



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO MECATRÓNICA

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA
MECATRÓNICA ALIMENTADORA POR FRICCIÓN PARA
ETIQUETADO DE EMPAQUES VACIOS PARA LA EMPRESA
SISMODE**

AUTOR: VÁSCONEZ LAICA, CARLOS FERNANDO

DIRECTOR: ING. CEVALLOS, ALFREDO

CODIRECTORA: MSc. SALAZAR, ANGELITA

SANGOLQUÍ

2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
INGENIERÍA MECATRÓNICA

CERTIFICADO

ING. ALFREDO CEVALLOS (DIRECTOR)
MSc. ANGELITA SALAZAR (CODIRECTORA)

CERTIFICAN: Que el trabajo titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA MECATRÓNICA ALIMENTADORA POR FRICCIÓN PARA ETIQUETADO DE EMPAQUES VACIOS PARA LA EMPRESA SISMODE”, realizado por Carlos Fernando Vásconez Laica, ha sido realizado en su totalidad y cumple normas estatuarías establecidas por la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Sangolquí, Agosto del 2015

ING. ALFREDO CEVALLOS
DIRECTOR

MSc. ANGELITA SALAZAR
CODIRECTORA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

INGENIERÍA MECATRÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, CARLOS FERNANDO VÁSCONEZ LAICA

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA MECATRÓNICA ALIMENTADORA POR FRICCIÓN PARA ETIQUETADO DE EMPAQUES VACIOS PARA LA EMPRESA SISMODE”, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando el derecho intelectual de terceros, conforme se encuentran en las citas que constan en las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría. En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, Agosto del 2015

CARLOS VÁSCONEZ L.

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

INGENIERÍA MECATRÓNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, CARLOS FERNANDO VÁSCONEZ LAICA

DECLARO QUE:

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución, del trabajo “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA MECATRÓNICA ALIMENTADORA POR FRICCIÓN PARA ETIQUETADO DE EMPAQUES VACIOS PARA LA EMPRESA SISMODE”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, Agosto del 2015

CARLOS VÁSCONEZ L.

DEDICATORIA

El presente proyecto está dedicado a mi familia, mi madre Patricia, mi padre Carlos, mi hermana Lorena y mi abuelita Zoila. Por su apoyo incondicional durante toda mi carrera, por no permitir que me rinda e inculcarme valores valiosos que me han formado como profesional y como persona.

Carlos Vásquez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, por su esfuerzo, preocupación y dedicación, a mi hermana Lorena, por sus consejos y su apoyo incondicional.

A Andrea, por su compañía y apoyo durante toda esta etapa de mi vida.

Y un agradecimiento especial, a mi abuelita Zoila, por todos sus esfuerzos, por todas sus enseñanzas, por todas sus bendiciones que día a día derrama sobre mí y toda mi familia, siempre será para mí un ejemplo de vida.

Carlos Vásquez

INDICE

CERTIFICADO	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN	xv
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. ALCANCE DEL PROYECTO	6
CAPITULO 2. CODIFICACIÓN INDUSTRIAL	7
2.1. Definición de Codificación Industrial	7
2.2. TIPOS DE CODIFICACIÓN INDUSTRIAL	7
2.2.1. Codificación Estática	7
2.2.2. Codificación Dinámica	8
2.3. TECNOLOGÍAS DE CODIFICACIÓN INDUSTRIAL	9
2.3.1. Codificación por etiqueta	9
2.3.2. Codificación por contacto	10
2.3.3. Codificación Inkjet	11
2.3.4. Codificación por Termo-Transferencia	12
2.3.5. Codificación Láser	13

2.4.	IMPRESORA SD X40	15
2.4.1.	Modelos de SD X40	16
2.4.2.	Características de impresión	16
CAPITULO 3.	DISEÑO MECÁNICO	18
3.1.	SOPORTE DE BANDA TRANSPORTADORA Y BANDEJA DE ALIMENTACIÓN	18
3.2.	BANDEJA DE ALIMENTACIÓN	20
3.3.	SISTEMA DE ARRASTRE	21
3.3.1.	Arrastre por sistemas de vacío	21
3.3.2.	Arrastre por Fricción	22
3.3.3.	Análisis de alternativas de arrastre	23
3.3.4.	Selección de material de bandas de arrastre	24
3.3.5.	Selección de Motor de Arrastre y Sistema de Tracción	25
3.3.6.	Dimensionamiento del rodillo de arrastre	26
3.3.7.	Diseño del sistema de arrastre	27
3.4.	BANDA TRANSPORTADORA	27
3.4.1.	Dimensionamiento de Motor	28
3.4.2.	Dimensionamiento de rodillos de banda	31
3.4.3.	Selección de material de banda	32
3.4.4.	Análisis de alternativas de motor	34
3.4.5.	Selección de motor	35
3.4.6.	Selección de caja reductora	36
3.4.7.	Sistema de fijación de empaque	38
3.4.8.	Ensamble de banda transportadora	39
3.4.9.	Diseño de soporte de dispensador y gabinete eléctrico	40

3.4.10.	Análisis de cargas sobre la estructura utilizando SolidWorks	41
CAPITULO 4.	DISEÑO ELÉCTRICO, ELECTRÓNICO Y DE CONTROL	44
4.1.	Características eléctricas SMARTDATE X40	44
4.2.	DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS	45
4.2.1.	Selección de sensores de presencia	45
4.2.2.	Selección de sistema de control	47
4.2.2.1.	Selección de control de motores	49
4.3.	DISEÑO DE INTERFAZ HMI	51
4.3.1.	Pantalla Principal	53
4.3.2.	Información de Producción	53
4.3.3.	Configuración de parámetros	55
4.3.4.	Conteo Programado	56
CAPITULO 5.	CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE DE COMPONENTES	58
5.1.	Bandeja de alimentación	58
5.2.	Mecanismo de arrastre	60
5.3.	Banda trasportadora	62
5.4.	Mecanismo de sujeción	65
5.5.	Instalación de Soporte de X40	67
5.6.	Instalación de componentes eléctricos y electrónicos	68
5.7.	ENSAMBLAJE DE DISPENSADOR	72
CAPITULO 6.	PRUEBAS Y RESULTADOS	74
6.1.	Alimentación de empaques	74
6.2.	Empaque Codificado	74

6.3.	Comparación de Producción	75
6.3.1.	Velocidad de codificación	75
6.3.2.	Costo de empaque codificado	76
CAPITULO 7.	ANÁLISIS DE COSTOS	78
7.1.	Costos Directos	78
7.1.1.	Costos de materiales mecánicos	78
7.1.2.	Costos de materiales eléctricos y electrónicos	81
7.1.3.	Mano de obra	82
7.1.4.	Asesoría profesional	83
7.2.	Costos Indirectos	83
7.3.	Costo Total	84
7.4.	Plazo de Recuperación de la Inversión	84
CAPITULO 8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
8.1.	Conclusiones	86
8.2.	Recomendaciones	87
BIBLIOGRAFÍA	89	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	
Selección de codificador para dispensadora	15
Tabla 2	
Matriz de decisión: Selección de tipo de arrastre	23
Tabla 3	
Tabla de coeficientes de fricción	25
Tabla 4	
Coefficientes de fricción utilizados por diferentes recubrimientos	29
Tabla 5	
Características eléctricas SD X40	44
Tabla 6	
Tipos de sensores MARKEM-IMAJE	45
Tabla 7	
Descripción de funciones de la pantalla de producción	54
Tabla 8 Descripción de funciones de la pantalla de producción	56
Tabla 9	
Costo materiales mecánicos directos	78
Tabla 10	
Costo de materiales mecánicos normalizados	79
Tabla 11	
Elementos construidos de acuerdo a planos	80
Tabla 12	
Costo de materiales eléctricos y electrónicos	81
Tabla 13	
Costos de mano de obra	82
Tabla 14	
Costos de asesoría profesional	83
Tabla 15	
Costo total del proyecto	84

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	Rotulación con preciadora manual	1
FIGURA 2	Rotulación por impresora de contacto (Estática)	1
FIGURA 3	Rotulación inkjet (Dinámica)	2
FIGURA 4	Rotulación por termo-transferencia(Dinámica o estática)	2
FIGURA 5	Rotulación por láser	2
FIGURA 6	Rotulado manual del producto	3
FIGURA 7	Codificador de empaques vacíos	4
FIGURA 8	Impresión estática termo-transferencia	8
FIGURA 9	Impresión dinámica termo-transferencia	9
FIGURA 10	Codificación por etiqueta	10
FIGURA 11	Impresora de Contacto/ Pruebas de impresión	11
FIGURA 12	Impresión matricial equipos inkjet/Codificador 9040 Markem-Imaje en producción	12
FIGURA 13	Impreso SD X40 Continua / Modo de operación	13
FIGURA 14	SmartLase C150	14
FIGURA 15	Smart Date X40	16
FIGURA 16	Diseño en SolidWorks del Soporte	19
FIGURA 17	Ejes de soporte	19
FIGURA 18	Vista de ejes y vigas en soporte	20
FIGURA 19	Bandeja de Alimentación SolidWorks	20
FIGURA 20	Sistema de alimentación por vacío	21
FIGURA 21	Sistema de alimentación por fricción	22
FIGURA 22	Alimentación de empaques	24
FIGURA 23	Características de motor de arrastre	26
FIGURA 24	Rodillo de arrastre para bandas	27
FIGURA 25	Sistema de Arrastre	27
FIGURA 26	Modelo de banda a utilizar	28
FIGURA 27	Rodillo motriz con recubrimiento de PVC	32
FIGURA 28	Vista en corte de rodillo no motriz	32
FIGURA 29	Propiedades de distintos tipos de bandas	33
FIGURA 30	Características de motor	36

FIGURA 31 Caja de transmisión CM30 Transtecno	38
FIGURA 32 Sistema de fijación de empaque a banda	39
FIGURA 33 Ensamble de banda transportadora	39
FIGURA 34 Diseño de soporte de equipo en Solidworks	40
FIGURA 35 Aplicación de fuerza en SolidWorks Simulation	41
FIGURA 36 Mallado de estructura	42
FIGURA 37 Resultados del análisis de cargas	42
FIGURA 38 Resultado del análisis del Factor de Seguridad	43
FIGURA 39 Características PLC SIEMENS S7-1200	48
FIGURA 40 HMI SIEMENS KTP-400	49
FIGURA 41 Características técnicas relé PT370024	50
FIGURA 42 Relé Siemens PT370024	50
FIGURA 43 Características técnicas del Variador de frecuencia Siemens G110	51
FIGURA 44 Árbol de imágenes HMI	52
FIGURA 45 Pantalla principal HMI	53
FIGURA 46 Pantalla de producción HMI	54
FIGURA 47 Pantalla de configuración de parámetros	55
FIGURA 48 Pantalla de conteo programado	57
FIGURA 49 Montaje de bandeja de alimentación	58
FIGURA 50 Unión de perfiles con guías	59
FIGURA 51 Ensamblaje de bandeja de alimentación	59
FIGURA 52 Rodillo no motriz de arrastre	60
FIGURA 53 Motor de arrastre fuera de la instalación	61
FIGURA 54 Motor de arrastre instalado	61
FIGURA 55 Instalación de bandas de arrastre	62
FIGURA 56 Ensamble de sistema de arrastre	62
FIGURA 57 Montaje de base, motor y rodillo motriz	63
FIGURA 58 Montaje de chumacera	63
FIGURA 59 Ensamble de rodillo no motriz de banda transportadora	64
FIGURA 60 Regulación de tensores de banda	64
FIGURA 61 Ensamblaje de banda transportadora	65

FIGURA 62	Guías de mecanismo de fijación	65
FIGURA 63	Platina de fijación	66
FIGURA 64	Líneas de referencia de sistema de fijación	66
FIGURA 65	Nivelación de soporte X40	67
FIGURA 66	Soporte de SDX40 instalado	67
FIGURA 67	Montaje de riel DIN con equipos	68
FIGURA 68	Distribución de equipos eléctricos y electrónicos	69
FIGURA 69	Cableado de gabinete de control	69
FIGURA 70	Montaje de KTP 400, luces y botonera	70
FIGURA 71	Diagrama de control de luces pilo y energización del sistema	70
FIGURA 72	Diagrama de conexión de fuente de 24VDC y Motor de banda	71
FIGURA 73	Conexión Ethernet de PLC con HMI	71
FIGURA 74	Conexiones de PLC	72
FIGURA 75	Conexión de actuadores	72
FIGURA 76	Dispensador de empaques vacíos para codificación	73
FIGURA 77	DISPENSADO DE EMPAQUES VACIOS	74
FIGURA 78	Empaque codificado	75

RESUMEN

La codificación industrial se ha convertido en uno de los requerimientos más importantes a la hora de elegir uno u otro producto, por este motivo, la industria a todo nivel en su afán de garantizar una codificación de calidad en sus productos, con información clara y precisa para el consumidor final, han evolucionado su forma de codificación, esta evolución a la cual hacemos referencia implica el mejoramiento tanto de maquinaria y en muchas ocasiones invertir mayor cantidad de personal para realizar el trabajo de codificación, por este motivo, el presente proyecto presenta a la industria en general un dispensador automático y codificador de empaques vacíos, utilizando el codificador SMARTDATE X40, que se ha convertido con el pasar de los años en una de las tecnologías de codificación más fiables a nivel mundial, no solo por su bajo nivel de mantenimiento requerido, también por su facilidad de adaptación a la impresión de cualquier tipo de mensajes con excelente definición, durante el desarrollo del proyecto se analizaron a fondo los tipos de codificación industrial actuales, basados en su principio de funcionamiento y también las ventajas y desventajas que cada una de ellas presenta, se realizaron los cálculos necesarios para el dimensionamiento de los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos, la selección de los componentes que se utilizaron durante el desarrollo del proyecto. Finalmente se evaluaron los costos involucrados en el desarrollo del proyecto, los resultados obtenidos, y un breve análisis económico del impacto que la adquisición del dispensador automático representa para el usuario del proyecto.

Palabras clave:

- **CODIFICACIÓN INDUSTRIAL**
- **DISPENSADOR AUTOMÁTICO**
- **SMARTDATE X40**
- **ARRASTRE POR FRICCIÓN**
- **EMPAQUES VACÍOS**

ABSTRACT

Industrial coding has become one of the most important requirements when choosing one or the other product, for this reason, the industry at all levels in an effort to ensure encoding quality products with clear and accurate information for the consumer, have developed its encoding procedures, this evolution, which, we are referring implies improving both, machinery and often invest more staff to do the work for coding process, for this reason, this project presents for all type of industry an automatic feeder and coding for empty packages, using the X40 encoder Smartdate, which, has become along of the years, one of the most reliable technologies worldwide coding, not only for its low maintenance required, also for its ease of adaptation to the impression of any such messages with excellent definition, during the project were analyzed all types of current industrial coding, based on its operating principle and the advantages and disadvantages of each one, the calculations required for the design of mechanical, electrical and electronic components, selection of components were used for the project. Finally the costs involved in the project, the results obtained, and a brief analysis of economic impact related to the acquisition of automatic dispenser represents for the user of the project were analyzed.

KEY WORDS:

- **INDUSTRIAL CODING**
- **AUTOMATIC DISPENSER**
- **SMARTDATE X40**
- **FRICTION FEEDER**
- **EMPY PACKAGING**

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

La empresa Sismode con el afán de brindar soluciones innovadoras y tecnológicas a la industria alimenticia y farmacéutica a nivel nacional, presenta diferentes tipos de alternativas en campo de la rotulación final del producto para cumplir con los requisitos que la ley del consumidor posee dentro del país.

Es así como la empresa además de brindar equipos de codificación de última tecnología también busca introducir al mercado un sistema automático de alimentación de empaques plásticos o cartones vacíos para su posterior codificación, convirtiéndose en una alternativa para todos los sectores de la industria, ayudando a elevar la calidad final del empaque del producto.

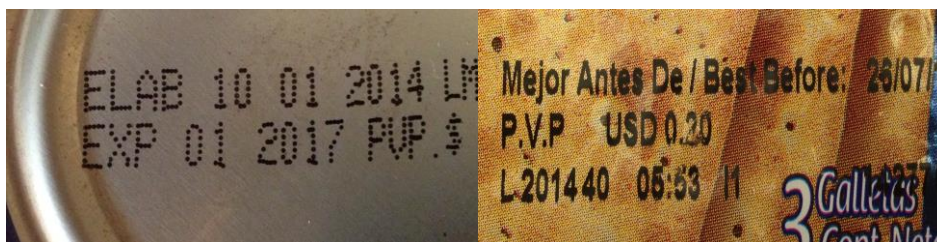
En las figuras siguientes se puede observar los diferentes tipos de rotulación de producto existentes, así se puede diferenciar si esta se realiza de forma estática (el empaque o producto debe permanecer parado para su codificación) o dinámica (el empaque o producto debe estar en movimiento para poder ser codificado).



FIGURA 1 Rotulación con preciadora manual (Estática)

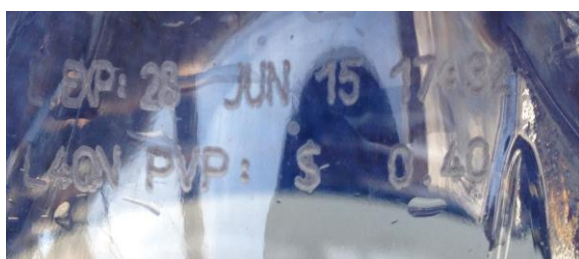


FIGURA 2 Rotulación por impresora de contacto (Estática)



**FIGURA 3 Rotulación inkjet
(Dinámica)**

**FIGURA 4 Rotulación por termo -
transferencia(Dinámica o estática)**



**FIGURA 5 Rotulación por láser
(Dinámica o estática)**

Dentro de los tipos diferentes de codificación existen dos factores dominantes y dependientes del tipo de necesidad del cliente, si hablamos de una codificación estática el proceso debe pararse en algún momento para codificar, mientras que en una codificación dinámica el proceso no se para la codificación se realiza mientras el producto sigue en movimiento.

Este proyecto se enfoca en una codificación dinámica y en realizar un cambio de mensaje para poder imprimir un código de barras para identificación del producto e información sobre elaboración, expiración, lote y precio del producto.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La ley del consumidor establecida en el Ecuador, obliga a todas las empresas de productos alimenticios y medicinas especificar en cada uno de

los envases de sus productos alimenticios y medicinas, el rotulado legible y correcto del número de lote, fecha de elaboración, fecha de caducidad o tiempo máximo de consumo, precio del producto entre otros según se menciona en el Capítulo IV artículos 14 y 15 de la LEY DE DEFENSA DEL CONSUMIDOR.

Basados en la ley antes mencionada, la codificación industrial se ha convertido en uno de los principales requerimientos de los productos antes de ser comercializados, es así como, se crean los diferentes tipos de codificación industrial y una amplia gama tecnología aplicada dependiendo el proceso de las líneas de producción del cliente u oferente del producto.

Dentro de la pequeña y mediana industria se determina que uno de los factores comunes para cumplir con la correcta codificación del producto es la necesidad de contratar personal encargado de realizar dicha codificación como se observa en la figura 6, convirtiéndose esto en un gasto adicional dentro de la cadena de valor del producto.



FIGURA 6 Rotulado manual del producto

Para reducir el costo de mano de obra de un operador encargado de la codificación de los empaques sean estos plásticos o de cartón, la empresa SISMODE, decide invertir en el diseño y construcción de un mecanismo automático encargado de esta función para reducir el costo en gastos de rotulación del producto antes de su salida al mercado.

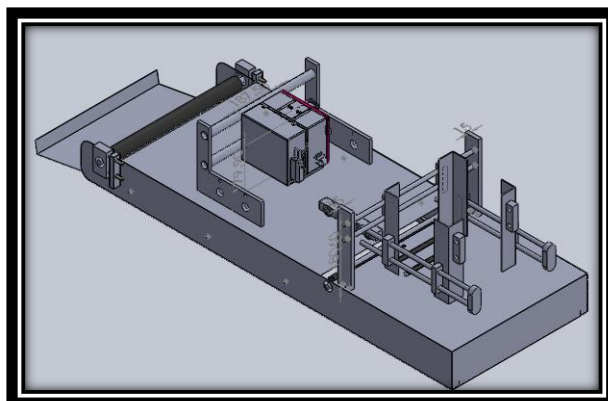


FIGURA 7 Codificador de empaques vacíos

La empresa desea fabricar un equipo que brinde todas las facilidades tecnológicas actuales en el campo de rotulado industrial utilizando la tecnología de termo-transferencia de modo dinámico con un equipo Markem-Imaje Modelo SD X40 además de presentar de manera real en una interfaz HMI la cantidad de empaques que se han codificado y la velocidad en tiempo real a la cual trabaja el equipo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

- Diseñar y construir una máquina mecatrónica alimentadora por fricción para etiquetado de empaques vacíos para la empresa SISMODE.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar los principales métodos de codificación y las tecnologías de codificación industrial actuales.
- Diseñar los sistemas mecánicos y electrónicos, formando así una combinación eficaz y eficiente para el proceso de codificación.
- Realizar el control de los procesos de arrastre primario, transporte e impresión mediante el uso de un sistema automático secuencial y una impresora SD X40 de Markem-Imaje.
- Determinar el control eléctrico del proceso mediante la aplicación de un PLC y un variador de frecuencia.
- Construir un dispensador automático de alta productividad que cumpla con los requerimientos de la empresa siendo económico, práctico y eficiente.
- Realizar el montaje de los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos para el correcto funcionamiento del equipo.
- Reducir el costo operativo para el fabricante del producto mediante el uso de un equipo automático.
- Obtener un rendimiento aceptable comparando la producción del equipo actual con formas tradicionales de codificado y otras marcas.

1.4 ALCANCE DEL PROYECTO

En el presente proyecto se diseñó y construyó una máquina mecatrónica capaz de automatizar los procesos de codificación industrial en empaques vacíos, por medio de un sistema automático dispensador por fricción, para el codificado del producto se utilizará una impresora industrial de termo-transferencia de la marca MARKEM-IMAJE modelo SMARTDATE X40, así también, se identificaron los principales métodos existentes de codificación industrial.

Se realizó un análisis de costos entre la forma tradicional de etiquetación de este tipo de empaques y el sistema automático desarrollado donde se evaluará la eficiencia del sistema.

CAPITULO 2. CODIFICACIÓN INDUSTRIAL

2.1. Definición de Codificación Industrial

La Real Academia de Lengua Española define la palabra codificar como: *“Hacer o formar un cuerpo de leyes metódico y sistemático”*. La codificación industrial se la interpreta como la acción de colocar un mensaje propio de cada producto informando al consumidor final datos relevantes sobre la fecha de fabricación, fecha de expiración, lote de producción u otra información necesaria de indicar al consumidor dependiendo de las normas y leyes de cada país.

2.2. TIPOS DE CODIFICACIÓN INDUSTRIAL

La codificación industrial se puede dividir en dos grandes grupos dependiendo de la necesidad de la empresa y el tipo de producto que se va a codificar.

2.2.1. Codificación Estática

Se entiende como codificación estática todo tipo de codificación en la cual el producto o lámina de empaque a codificar se detiene mientras se realiza el proceso de codificación. En la figura 8 se puede observar la aplicación de una impresora de termo-transferencia en modo estático, en la cual el cabezal de impresión es el encargado de realizar el movimiento para completar el mensaje requerido.

Los equipos que pueden ofrecer este tipo de codificación además de los equipos de termo-transferencia son: preciadoras de tipo pistola con etiqueta, equipos láser, codificadoras de contacto.

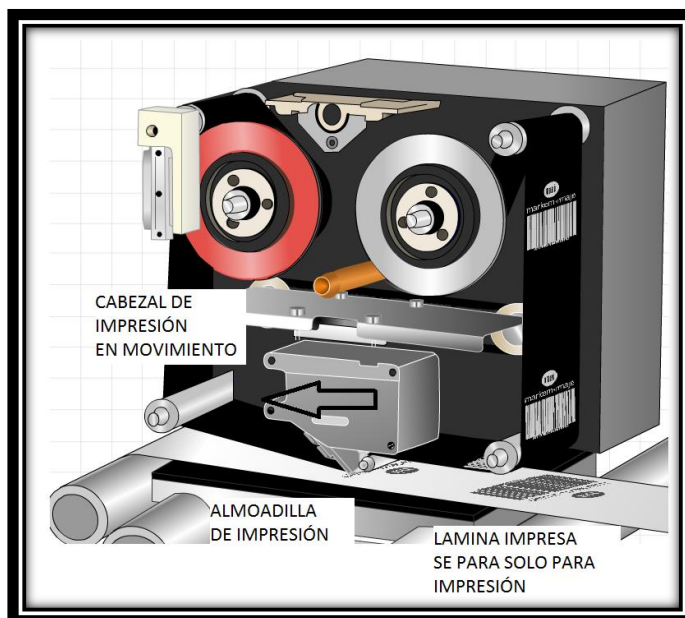


FIGURA 8 Impresión estática termo-transferencia

Fuente: (MARKEM-IMAJE)

2.2.2. Codificación Dinámica

Se entiende como codificación dinámica todo tipo de codificación en la cual el producto o lámina de empaque a codificar se encuentra en movimiento constante sin detenerse para que se realice la codificación. En la figura 9 se puede observar una impresora de termo-transferencia en modo dinámico o continuo, donde el cabezal de impresión permanece estático durante toda la impresión mientras que la lámina del producto se encuentra siempre en movimiento para realizar la impresión, caso contrario la impresión será solo una línea horizontal. (Véase figura 9).

Los equipos que pueden ofrecer este tipo de codificación además de los equipos de termo-transferencia son: equipos ink-jet, equipos láser, equipos de impresión para cartones en base cera.

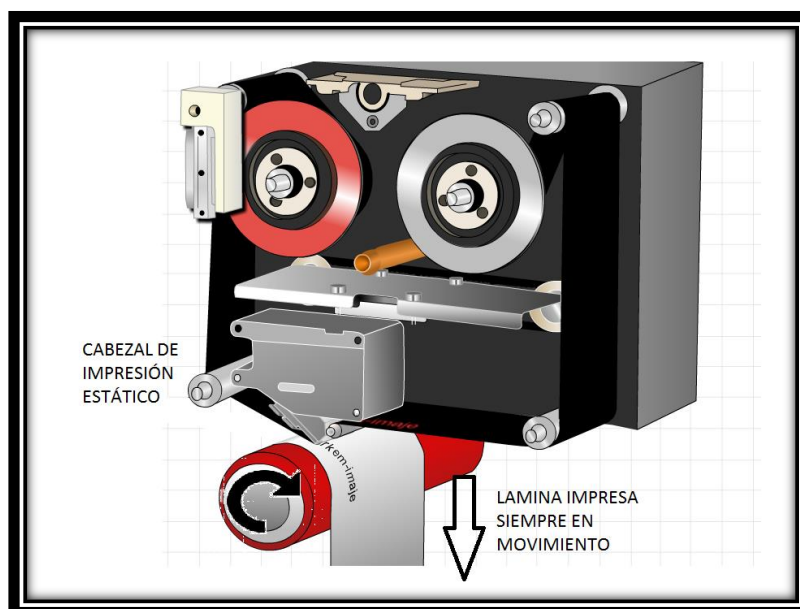


FIGURA 9 Impresión dinámica termo-transferencia

Fuente: (MARKEM-IMAJE)

2.3. TECNOLOGÍAS DE CODIFICACIÓN INDUSTRIAL

A continuación se analizarán las principales tecnologías de codificación industrial que se han desarrollado, adicionalmente se presentará un análisis de las ventajas y desventajas de cada una de ellas.

2.3.1. Codificación por etiqueta

La codificación realizada por medio de una etiqueta adherida al producto se convirtió en uno de los principales métodos para identificar los productos.

Al pasar los años esta forma de identificar los productos hoy en día se ha vuelto obsoleta, por falta de trazabilidad, falta de seguridad para el consumidor final (fácil adulteración de la información).

Este tipo de codificación se lleva a cabo principalmente por medio de precificadoras (véase figura 10), estas, al completar el tiempo de vida útil de su sistema de impresión presentan fallas por falta de información en la etiqueta.



FIGURA 10 Codificación por etiqueta

Fuente: (AMERICAN PRICE MARK)

2.3.2. Codificación por contacto

La codificación por contacto está basada en la acuñación por medio de plantillas metálicas calientes sobre los empaques vacíos de los productos, dando como resultado, una deformación en el empaque, este tipo de codificación se ayuda además de una cinta de tinta térmica que transfiere sus pigmentos al empaque para completar la etapa de codificación.

Las principales desventajas de este tipo de codificación es su poca fiabilidad en la impresión a largo plazo, además, de las temperaturas altas

que maneja su unidad de impresión para alcanzar la temperatura necesaria recomendada para la fijación de la tinta sobre el empaque. Como se puede observar en la figura 11.

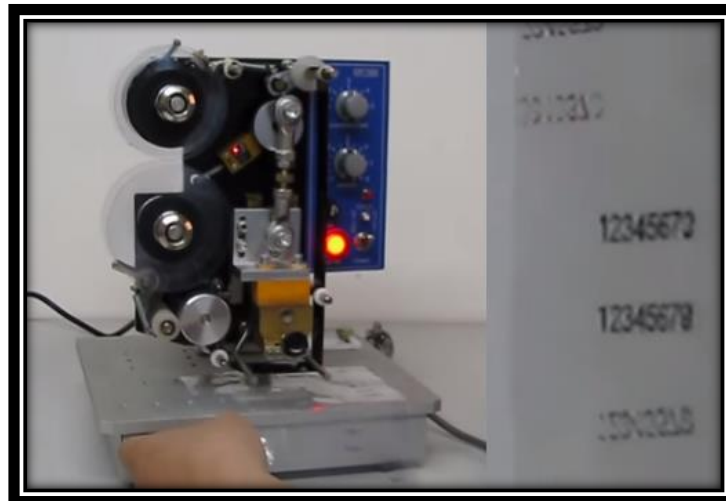


FIGURA 11 Impresora de Contacto/ Pruebas de impresión

2.3.3. Codificación Inkjet

La codificación por inkjet (chorro de tinta) es una de las más utilizadas por su versatilidad en distintas aplicaciones, este tipo de impresión se la puede realizar en todo tipo de empaque como láminas, botellas, tapas, latas entre otros, sin importar que este se encuentre lleno o vacío.

Este tipo de codificación tiene como principio utilizar las características de su tinta eléctricamente conductora formando un chorro de tinta, la composición de este chorro es una secuencia de puntos, distanciados entre sí, mismos que previamente fueron cargados eléctricamente.

Para realizar la impresión sobre los empaques los puntos formados en el chorro de tinta son desviados por campos electromagnéticos logrando así una impresión de tipo matricial como se puede observar en la siguiente figura.



FIGURA 12 Impresión matricial equipos inkjet/Codificador 9040 Markem-Imaje en producción

Fuente: (MARKEM-IMAJE)

Las desventajas de utilizar codificadores con tecnología InkJet para la impresión de información son las siguientes: mantenimiento de equipo costoso, necesidad del empleo de solventes para mantener la viscosidad de la tinta, mantenimientos de rutina frecuentes, contaminación del ambiente de trabajo de la impresora.

2.3.4. Codificación por Termo-Transferencia

La codificación por termo transferencia se basa en el calentamiento de pequeñas resistencias alternadamente para formar de este modo el mensaje deseado, estas resistencias se ubican linealmente en un cabezal de impresión, el número de resistencias ubicadas dentro del cabezal, asigna a la impresora la calidad de impresión en dpi (dots per inch) o puntos por pulgada.

Al calentar cada una de estas resistencias y ponerlas en contacto con una cinta impregnada de tinta, transfiere el mensaje al empaque vacío. Esto la convierte en una de las principales opciones para empaquetadoras de tipo horizontal o vertical de productos con empaque laminado, adicionalmente, se debe mencionar que este tipo de tecnología para la codificación de

empaques es una de las más confiables dentro de la industria por su bajo nivel de mantenimiento, calidad de impresión sobre el empaque, no contamina el ambiente de trabajo de la impresora.

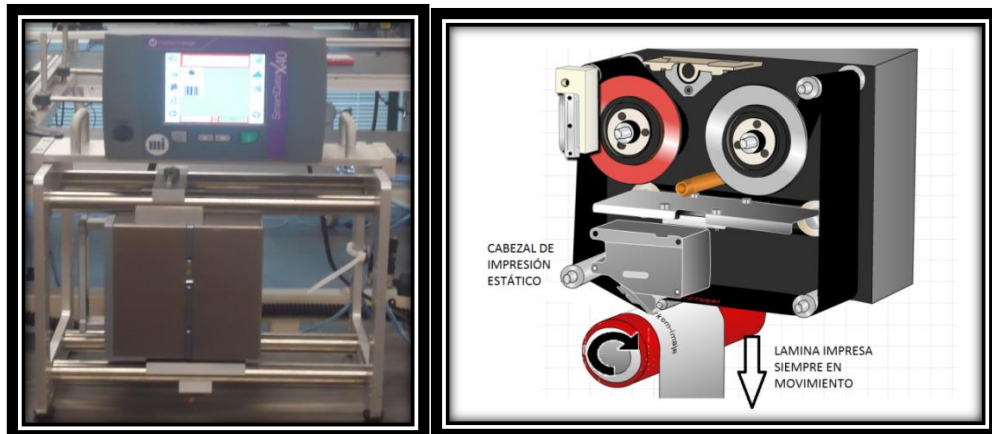


FIGURA 13 Impreso SD X40 Continua / Modo de operación

2.3.5. Codificación Láser

La codificación por láser se basa en la creación de un rayo láser generado por una fuente de láser CO₂, este rayo formado posteriormente es amplificado por un expansor de rayo y desviado por medio de espejos hacia un lente óptico ubicado en la salida del equipo láser el cual reducirá el ancho del rayo láser y focalizará el rayo en el sustrato donde se marcará removiendo la capa externa del empaque.

Este tipo de tecnología es la más segura en cuanto a su aplicación ya que su principio de remoción de material en el sustrato, causa que este no pueda ser borrado ni modificado una vez que el producto fue marcado.

La desventaja del sistema es su elevado costo de adquisición, además de los riesgos de contaminación al ambiente de trabajo por los vapores y partículas que se desprenden en el codificado, esto puede llegar a ser tóxico por lo cual se debe instalar con un sistema adicional de extracción, también

se exige por parte de las empresas fabricantes la protección visual por la radiación que el láser puede presentar.

La figura nos muestra un equipo modelo SMARTLASE C150 de MARKEM-IMAJE, que representa a un equipo de codificación por láser.



FIGURA 14 SmartLase C150

Fuente: (MARKEM-IMAJE)

Una vez analizadas las alternativas en tecnología de codificación existentes, se realizará un análisis de cada una de las posibilidades para seleccionar el codificador que se utilizará en el proyecto. Ponderando con 5 el de mejor característica y 0 el que no cumple con lo requerido.

Se plantea un sistema que requiere de un codificador dinámico, con lo cual queda descartada la posibilidad de utilizar la tecnología de etiqueta e impresión por contacto ya que estas se encuentran diseñadas exclusivamente para aplicaciones de tipo estático.

Tabla 1
Selección de codificador para dispensadora

	INKJET	TEMOTRANSFERENCIA	LASER
Costo de Mantenimiento	1	5	2
Inversión inicial	4	5	1
Diversidad de sustratos	5	3	4
Falsificación de codificación	2	3	5
TOTAL	12	14	12

Analizando los datos obtenidos en nuestra tabla de decisión, concluimos que la mejor alternativa para ocupar dentro del proyecto es un equipo de termotransferencia continuo, para lo cual la línea francesa Markem-Imaje nos ofrece el modelo SMARTDATE X40.

2.4. IMPRESORA SD X40

La SmartDate X40 es un codificador electrónico pequeño y fácil de utilizar. Los dos modelos disponibles están diseñados para ser adecuados como sustitutos directos de muchos métodos de codificación diferentes.

La SmartDate X40 consta de un dispositivo de impresión y un dispositivo de control, con un panel de control de la interfaz del operador.

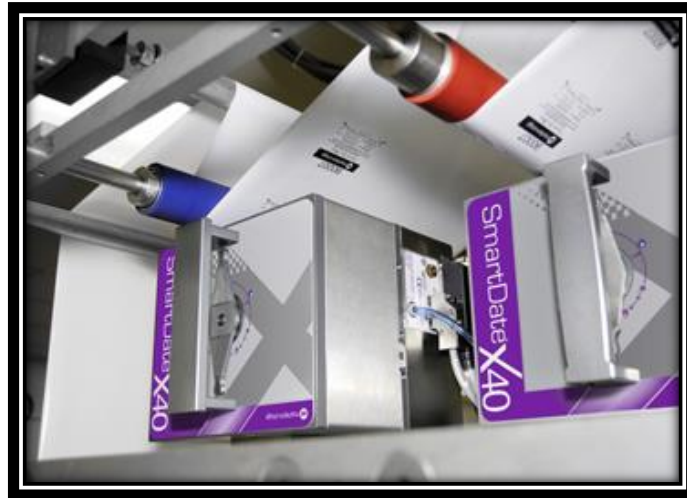


FIGURA 15 Smart Date X40

Fuente: (SISMODE)

2.4.1. Modelos de SD X40

Las impresoras SmartDate X40, se pueden clasificar por el tipo de impresión que va a realizar, estas pueden ser:

- Intermitentes
- Continuas

2.4.2. Características de impresión

La SmartDate X40 es un codificador electrónico pequeño y fácil de utilizar. Los dos modelos disponibles están diseñados para ser adecuados como sustitutos directos de muchos métodos de codificación diferentes.

La SmartDate X40 consta de un dispositivo de impresión y un dispositivo de control, con un panel de control de la interfaz del operador.

- Carga del cartucho de cinta: el empleo de un cartucho de cinta fácil de cargar reduce el tiempo de parada de la línea al cambiar de consumibles.
- Uso eficiente de cinta: La SmartDate X40 controla automáticamente el avance de la cinta, no se requiere ningún ajuste manual, lo que reduce al mínimo el consumo de cinta.
- Longitud de cinta avanzada: (ARL): disponible en ambos modelos: La SmartDate X40 ahora tiene capacidad para una longitud de cinta de 1100 metros, lo que permite un menor número de cambios de cinta, con el consiguiente resultado de menos tiempo de inactividad.
- Cabezal de impresión autocentrable: La plancha o el rodillo de impresión no tienen que alinearse con precisión respecto del cabezal de impresión, con lo que se reduce la necesidad de realizar ajustes periódicamente.
- Versión de movimiento continuo: El seguimiento exacto que hace la SmartDate X40 (modo continuo) de la velocidad del sustrato y el control sofisticado de la velocidad de avance del cabezal de impresión y de la cinta proporcionan la mejor calidad de impresión posible.
- Tiempo reducido de preparación y parada: Los datos del cabezal de impresión se cambian en un panel de control.
- Alta fiabilidad: la experiencia de Markem-Imaje con impresión térmica y los diseños más recientes eliminan la necesidad de contar con procesos complejos de mantenimiento mecánico.
- Flexibilidad: el sistema de control permite almacenar los datos del producto en una memoria local o bien establecerlos a distancia por medio de un PC host u otro ordenador.
- Conexión en red: se proporciona soporte para la red Markem-Imaje Ethernet (MARKEM-IMAJE, 2005)

CAPITULO 3. DISEÑO MECÁNICO

3.1. SOPORTE DE BANDA TRANSPORTADORA Y BANDEJA DE ALIMENTACIÓN

Para soportar los componentes mecánicos propios del diseño del sistema es necesario tener en cuenta el diseño de una estructura capaz de integrar las etapas del dispensador de empaques vacíos, estas etapas son:

- Bandeja de alimentación: Encargada de soportar los empaques vacíos para la codificación.
- Banda transportadora: Encargada de llevar los empaques vacíos sin codificar hacia la codificadora.
- Fijación de empaque: En esta etapa el empaque es aplanado por si tuviere una forma irregular.
- Codificación: Encargada de imprimir el mensaje final sobre el producto.

Para ellos se plantea como objetivo que las dimensiones máximas del empaque vacío son 35 cm x 35 cm, adicionalmente se plantea un largo de banda transportadora de 95 cm para ubicar las unidades de fijación y codificación.

La siguiente figura nos muestra el diseño del soporte de equipo, debido al propósito de los equipos esta se construye en acero inoxidable.

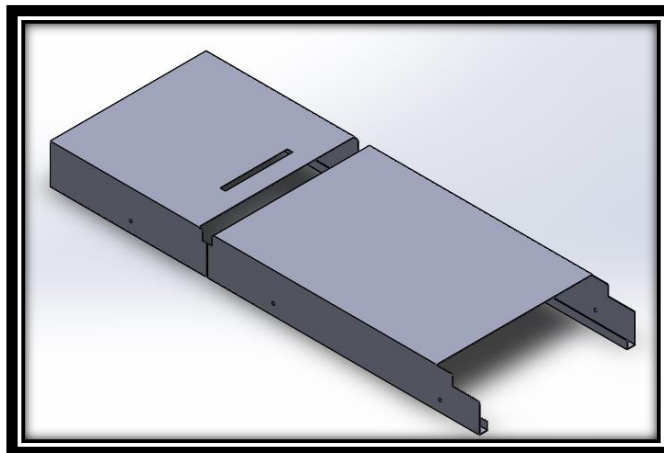


FIGURA 16 Diseño en SolidWorks del Soporte

El soporte se encuentra formado adicionalmente de 3 ejes de acero inoxidable ubicados en la parte inferior para evitar que el peso de los componentes que en él se soportan cause un doblamiento, formando una concavidad en la estructura.

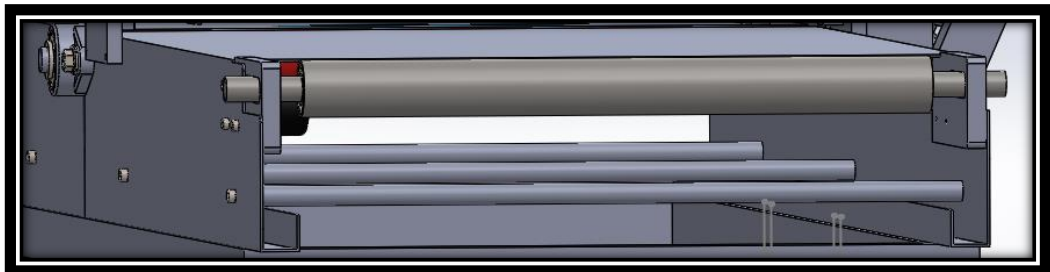


FIGURA 17 Ejes de soporte

El soporte adicionalmente debe asegurar en la zona de codificación y en bandeja de alimentación que en el sentido transversal y longitudinal del equipo todo se encuentre a nivel uniforme, por lo que se colocarán unas vigas empernadas a la parte superior del soporte para garantizar la uniformidad del nivel.

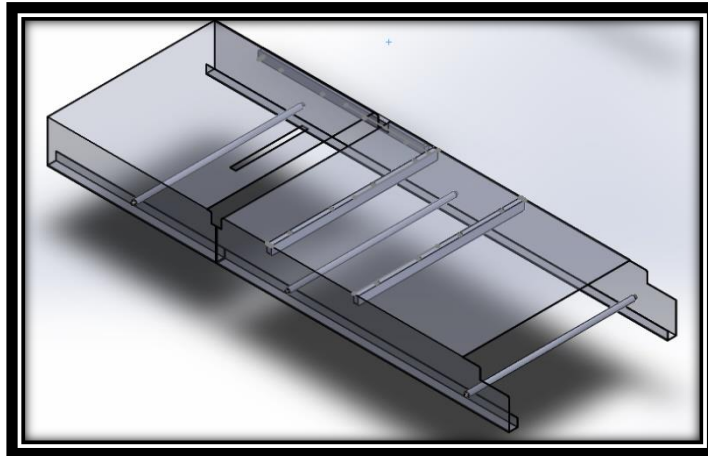


FIGURA 18 Vista de ejes y vigas en soporte

3.2. BANDEJA DE ALIMENTACIÓN

El dispensador contará con una bandeja de alimentación regulable para la ubicación y centrado de los empaques, así también, funcionará como un acumulador para la alimentación continua de sistema, y evitar que los operadores deban colocar uno a uno los empaques, agilitando de esta manera el proceso de codificación.

El largo máximo del empaque vacío para ser codificado es:

- Ancho: 350 mm o 35 cm
- Longitud: 350 mm o 35 cm

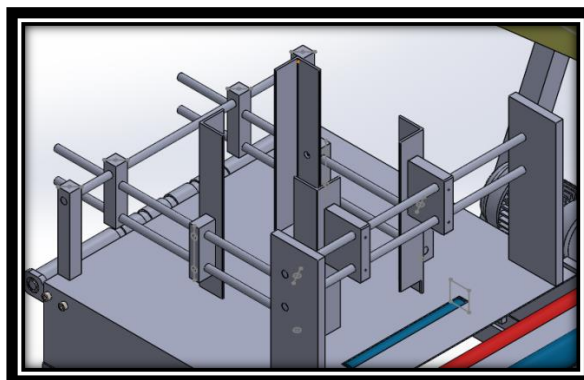


FIGURA 19 Bandeja de Alimentación SolidWorks

3.3. SISTEMA DE ARRASTRE

Los sistemas de arrastre analizaremos a continuación se encuentran divididos por el principio de funcionamiento que ocupan para su trabajo.

3.3.1. Arrastre por sistemas de vacío

El arrastre por vacío, utiliza una bomba generadora de vacío con ventosas las cuales ayudaran a tomar uno por uno los empaques y colocarlos en el ingreso de la banda transportadora mediante un juego de cilindros neumáticos (véase figura 20).

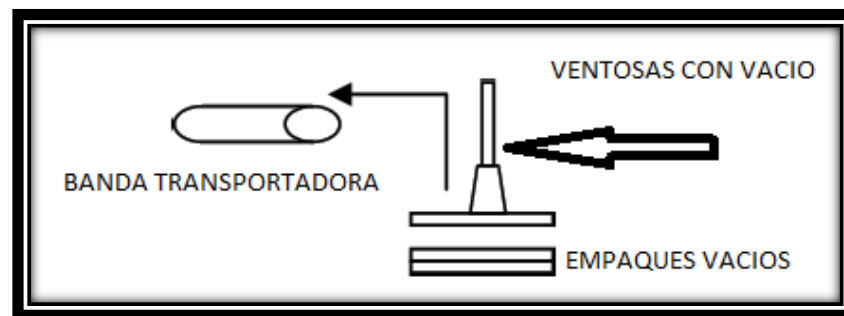


FIGURA 20 Sistema de alimentación por vacío

La desventaja de este sistema es el costo alto para su construcción por requerir de una bomba de vacío y además una unidad con aire comprimido para realizar las secuencias requeridas para ubicar el empaque en la banda transportadora.

Este tipo de sistema de posicionamiento está recomendado para los siguientes tipos de empaques vacíos:

- Bolsas de polietileno
- Fundas con cierre (ziploc)

- Empaques asimétricos
- Cartones de fondo irregular

3.3.2. Arrastre por Fricción

El sistema de arrastre por fricción se basa en el uso de bandas de arrastre bajo la bandeja de alimentación, las cuales, deslizarán uno a uno los empaques apilados, ubicando cada uno de ellos en la banda transportadora para posteriormente pasar al área de codificado (véase figura 21).

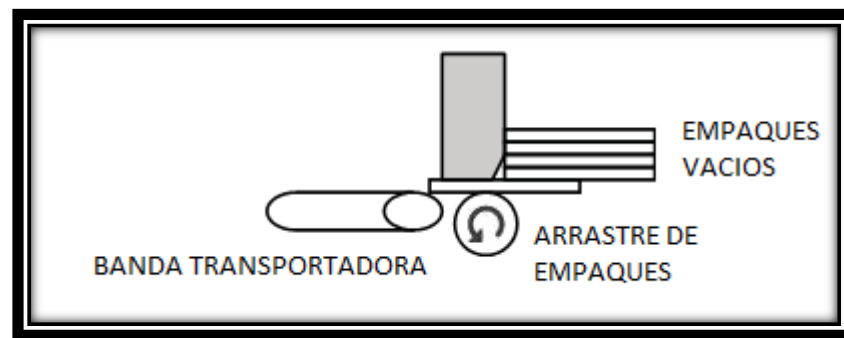


FIGURA 21 Sistema de alimentación por fricción

Adicionalmente debe contar con un regulador para la altura del empaque, este sistema actuará como un freno para evitar que se deslicen dos o más empaques hacia la banda transportadora y dañar el proceso de etiquetado.

Este tipo de sistema de arrastre está recomendado para los siguientes tipos de empaques vacíos:

- Empaques tipo blíster
- Empaque vacíos de semillas
- Empaques de cartón

- Bolsas de mediano espesor
- Empaque sin arrugas

3.3.3. Análisis de alternativas de arrastre

Para realizar una selección vamos a utilizar una tabla de matriz de decisión evaluando los cada uno de los aspectos que resultan relevantes para la selección correcta del sistema más apropiado para la construcción.

Para realizar la evaluación se utilizaran parámetros cuantitativos con valores de 1-5, siendo 1 un indicativo que el equipo no cumple con el parámetro y 5 un indicativo que es la mejor opción a elegir, una vez concluida la evaluación de las alternativas la que obtenga el mayor puntaje en la tabla será definida como la opción más adecuada para la construcción. Los parámetros a evaluar serán: la eficiencia de arrastre, versatilidad de empaques, el costo, mantenimiento, tiempos de cambio de formato, diversidad de tamaño de empaques.

Tabla 2
Matriz de decisión: Selección de tipo de arrastre

	SISTEMA DE VACÍO	ARRASTRE POR FRICCIÓN
Eficiencia de arrastre	5	5
Diversidad de empaques	5	3
Costo	2	5
Bajo nivel de mantenimiento	1	5
Tiempo para cambio de formato	2	4
Diversidad de longitud de empaques	3	4
TOTAL	18	26

Una vez evaluados los parámetros relevantes para la selección del sistema de arrastre, se define que el arrastre por fricción cumple con los requerimientos planteados como indicadores para la selección.

3.3.4. Selección de material de bandas de arrastre

El material para recubrir el rodillo debe tener un alto coeficiente de fricción para evitar el deslizamiento del empaque, se debe tener en cuenta que se manejarán diversos tipos de sustratos, el objetivo de este rodillo de arrastre es colocar el empaque vacío en la banda transportadora como se puede observar en la figura 22, para luego ser codificada y completar el proceso de codificación.

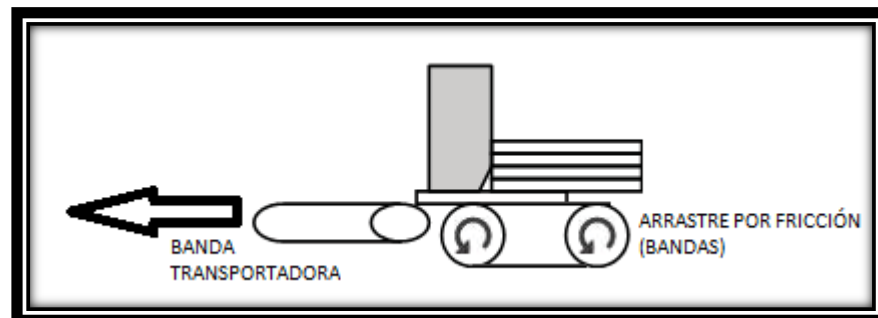


FIGURA 22 Alimentación de empaques

Los materiales más utilizados para el recubrimiento de los rodillos son los siguientes:

- PVC
- SILICONA
- METAL (Acero Inoxidable)

Tabla 3
Tabla de coeficientes de fricción

MATERIAL	COEFICIENTE DE FRICCIÓN
PVC	0,6
SILICONA	0,55
ACERO INOXIDABLE	0,20

(ESBELT, 2014)

Tal como se observa en la Tabla 2, el coeficiente de fricción del PVC es más alto que los demás por lo cual se utilizará bandas de PVC para el arrastre del producto.

Para reducir costos en la fabricación de la banda de arrastre se opta por ubicar 5 bandas de menor longitud transversal espaciadas entre sí, para asegurar un arrastre eficaz y eficiente para la longitud máxima y mínima de los empaques.

3.3.5. Selección de Motor de Arrastre y Sistema de Tracción

El motor encargado de dispensar uno a uno los empaques vacíos para su posterior codificación por el sistema que se utiliza no requiere de alta potencia por lo tanto utilizaremos un motor eléctrico.

El motor que se utilizará es un moto-reductor AC, de 220 VAC, que se encuentra dentro del inventario de la empresa, esto nos ayudará a reutilizar los recursos de la empresa y optimizar los fondos disponibles para el proyecto.

Las características del motor y su caja reductora son las siguientes (véase figura 23):


Model Lead Wire Type		Output Power W HP	Voltage VAC	Frequency Hz	Current A	Starting Torque mN-m oz-in	Rated Torque mN-m oz-in	Rated Speed r/min	Capacitor μ F	
Pinion Shaft Type	Round Shaft Type									
 ZP 2RK6GN-CW2E	2RK6A-CW2E	6 1/125		Single-Phase 220	50	0.113	45 6.3	49 6.9	1150	0.8
					60	0.117	41 5.8	1450		
				Single-Phase 230	50	0.117	50 7.1	49 6.9	1200	
					60	0.120	45 6.3	41 5.8	1450	
Model		Speed r/min	100							
Motor/ Gearhead		Gear Ratio	15							
2RK6GN-CW2E / 2GN□SA			0.60 5.3							

FIGURA 23 Características de motor de arrastre

Fuente: (ORIENTAL MOTOR)

3.3.6. Dimensionamiento del rodillo de arrastre

Este es el encargado de mover las bandas de arrastre para ubicar los empaque vacíos en la banda transportadora, el tamaño máximo de ancho de los empaques es de 350 mm, por este motivo el rodillo que mueva las bandas debe cubrir por lo menos el 70% de esta longitud, determinado en base a un diseño prueba error con diferentes longitudes de empaque y rodillo de arrastre.

Dentro de la bodega de SISMODE se encuentra un rodillo recubierto por PVC con un eje de diámetro de 15mm por 400mm de largo, un diámetro de rodillo de 35 mm y longitud del recubrimiento de 240mm. Que cumple con lo expuesto anteriormente y se encuentra acorde con los objetivos de desarrollo de proyecto.

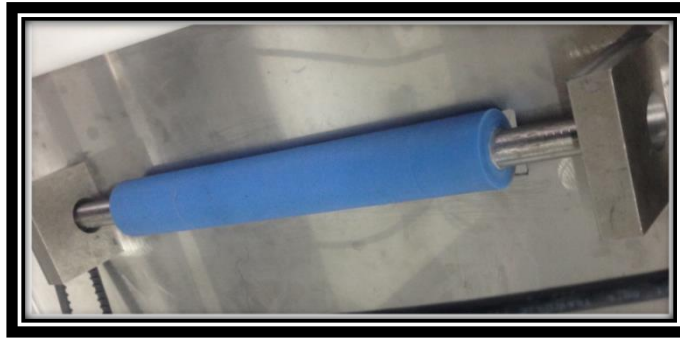


FIGURA 24 Rodillo de arrastre para bandas

3.3.7. Diseño del sistema de arrastre

Una vez seleccionados todos los componentes el diseño del sistema de arrastre se muestra en la siguiente figura.

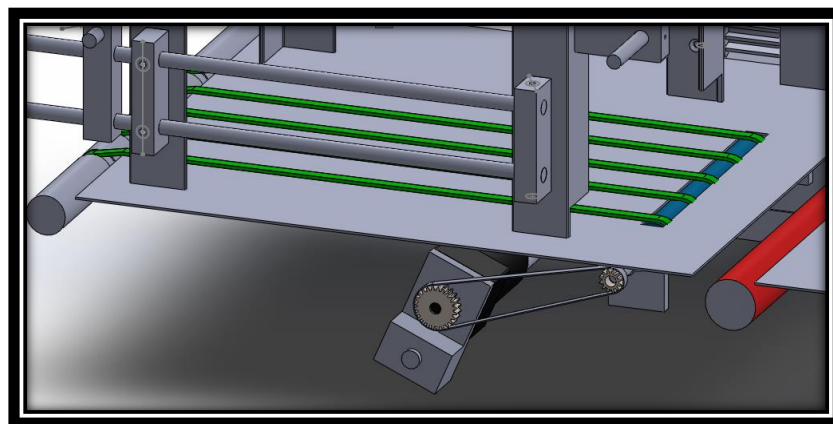


FIGURA 25 Sistema de Arrastre

3.4. BANDA TRANSPORTADORA

La banda transportadora dentro del sistema será la encargada de llevar al empaque vacío al punto de codificación una vez que este sale del

dispensador de empaques. A continuación se evaluarán y dimensionarán los elementos mecánicos y eléctricos necesarios para su construcción.

3.4.1. Dimensionamiento de Motor

Para realizar el dimensionamiento correcto del motor vamos a utilizar la siguiente fórmula de cálculo aplicable a todo tipo de bandas de la figura 26:

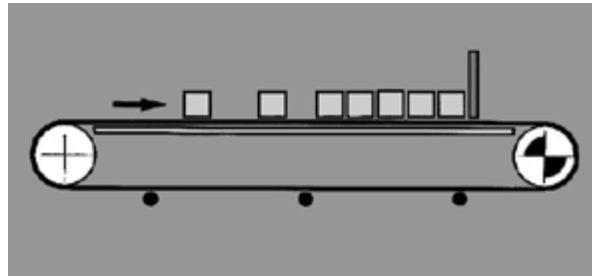


FIGURA 26 Modelo de banda a utilizar

Fuente: (Forbo Siegling GmbH, 2009)

$$Fu = \mu_T \cdot g \left(m + \frac{m_B}{2} \right) + \mu_R \cdot g \left(\frac{m_B}{2} + m_R \right) + \mu_{ST} \cdot g \cdot m \quad [N] \quad (\text{Ec. 1})$$

(Forbo Siegling GmbH, 2009)

Dónde:

Fu	Fuerza Tangencial [N]
μ_T	Coefficiente de fricción para marcha sobre mesa
g	Aceleración de la gravedad [m/s^2]
m	Masa de la mercancía transportada en toda la longitud de transporte (carga total) [kg]
m_B	Masa de la banda [kg]
μ_R	Coefficiente de fricción sobre marcha en rodillo
m_R	Masa de tambores, excepto el tambor motriz [kg]
μ_{ST}	Coefficiente de fricción para acumulación

En la siguiente tabla se aprecian los valores de coeficientes de fricción (véase tabla 3):

Tabla 4
Coeficientes de fricción utilizados por diferentes recubrimientos

	PVC-URETANO	POLYESTER
μ_T	0,5	0,33
μ_R	0,033	0,033
μ_{ST}	0,5	0,33

Fuente: (Forbo Siegling GmbH, 2009)

$$g = 9.81 \left[m/s^2 \right]$$

$$m_B = 2.5kg$$

$$\mu_T = 0,5$$

$$\mu_R = 0,033$$

$$\mu_{ST} = 0,5$$

La carga máxima a utilizarse en toda la banda transportadora la asumimos por 20kg, tomando en cuenta que se trata del transporte de empaques vacíos, lo cual podría presumir una carga pequeña para la banda.

$$m = 20kg$$

Una vez construido el rodillo no motriz del extremo de la banda podemos pesarlo y definimos que su peso es:

$$m_R = 5,8 kg$$

Reemplazando todos los valores ya obtenidos en la ecuación anterior en la (Ec.1) obtenemos:

$$Fu = (0,033)(9,81) \left(20 + \frac{2,5}{2} \right) + (0,033)(9,81) \left(\frac{2,5}{2} + 5,8 \right) + (0,5)(9,81)(20) [N]$$

$$Fu = 6.879 + 2,35 + 98,1 = 107.26 [N]$$

Este valor F_u representa la fuerza tangencial necesaria para el funcionamiento de la banda transportadora, utilizando la ecuación:

$$P_A = \frac{F_u \cdot v}{1000} [KW] \quad (\text{Ec. 2})$$

(Forbo Siegling GmbH, 2009)

Dónde:

P_A : Potencia mecánica en el tambor motriz [KW]

V : Velocidad de la banda transportadora [m/s]

La velocidad máxima de operación de la banda es 600 mm/s = 0,6 m/s, la cual se define como máxima para la correcta operación del equipo codificador considerando este valor como límite de velocidad de impresión presentado en las características del equipo.

Reemplazando los valores en la (Ec. 2):

$$P_A = \frac{107.26 (0,6)}{1000} = 0,064 [KW]$$

Utilizando la siguiente ecuación:

$$P_M = \frac{P_A}{\eta} [HP] \quad (\text{Ec. 3})$$

(Forbo Siegling GmbH, 2009)

Dónde:

P_M : Potencia mecánica del motor [HP]

η : Eficiencia de accionamiento

Tememos:

$$P_M = \frac{0,064}{0,6} [HP]$$

$$P_M = 0,107 [HP]$$

El motor comercial idóneo para nuestra aplicación sería de 0.18 HP.

3.4.2. Dimensionamiento de rodillos de banda

Los rodillos dentro de la banda transportadora son los encargados de convertir la velocidad angular del motor en velocidad lineal, en el proyecto se utilizará un motor reutilizado de un proyecto anterior de SISMODE.

Adicionalmente ahora vamos a definir que el ancho de la banda debe ser mayor a 35 cm que es el ancho del empaque vacío máximo, por lo cual se define el uso de una banda de 50 cm de ancho para la aplicación.

Para el rodillo motriz se utilizará un recubrimiento de PVC el cual nos garantiza una mejor adherencia del rodillo a la banda, el rodillo no motriz se construirá a partir de un eje hueco de acero inoxidable, ambos ejes tendrán un diámetro de 45mm. Para planos de los ejes véase los anexos.

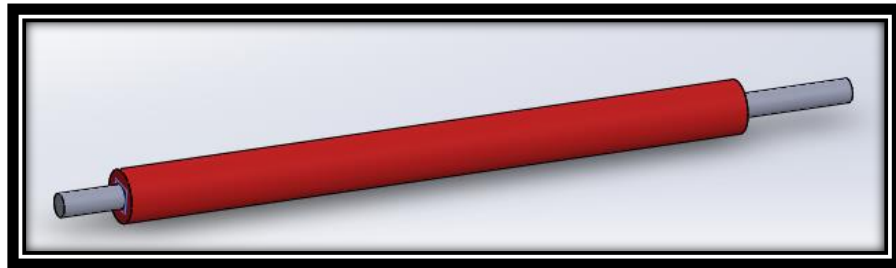


FIGURA 27 Rodillo motriz con recubrimiento de PVC



FIGURA 28 Vista en corte de rodillo no motriz

3.4.3. Selección de material de banda

Los materiales disponibles para ser seleccionados para la banda transportadora deben cumplir con una dureza en escala Shore de 40,

recomendada para una correcta impresión del empaque por Makem-Imaje para los equipos SDX40.

El material a utilizar por la banda transportadora será de PVC por ser el material más común y fácil de conseguir dentro del mercado ecuatoriano, de acuerdo al proveedor de bandas posee las siguientes con sus respectivas propiedades (véase figura 29):

Belt type	Top cover					Bottom cover				
	Material	Hardness °ShA	Colour	Thickness mm	Surface	Material	Hardness °ShA	Colour	Thickness mm	Surface
A12 G2F	PVC	55	Green 00	4,00	Pattern G2			Natural		Fabric
A12 G2K	PVC	65	Green 00	3,70	Pattern G2	PVC	90	Green 00	0,70	Pattern K
A13 QF	PVC	45	Green 00	1,70	Pattern Q			Natural		Fabric
A15 G2F	PVC	55	Black 02	4,00	Pattern G2	LFR		Grey 00	0,10	Impregn.
A15 QF	PVC	55	Black 02	1,70	Pattern Q	LFR		Grey 00	0,10	Impregn.
A15 W1F	PVC	65	Black 02	6,00	Pattern W1	LFR		Grey 00	0,10	Impregn.
A20 AF	PVC	75	Green 00	1,20	Pattern A			Natural		Fabric
A20 G2F	PVC	55	Green 00	4,00	Pattern G2	hard PVC		Natural	0,10	Fabric
A22 AF-SKI	PVC	75	Green 00	1,40	Pattern A			Green 00		Impregn.
A24 QF	PVC	45	Red 01	4,50	Pattern Q			Natural		Fabric
A33 QF	PVC	45	Green 00	3,40	Pattern Q			Natural		Fabric

FIGURA 29 Propiedades de distintos tipos de bandas

Fuente: (ESBELT, 2014)

Seleccionamos el tipo de material A13QF, que se refiere a una banda verde de PVC con una dureza de 45 Shore A.

Para calcular la longitud de la banda es necesario conocer la carrera efectiva (longitud entre centros de los rodillos) en nuestro caso se plantea una banda de 950mm.

Las dimensiones de la banda deben ser mayores a 350 mm de ancho y sabemos que la carrera efectiva de banda transportadora de 950mm. El peso de la banda es de 2.5 kg.

$$L_B = 2(L_E) + 0.5(2\pi R_M + 2\pi R_{NM})[mm] \quad (\text{Ec.3})$$

Dónde:

L_B : Longitud lineal de banda [mm]

L_E : Longitud efectiva o carrera efectiva [mm]

R_M : Radio del rodillo motriz [mm]

R_{NR} : Radio del rodillo no motriz [mm]

Reemplazando los valores en la (Ec. 3) se tiene que:

$$L_B = 2(950) + 0.5(2\pi(22.5) + 2\pi(22.5)) = 2122.74 \text{ mm}$$

Por lo que la longitud de la banda transportado será 2130 mm y se ajustará con los tensores ubicados en el extremo del rodillo no motriz, adicionalmente se debe mencionar que la unión de la banda debe ser pegada puesto que servirá como superficie de impresión.

3.4.4. Análisis de alternativas de motor

Dentro de las alternativas para seleccionar el tipo de motor que se va a utilizar en el proyecto podemos descartar motores de combustión interna por

el tamaño de la aplicación, por lo cual las alternativas se reducen a motores eléctricos.

Los motores eléctricos se encuentran clasificados por el tipo de alimentación (voltaje) para su funcionamiento, basados en el concepto anterior tenemos dos tipos de motores:

- Motores AC (Corriente Alterna)
- Motores DC (Corriente Continua)

Un motor de DC involucraría un costo mayor para su adquisición, pues los valores de potencia de los motores DC son directamente proporcionales a los costos. Eso convierte al motor DC la peor alternativa por el costo, por lo tanto el motor a utilizar será un motor AC.

3.4.5. Selección de motor

Las alternativas de selección del motor en el mercado son muy variadas, encontramos motores de distintas marcas y con precios muy competitivos.

La empresa auspiciante SISMODE, cuenta dentro de su inventario con un motor de características sobredimensionadas al que requiere el diseño, pero este puede funcionar sin ningún problema para nuestra aplicación. Para un futuro desarrollo se debe tomar en cuenta que este tipo de motor aumentaría el costo del proyecto innecesariamente, pero ahora, el uso de este motor representa un ahorro en el presupuesto del proyecto.

El motor seleccionado es el motor de la marca TRANSTECTO TS56S14 trifásico que posee las características:

Motori trifase serie **TS / TS** Series three phase motors (230-400 V - 50 Hz - 1500 min⁻¹) S1

P_n [kW]	M_n [Nm]	n_n [min ⁻¹]	I_n (400V) [A]	η %	$\cos\phi$	M_s/M_n	I_s/I_n	M_k/M_n	M_{ser}/M_n	LR [dB]	Massa Mass [Kg]
0.37	2.58	1370	1.11	65	0.74	2.2	6	2.4	1.7	55	5.8

FIGURA 30 Características de motor

Fuente: (TRANSTECNO, 2014)

3.4.6. Selección de caja reductora

La velocidad del motor nominal es de 1500 RPM tal como se observa en las características del motor en el tema anterior, es necesario evaluar la velocidad lineal de la banda que se requiere para poder dimensionar la relación de transmisión de la caja de la caja reductora. Tenemos que la velocidad máxima de impresión del equipo SD X40 es de 400 mm/s, lo cual sería nuestro techo de velocidad lineal, conocemos además que el diámetro de los rodillos utilizados es de 45 mm, la carrera de la banda se definió en 950 mm.

Tomando la ecuación de velocidad angular a velocidad lineal tenemos que:

$$v = w \cdot r \left[\frac{mm}{s} \right] \quad (\text{Ec. 4})$$

Dónde:

v : Velocidad lineal [mm/s]

w : Velocidad angular [rad/s]

r : Radio mm

Reemplazando los valores tenemos que:

$$v = 1500 \frac{rev}{min} \cdot \frac{2\pi rad}{1 rev} \cdot \frac{1 min}{60 s} \cdot \frac{45}{2} mm$$

$$v = 3534.39 \frac{mm}{s}$$

Esta sería nuestra velocidad lineal si consideramos conectar directamente el motor sin un reductor, utilizando la ecuación 4, podemos definir que la velocidad angular que nosotros requerimos en el sistema es de: 17.77 rad/s, que es igual a 169.76 RPM.

Para encontrar la relación de engranajes de nuestra caja de transmisión utilizamos la siguiente ecuación:

$$R_T = \frac{w_1}{w_2} \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde

R_T : Relación de transmisión

w_1 : Velocidad angular de entrada

w_2 : Velocidad angular de salida

Reemplazando los valores en la (Ec. 5) tenemos que:

$$R_T = \frac{1500}{169.76} = 8.84$$

Para asegurar la calidad de la impresión es recomendable trabajar bajo los valores tope, además, esto nos ayudará a alargar la vida útil del equipo, por este motivo seleccionamos un caja de transmisión de relación 1:10, es decir, que si el motor trabaja al 100% de su capacidad lo máximo que vamos a obtener son 1500 revoluciones por minuto.

El motor es de la marca Transtecno, por lo cual utilizaremos al mismo proveedor para garantizar un funcionamiento correcto, la caja de transmisión de seleccionada es la CM30 con relación de transmisión de 1:10, ortogonal.



FIGURA 31 Caja de transmisión CM30 Transtecno

Fuente: (TRANSTECNO, 2014)

3.4.7. Sistema de fijación de empaque

En esta etapa el empaque es presionado contra la banda para poder corregir cualquier irregularidad previo al codificado, se ha seleccionado un rodillo con un mecanismo que le permite moverse en dos ejes para poder ubicarlo donde se considere necesario (véase figura 32).

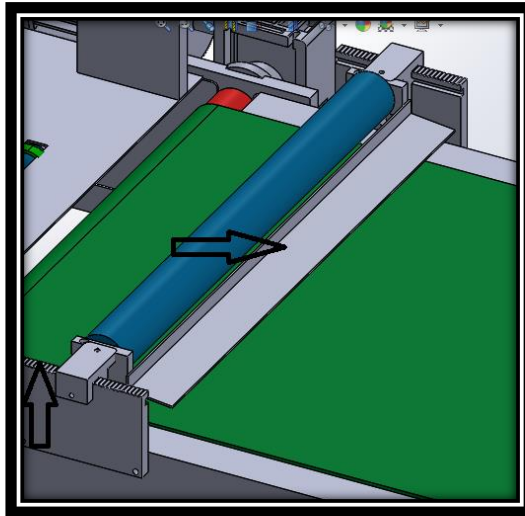


FIGURA 32 Sistema de fijación de empaque a banda

3.4.8. Ensamble de banda transportadora

La siguiente figura muestra la banda transportadora con todos sus componentes descritos anteriormente.

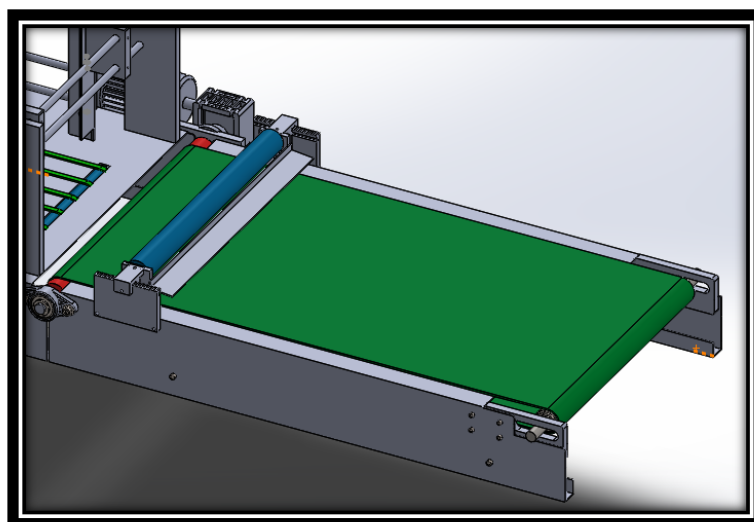


FIGURA 33 Ensamble de banda transportadora

3.4.9. Diseño de soporte de dispensador y gabinete eléctrico

Los materiales utilizados en todo el dispensador son de material inoxidable, es necesario que el equipo desarrollado sea capaz de soportarse por sí mismo, pero la construcción en material inoxidable de una estructura para soportar el dispensador resultaría extremadamente caro, por este motivo se diseñará una estructura con perfiles cuadrados de acero de 40 mm de 3 mm de espesor.

Adicionalmente el sistema debe contar con un espacio para colocar el gabinete eléctrico y que permita el fácil acceso a la pantalla de programación del equipo, basándonos en estas especificaciones la estructura de soporte propuesta para la construcción se la puede observar en la siguiente figura.



FIGURA 34 Diseño de soporte de equipo en Solidworks

La estructura será pintada con pintura anticorrosiva, esto ayudará a prevenir la temprana oxidación de la estructura.

3.4.10. Análisis de cargas sobre la estructura utilizando SolidWorks

Para el diseño de la estructura del modelo se utilizó la herramienta la carga que el dispensador presenta sobre la estructura fue determinada en una balanza, donde se determinó que el peso total de la estructura es de 58.6 kg.

La fuerza equivalente es de 574.28 N, aplicaremos un factor de seguridad de 1.5, por lo que la fuerza aplicada para el análisis es de 861.42 N. Tal como se observa en la figura.

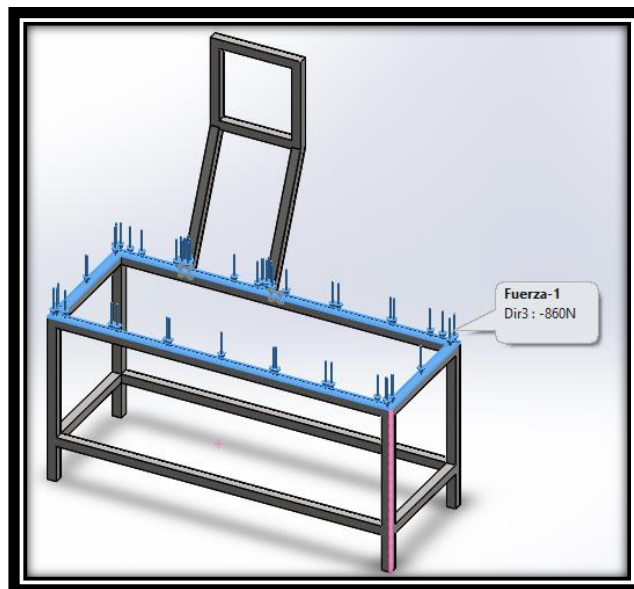


FIGURA 35 Aplicación de fuerza en SolidWorks Simulation

Realizamos el mallado de la estructura como se observa en la siguiente figura:

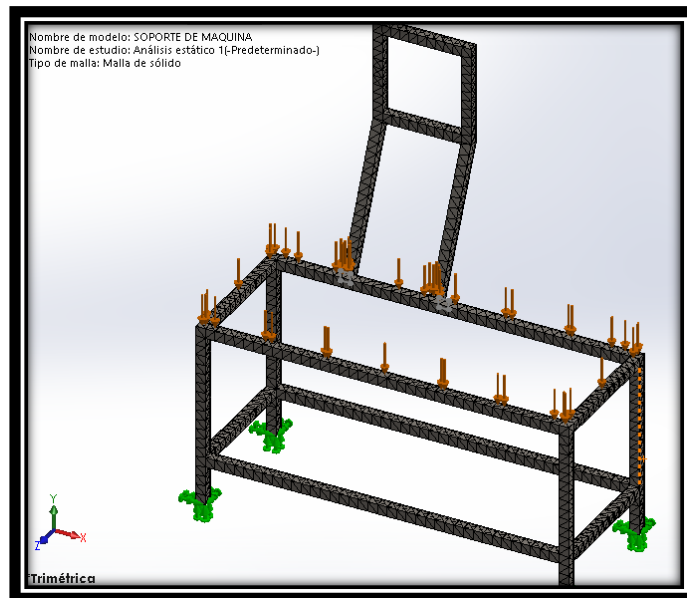


FIGURA 36 Mallado de estructura

Realizamos el análisis de los resultados:

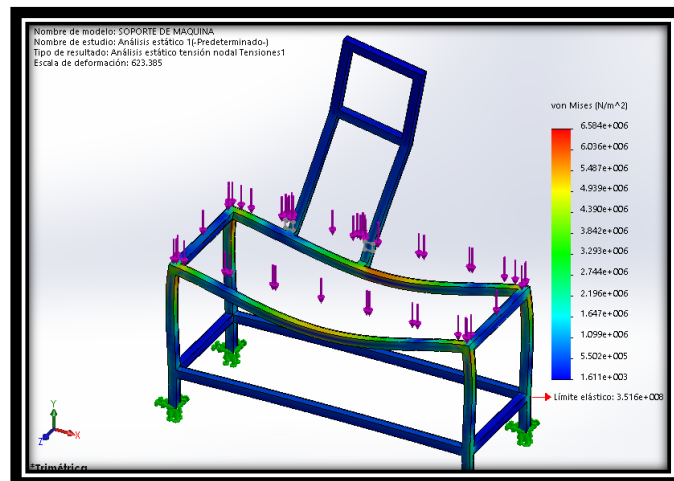


FIGURA 37 Resultados del análisis de cargas

La tensión de von Mises máxima del resultado es de $6.58e6$ [N/m²], y el límite elástico para el material ocupado es de $3.51e8$ [N/m²], por lo que consideramos que el soporte es el adecuado para la funcionar como estructura del dispensador.

Revisamos el análisis del factor es de 40, si para nuestra aplicación utilizamos el perfil de 40 mm x 40 mm de 3 mm de espesor (véase figura 38).

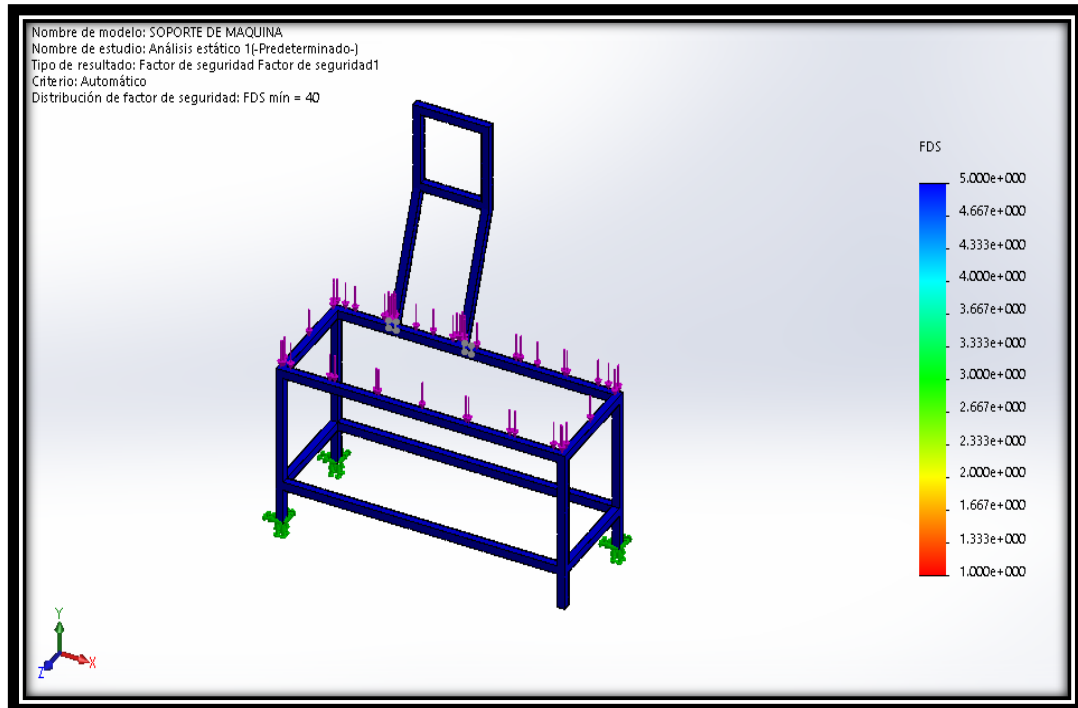


FIGURA 38 Resultado del análisis del Factor de Seguridad

CAPITULO 4. DISEÑO ELÉCTRICO, ELECTRÓNICO Y DE CONTROL

4.1. Características eléctricas SMARTDATE X40

El equipo SD X40 tiene las siguientes características eléctricas mostradas a continuación.

Tabla 5
Características eléctricas SD X40

	ESPECIFICACIONES
Fuente de Alimentación	100 a 230 V CA (+/- 10%)
Frecuencia de operación	50 a 60 Hz
Temperatura de operación	0° C a 40° C (32° F a 104° F)
Clasificación IP	IP de controlador 41 IP de impresora 2X
Resolución del cabezal de Impresión	300 ppp (12 puntos/mm).
Funciones especiales	Información automática de hora real, fecha, lote y turno. Cálculo y codificación de desfase de fecha de consumo recomendado automáticos
Memoria local de la SmartDate X40	20 MB
Interfaz de la máquina	Entradas: estado de señal de entrada de impresión. Salidas: salida de interbloqueo E/S configurable por el usuario.
Interfaz del operario	La pantalla de interfaz de usuario se compone de una pantalla táctil LCD y una interfaz con cuatro botones de acceso

➡ Continúa

rápido. Pantalla táctil limpiable con un trapo para la introducción local de información variable, equipado con opciones de diagnóstico completas.

Opciones

Indicadores luminosos de bajo consumo



.Fuente: (MARKEM-IMAJE, 2005)

4.2. DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS

4.2.1. Selección de sensores de presencia

Dentro del campo de los sensores tenemos una gran variedad de tecnologías utilizadas con el fin de detectar la presencia o no de un material específico, el sensor que debemos escoger es para indicarle al codificador cuando este debe imprimir, por ser un codificador de la línea MARKEM-IMAJE, es necesario utilizar sensores propios del fabricante, que tiene una amplia gama de sensores de distintos principios de funcionamiento, los sensores disponibles son los siguientes:

Tabla 6
Tipos de sensores MARKEM-IMAJE

Difuso de proximidad		Un haz de luz roja polarizada es desviado por el sensor. El haz desviado es reflejado y detectado por el receptor del sensor	
Polarizado reflectivo	retro-	Un haz de luz roja polarizada es desviado por el sensor. El haz desviado es reflejado por el objeto o el espejo (retro-reflectivo) y detectado por el receptor del sensor. Si no existe la presencia el receptor	

➡ Continúa

	detecta completamente el haz que se desvía en el espejo.	
Fibra óptica	La fibra de vidrio difuso funciona como un sensor de proximidad. Fibras emisor y el receptor están enfundados y montados juntos. Un cable emite luz y el otro recibe la luz reflejada.	
Inductivo	Un circuito de oscilación LC genera un campo de RF al sensor electromagnético activo. Cuando una parte conductora entra en el campo, se generan corrientes parásitas en la cámara.	
Supresor de fondo	Un LED transmite luz a través de una lente con un pequeño ángulo hacia el objetivo. El objetivo refleja la luz de nuevo a los receptores en un ángulo definido. La distancia entre el sensor y el objetivo determina el ángulo en el que la luz se refleja de vuelta al receptor.	
Contraste	Sensor de contraste es capaz de distinguir dos superficies de acuerdo a sus contrastes	
Color	Sensor de color tiene una función de proximidad con un LED RGB emisión de luz. El color del objeto se identifica según la diferente reflexión obtenido con rojo, verde y azul de emisión de luz.	

⇒ Continúa

Horquilla

Sensor de horquilla tiene un emisor y un receptor montado a cada lado de una carcasa en forma de U. Cualquier producto que pasa a través de la ranura interna corta el haz y se detecta



Fuente: (Sensors for MI Applications, 2015)

Conociendo todos los tipos de sensores se escoge el sensor difuso sin espejo retro-reflectivo, el cual se utiliza para la mayor parte de sustratos, tomando en cuenta que el dispensador trabajará con distintos tipos de empaques de varios materiales, no se puede ocupar sensores inductivos por no siempre asegurar un material conductor, por su diseño no se puede utilizar el tipo horquilla.


4.2.2. Selección de sistema de control

Para el sistema de control del proyecto es necesario contar con una interfaz HMI, desde donde se pueda programar los tiempos de activación de los motores y del mismo modo regular las velocidades de la banda transportadora, dada esta necesidad, se utilizará un PLC para el control del sistema, por la experiencia adquirida en el uso de PLC, se trabajará con el PLC S7-1200 DE SIEMENS, dicho PLC, fue adquirido previamente por SISMODE, adicionalmente cuenta con una gran confiabilidad a nivel industrial para distintos tipos de aplicaciones, tomando así como línea proveedora para la construcción en la parte eléctrica/electrónica la marca Siemens por petición expresa del auspiciante del proyecto. De la misma manera las licencias para el programa son compradas por SISMODE para el

desarrollo de aplicaciones, por lo que esto no sumará un costo extra al proyecto.

Adicionalmente se incorporará un módulo de salidas analógicas SB1224 Signal board al PLC para poder regular la velocidad de la banda por un voltaje variable que saldrá desde el propio PLC.

A continuación en la figura 39 se detallan las características del PLC a utilizar en el proyecto:



CPU	1212C	1214C
Versión	AC/DC/Relé	DC/DC/DC
Alimentación	110/220 VAC	24 VDC
Memoria de trabajo	50 KB	75 KB
Memoria de carga	1 MB	4 MB
Memoria remanente	10 KB	10 KB
ENTRADAS / SALIDAS INTEGRADAS		
Entradas digitales (DI)	8DI a 24 VDC	14DI a 24 VDC
Salidas digitales (DO)	6DO tipo relé	10DO tipo transistor 24 VDC
Entradas analógicas (AI)	2AI (voltaje)	2AI (voltaje)
Salidas analógicas (AO)	No	No

FIGURA 39 Características PLC SIEMENS S7-1200

Fuente (INGELCOM)

Se incorporará un HMI KTP-400 Color (véase figura 40), de marca Siemens compatible con el PLC antes mencionado, por contar con el mismo protocolo de comunicación e interfaz profinet, lenguaje de comunicación utilizado por Siemens, para el control de las variables que se involucran en el proceso.

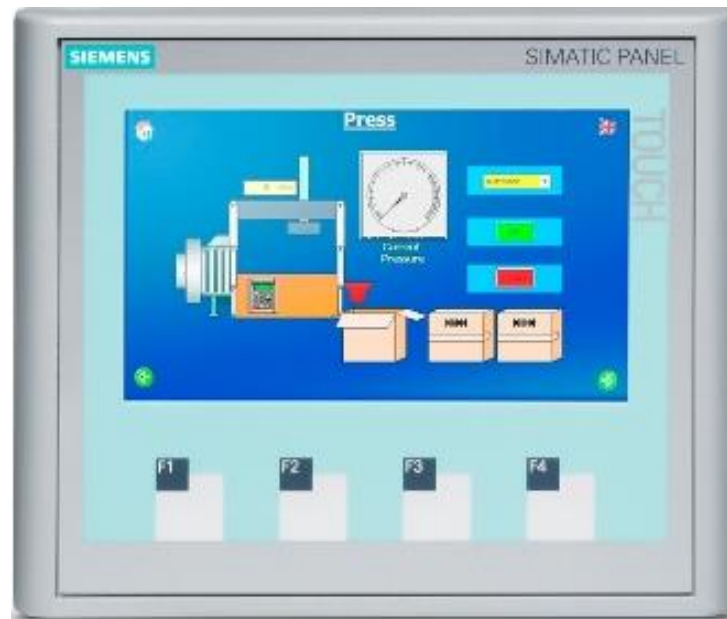


FIGURA 40 HMI SIEMENS KTP-400

Fuente: (SIEMENS)

4.2.2.1. Selección de control de motores

Para el control de los dos motores presentes en proyecto, se utilizarán dos tipos de control diferentes, para el motor de arrastre de empaques vacíos se utilizará una activación por medio de un relé mecánico (Control ON/OFF), su temporización estará controlada por una salida asignada por programación desde el PLC.

El relé a utilizar es de marca Siemens modelo PT370024 tendrá las siguientes características (véase figura 41):

General technical data:		
Type of voltage		DC
Control supply voltage		
• for DC Rated value		
— minimum	V	24
— maximum	V	24
Number of NC contacts for auxiliary contacts		0
Number of NO contacts for auxiliary contacts		0
Number of CO contacts for auxiliary contacts		3
Operating current of the auxiliary contacts		
• at DC-13		
— at 24 V	A	8
• at AC-15		
— at 230 V	A	5
Design of the switching function positively driven		No
Switching behavior		monostable

FIGURA 41 Características técnicas relé PT370024



FIGURA 42 Relé Siemens PT370024


Fuente: (SIEMENS)

La banda transportadora requiere una variación de velocidad para controlar la separación de los empaques y para regular la velocidad de impresión del empaque, por este motivo, el controlador del motor de la banda transportadora será un variador de frecuencia, por compatibilidad y eficiencia de los componentes que se están utilizando se utilizará un variador de frecuencia SIEMENS SINAMICS G110. Véase las características eléctricas del variador en la figura 42.

SINAMICS G110 ofrece funcionalidad básica para la mayor parte de las aplicaciones industriales de velocidad variable (Ej.: bombas, bandas transportadoras y ventiladores). Trabaja con control de tensión-frecuencia (V/f).

Especificaciones técnicas - SINAMICS G110

Tensión de Alimentación	Monofásica 200-240 VAC +/- 10%
Frecuencia de Salida	0-650 Hz, resolución 0.01 Hz
Tipo de Protección	IP20
Temperatura de Operación	Máxima 40 °C (hasta 50° con desclasificación)
Factor de sobrecarga	150% durante 60 seg.
Entradas digitales	3
Salidas digitales	1 (24 VDC)
Entradas análogas	1 (0-10 VDC utilizable como cuarta entrada digital)



SINAMICS G110 con panel BOP

FIGURA 43 Características técnicas del Variador de frecuencia Siemens G110

4.3. DISEÑO DE INTERFAZ HMI

La interfaz del usuario para el control del sistema se cuenta con una serie de menús desde donde se podrá ingresar a programar todos los parámetros del equipo, así como también una pantalla principal para ingreso.

A continuación se realizará un árbol con cada uno de los menús accesibles desde la interfaz. (Véase figura 44).

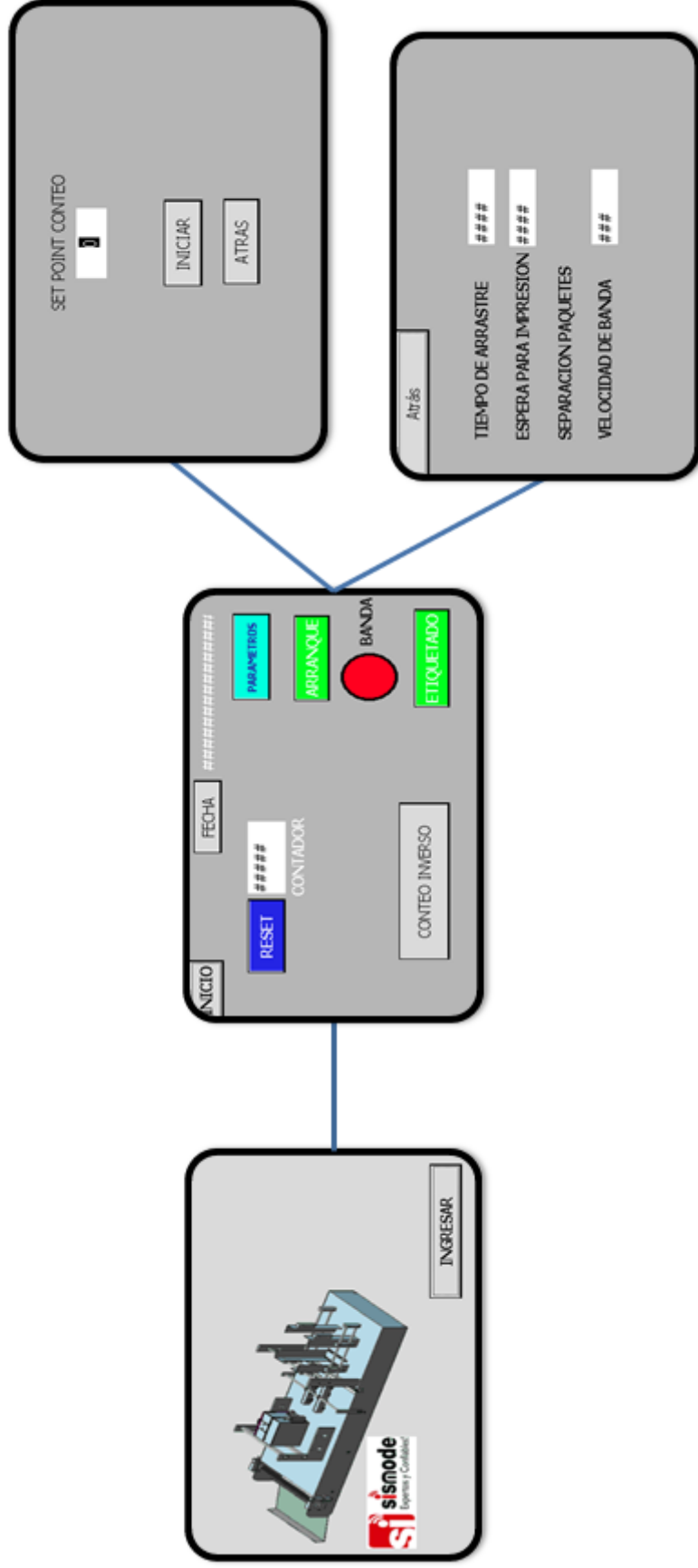


FIGURA 44 Árbol de imágenes HMI

4.3.1. Pantalla Principal

Esta pantalla presenta un fondo de trabajo de inicio para ingresar al sistema, al presionar el botón INGRESAR el sistema se iniciará en modo producción (véase figura 45).

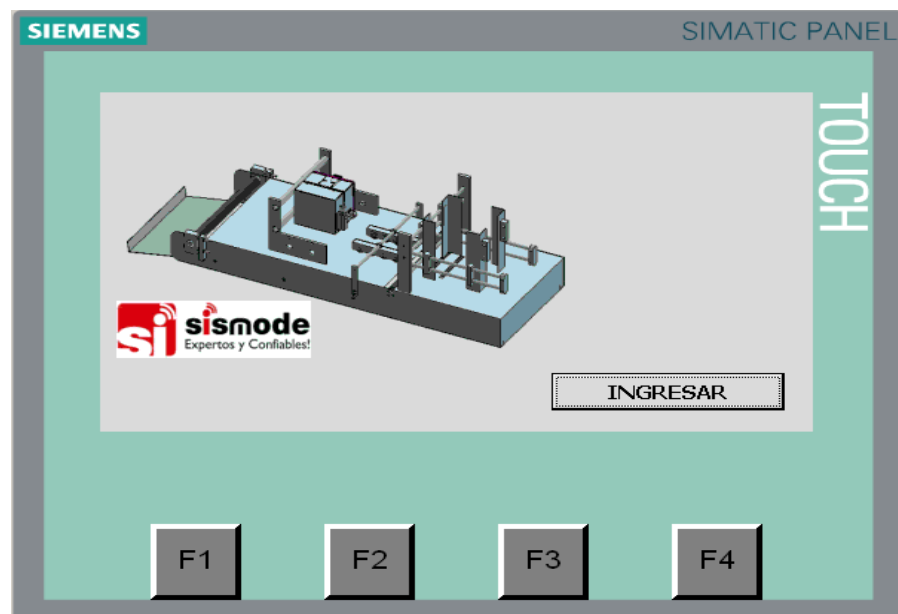


FIGURA 45 Pantalla principal HMI

4.3.2. Información de Producción

Esta pantalla constituye el mando central del equipo desde donde se controlarán las pantallas de configuración y la función especial de conteo programado (véase figura 46).

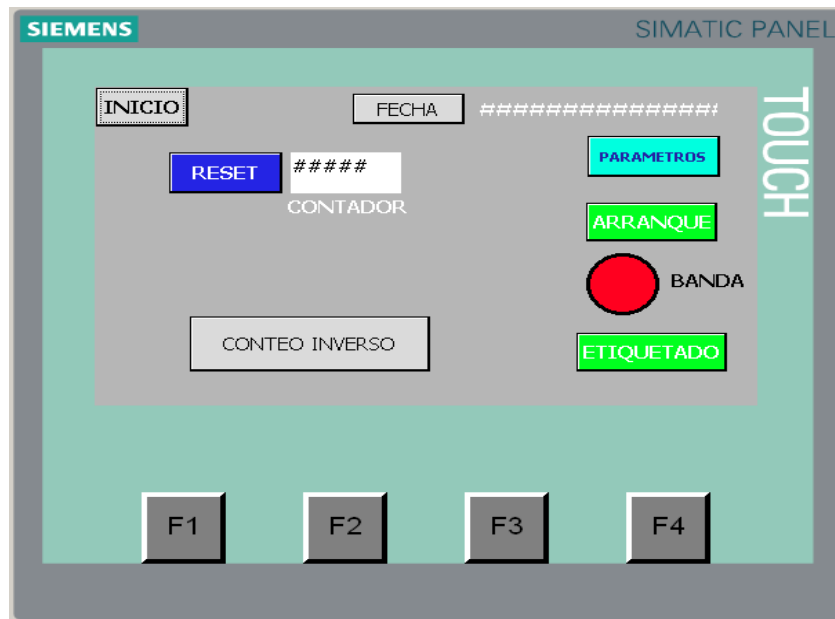









FIGURA 46 Pantalla de producción HMI

A continuación se describirán cada uno de los campos presentes dentro de la pantalla y su función:

Tabla 7 Descripción de funciones de la pantalla de producción

FIGURA	DESCRIPCIÓN
	Botón de reseteo del contador, adicionalmente se ocupa un campo tipo texto para visualizar la cantidad codificada
	Ingresa a la pantalla de conteo programado donde se pone un valor fijo para que el equipo codifique solo lo deseado
	Ingresa a la pantalla de parámetros para configurarlos de acuerdo a los empaques a codificar
	Botones de control de banda transportadora con el botón de arranque, adicionalmente existe un indicador el cual cambia de color a verde cuando la banda

➡ Continúa

	<p>se encuentra encendida</p> <p>Este botón activa la función de arrastres sin, el equipo dispensará todos los empaques que se encuentren en la bandeja de alimentación</p>
	<p>Regresa a la pantalla principal</p>
	<p>Modifica la fecha y hora del sistema</p>

4.3.3. Configuración de parámetros

En esta pantalla se configura los parámetros que se deberá modificar cada que se cambie de longitud de empaque, en esta pantalla se tiene control sobre tiempos de activación y velocidades de la banda transportador.

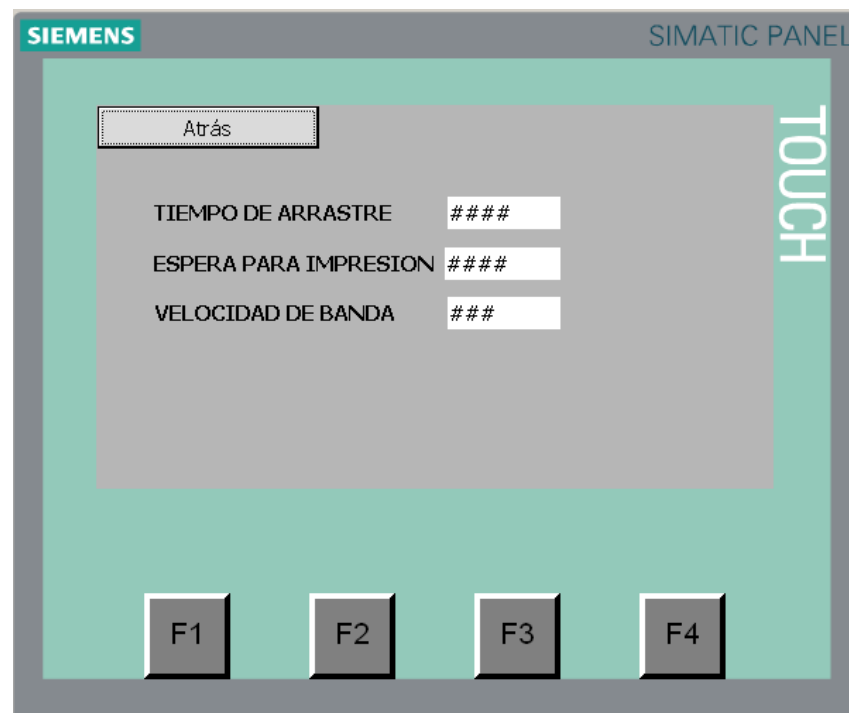





FIGURA 47 Pantalla de configuración de parámetros

A continuación se describirán cada uno de los campos presentes dentro de la pantalla y su función:

Tabla 8

Descripción de funciones de la pantalla de producción

FIGURA	DESCRIPCIÓN
	Este parámetro nos indica el tiempo que estará encendido el motor de arrastre para el correcto dispensado se mide en ms
	Con este parámetro podemos configura la posición de impresión en el empaque se mide en ms
	Este parámetro controla la velocidad de la banda transportadora este parámetro se mide en porcentaje

4.3.4. Conteo Programado

Esta pantalla otorga una función especial al sistema, la cual puede setear un valor de empaques deseados para la codificación y una vez que este se completa el sistema se detiene automáticamente, en el cuadro tipo texto se introduce la cantidad de empaques a codificar, con el botón de inicio el sistema inicia la codificación, al presionar atrás el sistema detiene su funcionamiento.

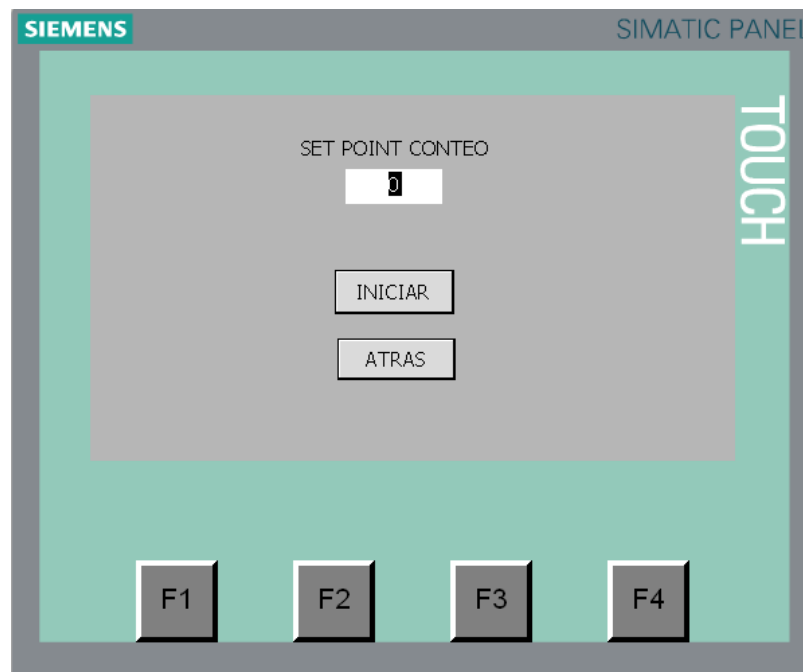


FIGURA 48 Pantalla de conteo programado

CAPITULO 5. CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE DE COMPONENTES

5.1. Bandeja de alimentación

Para la construcción de los elementos de la bandeja de alimentación se parte de perfiles de aluminio para realizar los soportes, y ejes de acero inoxidable para elaborar las guías, las figuras a continuación muestran las piezas:



FIGURA 49 Montaje de bandeja de alimentación

Para la unión de las guías con los perfiles parte de la bandeja, fueron fabricados a partir de planchas de aluminio de distintos espesores, de las cuales fue necesario realizar un acabado superficial para eliminar rebarbas y astillas.

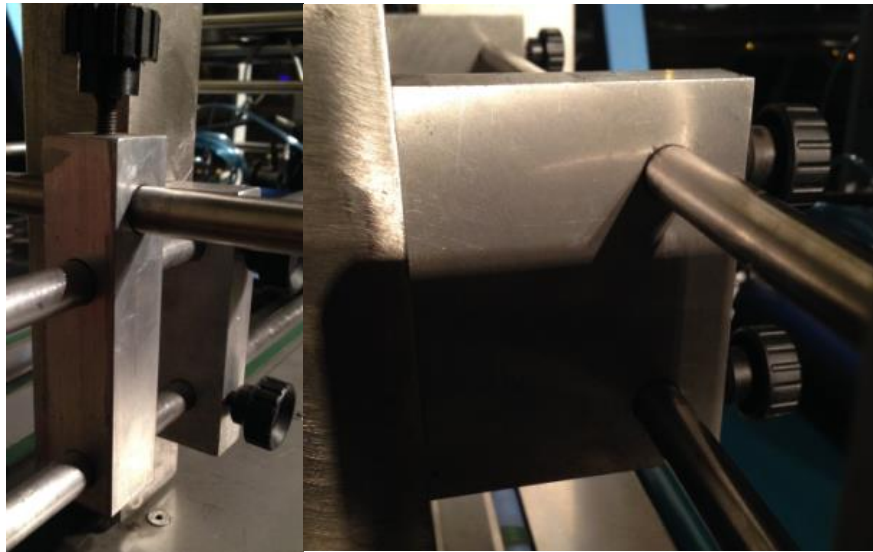


FIGURA 50 Unión de perfiles con guías

La figura 50 presenta el ensamblaje de la bandeja de alimentación:

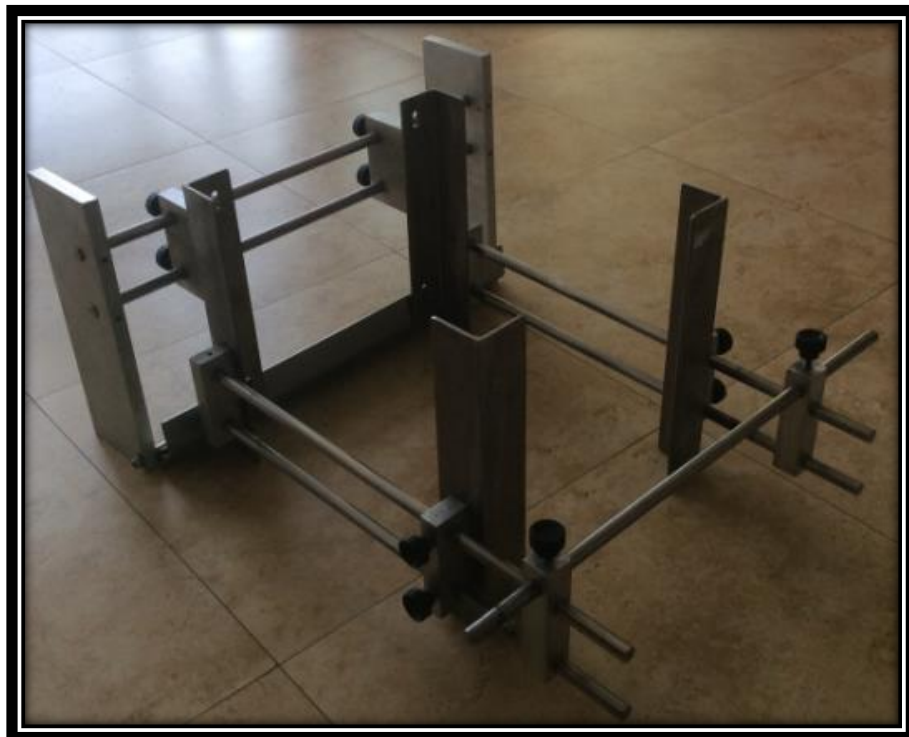


FIGURA 51 Ensamblaje de bandeja de alimentación

5.2. Mecanismo de arrastre

El mecanismo de arrastre del sistema está basado en la fricción que crea el rodillo con el material, como se explicó en la fase de diseño del sistema de arrastre, este estará conformado por dos rodillos, uno de ellos es motriz recubierto por PVC, y el otro no motriz de acero inoxidable, el cual fue construido a raíz de un eje sólido de acero inoxidable, se realizó el mecanizado de rodillo para crear dentro de él, guías para las pequeñas bandas de PVC (Véase figura 52).



FIGURA 52 Rodillo no motriz de arrastre

El montaje del motor de arrastre para el rodillo se lo realizó mediante una banda XL40, la cual se utiliza comúnmente para la transmisión de equipos de precisión, como lo mencionamos anteriormente, el engranaje y la banda del sistema, fueron obtenidos de la bodega de la empresa. En la figura 53 se puede observar la forma de montaje del motor.



FIGURA 53 Motor de arrastre fuera de la instalación

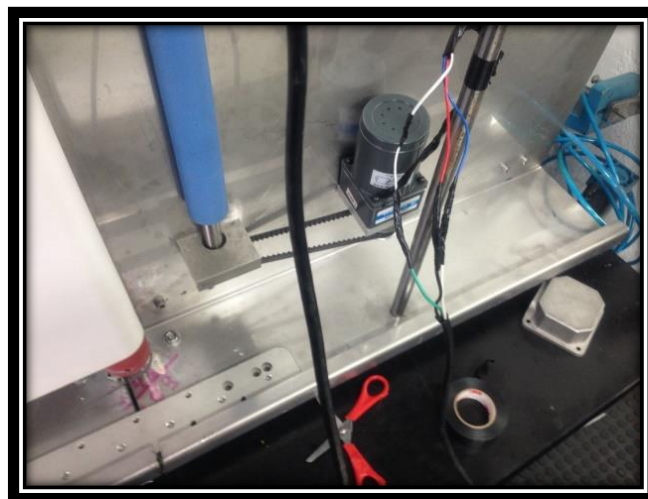


FIGURA 54 Motor de arrastre instalado

Las 5 bandas de PVC que se decidió en el diseño ubicarlas a lo largo del rodillo por ahorro de material, fueron colocadas entre los dos rodillos, adicionalmente se realizó un sistema de tensión entre los dos rodillos para asegurar el correcto funcionamiento del sistema de arrastre como se puede observar en la siguiente figura.

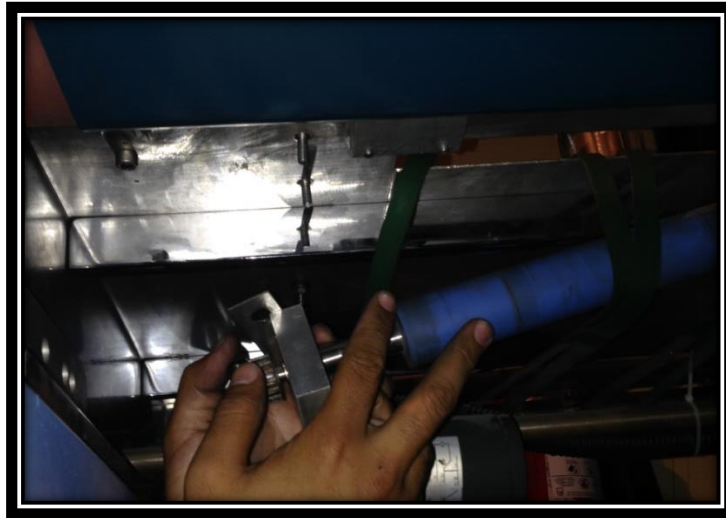


FIGURA 55 Instalación de bandas de arrastre

Finalmente observamos en la figura 56, el ensamble del sistema de arrastre.



FIGURA 56 Ensamble de sistema de arrastre

5.3. Banda transportadora

Par comenzar el montaje de la banda transportadora es necesario colocar la placa base del motor para que este pueda soportar el rodillo motriz que a él se conecta. (Véase figura 57).

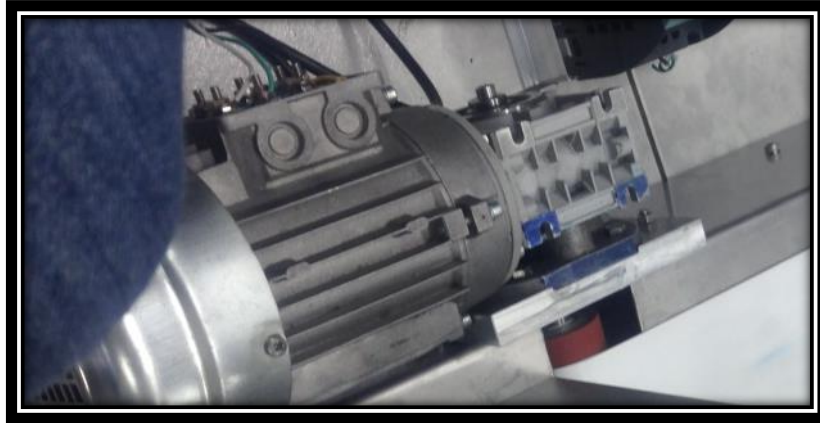


FIGURA 57 Montaje de base, motor y rodillo motriz

El montaje de la chumacera en el otro extremo del rodillo motriz debe realizarse junto con la inclusión de la banda PVC que transportará el empaque vacío a la etapa de codificación.



FIGURA 58 Montaje de chumacera

Ensamblamos a continuación el rodillo no motriz del sistema teniendo en cuenta que la banda de PVC. Se debe colocar el mecanismo de tensión para la banda transportadora en los ambos extremos del rodillo no motriz, éste se encargará de la tensión de la banda y nos ayudará con la regulación de la misma.

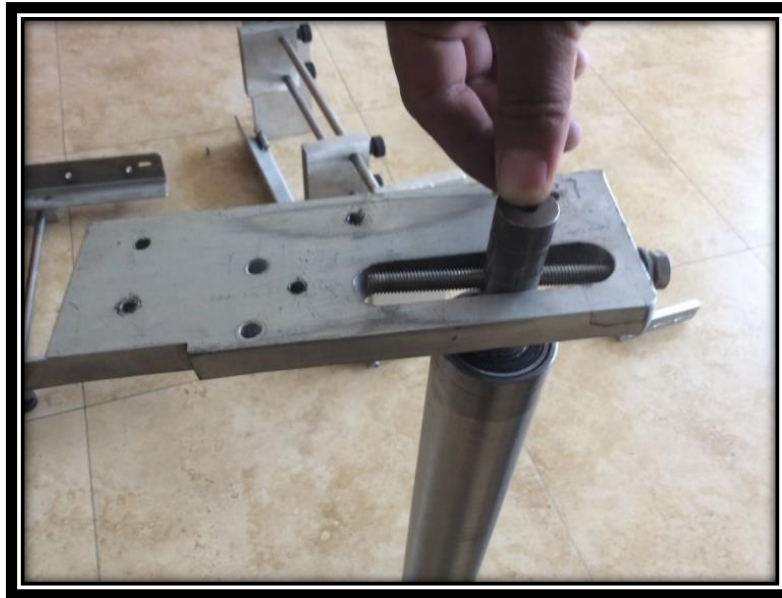


FIGURA 59 Ensamble de rodillo no motriz de banda transportadora

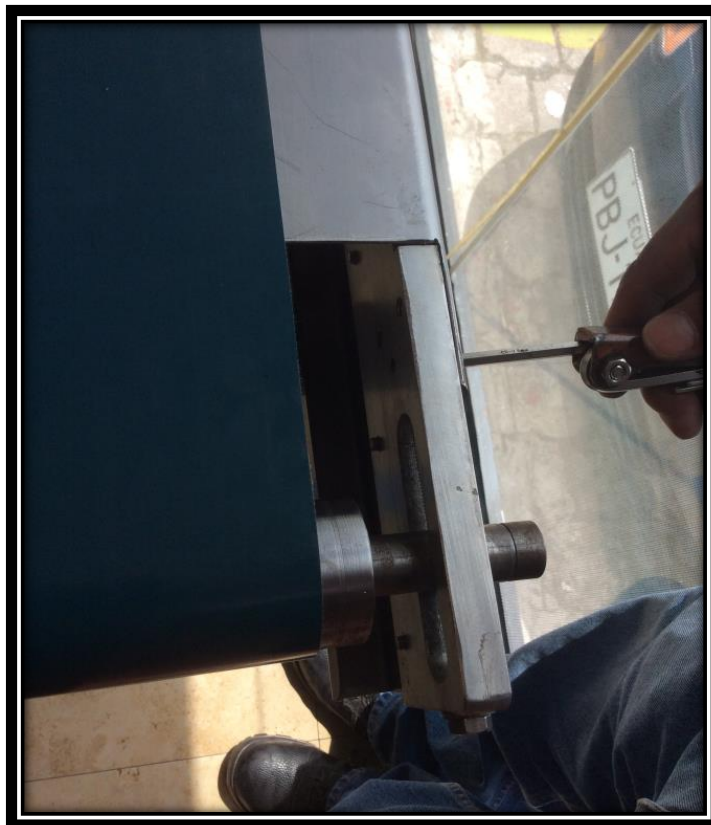


FIGURA 60 Regulación de tensores de banda

La figura 61, muestra el ensamblaje final de la banda transportadora.

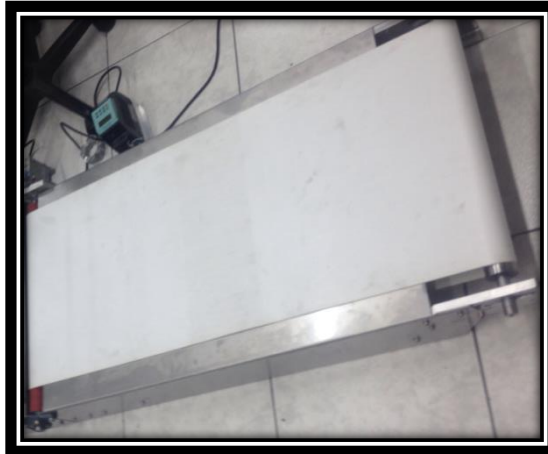


FIGURA 61 Ensamblaje de banda transportadora

5.4. Mecanismo de sujeción

El mecanismo de sujeción es el encargado de evitar que el empaque vacío llegue con la menor cantidad de arrugas a la etapa de codificado, como se observa en la figura se encuentra formado de un rodillo, con soportes de aluminio en los extremos que funcionarán como guías. Como se observa en la siguiente figura.



FIGURA 62 Guías de mecanismo de fijación

Se colocará una platina de acero inoxidable luego de la entrada al rodillo para evitar que el empaque se levante de la banda transportadora por efecto del aplastamiento. (Véase figura 63).



FIGURA 63 Platina de fijación

Todo el mecanismo se encontrará guiado sobre dos placas de aluminio, las cuales han sido marcadas para poder centrar el rodillo sobre la banda transportadora. Las líneas de marcado se observan en la figura 64, debemos asegurarnos que las planchas de aluminio se encuentren a la misma distancia de uno y otro lado de la banda.

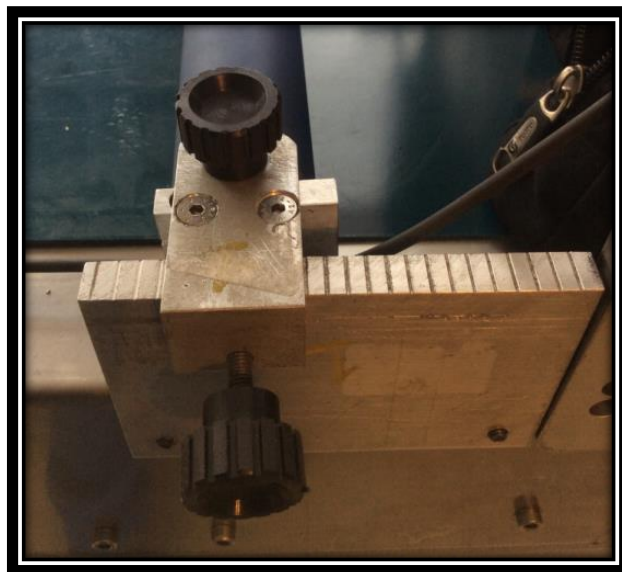


FIGURA 64 Líneas de referencia de sistema de fijación

5.5. Instalación de Soporte de X40

Para instalar el equipo codificador utilizaremos el soporte propio de Markem-Imaje, los requerimientos principales del fabricante es la ubicación correcta del soporte sobre equipo, es decir, que el equipo se encuentre nivelado en todos los planos. (Véase figura 65).

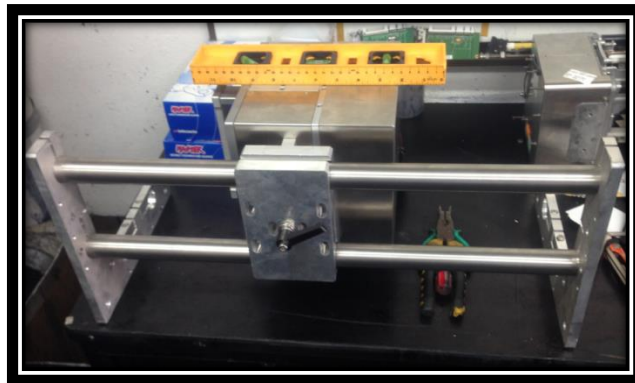


FIGURA 65 Nivelación de soporte X40

La figura a continuación nos muestra la ubicación del soporte del equipo de codificación sobre la banda transportadora, concluyendo así la etapa de codificado.

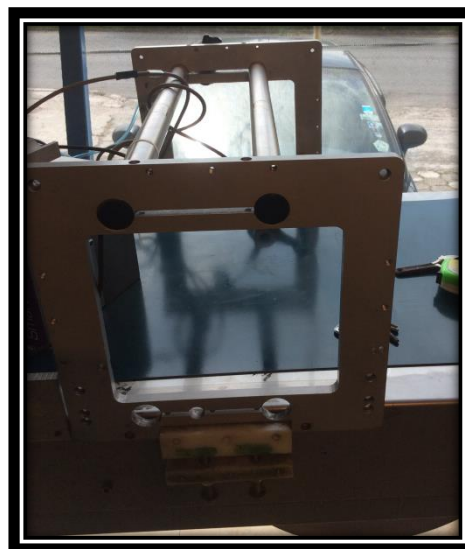


FIGURA 66 Soporte de SDX40 instalado

5.6. Instalación de componentes eléctricos y electrónicos

Para la instalación del gabinete de control se adquirió un panel cuadrado doble fondo de 40 cm con grado de protección IP54, dentro de él se ubicaran los elementos de control y de potencia del proyecto, para su montaje se utilizará rieles DIN, ya que todos los componentes seleccionados cuentan con este tipo de acople para su montaje.

La pantalla HMI, para permitir un fácil acceso al operador se encuentra ubicada en la parte frontal del gabinete, desde aquí se programará dispensador. Así como también luces indicadoras de color rojo y verde que simbolizan el estado del equipo, y una botonera para energizar el sistema.



FIGURA 67 Montaje de riel DIN con equipos



FIGURA 68 Distribución de equipos eléctricos y electrónicos

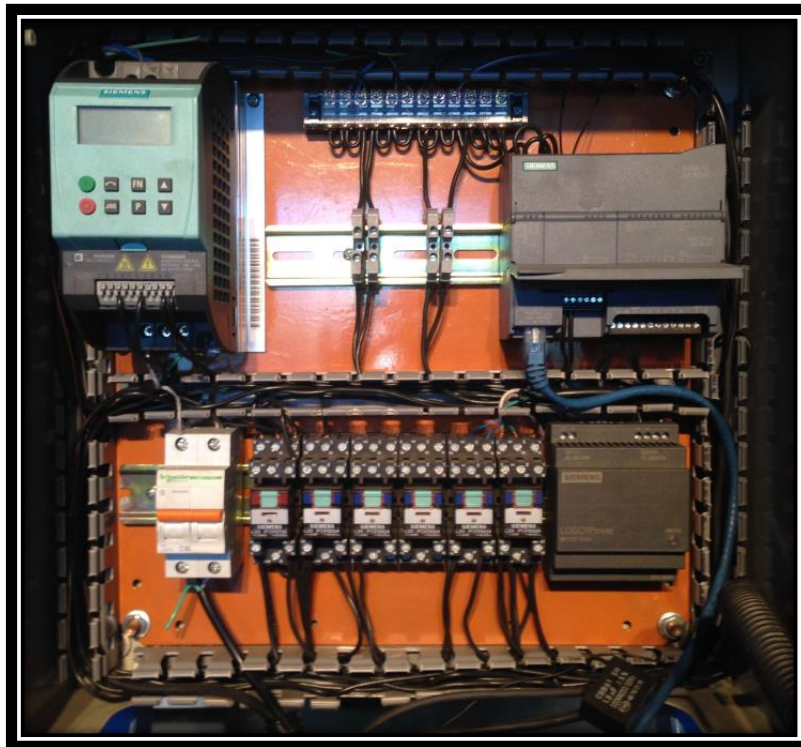


FIGURA 69 Cableado de gabinete de control



FIGURA 70 Montaje de KTP 400, luces y botonera

A continuación se presenta un diagrama de conexiones para las diferentes etapas de potencia y control del gabinete electrónico.

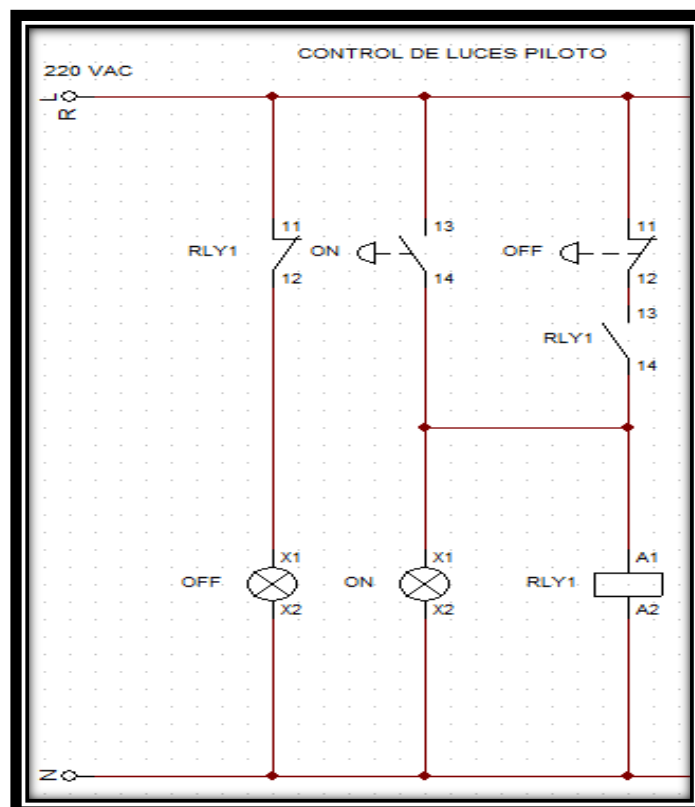


FIGURA 71 Diagrama de control de luces pilo y energización del sistema

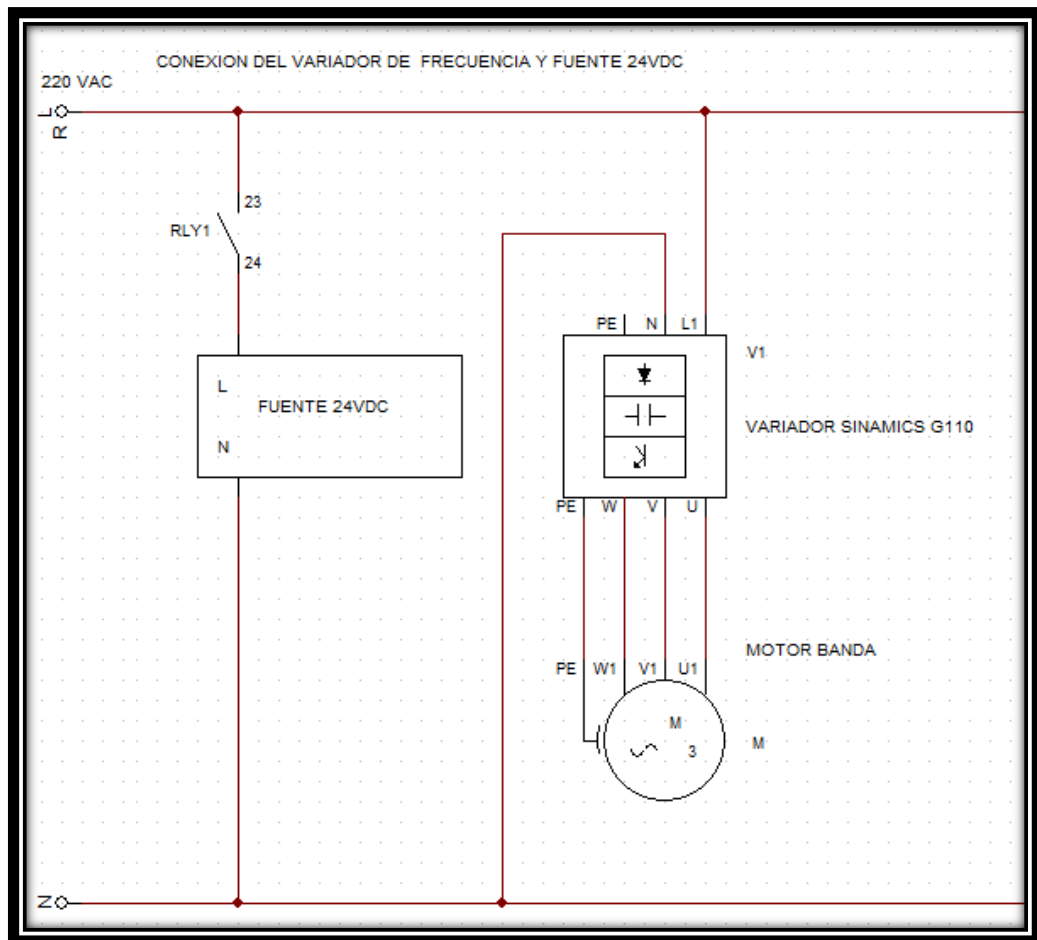


FIGURA 72 Diagrama de conexión de fuente de 24VDC y Motor de banda

La etapa de control del sistema es desempeñada por el PLC Siemens S7-1200, el cual cuenta con una conexión Ethernet para comunicación con la pantalla touch KTP-400. Dentro de estas funciones se detallan las conexiones para los actuadores y señales de control analógicas.

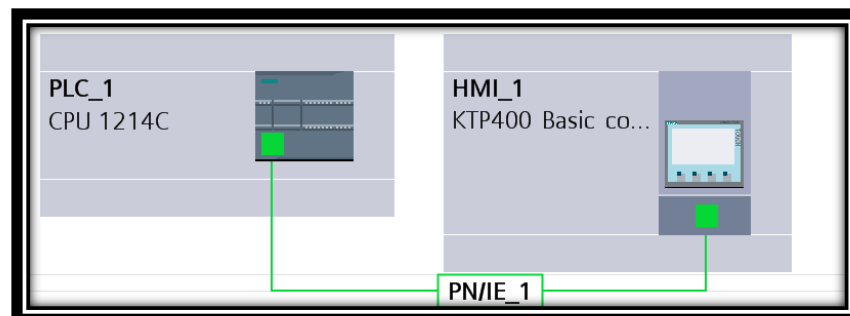


FIGURA 73 Conexión Ethernet de PLC con HMI

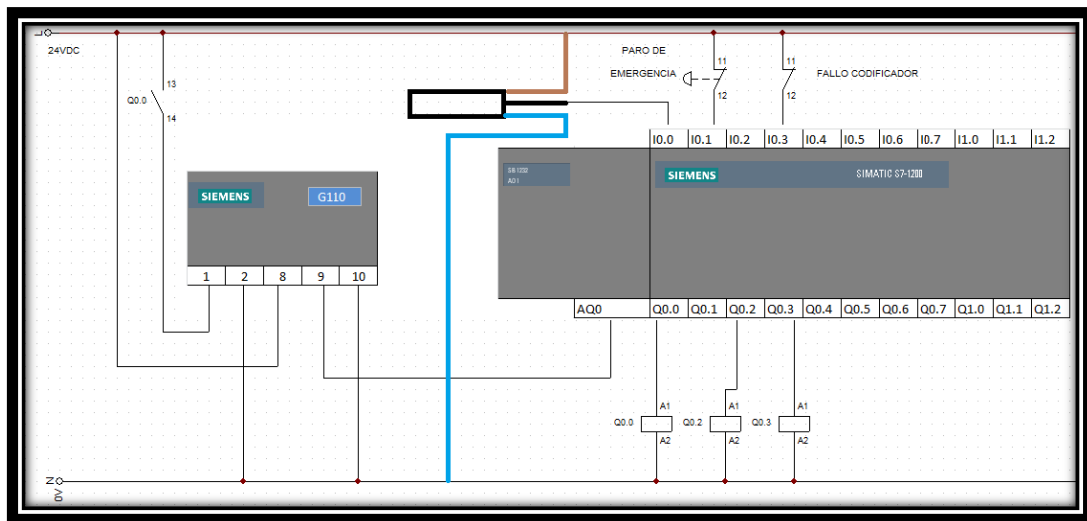


FIGURA 74 Conexiones de PLC

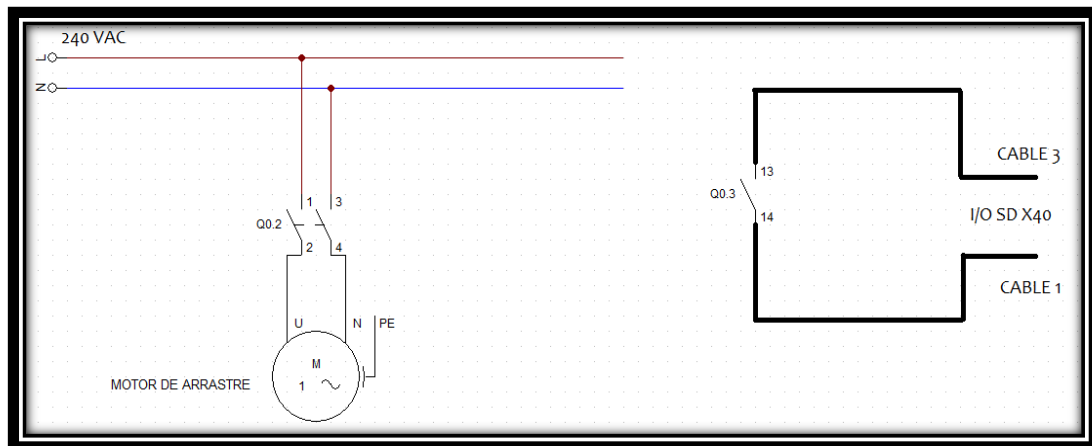


FIGURA 75 Conexión de actuadores

5.7. ENSAMBLAJE DE DISPENSADOR

A continuación se presenta el resultado del montaje del equipo dispensador de empaques vacíos para etiquetado por termo-transferencia. (Véase figura 76).



FIGURA 76 Dispensador de empaques vacíos para codificación

CAPITULO 6. PRUEBAS Y RESULTADOS

6.1. Alimentación de empaques

Los empaques sin codificación son apilados en la bandeja de alimentación donde el mecanismo de arrastres se encargará de llevar uno por uno a la etapa de codificado, como se puede ver en la figura 77.



FIGURA 77 DISPENSADO DE EMPAQUES VACIOS

6.2. Paquete Codificado

Los empaques que pasan con el proceso de codificado, recibirán el nombre de producto terminado, pues estos evidencian que el dispensador cumplió con su objetivo. (Véase figura 78).



FIGURA 78 Empaque codificado

6.3. Comparación de Producción

Para realizar una comparación de la producción y eficiencia del dispensador de empaques vacíos se tomarán en cuenta dos aspectos: Costo de empaque codificado el cual incluye mano de obra, y la velocidad de codificación.

6.3.1. Velocidad de codificación

Dentro de las pruebas realizadas físicamente con el equipo nos otorgan una velocidad de producción de 25 empaques por minuto, y realizando la prueba utilizando dos operadores, se valida que estos pueden realizar una codificación de 20 empaques por minuto.

Por lo cual se concluye que el equipo es un 25% más rápido realizando la misma tarea.

6.3.2. Costo de empaque codificado

Se debe definir un sistema para evaluar la rentabilidad del dispensador construido, el objetivo del mismo es la automatización del proceso, generalmente, para realizar el proceso de codificado se utilizan dos personas en la línea de producción, con la inclusión del sistema automático de codificación una sola persona sería la encargada de llevar los empaques sin codificar hasta la bandeja de alimentación automática, y el tiempo que se ocupe para la impresión el sistema, el operador quedará en total libertad de realizar otra tarea.

Esto representaría el ahorro de un sueldo en la etapa de codificado, en dólares el ahorro sería de \$354.00 Dólares americanos (información tomada de empresas prestadoras del servicio de maquila).

El costo de cada impresión es estimada en \$0.02 dólares, regularmente los operadores tienen una media de codificación de 20 empaques por minuto.

Tomando en cuenta el trabajo hábil de un operador de 5 horas diarias, esto representaría 6000 empaques por turno. Tomando en cuenta el costo de mano de obra esto representa que la hora de mano de obra es equivalente \$2.21 (tomando en cuenta 20 días laborables mensuales, de 8 horas). Por lo que el costo por impresión durante todo el turno de trabajo se calcularía:

- Costo de mano de obra de dos operadores por turno \$35.40 diarios.
- Costo de la codificación \$0.02
- Costo total por empaque sería de: \$0.0259

La velocidad de dispensado es de 25 empaques por minuto por lo tanto en las mismas horas de trabajo se realizarían 7500 empaques.

- Costo de mano de obra de un operador por turno \$17.70 diarios.
- Costo de la codificación \$0.02
- Costo total por empaque sería de: \$0.0223

Esto nos da como resultado que el empaque codificado utilizando el dispensador es un 11% más barato.

CAPITULO 7. ANÁLISIS DE COSTOS

7.1. Costos Directos

Se define como costos directos del proyecto todos aquellos materiales o piezas construidas y se encuentran físicamente en el equipo, se entiende también como costos directos los trabajos necesarios para la modificación de estos elementos.

7.1.1. Costos de materiales mecánicos

Los costos directos del sistema, serán divididos en:

- Materiales directos
- Materiales normalizados
- Materiales realizados a medida

Materiales directos: son aquellos que se pueden contar como materia prima para el desarrollo del proyecto.

Tabla 9
Costo materiales mecánicos directos

Elemento	Cantidad	Medidas	Precio unitario (usd)	Total(usd)
Planchas de acero inoxidable AISI:304	1	1000mm x 1500mm x 2mm	\$ 210.89	\$210.89

⇒ Continúa

Perfil de aluminio tipo "L"	4	40mm x 40mm x 4mm X 300mm	\$25.19 c/kg	\$26.11
Barras de aluminio	4	35mm x 20mm x 100mm	\$25.19 c/kg	\$19.18
Planchas de aluminio	2	100 mm x 300 mm x 15mm	\$25.19 c/kg	\$60.46
Barras de aluminio cuadrada	4	25mm x 25mm x 160mm	\$25.19 c/kg	\$27.20
Barras de aluminio cuadrada	2	25mm x 25mm x 115mm	\$25.19 c/kg	\$9.78
Plancha de aluminio	2	72 mm x 68mm x 15mm	\$25.19 c/kg	\$10.00
Plancha de aluminio	1	130mm x 140mm x 15mm	\$25.19 c/kg	\$18.57
Plancha de aluminio	2	120mm x 40mm x 10mm	\$25.19 c/kg	\$6.53
Plancha de aluminio	2	100mm x 78mm x 20mm	\$25.19 c/kg	\$10.61
Eje de acero inoxidable ½"	5		\$5.33 c/m	\$26.66
TOTAL				\$425.99

Materiales normalizados: Son aquellos que no sufren ninguna modificación o maquinado para su aplicación en el proyecto. Estos se detallan en la tabla 9.

Tabla 10
Costo de materiales mecánicos normalizados

Elemento	Cantidad	Medidas	Precio unitario (usd)	Total (usd)
Perno avellanado	40	M5 x 10 mm	\$0.13	\$5.20
Perno Allen	30	M6 x 15 mm	\$0.18	\$5.40
Chumacera	1		\$27.25	\$27.25

⇒ Continúa

UCFL204				
Caja de transmisión CM30 Transtecno	1		\$148.52	\$148.52
Banda XL140	1		\$6.89	\$6.89
Rodamiento NTN 6002	2		\$3.77	\$7.54
TOTAL				\$200.80

Elementos de acuerdo a planos: son aquellos construidos por personal externo a partir de un plano de diseño.

Tabla 11
Elementos construidos de acuerdo a planos

Elemento	Cantidad	Descripción	Precio unitario (usd)	Total (usd)
Rodillo recubierto de PVC	1	Rodillo motriz de banda transportadora	\$150	\$150
Rodillo recubierto de PVC	1	Rodillo motriz de arrastre	\$60	\$60
Rodillo recubierto de PVC	1	Pisador	\$130	\$130
Conjunto de guías longitudinales	1	Ensamble de rodillo pisador	\$65	\$65
Rodillo con alma hueca	1	Rodillo no motriz de banda	\$80	\$80
Rodillo sólido ranurado	1	Rodillo no motriz para arrastre	\$120	\$120
Mecanismo tensor	2	Tensores de banda transportadora	\$25	\$50

⇒ Continúa

Tensores en aluminio	2	Tensor sistema de arrastre	\$8	\$16
Estructura metálica	1	Soporte de equipo	\$300	\$300
Soporte motor arrastre	1	Soporte de motor de arrastre	\$25	\$25
TOTAL				\$996

7.1.2. Costos de materiales eléctricos y electrónicos

Los costos de materiales eléctricos y electrónicos se pueden analizar a continuación:

Tabla 12
Costo de materiales eléctricos y electrónicos

Elemento	Cantidad	Precio unitario	Total
Motor ¼ HP 3PH 1500RPM	1	\$153.25	\$153.25
Motor 6W 220VAC	1	\$56.23	\$56.23
Variador de velocidad Siemens G110	1	\$213.60	\$213.60
Fuente de poder LOGO	1	\$89.60	\$89.60
PLC SIEMENS S7- 1200	1	\$552.00	\$552.00
Relé SIEMENS 24V – 10 A	4	\$5.50	\$22.00
Relé SIEMENS 220VAC – 10 A	1	\$5.50	\$5.50
Riel Din	2 m	\$2.45	\$4.90
Cable 3 hilos 12 AWG	5 m	\$0.90	\$4.50
Cable 18 AWG flexible	10 m	\$0.45	\$4.50
Luz piloto LED 22 MM VERDE 120/220V	1	\$3.15	\$3.15
Luz piloto LED 22 MM ROJA 120/220V	1	\$3.15	\$3.15

➡ Continúa

KTP400 BASIC PANEL S71200 6AV6 647-0AA11-3AX0	1	\$480.00	\$480.00
Pulsador de emergencia metálico	1	\$11.25	\$11.25
Pulsador doble marcha paro	1	\$16.75	\$16.75
Gabinete 40cm x 40cm	1	\$30.45	\$30.45
TOTAL			\$1647.68

7.1.3. Mano de obra

Se entiende como concepto de mano de obra, los servicios profesionales de las personas involucradas en el proyecto, así como, la utilización de maquinaria o el servicio de maquinado de distintas piezas

Tabla 13
Costos de mano de obra

Item	Cantidad (horas)	Precio unitario (usd)	Total (usd)
Servicio de maquina en fresadora	10	\$10.00	\$100.00
Servicio de maquinado en torno	4	\$10.00	\$40.00
Servicio de doblado	2	\$8.00	\$16.00
Ayudantes de montaje	10	\$3.00	\$30.00
Servicio profesional de diseño y programación	160	\$15.00	\$2400
TOTAL			\$2586

7.1.4. Asesoría profesional

Dentro del análisis de los costos, también se incluye las horas profesionales invertidas por los tutores del proyecto, de los cuales se recibió su entera colaboración para la culminación del mismo.

Tabla 14
Costos de asesoría profesional

Item	Cantidad (horas)	Precio unitario (usd)	Total (usd)
Asistencia de Director	60	\$18.25	\$1095
Asistencia de Co-director	60	\$18.25	\$1095
TOTAL			\$2190

7.2. Costos Indirectos

Se define como costos indirectos aquellos los elementos que no se incorporan físicamente al proyecto final, sin embargo son parte del proceso productivo del proyecto.

Para esto se considerará el servicio de transporte y traslado del equipo para modificaciones en taller por un valor de \$60.00.

Elementos tales como brocas, machuelos, limas, lijas, discos de corte, discos de pulido, por un valor de \$40.00.

Sumando así un costo indirecto total de \$100.00 dólares.

7.3. Costo Total

Para realizar el cálculo del costo total del proyecto, se procederá a sumar todos los valores anteriormente mencionados.

Tabla 15
Costo total del proyecto

Costos	Valor
Materiales mecánicos directos	\$425.99
Materiales mecánicos normalizados	\$200.80
Materiales construidos por personal externo	\$996.00
Material eléctrico y electrónico	\$1647.68
Mano de obra	\$2586
Asesoría profesional	\$2190
Costos indirectos	\$100.00
TOTAL	\$8146.47

7.4. Plazo de Recuperación de la Inversión

Para realizar el cálculo del tiempo que nos tomaría recuperar la inversión del equipo vamos a ocupar valores globales de producción mensuales, como se determinó en la sección 6.3.2 del capítulo anterior, se determinó que el valor de empaque codificado a mano es de \$0.0259, mientras que utilizando el sistema automático es de \$0.0223.

Con el objetivo de determinar el periodo en el cual se recuperará la inversión inicial del equipo que es de \$8146.47 se utiliza la siguiente fórmula:

$$Payback = \frac{I_o}{F} \quad (\text{Ec. 5})$$

Dónde:

Io: Inversión Inicial

F: Flujo de caja

Se establece que el costo diario de producción sin el equipo es de 6000 unidades por turno lo que representa un valor operativo de \$155.40 dólares, con el uso del equipo sería de \$133.80 dólares, pero, se debe tomar en cuenta que las horas operativas del equipo son únicamente 4, a diferencia de las 5 utilizadas para realizar el codificado manualmente.

El ahorro diario en producción sería de \$21.60 dólares, mensualmente en una producción de 20 días el ahorro sería de \$432 dólares mensuales, adicionalmente se puede agregar 20 horas mensuales de ahorro en mano de obra, que representa \$2.51 dólares por hora o \$50.20 mensuales, dando como resultado un ahorros de \$482.20 dólares mensuales. Anualmente el ahorro es de \$5786.40 dólares, este valor se convierte en el flujo de caja para la ecuación 5.

Reemplazando tenemos:

$$Payback = \frac{\$8146.47}{\$5786.40} = 1.40 \text{ años}$$

Se puede concluir que el plazo de retorno de la inversión inicial es de 1.40 años, correspondientes a 1 año 5 meses aproximadamente.

CAPITULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

- Se construyó un dispensador automático por fricción de empaques vacíos para codificación por termotransferencia, flexible, con capacidad de utilizar diferentes tipos de codificación existentes, el mismo que podrá operara a una velocidad máxima de 25 paquetes por minuto para posteriormente ser codificados.
- Se identificaron los principales métodos de codificación y sus diversas tecnologías, evaluando los aspectos positivos y negativos de las mismas, adicionalmente, se evaluaron los costos operacionales y de mantenimiento que esto representa para la industria en la cual se aplica.
- Se diseñó el sistema mecánico, basándonos en métodos de ingeniería, diseñando previamente los elementos mecánicos en programas computacionales, optimizando así, los recursos económicos asignados para el desarrollo del proyecto.
- Se analizó las diferentes alternativas de arrastre para el dispensador, dependientes del tipo de material que se va a codificar, determinando así, que el sistema de arrastre por fricción abarca una gran cantidad de materiales disponibles a nivel industrial.
- Se desarrolló mediante una interfaz HMI, un sistema totalmente versátil y de fácil operación, adicionalmente, se diseñó un sistema de conteo inverso, muy útil en aplicaciones que requieren de un número determinado de empaques.

- El dispensador diseñado, tiene como principio la impresión por transferencia térmica con un codificador MARKEM-IMAJE, pero es totalmente flexible para su aplicación con diferentes tipos de tecnologías.
- El dispensador diseñado puede trabajar un 25% más rápido que un operador, lo cual aumenta la productividad de la línea, y por contar con un sistema automático se logró reducir el costo operativo de la impresión sobre empaques vacíos en un 10%, convirtiéndose así, en un sistema eficiente.
- La aplicación de un variador de frecuencia para el control de velocidad de impresión, ayudará a la aplicación a utilizar la cinta térmica apropiada, ya que dependiendo de su composición la velocidad de impresión podría ser menor a la que se utiliza con la cinta de uso estándar.
- El controlador o PLC utilizado es totalmente flexible para en un futuro considerar diferentes tipos de modificaciones las cuales pueden aumentar la capacidad de producción del dispensador, acoplando características adicionales para el completo proceso de codificado, o posterior proceso de embalaje secundario.

8.2. Recomendaciones

- Previo a la utilización del sistema es recomendable revisar las conexiones eléctricas, ya que una variación de voltaje podría dañar los componentes electrónicos utilizados en el sistema.
- Se recomienda revisar el manual de funcionamiento del equipo codificador para su correcto funcionamiento, adicionalmente, se debe

realizar los mantenimientos requeridos por el codificador para garantizar una calidad óptima de empaque codificado.

- Es necesario que la operación del dispensador automático sea realizada por personal con un nivel de conocimiento medio en manejo de equipos automáticos para poder aprovechar las capacidades de equipo en plenitud.
- Mantener una calendarización de mantenimientos y chequeos preventivos del dispensador, adicionalmente, se debe limpiar las bandas del sistema para evitar que partículas de polvo o algún otro tipo de impurezas impidan que se realice una correcta impresión sobre el empaque.
- El proveedor del equipo codificador recomienda la limpieza del cabezal de impresión una vez que se han completado 10 cintas para mantener la calidad de la impresión.
- Los equipos utilizados dentro del sistema no son aptos para el contacto con agua, adicionalmente, si el dispensador estuviera destinado para trabajar en un lugar que tiene polvo, se recomienda su limpieza periódica para aumentar la longevidad de los componentes utilizados.
- Los proyectos desarrollados por los estudiantes de las diferentes carreras de la ESPE, se deben tomar en cuenta para evaluar el desempeño de la universidad en el ámbito industrial, sin descartar la posibilidad que en un futuro, la institución se convierta en proveedora de diferentes soluciones innovadoras y tecnológicas para la industria ecuatoriana.

BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN PRICE MARK. (s.f.). Obtenido de
<http://www.americanpricemark.com/products/detail/a0003-monarch-1142-1160-1165-1166-labels/261>

ESBELT. (s.f.). Obtenido de
<http://www.esbelt.com/products/MostrarUpload.php?Upload=492&ARTICLE=727>

ESBELT. (Mayo de 2014). *www.esbelt.com*. Obtenido de
<http://www.esbelt.com/products/MostrarUpload.php?Upload=492&ARTICLE=727>

Forbo Siegling GmbH. (04 de 2009). *www.forbo-siegling.com*.

INGELCOM. (s.f.). Obtenido de www.ingelcom.net

MARKEM-IMAJE. (s.f.). Obtenido de www.markem-imaje.com

MARKEM-IMAJE. (2005). MANUAL DEL USUARIO SMARTDATE X40.
Nottingham, Reino Unido.

MARKEM-IMAJE. (s.f.). Visual Training Tool 9000 Series.

MARKEM-IMAJE. (s.f.). Visual Training Tool X40.

ORIENTAL MOTOR. (s.f.). Obtenido de
http://www.orientalmotor.com/products/pdfs/2012-2013/C/usa_ac_rev_1-90w.pdf

Sensors for MI Applications. (Marzo de 2015).

SIEMENS. (s.f.). Obtenido de
<https://support.industry.siemens.com/cs/document/60494853?lc=fr-WW>

SISMODE. (s.f.). Obtenido de www.sismode.com

TRANSTECNO. (2014). Obtenido de
http://www.transtecno.com/filealbum/26_0.pdf

TRANSTECNO. (s.f.). *www.transtecno.com*. Obtenido de
http://www.transtecno.com/filealbum/26_0.pdf

ANEXOS