener errores debido a la corriente.

3.5.2. Diseño control Todo Nada

El controlador todo o nada trabajará sobre la variable de entrada al sistema (110 VAC) solo cuando la temperatura en el cilindro cruza la temperatura deseada (set point). La salida tiene solo dos estados, completamente activado (todo) y completamente desactivado (nada).

Es decir que nada es usado cuando la temperatura está en cualquier lugar sobre el valor deseado y todo es usado cuando la temperatura está en cualquier punto por debajo de la temperatura deseada (véase figura 37).

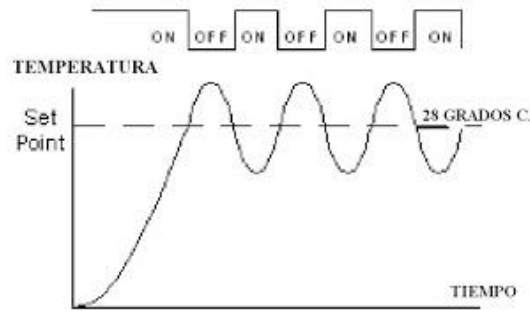


Figura 37. Control todo nada
(Flotante, 2016)

La temperatura del cilindro debe sobrepasar la temperatura deseada (set point) para cambiar el estado de salida, esto quiere decir que la temperatura del sistema estará continuamente oscilando.

Por lo tanto para evitar dañar a los dispositivos de control finales, un diferencial o histéresis (véase figura 38) es agregado a la función del controlador. Este diferencial requiere que la temperatura exceda la temperatura deseada (set point) en una cierta cantidad antes de que la salida se desconecte nuevamente y viceversa.

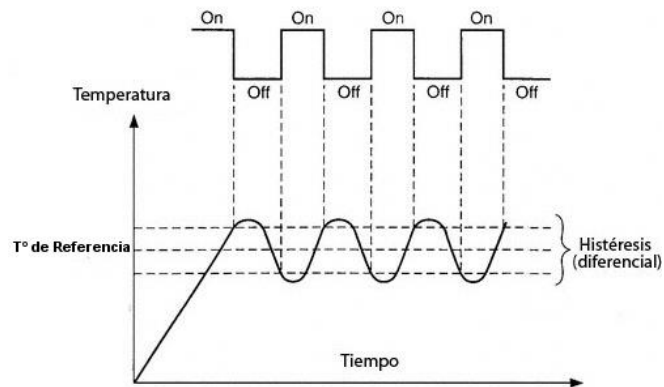


Figura 38. Control todo nada con Histéresis
(Sapiensman, 2015)

Para el desarrollo de este control todo nada se ha establecido el siguiente diagrama:

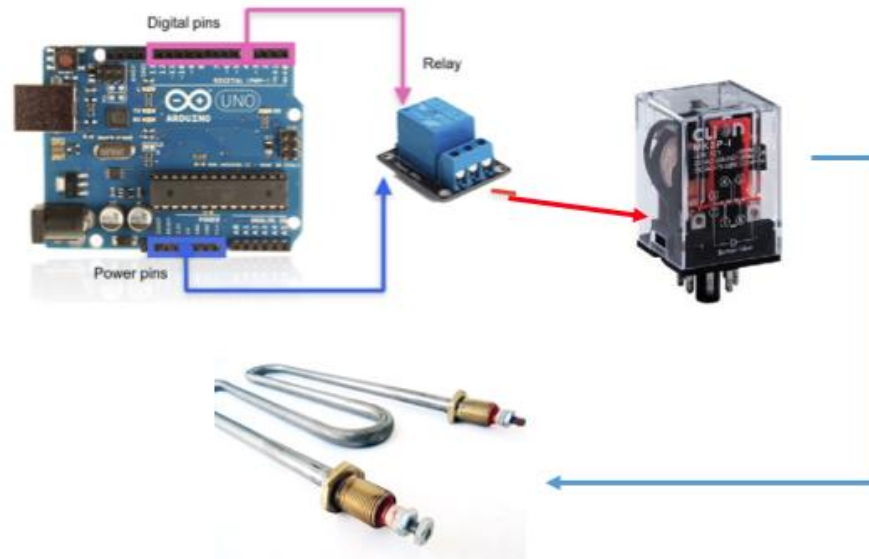


Figura 39. Diagrama de control todo nada

En la figura 39 se tiene el diagrama de control todo nada, conformado por dos relés, en este caso el primer relé es el que recibe el bit de control del Arduino y este a su vez activa al siguiente relé, el cual se empleó en este control ya que la resistencia eléctrica, absorbe una corriente de 9A y dicho relé soporta 12A, lo que permite trabajar sin problema alguno con la resistencia.

Entonces una vez que el primer relé recibe el bit de control del controlador Arduino, este deja pasar los 12V que necesita el segundo relé para activarse, mientras que se logre alcanzar la referencia (set point) deseada, este segundo relé permanecerá activo, una vez alcanzado dicha referencia (set point), debido a que se tiene un control con histéresis en este caso de ± 2 , el relé permanece activo hasta "setpoint+2" y alcanzado ese valor se desactiva para regresar al valor de referencia (set point) y baja hasta "setpoint-2". De esta manera se mantiene encendiendo y apagando con un rango de ± 2 a la referencia (set point) según esta sea ingresada. Todo esto se explicará mediante el diagrama de flujo del control de temperatura en la siguiente sección.

3.5.3. Descripción del sistema y diagrama de flujos

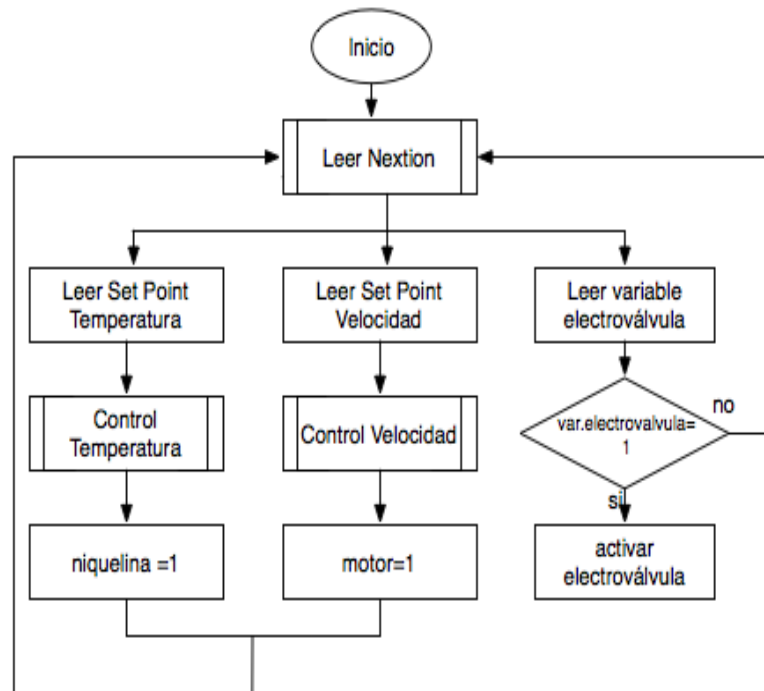


Figura 40. Diagrama de flujo del control del sistema de estampado

El control del programa mostrado en la figura 40, comienza con la lectura de la subrutina de la pantalla Nextion, una vez leída la pantalla, se procede a las lecturas de referencia (set point) de temperatura y velocidad respectivamente, cada una de estas lecturas contiene una subrutina que devuelve el estado de la niquelina (resistencia) y del motor respectivamente.

La variable electroválvula permite que si el estado de dicha variable es igual a 1 active la electroválvula para que baje el cilindro neumático caso contrario sigue al inicio del proceso.

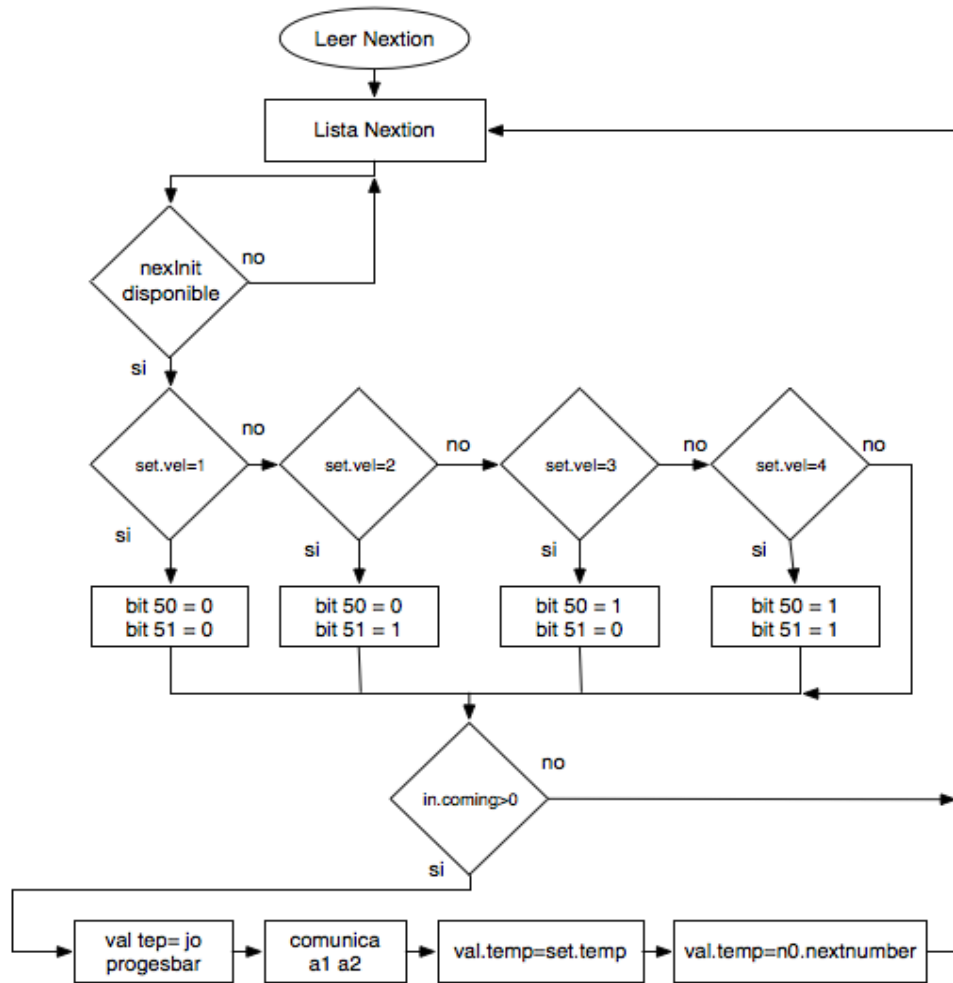


Figura 41. Subrutina de la lectura de la pantalla Nextion

La subrutina de leer Nextion de la figura 41, comienza cuestionando si la conexión con la pantalla está disponible (nextInIt), si no está regresa al inicio hasta que esté disponible.

Estando disponible comienza con la lectura de la variable set.vel, la cual determina la velocidad del motor, esta variable tiene una lista de cuatro valores en la que sí es 1 los envía los bits 50 y 51 en 0, si esta en 2 envía los bits 50 y 51 en 0 1 respectivamente y así sucesivamente hasta completar las 4 listas.

Una vez que acaba la lista de velocidad del motor cuestiona si está disponible la comunicación de A1 con A2 mediante la variable in.coming, si está disponible procede a la lectura de la variable val.temp que determina el estado actual de la temperatura y comunica A1 con A2 para enviar dicho valor.

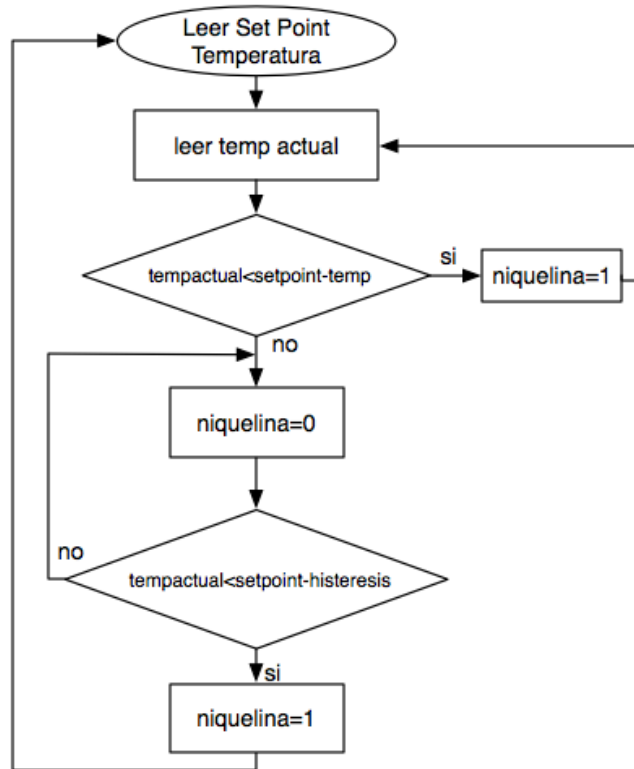


Figura 42. Subrutina del control todo nada

Esta subrutina del control de temperatura de la figura 42, comienza con la lectura de la variable temp.actual, y cuestiona si el valor de temp.actual es menor que el set.point-temp si es menor activa la niquelina para llegar al valor deseado, si no es menor quiere decir que está en el valor deseado y mantiene la niquelina apagada.

A continuación se cuestiona si temp.actual es menor que set.point – histéresis, si es menor, activa la niquelina para que la temperatura se mantenga dentro del rango de la histéresis, si no es menor mantiene apagada la niquelina.

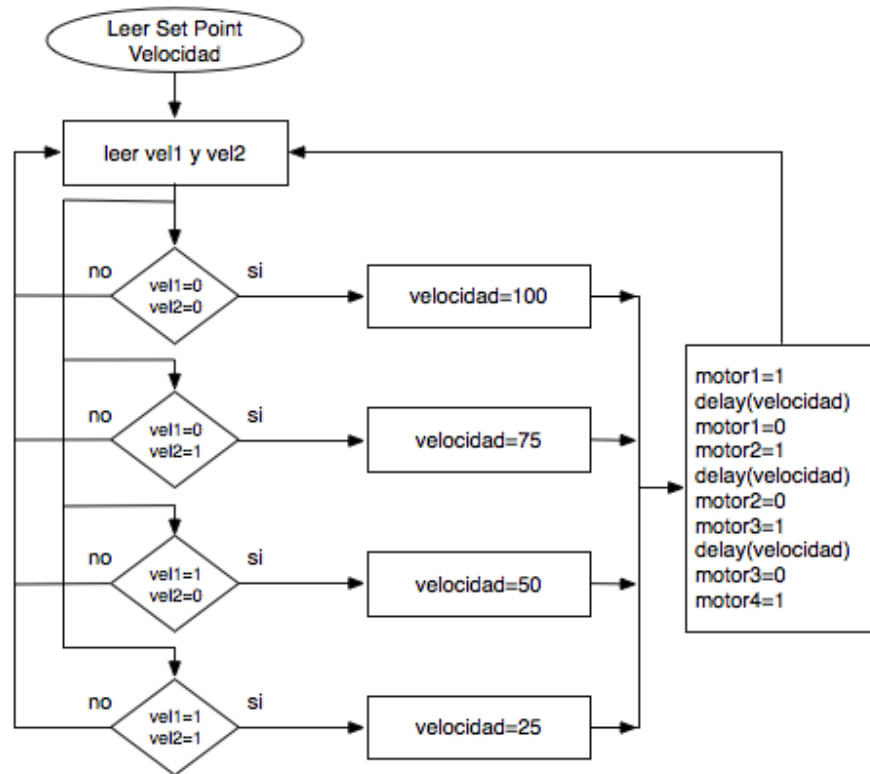


Figura 43. Subrutina del control de velocidad

La subrutina de control de velocidad de la figura 43, comienza leyendo las variables vel1 y vel2, y manda a cuestionar si estas variables están con el valor de 00 respectivamente, si es afirmativo fija la velocidad del motor al 100% y pasa a la secuencia para que gire el motor, caso contrario regresa a la lectura de las variables.

Se tiene 4 opciones donde las variables vel1 y vel2 podrían tomar los valores 00, 01, 10, 11, en donde cada uno de estos valores representa el 100%, 70%, 35% y 0% de la velocidad del motor respectivamente.

Dependiendo como se fije en la pantalla Nextion la velocidad del motor, las variables val1 y val2 tomaran los valores de la velocidad respectiva.

3.5.4. Diseño del panel de control

Es indispensable que el operario tenga una visualización completa del estado del sistema, ya sea la temperatura y la velocidad del cilindro fusor, para

que de esta manera pueda percatarse si existe algún error y pueda realizar acciones para que el sistema trabaje como debe.

Considerando los elementos que forman parte del sistema se elaborará una caja metálica, en la cual en su cara frontal tendrá una pantalla táctil, para la visualización del estado del sistema, además de dos luces piloto, una verde y una roja y finalmente un botón de paro de emergencia, como se puede observar en la figura 44.

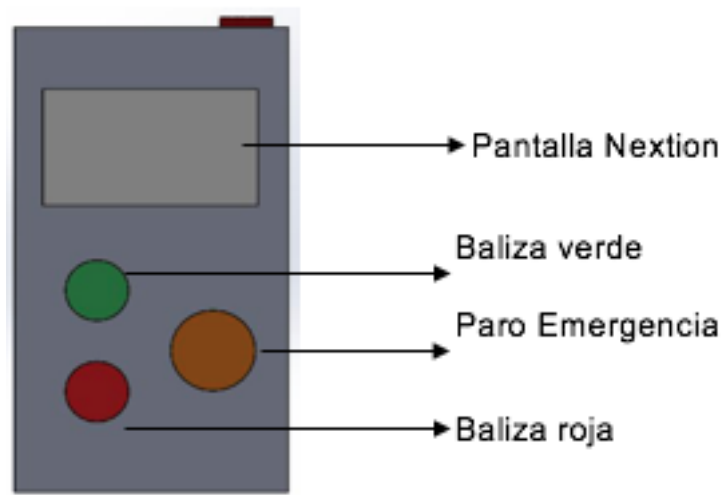


Figura 44. Panel de control

El interior del panel de control, consta de una placa en la cual se ira distribuyendo el hardware y sus respectivas conexiones eléctricas (ver figura 45).

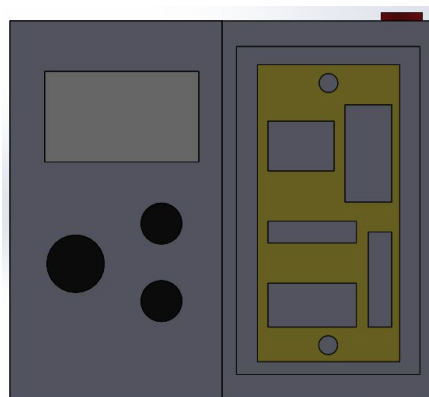


Figura 45. Interior del panel de control

La caja del panel de control está ubicada en la parte superior izquierda de la estructura del sistema como indica la figura 46.

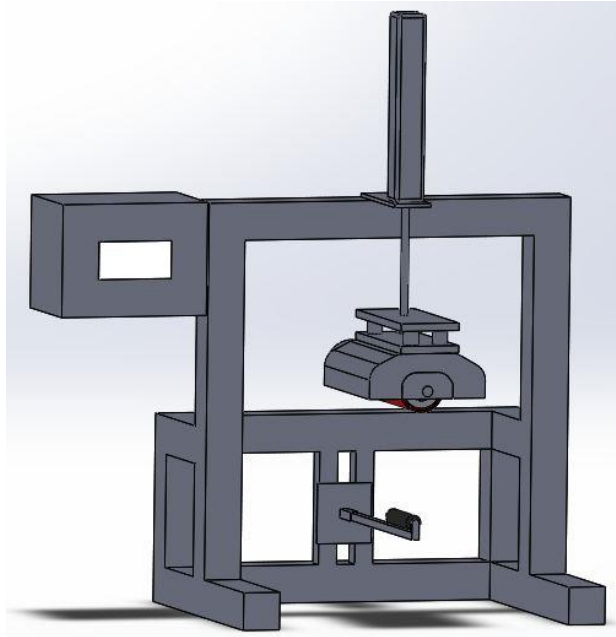


Figura 46. Ubicación del panel de control

En el mercado se encuentran gran variedad de pantallas, la seleccionada para el sistema de estampado, es la pantalla táctil de la marca Nextion, con sus características presentadas en la tabla 15.

Tabla 15. Características pantalla Nextion

Nextion 4.3''	
Voltaje de trabajo	5 V
Conexión	Serial
Colores	65000
Retroiluminación	Pantalla Led
Tipo	Táctil

Fuente: (NextionHMI, Tipos pantallas, 2017)

3.5.5. Ubicación del controlador

El controlador en este caso la tarjeta Arduino estará ubicada en el interior del panel del control en la placa que este contiene como se aprecia en la figura 47.

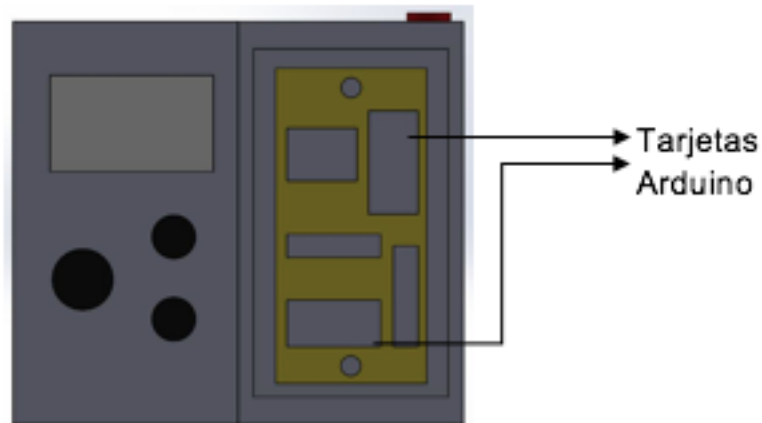


Figura 47. Ubicación del controlador

3.6. Diseño del sistema de comunicación

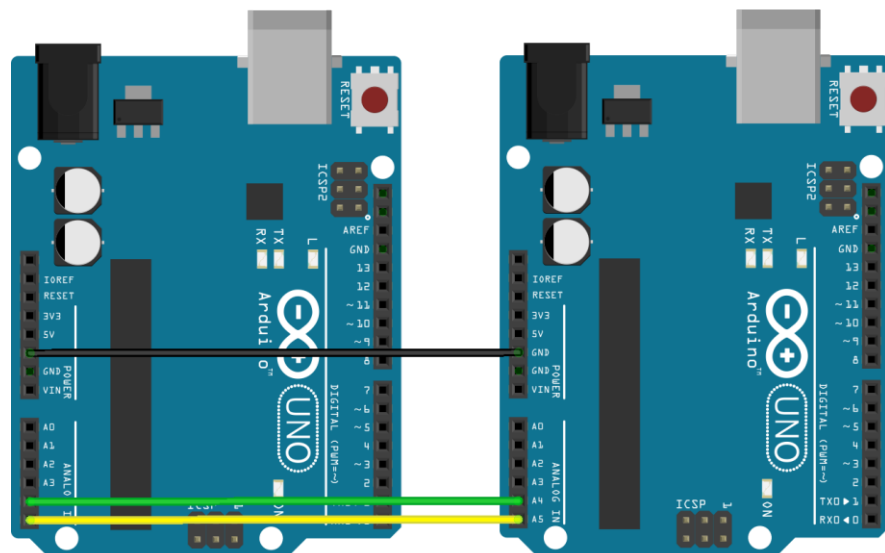


Figura 48. Comunicación serial entre Arduinos

El sistema de estampado estará comunicado completamente mediante la comunicación serial entre Arduinos, ya que como se mencionó anteriormente se empleará 3 Arduinos para que cada uno de ellos trabajen en áreas específicas del sistema, para así obtener un control más fluido del sistema en general.

Además de que la pantalla nextion, su comunicación igualmente es serial con la tarjeta Arduino, no es necesario algún tipo de modulo adicional para permitir la comunicación entre estos.

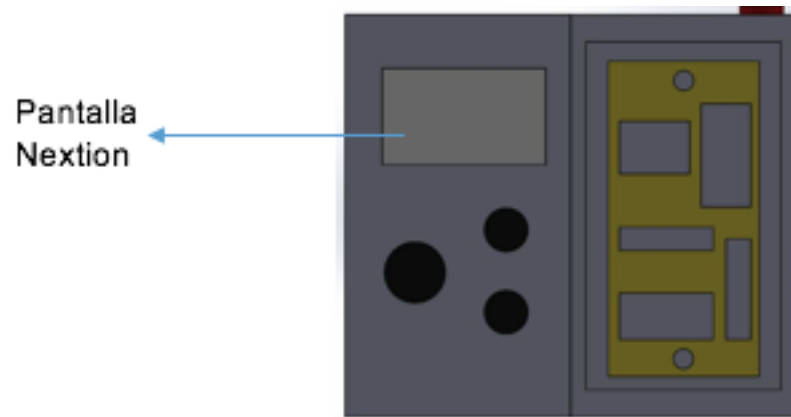


Figura 49. Pantalla Nextion comunicación serial

3.7. Interfaz eléctrica entre controlador y actuador

Debido a que la salida del controlador no produce el voltaje y corriente eléctrica necesarias para activar el motor que moviliza al cilindro fusor, se necesita implementar una interfaz entre estos componentes. Para este propósito se propone el circuito de la figura 50

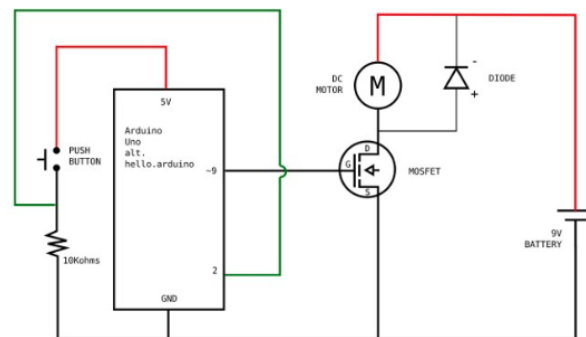


Figura 50. Interfaz conexión Arduino mosfet motor

Fuente: (Engineering, 2016)

Para el efecto de esta interfaz se ha empleado un mosfet, ya que cumple con los requerimientos mencionados anteriormente. Los pines de este tipo de mosfet se los vienen dados como se aprecia en la figura 51 y será implementado como se muestra en la figura 50, para así poder controlar el motor acoplado al cilindro fusor.

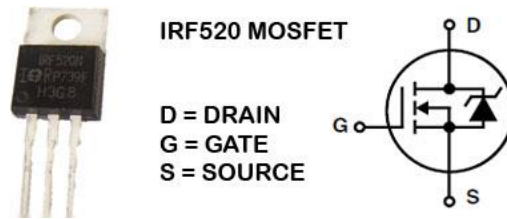


Figura 51. Mosfet IRF520

3.8. Diseño del sistema eléctrico

3.8.1. Conexión eléctrica del sistema de estampado

El cableado eléctrico se lo ha realizado con el cable # 16 AWG (véase figura 52), debido a que este cable soporta 13A, y se tiene que el motor eléctrico tiene un consumo de 3 amperios y además la resistencia eléctrica tiene un consumo de 9 amperios, razón por la cual se ha empleado dicho cable, debido a la corriente necesaria mencionada anteriormente. Para la conexión entre los controladores Arduino, sensor, pantalla nextion, se ha empleado el cable UTP que brinda una fácil conexión en Arduino véase figura 53.



Figura 52. Cable #16 AWG

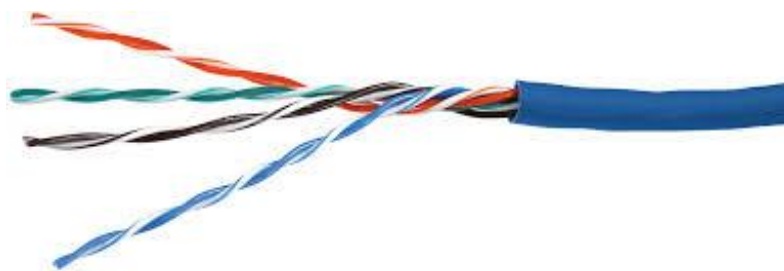





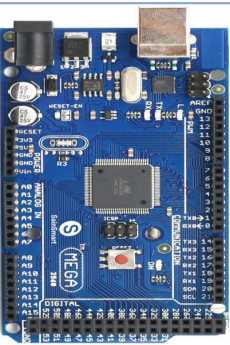




Figura 53. Cable UTP para conexión Arduino


Para este diseño eléctrico hay que tener en cuenta todos elementos que forman parte del sistema de estampado, es decir, el controlador, los actuadores, entre otros, que se detallarán en la tabla 16. Sabiendo el hardware que se va a emplear, la conexión eléctrica y neumática.

Tabla 16. Elementos del sistema eléctrico

Elemento	Cantidad	Gráfico
GPT-TW # 16 AWG	4 m	
Cable UTP	1 m	
Panel de control	1 unidad	
Pulsador enclavado	1 unidad	

Continua 

<p>Luces piloto</p> <p>2 unidades</p>	
<p>Pantalla Táctil Nextion</p> <p>1 unidad</p>	
<p>Arduino</p> <p>3 unidades</p>	
<p>Termocupla tipo K</p> <p>1 unidad</p>	
<p>Switch de presencia mecánico</p> <p>1 unidad</p>	
<p>Actuador Neumático</p> <p>1 unidad</p>	
<p>Electroválvula 5/2</p> <p>1 unidad</p>	

Continua 

Unidad de mantenimiento	1 unidad	
Manguera neumática	6 m	
Regulador caudal neumático	2	
Conectores y Terminales	Varios	

3.8.2. Protección eléctrica

A5 representaciones cuenta con alimentación eléctrica tanto de 110 VAC como de 220 VAC con sus respectivas protecciones para el uso de cualquier maquinaria y la de estampados según se requiera.

Para la técnica de control empleada (todo o nada), se ha seleccionado un relé de estado sólido (SSR), para evitar daños en los contactos principales del controlador por las constantes activaciones, ya que la resistencia eléctrica, maneja una corriente de 9A y dicho relé soporta 12A, lo que permite trabajar sin problema y así poder lograr el control de temperatura.



Figura 54. Relé estado sólido

El panel de control cuenta con un interruptor termomagnético propio de 15 amperios.



Figura 55. Termomagnético de protección del sistema

3.9. Diseño Interfaz Humano – Máquina (HMI)

3.9.1. Interfaz Humano-Máquina

Las principales variables del sistema que se necesita que siempre este en constante observación son la de temperatura y la velocidad, ya que de estas dependen el correcto funcionamiento del sistema.

Para el desarrollo del HMI se ha seguido algunos de los planteamientos de la guía GEDIS, las cuales se mencionó anteriormente en capítulos iniciales.

El HMI a desarrollarse consta de una ventana de inicio, donde se contempla los logos de la universidad como los de la empresa A5

Representaciones, el nombre del sistema y un mímico general del mismo (véase figura 56).

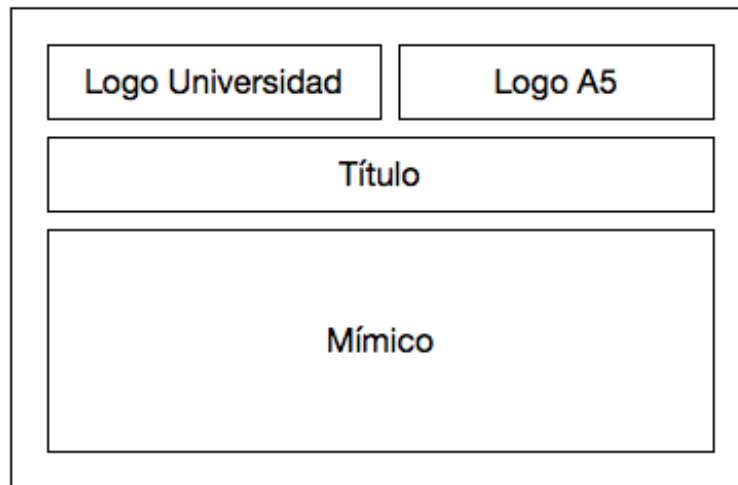


Figura 56. Ventana de inicio del HMI

Para acceder a la ventana principal hay que presionar en la sección del mímico, una vez en dicha la pantalla, la información de temperatura y de velocidad que necesita el operario, está distribuida como se muestra en la figura 57.

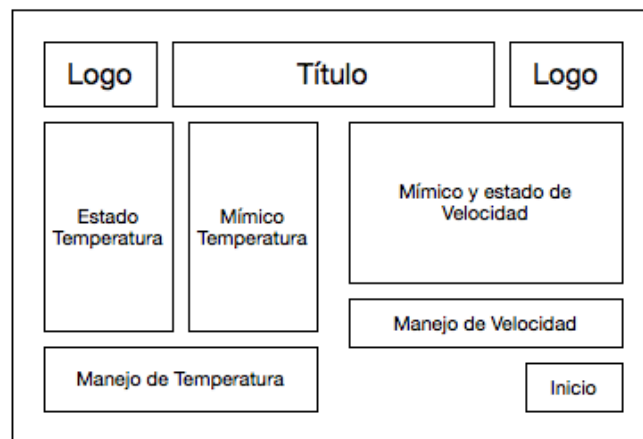


Figura 57. Ventana Principal del HMI

En esta ventana principal se tiene el logo de la universidad, de la empresa, el nombre del proyecto. Esta pantalla está dividida en 2 secciones, una de temperatura y la otra de velocidad.

En la sección izquierda correspondiente a temperatura, en el estado de temperatura se tiene 2 recuadros en donde se indica el valor de la temperatura actual y el valor deseado. En la sección del mímico de temperatura, se tendrá la representación mediante un termómetro el cual ira variando según sea manipulado en la sección Manejo de Temperatura por el operario.

La sección derecha es la correspondiente a la velocidad, en ella se encuentra un mímico de velocidad que está representado mediante un tacómetro el cual ira variando según sea aumentada o disminuida la velocidad del motor en la sección Manejo de velocidad.

En caso que se necesite el regreso a la ventana de inicio, en la esquina inferior derecha del HMI, existe un botón que, en caso de emplearlo, redijera la pantalla del sistema a la ventana de inicio.

La navegación entre pantallas es de la más sencilla, ya que se tendrá una navegabilidad solo entre 2 pantallas.

La pantalla de inicio que dispone de los logos de la empresa y la universidad respectivamente, el nombre del sistema de estampado y un mímico completo del sistema de estampado.

La pantalla principal es la que contiene la información necesaria de la temperatura y de la velocidad respectivamente en sus secciones asignadas.

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN, PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 Implementación

4.1.1 Estructura base

Según el diseño realizado en la sección 3.1 se ha obtenido la base del sistema de estampado, es decir la estructura, la cual se aprecia en la figura 58.

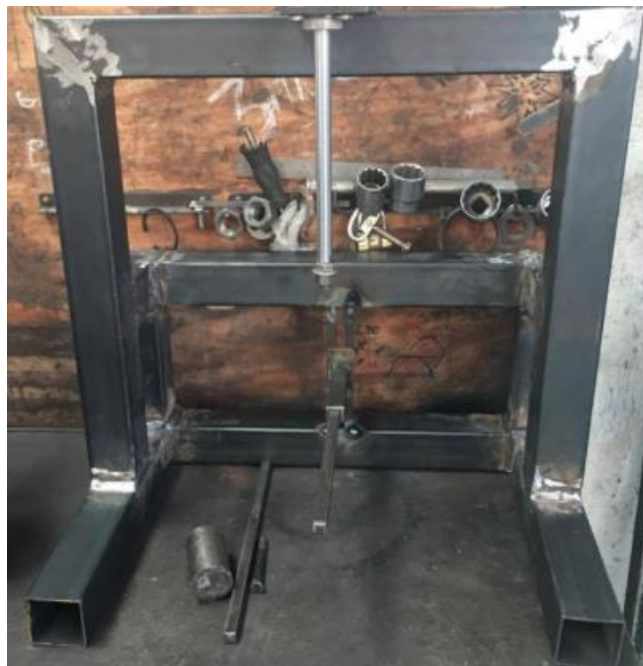


Figura 58. Estructura base del sistema

4.1.2 Base de estampado

La base de estampado (véase figura 59) es donde se colocará el objeto a estampar ya sea superficie cilíndrica o plana.



Figura 59. Base de estampado

4.1.3 Actuador neumático

El actuador neumático (véase figura 60) está ubicado en la parte superior de la estructura base del sistema, gracias a una platina, la cual esta ubica en el centro de la estructura (véase figura 61), el cilindro neumático se encuentra atornillado en dicha platina.



Figura 60. Actuador neumático con la platina



Figura 61. Actuador adaptado a la estructura base

La electroválvula para este cilindro neumático ira ubicada en la parte posterior de la estructura base como se muestra en la figura 62.



Figura 62. Ubicación de la electroválvula

4.1.4 Campana de calentamiento

La campana de calentamiento en su interior contiene el cilindro fusor (véase figura 63) y la resistencia eléctrica, además cuenta con un eje en su

centro sobre el cual girará el cilindro fusor para mantenerse caliente en toda su superficie, véase figura 64.



Figura 63. Campana con cilindro fusor



Figura 64. Campana con resistencia eléctrica

En su interior la campana de calentamiento cuenta con una resistencia eléctrica de tipo tubular (véase figura 65), la cual permitirá el calentamiento del cilindro fusor. La pared de la campana cuenta con una cavidad adicional, en la cual se ha colocado lana de fibra de vidrio la cual permitirá contrarrestar el calentamiento de la resistencia hacia el exterior de la campana.



Figura 65. Campana acoplada con cilindro fusor y resistencia

4.1.5 Montaje del panel de control

El panel de control está compuesto por la pantalla Nextion, un pulsador tipo hongo (paro emergencia) véase figura 66, un pulsador enclavado (actuador neumático) como en la figura 68 y por luces piloto una verde y una roja.



Figura 66. Vista frontal del panel de control

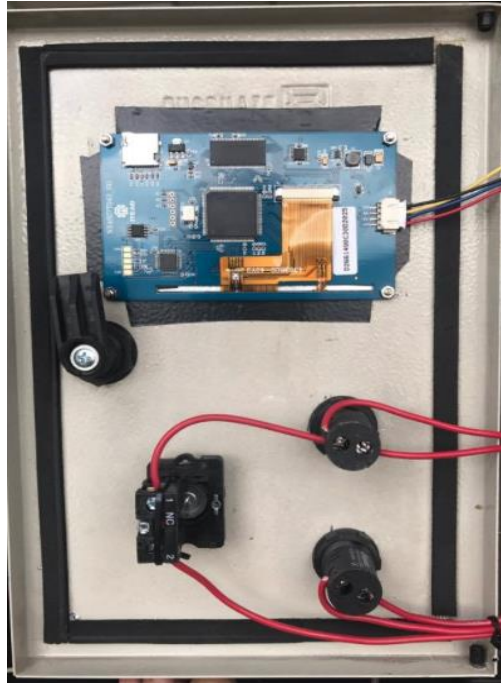


Figura 67. Vista posterior del panel de control



Figura 68. Botón enclavado para el actuador neumático

4.1.6 Montaje controlador

El controlador en este caso las tarjetas Arduino, estarán ubicadas en el interior del panel de control, ya que el panel de control cuenta con una placa de color naranja, gracias a la cual se pudo distribuir y ubicar los elementos necesarios para el control del sistema.

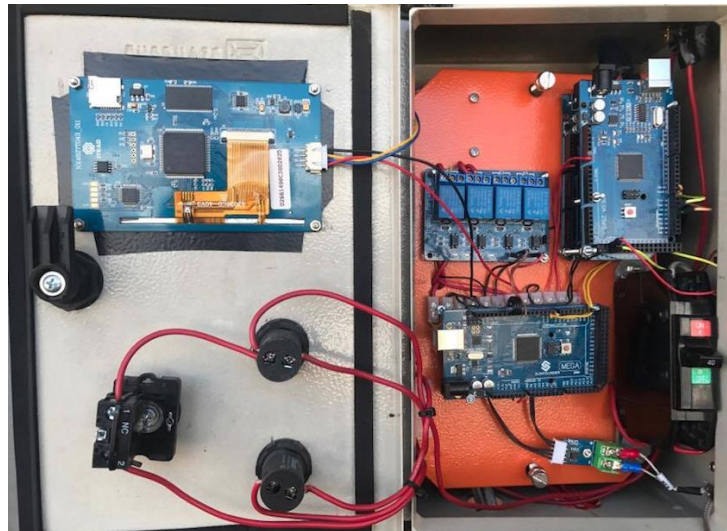


Figura 69. Controlador en el interior del panel de control

4.2 Pruebas y Resultados

4.2.1 Conexión eléctrica

Una vez terminada la conexión del sistema, se procedió al primer encendido del mismo, para determinar alguna anomalía que afecte la conexión eléctrica del sistema.



Figura 70. Prueba eléctrica 1

Como se aprecia en la figura 70, al encender el sistema, inicialmente se obtuvo error en la conexión de la pantalla, ya que todos los elementos se encendieron como se esperaba, a excepción de la pantalla.



Figura 71. Prueba eléctrica 2

Después de haber revisado toda la conexión del sistema se procedió a su activación, obteniendo que todos sus elementos se encendieron todos como era lo esperado (véase figura 71). A demás se comprobó que el motor y electroválvula de igual manera funcionen respectivamente.

4.2.2 Funcionamiento de la pantalla Nextion

Una vez obtenido la distribución de las pantallas en la sección 3.8.1, gracias al software propio de las pantallas Nextion se procedió a la implementación de dichas pantallas.



Figura 72. Ventana de inicio del HMI

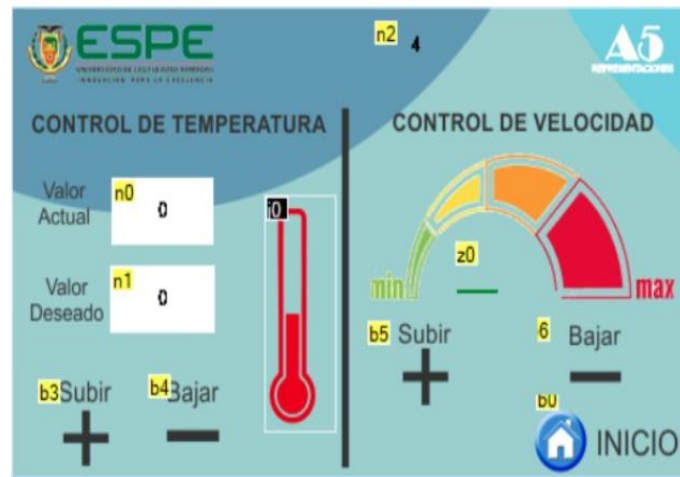


Figura 73. Ventana Principal del HMI

Tal como se describió en la sección 3.8.1 en la parte superior derecha de la ventana de inicio se encuentra el logo de la empresa A5 Representaciones.



Figura 74. Logo empresa A5 Representaciones

Mientras que en la parte superior izquierda de la ventana de inicio se encuentra el logo de la universidad.



Figura 75. Logo de la universidad

Para acceder a la pantalla principal hay que presionar sobre cualquier parte de la sección del nombre del sistema y el mímico de la ventana inicial.



Figura 76. Sección para poder acceder a la pantalla principal

Como se mencionó anteriormente en la ventana principal se dividió en 2 secciones, una para la temperatura y otra para la velocidad respectivamente.

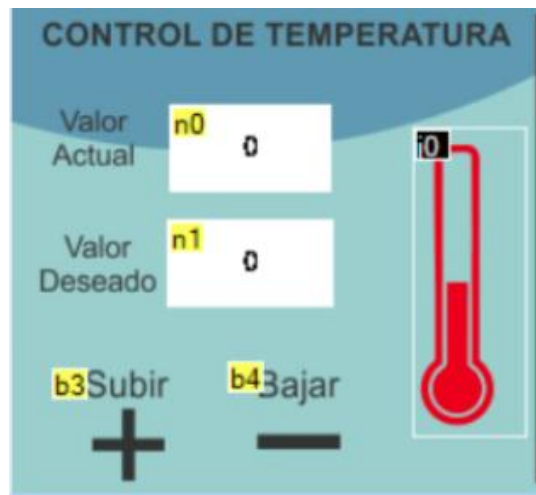


Figura 77. Sección izquierda correspondiente a temperatura

En esta sección de la temperatura (véase figura 77) se tiene dos recuadros en donde uno de ellos es el valor actual de la temperatura a la que se encuentra el sistema, mientras que el otro recuadro es el valor de la temperatura al que se desea llegar, es decir la referencia deseada (set point), este valor se lo puede manipular gracias a los símbolos más y menos respectivamente, y finalmente se encuentra un mímico pequeño de un termómetro que representa el valor deseado de la temperatura en el sistema.

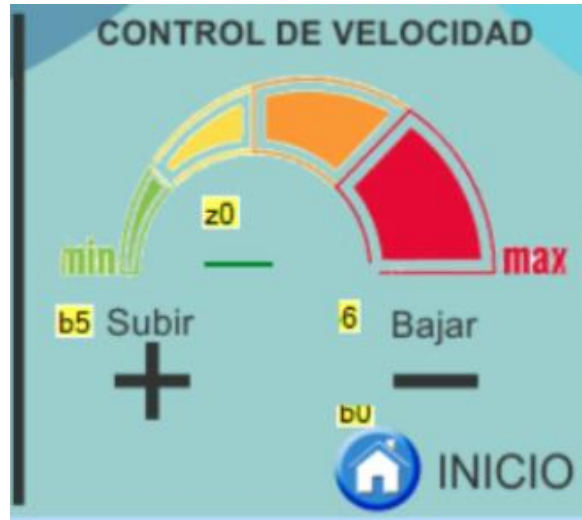


Figura 78. Sección derecha correspondiente a la velocidad

En esta sección de la velocidad se tiene un mímico que representa un mínimo y máximo de velocidad, el cual se podrá manipular gracias a los símbolos más y menos respectivamente, como en la figura 78, finalmente se tiene un botón de inicio el cual no permitirá regresar a la ventana de inicio del HMI.

Para cerciorarse que la pantalla además de que encienda, funcione correctamente, se procedió manipular toda la superficie, comprobando así la respuesta de la pantalla al tacto.



Figura 79. Prueba táctil de la pantalla nextion

Como se aprecia en la figura 79, en la parte superior se tiene el valor deseado de la temperatura en 52, con la velocidad en el nivel mínimo y en la parte inferior se tiene el calor deseado de temperatura en 70 con la velocidad en nivel medio, para esto se ha manipulado la pantalla completamente, teniendo como resultando que la temperatura ni velocidad no cambian, mientras que no se presione los signos “+” y “-” de las respectivas secciones de temperatura y velocidad.

Con esto se evitará que se cambien los valores de manera arbitraria si se llegara a topar la pantalla en cualquier parte de su superficie por accidente.

A continuación, se elaborará una serie pruebas que tienen como objetivo determinar y comprobar las especificaciones técnicas de la máquina de estampando, tales como la velocidad y temperatura, además de comprobar que dichas especificaciones obtenidas sean las adecuadas para el correcto funcionamiento de la máquina de estampado.

4.2.3 Prueba No.1 Rangos de temperatura

4.2.3.1 Objetivo de la prueba

Comprobar que la temperatura que se manejará en este sistema de estampado de transfer, cumpla con el rango propuesto de 60°C a 300°C.

4.2.3.2 Procedimiento

Teniendo a 300°C el valor máximo de temperatura y 60°C el mínimo, se solicitará valores de temperatura aproximados a los límites máximo y mínimo, para así comprobar que el sistema cumple con el rango establecido.

4.2.3.3 Resultados



Figura 80. Prueba temperaturas altas

Como se aprecia en la figura 80, se solicitó al sistema una temperatura de 272°C, que corresponde a un valor cercano al máximo propuesto.



Figura 81. Prueba temperaturas bajas

En este caso en la figura 81 se ha solicitado al sistema una temperatura de 80°C, correspondiente al rango de temperaturas bajas.

4.2.3.4 Análisis

Dependiendo la superficie que se desee estampar, cada material es diferente, razón por la cual es necesario realizar pruebas con distintos valores de temperatura, que fácilmente la máquina los puede alcanzar. Pero que no

se recomienda utilizar, valores demasiados elevados, debido a que son temperaturas que podrían provocar quemaduras leves en el operario, además de que la máxima temperatura empleada según el material a estampar es de 250°C que se mostrara próximamente.

4.2.4 Prueba No.2 Temperatura constante en el cilindro

4.2.4.1 Objetivo de la prueba

Determinar si la temperatura es constante en toda la superficie del cilindro, ya que es un factor indispensable para un correcto estampado.

4.2.4.2 Procedimiento

El cilindro fusor cuenta con una superficie de 15cm, la cual se ha dividido en 3 secciones, izquierda, centro y derecha, de 5cm cada una, para de esta manera comprobar con la ayuda de la pistola laser infrarroja, si la temperatura es constante en cada una de estas secciones.

4.2.4.3 Resultados

Se realizaron varias mediciones de temperaturas aleatorias, en las 3 secciones obteniendo como resultado los valores presentados a continuación:

Tabla 17. Medición temperatura en las secciones del cilindro

Temperatura	Izquierda	Centro	Derecha
50°C	45.3°C	50.5°C	51.1°C
88°C	83.6°C	88.7°C	89.3°C
148°C	138.8°C	146.7°C	147.3°C
208°C	203.3°C	208.2°C	208.8°C



Figura 82. Temperatura en las 3 secciones del cilindro

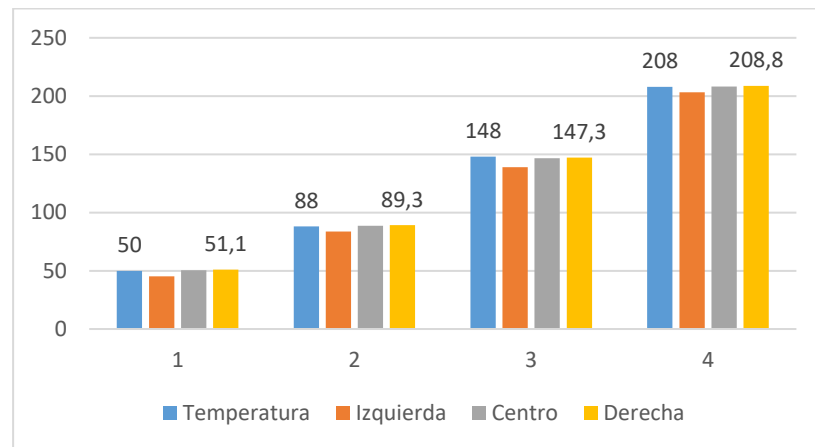


Figura 83. Representación para cada valor de la prueba

4.2.4.4 Análisis

Como se puede apreciar en la figura 83, uno de los valores solicitados para esta prueba fue de 148°C, teniendo como resultado que la sección izquierda tiene una tendencia de temperaturas más bajas a las solicitadas, mientras que las secciones central y derecha llegan a la temperatura solicitada con unas mínimas variaciones entre ellas. Razón por la cual se recomienda trabajar con las secciones central y derecha ya que estas cumplen con la temperatura deseada y así asegurar un correcto estampado.

4.2.5 Prueba No.3 Perturbaciones temperatura

4.2.5.1. Objetivo de la prueba

Analizar la influencia de las perturbaciones externas en la variable temperatura.

4.2.5.2. Procedimiento

Existen diversos factores que influyen en la calidad del estampado, entre ellos la humedad relativa, la altitud, la temperatura ambiente, que influyen la temperatura del cilindro.

Para obtener la temperatura en el cilindro se ha empleado una pistola laser infrarroja como se muestra en la figura 84, que permitirá obtener la temperatura exacta a la que se encuentra el cilindro.



Figura 84. Prueba temperatura con pistola laser

La humedad relativa será obtenida gracias al sensor DHT21.



Figura 85. Sensor Humedad Relativa DHT21

Debido a estos factores o perturbaciones es necesario realizar un banco de pruebas, a diferentes temperaturas ambiente, solicitando diferentes temperaturas en la campana y la respectiva temperatura en el rodillo. Se elaborarán unas tablas que contengan dichas pruebas a continuación, en donde T_a es la temperatura ambiente, T_d es la temperatura deseada y T_c es la temperatura en el cilindro fusor, para de esa manera sacar un patrón que indique como influyen estos factores en la calidad del estampado.

4.2.5.3. Resultados

Tabla 18. Prueba 1 con temperatura ambiente 22°C

Nota: Humedad relativa 86%, Altitud 2.481m

Ta=22.4°C	Td=50°C	Tc=56°C	Tc-Td=6
Ta=22.4°C	Td=90°C	Tc=96.1°C	Tc-Td=6.1
Ta=22.3°C	Td=150°C	Tc=156°C	Tc-Td=6
Ta=22.1°C	Td=200°C	Tc=205.9°C	Tc-Td=5.9
Ta=22.3°C	Td=250°C	Tc=256.4°C	Tc-Td=6.4

Tabla 19. Prueba 2 con temperatura ambiente a 18°C

Nota: Humedad relativa 61%, Altitud 2.481m

Ta=18.1°C	Td=50°C	Tc=57.1°C	Tc-Td=7.1
Ta=18.2°C	Td=90°C	Tc=97°C	Tc-Td=7
Ta=18.1°C	Td=150°C	Tc=156.9°C	Tc-Td=6.9
Ta=18.4°C	Td=200°C	Tc=207.3°C	Tc-Td=7.3
Ta=18.4°C	Td=250°C	Tc=257.2°C	Tc-Td=7.2

Tabla 20. Prueba 3 con temperatura ambiente a 12°C

Nota: Humedad relativa 98%, Altitud 2.481m

Ta=12.3°C	Td=50°C	Tc=58.1°C	Tr-Td=8.1
Ta=12.1°C	Td=90°C	Tc=98°C	Tc-Td=8
Ta=12.2°C	Td=150°C	Tc=158.3°C	Tc-Td=8.3
Ta=12.2°C	Td=200°C	Tc=207.9°C	Tc-Td=7.9
Ta=12.1°C	Td=250°C	Tc=258.4°C	Tc-Td=8.4

Con los resultados obtenidos en las tres pruebas se puede determinar un patrón el cual afecta al sistema, dependiendo de la temperatura ambiente a la que se esté trabajando.

Para obtener dicho patrón se ingresó los valores, obtenidos en las pruebas, para así conseguir la línea de tendencia de dicho patrón. Esta línea de tendencia se obtiene de los puntos conformados por la temperatura ambiente (Ta) y la resta entre la temperatura del cilindro con la temperatura

deseada en la campana ($T_c - T_d$), ya que con esta resta entre dichas temperaturas se obtiene la variación que existe respecto a la temperatura deseada.

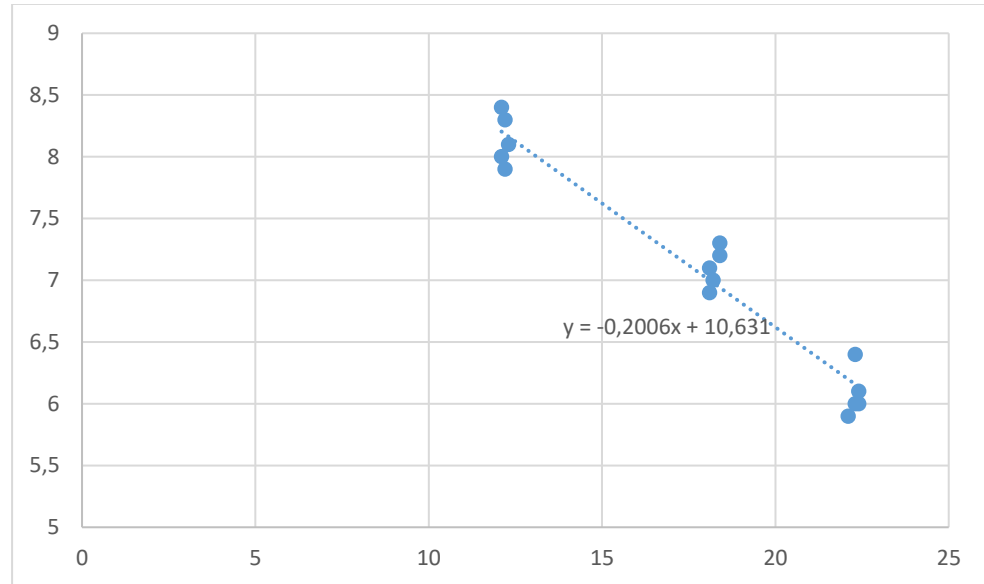


Figura 86. Temperatura ambiente vs variación temperatura.

4.2.5.4. Análisis

Como se aprecia en la figura 86, la ecuación obtenida de la línea de tendencia es la siguiente:

$$y = -0.2006x + 10.631$$

En donde $x = T_a$ y $y = K$, así:

$$K = -0.2006T_a + 10.631$$

K es la ecuación que da el patrón o la variación que se tiene con las temperaturas ambiente (T_a), respecto a la variación entre la temperatura deseada y la temperatura en el cilindro.

La temperatura final o real se obtendrá mediante la resta entre la temperatura en el cilindro (T_c) menos la resta del valor del patrón K obtenido.

$$T_f = T_c - K$$

Esta relación final T_f permitirá obtener la temperatura sin el efecto de los patrones que influyeron anteriormente en su medición.

4.2.6 Prueba No.4 Perturbaciones en la velocidad

4.2.6.1. Objetivo de la prueba

Determinar si existe una gran variación de la velocidad antes y durante del estampado, de tal manera que influya en el estampado.

4.2.6.2. Procedimiento

Para obtener las velocidades antes y durante del estampado, se ha empleado un encoder, el cual permitirá obtener la velocidad a la que se encuentra girando el cilindro, gracias a la adaptación que se realizó en el eje del mismo como se muestra en la figura 87.



Figura 87. Encoder adaptado al eje del cilindro

4.2.6.3. Resultados

El sistema está programado con tres diferentes velocidades alta (V_a), media (V_m) y baja (V_b), las cuáles serán sometidas a las pruebas mencionadas y los resultados obtenidos en el orden de revolución por minuto se presentarán en una tabla a continuación:

Tabla 21. Prueba de velocidad

Velocidad antes estampado (rev/min)	Velocidad durante estampado (rev/min)	Variación Vantes- Vdurante
$V_a=20.48$	$V_a=19.35$	1.13
$V_m=9.23$	$V_m=8.69$	0.54
$V_b=5,08$	$V_b=4.76$	0.32

4.2.6.4. Análisis

Como se aprecia en la tabla 21 obtenida de la medición de la velocidad se tiene que, la variación entre la velocidad antes y la velocidad durante el estampado es mínima, ya que dichas variaciones están en el orden menor a media revolución por minuto, por lo tanto, no afecta al estampado.

Gracias las pruebas realizadas anteriormente, se puede tener mejores resultados en los estampados, para ello hay que tener en cuenta los factores que intervienen en la calidad del estampado.

Uno de estos factores es la velocidad, ya que al momento de realizar el estampado se debe procurar que la superficie a estampar, tenga un mayor tiempo en contacto con el cilindro, esto se puede obtener con la velocidad baja del sistema, pero hay que analizar las tres velocidades disponibles (alta, media y baja) para así determinar cuál es la adecuada.

Otro factor importante es la temperatura, ya que teniendo en cuenta las características del objeto que se esté estampando, se necesitará más o menos temperatura.

Por esto es adecuado encontrar una combinación adecuada tanto de temperatura y velocidad que permitan un correcto estampado según el material que se desee estampar. Se realizarán pruebas teniendo estos aspectos en cuenta a continuación:

4.2.7 Prueba No.5 Estampado en taza

4.2.7.1 Objetivo

Determinar la calidad de estampado obtenido en una taza cerámica mediante una temperatura baja y la velocidad alta del motor.

4.2.7.2 Procedimiento

Para Definir la temperatura del sistema a 100°C, con una velocidad constante en este caso con la velocidad alta del motor.

4.2.7.3 Resultado



Figura 88. Baja temperatura Alta velocidad

4.2.7.4 Análisis

Como se aprecia en la figura 88, la calidad del estampado es pésima, ya que no se transfirió nada a la superficie, dando un porcentaje de estampado del 2% de lo deseado, lo que quiere decir que una combinación de temperatura baja y velocidad alta no es la adecuada para este tipo de materiales.

4.2.8 Prueba No.6

4.2.8.1 Objetivo

Determinar la calidad de estampado obtenido en una taza cerámica mediante una temperatura media y velocidad media del motor.

4.2.8.2 Procedimiento

Definir la temperatura del sistema a 180°C, con una velocidad constante, en este caso con la velocidad media del motor.

4.2.8.3 Resultados



Figura 89. Temperatura y velocidad media

4.2.8.4 Análisis

Como se aprecia en la figura 89, la calidad del estampado no es la mejor, debido a que el estampado final, tiene partes en que se transfirió borrosa la imagen, dando un porcentaje de estampado del 65% de lo deseado.

4.2.9 Prueba No.7

4.2.9.1 Objetivo

Determinar la calidad de estampado obtenido en una taza cerámica mediante una temperatura alta y velocidad baja del motor.

4.2.9.2 Procedimiento

Definir la temperatura del sistema a 250°C, con una velocidad constante, en este caso con la velocidad baja del motor.

4.2.9.3 Resultados



Figura 90. Temperatura alta y velocidad baja

4.2.9.4 Análisis

Como se aprecia en la figura 90, la calidad del estampado es mucho mejor, debido a que el estampado final, tiene toda la imagen transferida, salvo con ciertos detalles, como puntos blancos en la imagen, dando un porcentaje de estampado del 99,7% de lo deseado.

4.2.10 Prueba No.8 Estampado en esfero

4.2.10.1 Objetivo

Determinar la calidad de estampado obtenido en un esfero plástico mediante una temperatura baja y velocidad alta del motor.

4.2.10.2 Procedimiento

Definir la temperatura del sistema a 80°C, con una velocidad constante, en este caso con la velocidad alta del motor.

4.2.10.3 Resultados



Figura 91. Esfero temperatura baja y velocidad alta

4.2.10.4 Análisis

Como se aprecia en la figura 91, la calidad del estampado no es buena ya que prácticamente no se transfirió la última letra de la imagen, dando un porcentaje de estampado del 40% de lo deseado.

4.2.11 Prueba No.9

4.2.11.1 Objetivo

Determinar la calidad de estampado obtenido en un esfero plástico, incrementando la temperatura (poco a poco debido a que es plástico y este material es más susceptible a deformaciones por la temperatura) y conjuntamente con una velocidad media del motor.

4.2.11.2 Procedimiento

Definir la temperatura del sistema a 100°C, con una velocidad constante, en este caso con la velocidad media del motor.

4.2.11.3 Resultado



Figura 92. Estampado con menos irregularidades

4.2.11.4 Análisis

Como se aprecia en la figura 92, la calidad del estampado ha mejorado, debido a que el estampado final, tiene toda la imagen transferida, pero con bastantes detalles o irregularidades blancas en la imagen, dando un porcentaje de estampado del 85% de lo deseado.

4.2.12 Prueba No.10

4.2.12.1 Objetivo

Determinar la calidad de estampado obtenido en un esfero plástico, incrementando la temperatura, conjuntamente con una velocidad baja del motor.

4.2.12.2 Procedimiento

Definir la temperatura del sistema a 140°C, con una velocidad constante, en este caso con la velocidad baja del motor.

4.2.12.3 Resultado



Figura 93. Combinación de estampado adecuada

4.2.12.4 Análisis




Como se observa en la figura 93, la calidad del estampado ha mejorado notablemente, debido a que el estampado final, tiene toda la imagen transferida, sin ninguna irregularidad en la imagen transferida, dando un porcentaje de estampado del 99.8% de lo deseado.

De las 10 pruebas realizadas las 4 primeras sirvieron para determinar las variables principales como la temperatura y la velocidad.

Ahora las 6 pruebas restantes fueron realizadas en base a las pruebas anteriores teniendo en cuenta que hay que elegir adecuadamente una configuración de temperatura y velocidad para obtener un estampado exitoso.

De estas pruebas se realizará una comparación entre ellas para determinar las principales características para obtener un estampado exitoso:

Tabla 22. Comparativa de pruebas 5, 6 y 7

	Resultado	Porcentaje Estampado	Temperatura	Velocidad
Prueba #5		2%	100°C	Alta
Prueba #6		65%	180°C	Media
Prueba #7		99.7%	250°C	Baja

De esta comparativa se obtiene lo siguiente:

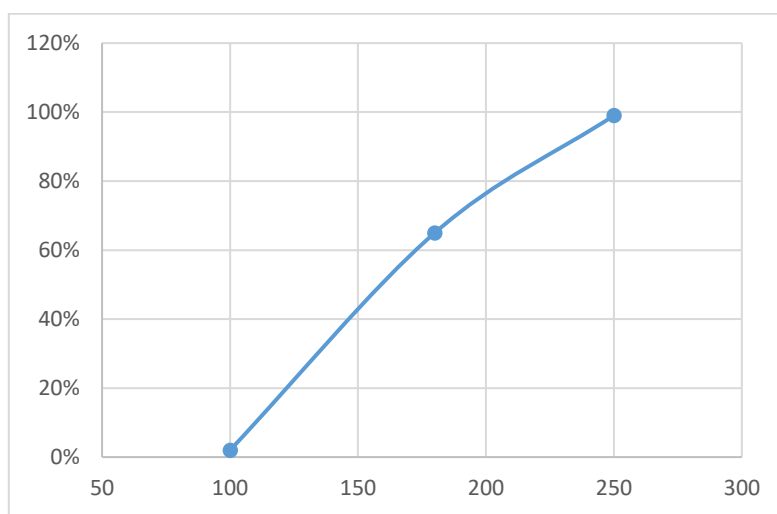





Figura 94. Porcentaje estampado vs temperatura en taza

Esta gráfica 94 quiere decir que, en este caso, para el estampado de tazas cerámicas, a menor temperatura y velocidad alta el porcentaje de estampado que se obtiene es poco o nulo (2%), mientras que un estampado correcto (99.7%) se logra con una alta temperatura (250°C) y velocidad baja. Esto se ha podido corroborar con otras pruebas realizadas adicionalmente.

Tabla 23. Comparativa de pruebas 8, 9 y 10

	Resultado	Porcentaje Estampado	Temperatura	Velocidad
Prueba #8		40%	80°C	Alta
Prueba #9		85%	100°C	Media
Prueba #10		99.8%	140°C	Baja

De igual manera se tiene que para el estampado de esferos plásticos el correcto uso de la máquina de estampado es con una temperatura de 140°C y una velocidad baja, tal como lo muestra la tendencia de la gráfica 95 a continuación:

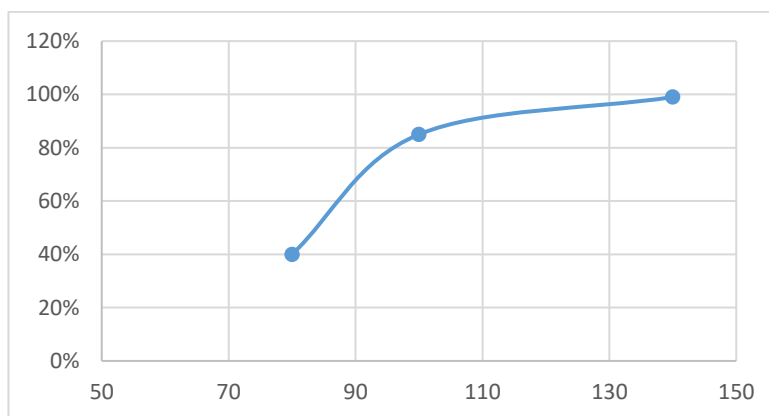


Figura 95. Porcentaje estampado vs temperatura en esfero

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El sistema de estampado de transfer semiautomático ha permitido a la empresa A5 Representaciones, estampar en superficies cilíndricas y planas, para mejorar su producción, ya que con una sola máquina se puede trabajar en diversos productos y no regirse a uno solo.

La empresa A5 Representaciones mediante el sistema de estampado de transfer semiautomático implementado, logra alcanzar una reducción del tiempo empleado, dependiendo del material a estampar por ejemplo en una máquina convencional de estampado de tazas este proceso dura de 3 a 4 minutos y con la máquina de transfer este tiempo es de 1 minuto, optimizando así los costos en la producción.

Para obtener la temperatura deseada en el sistema se empleó una resistencia eléctrica, que gracias al control todo o nada se obtuvo los resultados necesarios para el estampado.

El control del sistema se implementó con tarjetas Arduino que, gracias a su entorno de programación simple conjuntamente con las características de software y hardware ampliable, ha dado paso al uso de la pantalla táctil nextion que mediante la comunicación serial que maneja permite un mayor control sobre las variables de temperatura y velocidad, haciendo que el sistema de estampado sea más estable y seguro, así garantizando el correcto funcionamiento del mismo.

La instrumentación implementada permite al sistema trabajar con varias temperaturas y velocidades según sean los requerimientos de los materiales, permitiendo así que el cilindro fusor tenga la temperatura deseada constante

en toda su extensión, de tal manera que no comprometa la superficie de los materiales y se logre un correcto estampado

Para la realización del sistema de estampado se planteó una metodología para evaluar la calidad del estampado que consta de tres parámetros importantes que son: daños en las superficies estampadas, puntos blancos y colores tenues en el estampado, que según los resultados de las pruebas realizadas han sido suficientes para dicha evaluación.

En la prueba No.2 se realizaron varias medidas en el cilindro fusor para determinar si se calienta uniformemente en su superficie, teniendo como resultado que en la sección izquierda existe una temperatura menor a la deseada (pequeña variación entre 3 y 5 grados), mientras que las secciones central y derecha están dentro del rango de la temperatura deseada con mínimas variaciones.

Con los resultados obtenidos en la prueba No.3 se puede determinar que existe un patrón que afecta al sistema, dependiendo de la temperatura ambiente a la que se esté trabajando. Dicho patrón es de 0.2 que fue obtenido en la pendiente del gráfico del comportamiento obtenido de dicha variación.

Otro aspecto a comprobar si influye en el estampado es la variación de la velocidad antes y durante del estampado, para ello se ha determinado que la variación obtenida es mínima ya que los valores obtenidos están en el orden menor a media revolución por minuto, que en tiempo es en orden de décimas de segundo por revolución dada, con lo cual al final no influye en el proceso de estampo.

Para poder evaluar al sistema de estampado se han realizado varias pruebas en diferentes materiales, destacando entre ellas las realizadas en una taza cerámica con una temperatura alta (250°C) y una velocidad baja (4.3rev/min), obteniendo una calidad del 99.7% del estampado. De igual manera en un esfero plástico, pudiendo comprobarse que con una temperatura alta (140°C respecto al plástico) y una velocidad baja (4.3rev/min), obteniendo una calidad del 99.8% del estampado. Determinando

así que para cada material hay que fijar la temperatura y velocidad correctamente para obtener buenos resultados en la calidad del estampado.

5.2.Recomendaciones

Una vez implementado el sistema de estampado, se debe realizar una capacitación sobre el funcionamiento del sistema a todos los operarios, en especial al que va a trabajar con el sistema, para que sepa realizar las acciones preventivas necesarias y correctivas en caso de alguna falla y así el sistema tenga un correcto funcionamiento.

En base a las pruebas realizadas de estampado, se tiene en cuenta que cada vez que en la empresa A5 Representaciones, vaya a realizar estampados sobre nuevos materiales, se recomienda realizar el número de pruebas que sean necesarias para establecer una tabla de valores de temperatura y velocidad adecuadas, que cada material necesita para un correcto estampado.

Como se pudo comprobar el sistema de estampado puede operar a altas temperaturas cercanas a 300°C, como en la prueba No.1 que se llegó fácilmente a 272°C, pero no se recomienda utilizar, estos valores demasiados elevados, debido a que son temperaturas que podrían provocar quemaduras leves en el operario, para ello hay que trabajar con las temperaturas determinadas según el material a estampar.

Para un correcto estampado toda la superficie del cilindro fusor tiene que estar en completo contacto con el material a estampar, para ello es necesaria una presión constante de dicho cilindro, pero se recomienda que, para cada elemento a estampar, se regule la base con la presión necesaria.

Es recomendable que el operario tenga su lugar de trabajo limpio y ordenado, evitando de esa forma que algún objeto extraño o suciedad interfiera con el estampado, de igual manera que mantenga limpio el sistema

de estampado en especial el cilindro de calentamiento, ya que en su superficie se pueden adherir impurezas, para así evitar fallas del estampado.

BIBLIOGRAFÍA

- Acquacolors. (2014). *Tiempos sublimado*. Recuperado el 24 de julio de 2017, de <http://www.acquacolors.com/index.php/destacado/tecnolog%C3%ADa/proceso-sublimacion-detail>
- Arduino. (2016). *Guía básica de arduino*. Recuperado el 12 de abril de 2017, de <http://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Arduino. (2017). *Tipos de arduino*. Recuperado el 28 de marzo de 2017, de <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- BcnDinamics. (2016). *Final de carrera*. Recuperado el 12 de marzo de 2016, de <http://bcndynamics.com/es/product/final-de-carrera-mec%C3%A1nico-micro-switch>
- Colormake. (2016). *Temperaturas para sublimar*. Recuperado el 20 de marzo de 2017, de <https://colormake.com/sublimacion/tempos-y-temperaturas-para-sublimar/>
- Colormake. (2016). *Temperaturas para sublimar*. Recuperado el 20 de marzo de 2017, de <https://colormake.com/sublimacion/tempos-y-temperaturas-para-sublimar/>
- Easy. (2013). *Xlogic Micro PLC*. Recuperado el 18 de abril de 2017, de http://es.made-in-china.com/co_rui3425/image_Xlogic-Micro-PLC-ELC-E-AI-I_hrhhsngnyg_hBiajQKsEdkU.html
- Engineering, E. (2016). *Mosfet*. Recuperado el 14 de diciembre de 2016, de <https://electronics.stackexchange.com/questions/141961/mosfet-pwm-signal-not-square>
- Flotante, P. (2016). *Control On Off*. Recuperado el 24 de agosto de 2017, de <http://www.puntoflotante.net/CONTROLONOFF.htm>
- Juarez, M. (2014). *Válvulas neumáticas*. Recuperado el 3 de marzo de 2017, de

http://infmtk2013amarcosjuarezcontreras133.blogspot.com/2014_09_01_archive.html

- Llamas, L. (2016). *Encoder óptico*. Recuperado el 10 de marzo de 2017, de <https://www.luisllamas.es/usar-un-optointerruptor-con-arduino/>
- MicroElectrónica. (2016). *Microcontroladores PIC*. Recuperado el 12 de febrero de 2017, de <http://learn.mikroe.com/ebooks/microcontroladorespic/chapter/introduccion-al-mundo-de-los-microcontroladores/>
- NextionHMI. (2017). *Tipos pantallas*. Recuperado el 17 de agosto de 2017, de https://www.itead.cc/wiki/Nextion_HMI_Solution
- NextionHMI. (2017). *Editor HMI*. Recuperado el 17 de agosto de 2017, de https://www.itead.cc/wiki/Nextion_HMI_Solution
- Novastitch. (2014). *Máquina manual transfer*. Recuperado el 24 de marzo de 2017, de <http://novastitch.com/producto/maquita-estampadora-manual-transfer>
- Polestardistribution. (2011). *Tipos máquinas transfer*. Recuperado el 14 de diciembre de 2016, de <https://www.youtube.com/watch?v=sY4zqwznieg>
- Realinkjet. (2015). *Proceso estampado*. Recuperado el 20 de marzo de 2017, de <http://www.realinkjet.com/detalle.php?id=8>
- Sapiensman. (2015). *Diagrama On Off*. Recuperado el 25 de marzo de 2016, de http://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/instrumentacion_industrial4.php
- Terapeak. (2015). *DC Motor*. Recuperado el 21 de junio de 2017, de <https://www.terapeak.com/worth/dayton-4z539a-dc-gearmotor-1-30-hp-102-rpm-90-v/232053766995/>
- Termopar. (2015). *Tipos termocuplas*. Recuperado el 24 de febrero de 2017, de <http://electroprofesor.blogspot.com/2013/11/termopares.html>
- Touch, M. (2015). *Sistema laser*. Recuperado el 16 de julio de 2017, de <http://www.themagictouch.es/productos/sistema-laser/papel-transfer.html>