

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**"Sistema eléctrico y sistema de desetiquetado para
desetiquetadora de botellas de vidrio"**

Trabajo de graduación presentado por Luis Fernando Jo Lau para optar
al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica

Guatemala,
2021

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**"Sistema eléctrico y sistema de desetiquetado para
desetiquetadora de botellas de vidrio"**

Trabajo de graduación presentado por Luis Fernando Jo Lau para optar
al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica

Guatemala,
2021

Vo.Bo.:

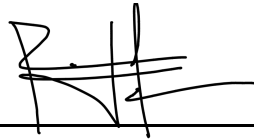


(f) _____
Ing. Rony Herrarte

Tribunal Examinador:



(f) _____
Msc. Victor Ayerdi



(f) _____
Msc. Rony Herrarte



(f) _____
Ing. Jose Bagur

Fecha de aprobación: Guatemala, 10 de diciembre de 2021.

Lista de figuras	VIII
Lista de cuadros	IX
Resumen	XI
1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
3. Justificación	7
4. Objetivos	9
4.1. Objetivo general	9
4.2. Objetivos específicos	9
5. Marco teórico	11
5.1. Sistema eléctrico	11
5.1.1. Máquinas eléctricas	11
5.1.2. Motor eléctrico	12
5.1.3. Conexión eléctricas	12
5.2. Mantenimiento de motores eléctricos	13
5.2.1. Previsiones antes de instalar un motor eléctrico	16
5.2.2. Selección de contactores	17
5.3. Montaje mecánico del motor	18
5.3.1. Interruptores eléctricos	22
5.3.2. Botón de apagado de emergencia	26
5.4. Sistema de desetiquetado	29
5.4.1. Materiales abrasivos	29
5.4.2. Cardas circulares	31
5.4.3. Características de etiquetas de aluminio	32
5.4.4. Características y propiedades del vidrio	33
5.4.5. Acoples	34

5.4.6. Equipo de seguridad personal	35
6. Metodología	37
6.1. Descripción de metodología	37
6.2. Identificación de necesidades	38
6.3. Definición de requisitos	39
6.4. Diseño del sistema de eléctrico	40
6.4.1. Verificación del sistema eléctrico	42
6.5. Diseño del sistema de desetiquetado	44
6.6. RPM's y Fuerza	46
6.7. RPM's del motor	49
6.8. Desgaste de la carda circular	51
6.9. Calentamiento del motor	52
6.10. Cálculo del acople	53
6.10.1. Análisis de la cuña	54
6.10.2. Análisis del acople	55
6.10.3. Análisis del castigador	57
6.11. Consumo del motor	61
6.12. Pruebas finales	62
7. Resultados	67
7.1. Sistema de potencia	67
7.2. Sistema de apagado de emergencia e interrupción de la corriente con llave	68
7.3. Sistema de extracción de etiquetas de aluminio	68
7.4. Diseño del sistema eléctrico	69
7.5. Diseño del sistema de desetiquetado	71
7.6. Costo de materiales para el sistema eléctrico y de desetiquetado	72
7.7. Prototipo final de máquina desetiquetadora	73
8. Conclusiones	75
9. Recomendaciones	77
10. Bibliografía	79
11. Anexos	83
11.1. Anexo 1 - Protocolo de pruebas	83
11.2. Anexo 2 - Manual de usuario	87
11.3. Anexo 3 - Planos	99

Lista de figuras

1.	Lavadora de botellas Aqua	3
2.	Alveólos de acero para extracción de etiquetas	4
3.	Cepillo para extracción	5
4.	Clasificación de máquinas eléctricas	11
5.	Esquema de conexión general para motores de jaula	13
6.	Esquema de un motor	16
7.	Interruptor de pie tipo S (enchufe a la izquierda y cables a la derecha)	22
8.	SPDT cableado normalmente abierto	23
9.	Interruptor de pie con enchufe superpuesto - Diagrama de conexión de cableado	23
10.	Diagrama de cableado del interruptor de pie (para modelos con cables)	24
11.	Esquema básico de arranque de motor de jaula	25
12.	Esquema del botón de parada de emergencia	26
13.	Funciones de seguridad ofrecidas con contacto seguro sincronizado"	27
14.	Diagrama de interruptores y motor eléctrico monofásico	28
15.	Uso correcto e incorrecto de la carda circular	32
16.	Acoplamiento rígido de manguito o con prisionero	34
17.	Acoplamiento rígido de platillos	35
18.	Acoplamiento rígido por sujeción cónica	35
19.	Desalineaciones paralelas (descentradas), axiales y angulares en la posición de dos ejes	35
20.	Diagrama para el sistema eléctrico	41
21.	Valores de entrada	43
22.	Caída de voltaje y calibre de cable	43
23.	Configuración de la carda cónica	45
24.	Posicionamiento de la botella en carda cónica	45
25.	Configuración para la carda circular	46
26.	Posicionamiento de la botella en carda circular	46
27.	Marca reflejante, tacómetro digital y el manual de operación	47
28.	Ubicación de las marcas reflejantes	47
29.	Demostración para la obtención de la fuerza	48
30.	Peso del motor más la bolsa	48

31.	Peso cuando se elimina la etiqueta de aluminio	49
32.	Diagrama de cuerpo libre de la carda circular	49
33.	Acople inicial	53
34.	Medidas de acople inicial	54
35.	DCL de la cuña	55
36.	DCL del acople	56
37.	DCL para la fuerza de fricción	58
38.	Distancia de la palanca de llave Allen	59
39.	Posicionamiento de llave Allen	59
40.	Motor sin contaminantes de aluminio ni partículas de agua	64
41.	Voltaje del sistema eléctrico	65
42.	Motor monofásico de arranque por capacitor	67
43.	Ubicación de los interruptores	68
44.	Sistema eléctrico físico	69
45.	Temperatura antes de iniciar pruebas	69
46.	Temperatura luego de la primera prueba	70
47.	Temperatura luego de la décima prueba	70
48.	Temperatura luego de la última prueba	70
49.	Máquina desetiquetadora de botellas de vidrio	73
50.	Posición de las puntas de prueba	86
51.	Posición de uso de desetiquetadora	92
52.	Placa de motor	93
53.	Tornillos de la tapa posterior	93
54.	Tornillos de la tapa frontal	94
55.	Sistema eléctrico	95
56.	Diagrama del sistema eléctrico	96
57.	Posición de continuidad en el voltímetro	96
58.	Continuidad entre contactor y flipón	97

Lista de cuadros

1.	Tabla de tipos de aislamientos en bobinados de motores eléctricos	16
2.	Tabla de dureza de materiales abrasivos	30
3.	Propiedades físicas del vidrio	34
4.	Requisitos para el sistema eléctrico	39
5.	Requisitos para el sistema de desetiquetado	39
6.	Requisitos económicos para la máquina desetiquetadora	40
7.	Amperaje que soportan los cables de cobre	42
8.	Valores de temperatura del motor eléctrico	53
9.	Factores del par de torsión K para su empleo con la ecuación 29	61
10.	Resultados de pruebas con botellas de cuello delgado	63
11.	Resultados de pruebas con botellas de cuello grueso	64
12.	Resultados de pruebas	71
13.	Costo de materiales	72

El presente trabajo consistió en el diseño y manufactura de una desetiquetadora de vidrio para Vidriera de Guatemala (VIGUA). El proyecto surgió debido a que para VIGUA y los centros de acopio, las etiquetas en las botellas son fuente de contaminación para el proceso de producción de botellas nuevas, razón por la cual se propuso la fabricación de un prototipo de desetiquetadora de botellas de vidrio que elimine este contaminante antes del proceso de trituration.

El tipo de etiqueta que causa problemas en la extracción es la etiqueta de aluminio. Se determinó que el tamaño de botellas es de 350-355 mL de volumen que la desetiquetadora puede procesar. Se seleccionó el material abrasivo para la remoción del contaminante, dicho material es una carda circular de seis pulgadas de diámetro. Se realizarón pruebas con dicha carda para esmeril que cuenta con alambres de acero al alto carbón, la cantidad de botellas que la carda puede desetiquetar es más de 8000.

El diseño puede eliminar las etiquetas en su totalidad incluyendo el pegamento que las mantiene unidas a las botellas. El prototipo se realizó de tal manera que pueda ser replicable en otros centros de acopio para lo cual se seleccionaron materiales de fácil acceso. Además, para que el operador pueda trabajar de manera segura, la máquina cuenta con un sistema eléctrico que permite controlar a su gusto el encendido y apagado del motor, también con un botón de paro de emergencia. Esto para mantener al operador libre de accidentes.

El tiempo promedio para eliminar las etiquetas de botellas de cuello delgado es de 19 segundos y para las botellas de cuello grueso es de 27.4 segundos. Ninguno de los componentes eléctricos sobrepasa el límite de temperatura máxima al utilizar la máquina. El costo de los componentes que son para la manufactura del sistema eléctrico y del sistema desetiquetado la máquina es de aproximadamente Q1000.00

CAPÍTULO 1

Introducción

Actualmente los centros de acopio tienen distintos métodos para extraer las etiquetas de aluminio que son raspado con cuchillo, remojado con jabón y raspado con esponja de metal, quebrado de la boquilla para luego tratarse con soda cáustica, esmerilado y quebrado de la boquilla. Los métodos que consumen más tiempo son los primeros tres métodos. El más tardado de dichos métodos es el de remojado con jabón, esto se debe porque toma dos días aproximadamente mantener las botellas dentro de un contenedor para luego extraerlas. El raspado con cuchillo de igual manera es tardado porque aparte de eliminar la etiqueta, también se debe eliminar el pegamento que queda en el cuello de la botella.

El sistema de extracción de etiquetas se basó en la máquina lavadora de botellas fabricada por la empresa Zhong Heng. Esto porque la máquina de Zhong Heng cuenta con un sistema de cepillos metálicos para extraer el material contaminante. Para la máquina desetiquetadora se usó este concepto como base para el diseño con la diferencia que el material de la desetiquetadora debía ser más abrasivo, pero a la vez duradero.

Un sistema abrasivo consta principalmente de un material con muchos bordes afilados. Dicho material debe ser más duro que el material que se quiere cortar, quitar o desgastar. Por ende, los materiales abrasivos se caracterizan por una alta dureza y una tenacidad a la fractura de moderada a alta. A partir de la dureza otras características del material abrasivo que determinará el efecto que este tenga serán la forma y tamaño de la partícula. En el caso de la desetiquetadora se buscó un material abrasivo que eliminara las etiquetas sin dañar el vidrio por lo que la dureza de este debía estar entre la dureza de ambos materiales.

Uno de los aspectos más importantes en el diseño de la desetiquetadora fue la seguridad del operario por ello entre los diferentes aspectos de seguridad se incluyó un botón de emergencia. Este es un interruptor que tiene como función prevenir desastres al permitir que un trabajador lleve dispositivos o máquinas a una parada de emergencia por su propia voluntad cuando se encuentre algún error en la máquina o percibir peligro. Este interruptor está conectado al circuito principal de la máquina. Se encuentra en serie con los demás interruptores, esto para obstruir el suministro de energía a los demás componentes eléctricos y apague la máquina al instante para que deje de funcionar inmediatamente.

Se puede decir que los tipos de etiquetas más habituales se pueden clasificar de la siguiente manera: según su tipo de aplicación, según su uso, según el material según la colocación en el envase. Debido a que se estará eliminando etiquetas, es importante saber que los tipos de materiales con los que se hacen las etiquetas son: papel, materiales de soporte de papel, sintéticos y adhesivos (Raquel, 2015)

AQUA es la máquina lavadora de botellas. Para entender un poco sobre la extracción de las etiquetas, la máquina tiene un tanque principal de solución cáustica que está equipado con un sistema de remoción de etiquetas (Sidel, 2020).

Figura 1: Lavadora de botellas Aqua



Fuente: Sidel, 2020

Durante el transporte en la máquina, las botellas están alojadas en el interior de alvéolos de acero diseñados específicamente para facilitar la remoción de las etiquetas y permitir una aspersión centrada en el cuello de las botellas. La punta del alvéolo está construida con un plástico que tiene resistencia al contacto prolongado con soluciones cáusticas a temperaturas que pueden llegar a 85°C.

Figura 2: Alvéolos de acero para extracción de etiquetas



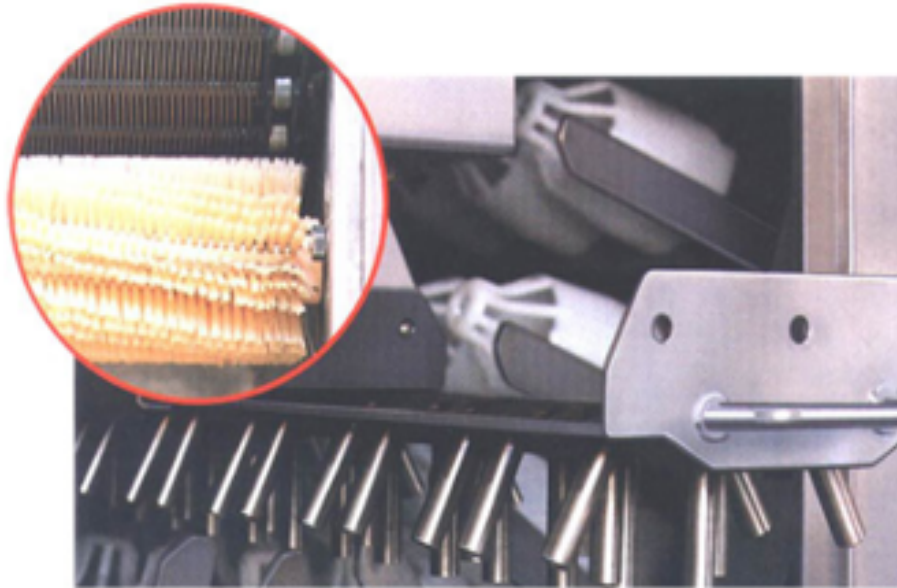
Fuente: Sidel, 2020

La bomba está dotada de una hélice que genera un flujo de solución cáustica en el tanque y este flujo pasa por los aspersores en los portabotellas, despega las etiquetas de las botellas y las transporta hacia fuera. La extracción de las etiquetas se realiza en dos fases: la primera, mientras todavía la botella se encuentra sumergida y la segunda cuando la botella sale del baño al final de la fase de detergente. Además, la solución cáustica con las etiquetas es enviada a un filtro de tamiz donde las etiquetas se despegan y eliminan (Sidel, 2020).

La máquina lavadora, limpia botellas de vidrio recicladas para vino y cerveza, fabricada por la empresa Zhong Heng, también es un eliminador de etiquetas de botellas. Esta máquina tiene como objetivo lavar y quitar etiquetas y se utiliza especialmente para botellas de cristal reciclado y lo hace por medio de cepillos metálicos para la extracción del material. Puede eliminar también etiquetas de papel; las botellas se empapan con agua durante algún tiempo antes de lavarse. La máquina puede trabajar con botellas de diferentes tamaños de cuello (Zhing Heng, 2020).

La Lavadora Nettuno Double End de la empresa R. BARDI extrae etiquetas y se realiza con un baño cáustico. Cada baño está equipado de un sistema de extracción de etiquetas. Bombas de circulación a hélice que genera una corriente que aspira las etiquetas fuera de cangilones y las dirige directamente hacia cintas de extracción. Las mismas detienen las etiquetas fuera de la máquina y las dirigen al exterior de la máquina, evitando su descomposición al interior de los baños cáusticos (R. Bardi, 2020)

Figura 3: Cepillo para extracción



Fuente: R. Bardi, 2020

En el primer paso, empieza su acción después de un tiempo de tratamiento cáustico. Una corriente de solución cáustica generada por el diferente nivel de los dos tanques comunicantes inviste las botellas quitando cerca del 30 % de las etiquetas. En el segundo paso, posicionado al final del tratamiento cáustico, una multitud de rocíos de alta presión, emitidos por grifos, pegan las botellas en todas partes quitando el remanente 70 % de las etiquetas. Las mismas caen sobre una cinta y las dirige al exterior de la máquina (R. Bardi, 2020).

La industria del reciclaje contribuye con el desarrollo del país a través de la generación de empleos y recursos económico, pero lo más importante es que esa actividad disminuye la contaminación ambiental. Miles de toneladas de desechos, en especial de origen domiciliar, son transformados cada año a través de la industria del reciclaje, una actividad que cada año gana auge en Guatemala (C. Pérez, 2017).

"Guatemala es el primer país que se sitúa en primer lugar en cuanto el aprovechamiento de residuos valorizables de vidrio, en la región centroamericana. El país contribuye con el 55 por ciento del total de vidrio en la región que se recupera con fines de reciclaje. Esto posiciona al país en el primer lugar con el mayor aprovechamiento de residuos valorizables de vidrio en la región, según información suministrada por el Grupo Vidriero Centroamericano, VICAL" (Blanco, 2019, párr. 1)

Reciclar vidrio es una forma de muchas en las que se puede ayudar a reducir la contaminación y el desperdicio. Todos los días se desechan toneladas de basura y el vidrio es una parte importante de esto. En lugar de dejar que los vertederos aumentan su volumen con objetos de vidrio que son una amenaza para el medio ambiente (Worldwide Fund For Nature, 2020).

Para mejorar la calidad del vidrio reciclado de este se debe encontrar limpio antes de su trituración. Las etiquetas de aluminio en el cuello de las botellas requieren un proceso de limpieza extra. Actualmente este proceso de eliminación de etiqueta se realiza por medio de cinco métodos que son raspado con cuchillo, remojado con jabón y raspado con esponja de metal, quebrado de la boquilla para posteriormente tratamiento con soda cáustica, esmerilado y quebrado de la boquilla con pérdida de material (Marroquín, 2020). Estos procesos suelen ser tardados por lo que genera una disminución en la producción de vidrio reciclable.

Los primeros tres métodos son los procesos que tienen mayor tiempo de espera, en el método de remojado con jabón, toma dos días aproximadamente mantener las botellas den-

tro del contenedor que almacena las botellas, para luego extraerlas. El método de quebrado de la boquilla para posteriormente se hace un tratamiento con soda cáustica, toma aproximadamente cuatro horas. En el método de raspado con cuchillo suele ser tardado porque aparte de eliminar la etiqueta, también se tiene que eliminar el pegamento que queda en el cuello de botella (Marroquín, 2020)

Al momento de procesar y triturar el vidrio, no es deseable para la empresa perder material porque disminuye las ganancias, un dato de importancia en especial para el quinto proceso de eliminación ya que en este se pierde vidrio. Debido a esto, este trabajo busca diseñar un sistema de desetiquetado más eficiente que los mencionados anteriormente y a un costo asequible para pequeños productores.

La implementación del prototipo de máquina desetiquetadora de botellas tendrá un impacto positivo para VIGUA y microempresas de reciclaje, ya que, a comparación de los métodos anteriormente mencionados, esta es mas rentable, se tendrá menos gastos en materiales y optimizará el tiempo de extracción de etiquetas, lo cual este método facilita el trabajo al operador, aumentando la cantidad de botellas desetiquetadas y sin necesidad de perder vidrio, por lo tanto, aumenta los ingresos para la empresa. Este prototipo será fácil de replicar y tendrá un costo asequible, esto para que pueda implementarse en microempresas de reciclaje y ayudar a la comunidad vidriera de Guatemala

4.1. Objetivo general

1. Sistema eléctrico
 - Diseñar el sistema eléctrico para el funcionamiento de una máquina desetiquetadora de botellas de vidrio de 350 a 355 ml.
2. Sistema de desetiquetado
 - Diseñar y manufacturar el sistema de remoción de las etiquetas de aluminio para una máquina desetiquetadora de botellas de vidrio de 350 a 355ml

4.2. Objetivos específicos

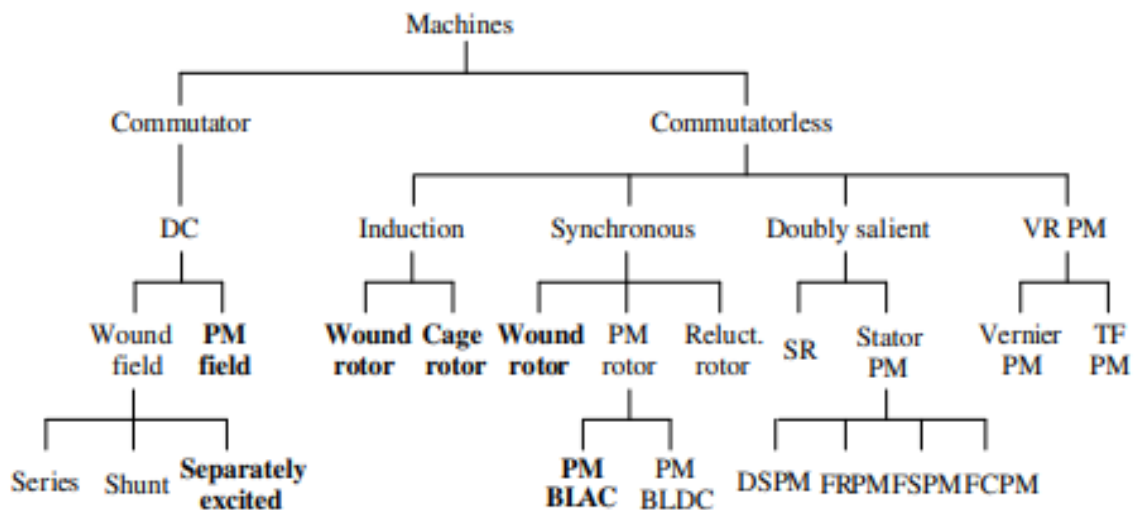
1. Objetivos específicos del sistema eléctrico
 - Determinar el sistema de potencia para el funcionamiento de la desetiquetadora.
 - Implementar un sistema de interrupción de la corriente con llave
 - Implementar un sistema de activación de la desetiquetadora por medio de pedal.
 - Diseñar un sistema de apagado de emergencia para el sistema eléctrico.
 - Seleccionar componentes reciclados para la construcción del sistema eléctrico.
2. Objetivos específicos del sistema de desetiquetado
 - Determinar el sistema mecánico para desetiquetar las botellas de vidrio.
 - Crear un manual de usuario para la correcta operación y mantenimiento de la desetiquetadora.

5.1. Sistema eléctrico

5.1.1. Máquinas eléctricas

Existe una variedad topologías de máquinas eléctricas, que crean varias clasificaciones. Generalmente, se clasificaron en dos grupos: AC y DC. Con la llegada de nuevos tipos de máquinas, esta clasificación se vuelve inaduecauda. La Figura 4 muestra la clasificación propuesta de máquinas eléctricas (Chau y col., 2012).

Figura 4: Clasificación de máquinas eléctricas



Fuente: Chau y col., 2012

5.1.2. Motor eléctrico

La mayoría de empresas industriales modernas emplean el accionamiento eléctrico con preferencia al accionamiento mecánico porque posee las siguientes ventajas: es construcción simple y con un costo bajo de mantenimiento, su control de velocidad es fácil y suave, está ordenado, limpio y libre de humo o gases de combustión, se puede instalar en cualquier lugar conveniente deseado, lo que permite una mayor flexibilidad en el diseño, se puede controlar de forma remota. Al ser compacto, requiere menos espacio. Se puede iniciar inmediatamente sin pérdida de tiempo y tiene una vida comparativamente más larga (Csanyin, 2016).

El sistema de accionamiento eléctrico tiene dos desventajas esenciales: la primera es que se detienen tan pronto como haya una falla en el suministro eléctrico y la segunda es que no se puede utilizar en lugares lejanos que no cuenten con suministro eléctrico.

El motor eléctrico consta de un estator, placa de bornes, rotor, rodamientos, eje, bobinado, carcasa, placa de características y ventilador. El rotor constituye la parte móvil del motor. Es el elemento de transferencia mecánica, ya que de él depende la conversión de energía eléctrica a mecánica. Los rotores son un conjunto de láminas de acero al silicio que forman un paquete, y pueden ser básicamente de tres tipos: Rotor ranurado, rotor de polos salientes y rotor jaula de ardilla (Rosales, 2017).

- Motor de inducción de jaula de ardilla

Este motor es sencillo, pero robusto y posee alta capacidad de sobrecarga. Tiene una velocidad casi constante y un par de arranque deficiente. Este motor utiliza para accionamientos de potencia baja y media donde no se requiere control de velocidad como para bombas de agua, tornos, taladros, amoladoras, pulidoras, cepilladoras de madera, ventiladores, sopladores, y compresores, etc (Csanyin, 2016).

El motor de inducción jaula de ardilla tiene las características de ser de bajo costo, bajo mantenimiento, fácil de adquirir, tiene alto grado de protección, posee pocos componentes, también puede instalarse en ambientes de riesgo por carecer de chispas internas (Rosales, 2017).

5.1.3. Conexión eléctricas

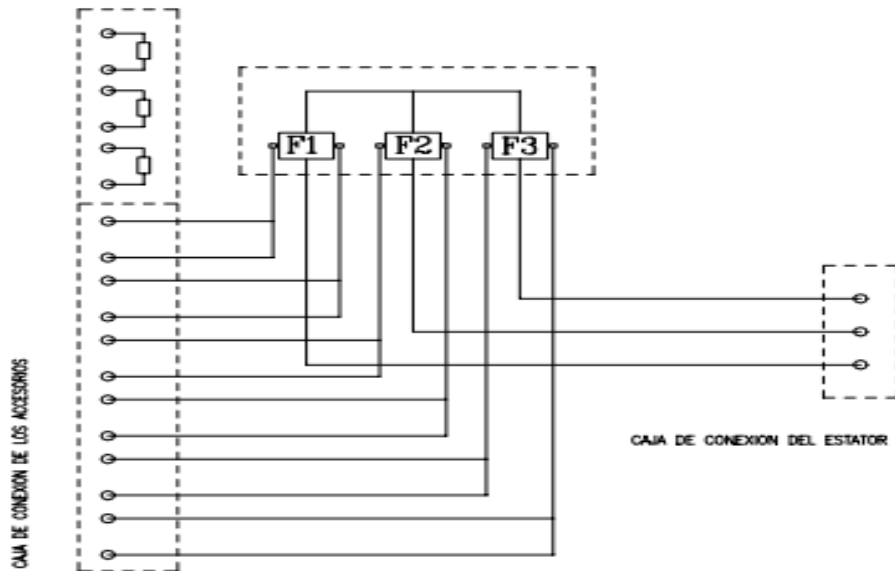
Para el sistema de alimentación los conductores y todo el sistema de protección deben garantizar una calidad de energía eléctrica en los terminales del motor según los siguientes parámetros:

- Tensión: puede variar dentro de $\pm 10\%$ del valor nominal.
- Frecuencia: puede variar dentro de $\pm 5\%$ del valor nominal
- Tensión/Frecuencia: puede existir una variación combinada de $\pm 10\%$

En la conexión del motor eléctrico, para conectar los cables de alimentación, se destornilla las tapas de las cajas de conexión del estator y el rotor (si existe). Cortar los anillos de vedación (motores normales sin prensa-cables) conforme los diámetros de cables que serán utilizados. Se colocan los cables dentro de los anillos. Se corta el cable de alimentación al tamaño necesario, se decapa la extremidad y se colocan los bornes a ser utilizados. Se une el revestimiento metálico de los cables (caso exista) al cable de conexión para tierra común. Se cortan los cables de conexión para la tierra, al tamaño necesario y se conectan al conector existente en la caja de conexiones en la carcasa. Se apreta firmemente todas las conexiones (WEG, 2016).

Una observación es que no se recomienda usar arandelas de acero u otro material que sea mal conductor de corriente eléctrica al momento de fijar los terminales. Se sugiere que sea colocado antes de ser conectados las conexiones, una grasa de protección de contactos. Y colocar todos los anillos de vedación en las respectivas ranuras. Se atornilla la tapa de la caja de conexiones siempre observando si los anillos de vedación están colocadas correctamente.

Figura 5: Esquema de conexión general para motores de jaula



Fuente: WEG, 2016

5.2. Mantenimiento de motores eléctricos

La mayoría de equipos eléctricos requieren periódicamente mantenimiento e inspección, esto para prolongar la vida útil y evitar fallos. Depende de las condiciones de funcionamiento y del motor, serán los ciclos de inspección.

Según Vladimir Harutyunyan, hay tres opciones de mantenimiento de motores: Mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo y mantenimiento reactivo del motor.

El propósito del mantenimiento preventivo del motor es que previene los problemas de

funcionamiento y asegura que el motor proporcione un funcionamiento fiable. Este se basa en un calendario donde las acciones son programadas sin importar el estado real del equipo (Harutyunyan, 2021b).

Las ventajas del mantenimiento preventivo son: es rentable en procesos de capital, la flexibilidad permite ajustar la periodicidad del mantenimiento, tiene un aumento del ciclo de vida de los componentes, ahorro de energía y el equipo para este es reducido.

Las desventajas son: requiere trabajo intensivo de mano de obra; probablemente pueden ocurrir fallos, incluye la realización de mantenimiento innecesario y puede que hayan daños a los componentes en la realización de este mantenimiento.

Lo recomendable para el mantenimiento preventivo es realizar inspecciones visuales en el motor, esto puede incluir la búsqueda de olor a quemado de sobrecalentamiento. También la inspección de los rodamientos para observar si hay vibraciones o ruido. Es importante observar el bobinado del motor y verificar si funciona. Para los rodamientos hay que asegurarse que estén engrasados. Algo útil podría ser examinar el interruptor de arranque, conexiones sueltas y estado de los cables. Para saber antecedentes del motor, es útil y necesario registrar las reparaciones, pruebas, reemplazos o inspecciones realizados en cada componente del motor.

El mantenimiento predictivo del motor tiene como propósito garantizar que el mantenimiento se lleve a cabo en el momento adecuado y de manera correcta. Es necesario que se supervise el funcionamiento del motor con regularidad y detectar problemas antes de que se produzcan. Para ellos se utilizan métodos como el análisis de vibraciones, imágenes térmicas infrarrojas, etc. Este mantenimiento predictivo detecta las fuentes de falla mucho antes del fallo (Harutyunyan, 2021b).

Las ventajas del mantenimiento predictivo son: la disminución del tiempo de inactividad del equipo o del proceso; aumenta la vida operacional del componente, mejora la seguridad de los operadores y del medio ambiente; disminuye los costos de piezas y de la mano de obra y se obtiene un ahorro de energía.

Las desventajas de este mantenimiento son menos que la del mantenimiento anterior. Las desventajas son: el aumento de la inversión en formación del personal y el aumento de la inversión en equipo de diagnóstico.

El mantenimiento reactivo del motor tiene como propósito reparar y reemplazar el motor cuando se produce un fallo, y este no implica ningún servicio regular o pruebas. Este mantenimiento se aplica cuando la máquina o el motor se arruina o algún otro componente del motor (Harutyunyan, 2021b).

Las ventajas del mantenimiento reactivo es el bajo costo, porque se tiene menos equipo de prueba, por el sistema de lubricación, etc. Y se tiene menos personal.

Las desventajas son: aumento del costo debido al tiempo de inactividad no planificado del equipo, también aumenta el costo de la mano de obra, especialmente si se necesitan horas extraordinarias, probablemente hay que sustituir el equipo, tiene posible daño secundario del equipo o del proceso por fallo del equipo y no es seguro para los trabajadores (Harutyunyan, 2021b).

Factores de averías prematuras

Algunos factores que puede disminuir la vida útil de motores eléctricos son:

- **Contaminación:** se acumulan suciedad, polvo y partículas extrañas, y estas son las principales causas de fallo de un motor eléctrico, esto porque deteriora los rodamientos, aumenta el desgaste y las vibraciones (Callejo, 2020).
- **Sobrecalentamiento:** el aumento en la temperatura de un motor eléctrico puede generar fallos de funcionamiento; por lo general, se debe a un ambiente operativo con una temperatura elevada o a la baja calidad del suministro eléctrico.
- **Vibraciones:** estas son causadas normalmente por la colocación defectuosa del motor en una superficie inestable o irregular, o debido a la corrosión, desalineación, etc. Si se existen vibraciones, estas pueden reducir notablemente la vida útil del motor eléctrico.
- **Fallo de aislamiento:** la degradación del aislamiento que existe en los devanados debido al sobrecalentamiento, fallos físicos y a la corrosión pueden provocar fugas y cortocircuitos.
- **Sobrecarga eléctrica:** si el flujo de corriente esta por encima de las especificaciones de seguridad, puede sobrecargar el motor, por el flujo de corriente excesivo, esto podría provocar fallos en el mismo. Un voltaje bajo puede dar como resultado un exceso de corriente en un intento de mantener el par, mientras que un voltaje excesivo también puede sobrecargar el sistema (Callejo, 2020).
- **La frecuencia de arranque-parada:** si se arranca, se detiene y se vuelve a arrancar el motor en exceso, no permitirá que se enfríe correctamente. El resultado es un ambiente de altas temperaturas que provocan el desgaste integro de los componentes (Global Electronic Services, Inc, 2021).

Clase de aislamiento en los bobinados de los motores eléctricos

Los materiales aislantes son clasificados principalmente de acuerdo con su límite térmico. Mientras más alta es la temperatura, más alto será el rango de su degradación térmica, por lo tanto, más baja será su vida útil.

Los materiales aislantes se agrupan en diferentes clases: Y, A, B y C con temperaturas límite de 90°C, 105°C y 130°C para las tres primeras clases y sin límite para la clase C. Las clases Y y A cubren varios materiales orgánicos con y sin impregnación respectivamente. Mientras que las que tienen clase B y C cubren materiales inorgánicos, respectivamente con y sin aglutinante.

Los materiales no impregnados, que absorben humedad de la clase Y no son generalmente usados para el aislamiento de motores eléctricos, debido a que absorben humedad fácilmente y su calidad se degrada rápidamente.

Los bobinados de los motores se pueden construir con diversos aislamientos que son definidos por la temperatura máxima que pueden aguantar sin deteriorarse, por tanto, en la placa de característica del motor viene indicado mediante una letra y su significado es:

Cuadro 1: Tabla de tipos de aislamientos en bobinados de motores eléctricos

Aislamiento	Temperatura máxima admisible
Clase Y	90°C
Clase A	105°C
Clase E	120°C
Clase B	130°C
Clase F	155°C
Clase H	180°C
Clase C	más de 180°C

Fuente: ELAN ELECTRIC S.A, 2019.

5.2.1. Previsiones antes de instalar un motor eléctrico

Debido a que el motor es un componente que implica cuidados y riesgos de carácter eléctrico y, por ende, si se ejecuta alguna acción de forma inadecuada puede poner en riesgo la integridad física de los usuarios (Ramirez, 2020).

Antes de instalar un motor eléctrico se debe verificar que el motor no tenga golpes significativos o este dañado; verificar que los datos en las placas empaten con las especificaciones donde irá instalado el motor; verificar que el voltaje en la placa empate con el voltaje de la red de alimentación a ser conectado y examinar el ambiente y el lugar de instalación, solicitado el grado de protección (Ramirez, 2020).

Para la parte de instalación eléctrica del motor se debe realizar la conexión del motor a la red de alimentación como lo indica el esquema de la placa del motor o el interior de la caja de conexiones. En la siguiente imagen se muestra un ejemplo del esquema de un motor.

Figura 6: Esquema de un motor



Fuente: Ramirez, 2020

Antes de realizar la conexión se debe de verificar el correcto apriete de los conductores a la caja de conexiones del motor, todas las entradas de cable no se usarán, deben ser selladas para obtener nuevamente el grado de protección IP. Se debe verificar que los cables de alimentación y puesta a tierra estén en perfectas condiciones, hay que elegir cables y conductores adecuados por su aislamiento y capacidad. Se debe asegurar de fijar nuevamente la tapa de la caja de conexiones y la junta al terminar el cableado (Ramirez, 2020).

Para la conexión de un motor eléctrico monofásico de corriente alterna, se debe utilizar un destornillador para quitar los tornillos que sujetan el conector del terminal en el motor monofásico de CA. Se retira el panel y comenta que hay tres conectores: voltaje, neutro y tierra. Se aflojan los tres tornillos terminales con un destornillador, pero no se quitan los tornillos por completo (Stevens, 2020).

Luego se pela una pulgada de plástico exterior del extremo de una tira de tres núcleos de cable AWG calibre 12 para revelar tres cables internos de colores. Los cables son de color verde o verde con rayas amarillas para tierra, blancos o grises para neutro y negros, pero a veces naranja o rojo para voltaje. Se retira 1/4 de pulgada de plástico de color de los extremos de los tres cables.

Se desliza el cable verde debajo del conector del terminal etiquetado como "Gnd" o una "T" y luego se aprieta el tornillo. Se desliza el cable blanco debajo del conector del terminal con la etiqueta "N" y luego se aprieta con el tornillo. Se desliza el cable negro debajo del conector del terminal con la etiqueta "L" o "+" y luego se aprieta el tornillo (Stevens, 2020).

Se reemplaza el panel de conectores de terminales. Se insertan los tornillos en los orificios de los tornillos y se aprietan.

Por último se coloca un enchufe en el extremo opuesto del cable, si aún no está conectado. Se pela el cable como se describió anteriormente con un pelacables. Se quita la tapa del enchufe con un destornillador y luego se aflojan los tornillos de los tres polos terminales del enchufe. Se conecta el cable verde al terminal superior, el blanco al terminal inferior izquierdo y el negro al terminal inferior derecho. Se aprietan los tornillos del terminal y se vuelve a colocar la tapa del enchufe. Se aprieta el tornillo para que la tapa del enchufe se mantenga en su lugar (Stevens, 2020).

5.2.2. Selección de contactores

Probablemente el contactor es uno de los componentes más usados en aplicaciones industriales, control de motores, y seleccionar uno correctamente requiere que se proporcione información detallada sobre la aplicación.

Para escoger el contactor, se tiene que tomar en cuenta tres elementos claves: contactos principales (llamados también polos principales), contactos auxiliares y bobina (parte de electroimán que se utiliza para energizar el contactor) (Schneider Electric, 2020).

Para el criterio de selección de polos principales se tiene que tomar en cuenta la clasificación actual en amperios, el voltaje nominal en corriente directa o en corriente alterna, y tomar en cuenta que se tiene que tener una descripción completa de la naturaleza de la

carga eléctrica, corriente de producción, corriente de corte y corriente continua a través de los contactos.

Para los criterios de selección de contactos auxiliares, hay que tomar en cuenta la cantidad requerida en formato normalmente abierto o normalmente cerrado y también que sino se utiliza en una aplicación de baja potencia, se debe tener los detalles según los polos principales (Schneider Electric, 2020).

Para el último criterio, que es la selección de bobinas se tiene que tomar en cuenta el voltaje de la bobina, si es voltaje CA o CC. Si es una bobina CC, se requiere una bajo consumo.

No está de más tener información extra, como requisitos específicos de diseño, el número de operaciones por hora, operación de enclavamiento, consideraciones medioambientales como temperatura ambiente, etc, y si se necesitan piezas auxiliares como enclavamientos mecánicos, barras colectoras, relés de sobrecarga térmica o disyuntores de protección del motor (Schneider Electric, 2020).

5.3. Montaje mecánico del motor

El montaje y la puesta en marcha de un motor eléctrico trifásico (MET), requiere de la aplicación y conocimientos, esto es para el correcto funcionamiento y la vida útil tanto de este como del equipo acoplado (Farina, 2018).

La ubicación física del equipo motor eléctrico es determinada por la función del primero y del ambiente en que se hace el montaje del sistema que lo tiene incorporado. Las condiciones ambientales son fundamental importancia, ya que determinan el grado de protección mecánica y la clase térmica del bobinado (Farina, 2018).

La realización del montaje mecánico es la primera etapa de la puesta en funcionamiento de un equipo acoplado a un MET. Se pueden presentar que el MET y el equipo impulsado formen una sola unidad; la otra es que venga montados sobre un bastidor y el último es que se provean en formas separadas.

En el primer caso, una vez posicionado el conjunto, se procede a su nivelado y fijado, luego de lo cual se debe proceder al conexionado a su tablero eléctrico.

Para el segundo caso, se procede en forma parecida con el bastidor sobre el cual están montados en el MET y el equipo impulsado, esto significa que se procede a fijar el primero, luego se nivela y finalmente se conecta a su tablero.

En la tercera de las opciones, cuando los componentes se provean en forma separada, se deben montar sobre una base común, continuado con el acoplamiento al equipo a impulsar, finalizando con la conexión eléctrica al tablero.

Los motores eléctricos deben estar convenientemente fijados a sus bases y con una forma especial de conexión eléctrica en virtud de que inevitablemente el conjunto motor-equipos produce vibraciones, las cuales se transmiten a sus bases y a la conexión eléctrica, a los fines de evitar deterioros paulatinos, lo cual desembocará en la interrupción del servicio prestado

por el equipo impulsado.

Para el acoplamiento mecánico los motores eléctricos siempre trabajan acoplados a los equipos que impulsan, aunque los estudios teórico sobre su principio y características de funcionamiento se hagan con estos tomados sin carga.

Los equipos impulsados se pueden acoplar de diversas formas, mediante el mismo eje del motor, acoples rígidos, acoples flexibles, utilizando poleas y correas; empleando engranajes y utilizando equipos más complejos.

Una pieza fundamental en todos los tipos de acoplamientos mencionados es la chaveta, la cual se aloja en el extremo del eje del motor eléctrico.

El tipo de acoplamiento que se empleará el fabricante del equipo impulsado, y es quien facilita las instrucciones para el correcto montaje y mantenimiento. En el caso de que el MET no forme parte del equipo impulsado, se requiere la ejecución de técnicas especialmente desarrollada para eso.

Acoplamiento directo

El eje del motor es común con el del equipo impulsado; y forma parte del conjunto.

Acoplamiento flexible

Existe una amplia gama de estos dispositivos, diseñados y fabricados en función de la potencia mecánica que se transmitirá. Consta de dos placas de acero, para fijar el MET por un lado y al equipo que será impulsado por el otro, entre las cuales se coloca una pieza fabricada con un material elástico resistente de color negro que absorba mínimamente las desalineaciones y vibraciones. Este conjunto se fija mediante pernos y tornillos (Farina, 2018).

Acoplamiento con engranajes

Se emplea internamente en ciertos tipos de equipos o bien en las denominadas cajas reductoras de ciertas máquinas.

Alineación de los acoplamientos

En los acoplamientos flexibles y rígidos es necesario mantener la linealidad entre los centros de los ejes, a los fines de obtener un correcto funcionamiento. Si no se logra, se producirán vibraciones y desgaste prematuro de los elementos involucrados en la rotación.

Polea y correa

Polea y correa es el sistema más usado cuando se trata de las potencias mecánicas medias y mayores. Se requiere de dos poleas, una en cada eje. En general, estas tienen distintos diámetros y se vinculan mediante una correa del tipo en "V.º trapezoidal. También, en ciertas aplicaciones se utilizan correas dentadas, que emplean poleas adecuadas.

Los diámetros de las poleas están determinados por la potencia que se transmitirá y la velocidad de rotación del MET y el equipo impulsado.

Las poleas se insertan en los ejes mediante un agujero practicado en el cubo (agujero cónico y cilíndrico que sirve para acoplar el eje) de la polea, se fijan mediante un tornillo, y se utiliza una chaveta, que es el elemento metálico de forma prismática que se monta entre el eje y la polea. Algo importante de este sistema es el tensado de la correa, el cual se puede ajustar mediante el desplazamiento del MET sobre el bastidor o base sobre el cual se monta.

Alineación

En los sistemas de acoplamiento que utilizan poleas y correas también es necesario mantener la linealidad entre los centros de los ejes, a los fines de obtener un correcto funcionamiento. Sino se logra, se producirán vibraciones y desgaste prematuro de los elementos involucrados en la rotación.

Vibración

Los MET en general y los equipos acoplados a ellos, irremediablemente, producen vibraciones no solo en el momento de arrancar sino también durante el funcionamiento normal, por lo cual se hace necesario utilizar los denominados "soportes antivibratorios", los cuales pueden presentar formas como placas que se colocan debajo del motor y el equipo acoplado.

Canalización eléctrica

Los MET, al igual que otros aparatos, requieren de una alimentación con un determinado valor de tensión, la cual se llama "tensión asignada", o bien "tensión nominal", y de una frecuencia, también asignada o nominal; ellos les permitirá entregar una determinada potencia mecánica en su eje manteniendo el régimen térmico establecido en el diseño. La tensión de alimentación es de suma importancia para los MET, ya que esta influye sobre su funcionamiento y, sobre todo, en el par de arranque. Los MET se conectan a un tablero eléctrico mediante una canalización eléctrica, la cual es un conjunto formado por elementos capaces de conducir la corriente eléctrica, tales como conductores, cables, barras, y los elementos para soportarlos y protegerlos mecánicamente. A estos últimos elementos se los denomina "canalización".

Los MET de pequeñas potencias, sin otro requerimiento de control que la conexión y desconexión, se montan al pie del equipo, en su cercanía a un pequeño gabinete, con cerramiento acorde a las condiciones ambientales en cuyo interior hay un guardamotor termomagnético.

Al tablero eléctrico ingresarán los cables provenientes de la instalación eléctrica que lo alimenta, y los que traen las señales de sensores externos (detectores de nivel o posición), así como también pueden salir cables a las cajas de pulsadores para dar y detener la marcha, si bien estos últimos pueden estar en la puerta del gabinete.

En cuanto a la disposición de elementos de protección y control, estas consideraciones son generales, ya que pueden utilizarse fusibles, interruptores automáticos termomagnéticos, seccionadores, etc. que, adecuadamente combinados, realizarán estas funciones.

Disposiciones típicas de las canalizaciones eléctricas

Las canalizaciones eléctricas pueden estar hechas con caños rígidos de acero o material plástico o bien con bandejas portacables de diversos tipos y materiales. Se destaca que la acometida a la caja de bornes del MET debe hacerse con caño de acero flexible, a fin de

absorber vibraciones y diferencias de distancias.

Conexionado

Antes de conectar el MET al tablero eléctrico, se puede hacer una verificación de continuidad y una medición de la resistencia eléctrica de aislamiento de los bobinados (Farina, 2018).

- Verificación de continuidad. Se debe verificar la continuidad de las distintas bobinas que forman el bobinado del estator, y entre estas y tierra. Para realizar esta tarea se requiere un multímetro o tester.
- Medición de la resistencia de aislamiento. Se trata de una acción prudente de realizar antes de energizar el motor, para lo cual se hace necesario el empleo de un instrumento portátil que, a diferencia del mencionado anteriormente, mide valores elevados de resistencias en ohmios, mega o teraohmios, y lo hace a tensiones que pueden ser de 250, quinientos o mil volts. Se mide desde la caja de conexión entre cada extremo de bobina y entre estas y tierra. Luego de realizar estas mediciones es prudente “descargar” los bobinados a los fines evitar un shock eléctrico.

Cable

La determinación de la sección del cable se basa en el tipo de canalización que se emplear (BPC, caño tipo plástico o de acero), si está tendida a la vista o enterrada. También es imprescindible conocer la corriente de cortocircuito disponible en los bornes de salida del elemento de protección general del tablero eléctrico, y la distancia que medía entre este último y el MET, y el tipo de ambiente en donde se tenderá la canalización eléctrica.

Sentido de giro

En los MET, el sentido de giro depende de la secuencia de fases, en consecuencia, se debe conocer que exige el equipo acoplado. No todos los equipos pueden girar en sentido contrario al indicado por el fabricante.

Ajuste de las protecciones

Una vez conectado y verificado el correcto funcionamiento, se debe proceder a medir la corriente eléctrica consumida por el MET a plena carga, a los fines de poder regular el relé de protección por sobrecarga empleado.

Puesta a tierra

Se debe tener presente que la carcasa del MET, independientemente del tipo constructivo, debe estar rígidamente conectada al sistema de puesta a tierra, asegurando un contacto efectivo del metal con el terminal del conductor o cable, para lo cual, de ser necesario, se debe quitar la pintura, en caso de no traer un tornillo para tal efecto. Este es el equipo eléctrico que más necesita esta conexión (Farina, 2018).

Equipo de protección personal

Se deben utilizar los elementos de protección personal (EPP) tales como calzado para

electricista, casco dieléctrico, anteojos de seguridad, máscara y guantes dieléctricos (Farina, 2018).

5.3.1. Interruptores eléctricos

Los interruptores eléctricos son dispositivos electromecánicos que se utilizan en circuitos eléctricos para controlar la energía, detectar cuando los sistemas están fuera de sus rangos de operación, señalar a los controladores del paradero de los miembros de la máquina y piezas de trabajo, proporciona un medio para el control manual de las funciones de la máquina y el proceso. Los interruptores eléctricos vienen en una variedad de estilos y se accionan con la mano, el pie o mediante la detección de presión, nivel u objetos (Wald & Benbrahim, 2020).

Interruptores de pie

Según SSC Controls Company para elegir el interruptor de pie adecuado se debe tomar en cuenta el tamaño y forma: grande o pequeño. Se debe tomar en cuenta la acción del pedal del interruptor de pie: momentáneo o mantenido. También se toma en cuenta la clasificación eléctrica adecuada: corriente, voltaje, caballos fuerza. El cableado, precableado o de fabricación propia. Se debe considerar si se necesita un pedal simple o múltiple y también la apariencia y color.

La forma (factor de forma) y la función requeridas por la aplicación del pedal del interruptor de pie ayudan a determinar qué modelo se necesita (además de los requisitos eléctricos).

El interruptor de pie para trabajos livianos (Serie S) ofrece buen equilibrio de tamaño y función; la caja de acero ofrece dureza y viene con cable. (SSC Controls Company, 2020)

Estos pedales (S100) facilitan el encendido y apagado de equipos eléctricos con el pie, liberando las manos para realizar otras operaciones o proporcionando una mejora ergonómica a la estación de trabajo. Disponible en versiones momentánea (SSC Controls Company, 2020).

Figura 7: Interruptor de pie tipo S (enchufe a la izquierda y cables a la derecha)



Fuente: SSC Controls Company, 2020

Hay dos tipos principales de acción del pedal: momentánea y mantenida. La acción momentánea: se presiona y se mantiene presionado para encender, se suelta para apagar (como

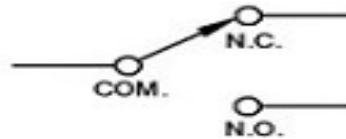
la bocina de un carro). El usuario debe continuar presionando el pedal para mantenerlo encendido. Tan pronto como el usuario levante el pie, la unidad se apagará. Este es el tipo más común de acción del pedal del interruptor de pie.

La acción mantenida: se presiona el pedal una vez para encender, presiona nuevamente para apagar (como un interruptor de luz). El interruptor de pie permanecerá encendido y el usuario puede quitar su pie del pedal hasta que el usuario presione el pedal nuevamente para apagarlo.

La elección de la corriente y el voltaje adecuados para la aplicación de un interruptor de pie dependerá del circuito eléctrico del equipo al que esté conectado el interruptor de pie. La cantidad de corriente fluirá a través del circuito determinará el amperaje requerido para el interruptor de pie. Las clasificaciones de voltaje y potencia también deben seleccionarse de manera apropiada para la aplicación. Por lo general, los interruptores de pie contienen SPDT (unipolar de doble tiro) que están cableados normalmente abiertos. Es decir, el interruptor está abierto o apagado cuando no está en uso y no se activa hasta que se presiona (SSC Controls Company, 2020).

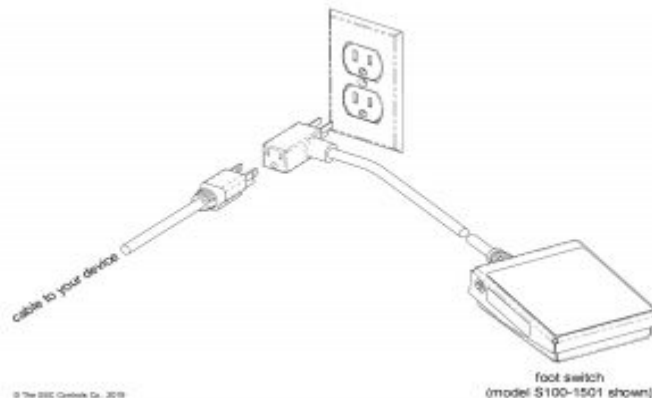
Se muestran los diagramas de cableado e imágenes de circuitos del interruptor de pie S100 que tiene enchufe. Para modelos con conector piggyback: tiene conector piggyback (serie) en el extremo del cable. Viene precableado normalmente abierto (en posición de apagado hasta que se presione). El circuito del interruptor se muestra en la Figura 8. En la Figura 9 se muestra el interruptor de pie con enchufe superpuesto.

Figura 8: SPDT cableado normalmente abierto



Fuente: SSC Controls Company, 2020

Figura 9: Interruptor de pie con enchufe superpuesto - Diagrama de conexión de cableado

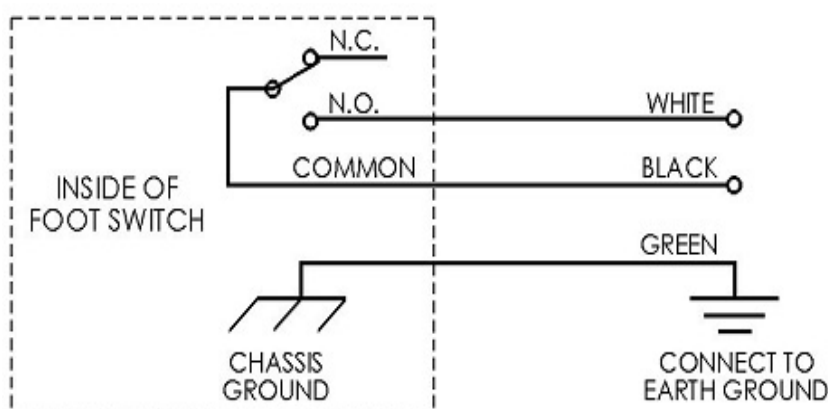


Fuente: SSC Controls Company, 2020

Para el interruptor de pie con enchufe simplemente se conecta a cualquier enchufe de pared, eso si, de tres clavijas y luego se conecta el dispositivo en el extremo posterior del enchufe del interruptor de pie. Cuando se presione el interruptor de pie, el dispositivo enciende. Dentro el enchufe tipo piggyback, el cable vivo se interrumpe y pasa a través del cable hasta el interruptor. La clavija neutral y la clavija de tierra pasan cada una directamente a través del enchufe (SSC Controls Company, 2020).

Para el cableado que no tiene enchufe, se mostrará el modelo con conductores: tiene conductores en el extremo del cable. Viene precableado normalmente abierto (en posición de apago hasta que se presione). El circuito del interruptor es el mismo que el de la Figura 8. En la Figura 10 se muestra el diagrama de cableado del interruptor de pie.

Figura 10: Diagrama de cableado del interruptor de pie (para modelos con cables)



Fuente: SSC Controls Company, 2020

Se debe desconectar la energía de entrada antes de instalar o reparar cualquier interruptor. Se debe conectar los cables directamente a la aplicación con estos modelos. Por lo general, el interruptor está conectado a un lado del circuito eléctrico (normalmente el lado vivo, si corresponde). Se muestra en la posición de apagado: el interruptor está apagado hasta que presione el pedal. Usualmente, los colores blanco y negro de los cables del interruptor de pedal no tienen relación con el cableado doméstico (SSC Controls Company, 2020).

Además de las clasificaciones eléctricas y el tamaño o la forma del interruptor, la clasificación de la carcasa es uno de los factores más importantes que se debe considerar al momento de elegir un interruptor de pie para una aplicación en particular. Los interruptores de pie generalmente requieren una de las siguientes clasificaciones de envoltorio (para ubicaciones no peligrosas), según lo definido por UL, CSA y NEMA (SSC Controls Company, 2020).

La clasificación de envoltorio tipo 1: solo para uso en interiores. Protege contra contacto accidental con partes activas. Todos los interruptores de pie de control SSC tienen al menos esta clasificación (SSC Controls Company, 2020).

Clasificación de gabinete tipo 2, 4 y 13: este es adecuado para uso tanto en interiores como en exteriores cuando se conecta correctamente. Ofrece protección contra el agua (llu-

via, salpicaduras de agua, agua dirigida por manguera, hielo y nieve), polvo y aceite (SSC Controls Company, 2020).

Interruptores de botón

Según Schneider Electric para el arranque directo del motor monofásico. La asociación de un contactor y un relé de protección térmica protege el motor contra sobrecargas. La presencia de un interruptor permite el corte en carga, este se puede observar en el esquema A. De acuerdo con las normas de instalación vigentes, todas las salidas deben ir protegidas contra cortocircuitos mediante cortocircuitos de fusible, o un disyuntor, situado antes de dichas salidas.

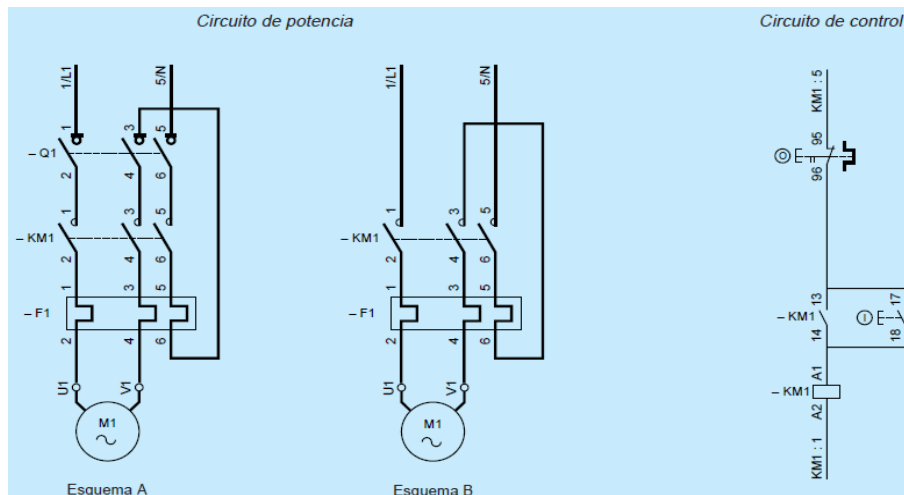
Controles. La activación es manual, mediante un pulsador. El disparo es manual, mediante un pulsador; automático, cuando actúa el relé de protección térmica o en caso de falta de tensión. Rearme es manual, tras un disparo por sobrecarga.

Protecciones garantizadas. Por un relé tripolar de protección térmica. Enclavamiento de la apertura del cofre si el interruptor no está abierto (esquema A).

"Funcionamiento del circuito de potencia. cierre manual del interruptor Q1 (esquema A). Cierre de KM1. Q1 es el calibre I_n motor (esquema A). KM1: calibre I_n motor en función de la categoría de uso. F1: calibre I_n motor"(Schneider Electric, 1999, párr. 5)

"Funcionamiento del circuito de control.Impulso en I. Cierre de KM1. Automantenimiento de KM1. Parada mediante impulso en O, o por disparo del relé de protección térmica F1". (Schneider Electric, 1999, párr.6)

Figura 11: Esquema básico de arranque de motor de jaula



Fuente: Schneider Electric, 1999

Interruptores llave

Los interruptores de llave son una forma muy común de interruptor. El encendido de un automóvil es un ejemplo de un interruptor apagado-encendido-momentario. Cuando se

inserta la llave en el encendido de un automóvil, el interruptor está en la posición ON, pero no hará nada en la posición ON hasta que se encienda el vehículo. La posición MOMENTARIO es lo que enciende el vehículo, momento en el que la llave se devuelve a la posición ON. Para apagar el vehículo, es necesario girar la llave a la posición de APAGADO (Sagsveen, 2017).

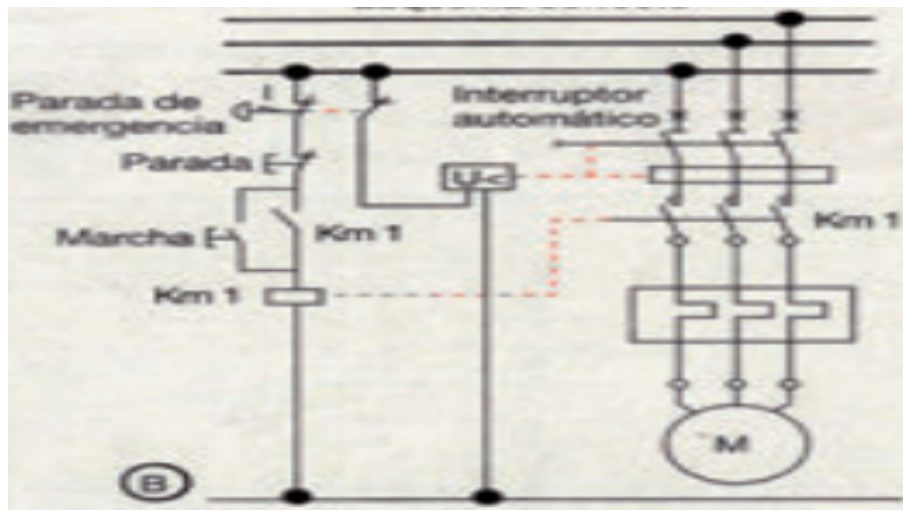
5.3.2. Botón de apagado de emergencia

El botón está conectado al circuito principal y normal de la máquina. Una vez que se presiona, se rompe y abre el circuito, que, a su vez, corta el suministro eléctrico y apaga la máquina. El suministro de energía eléctrica se interrumpe y hace que la máquina deje de funcionar inmediatamente (Gonzalez, 2020).

El papel de los interruptores de operación utilizados para varios dispositivos y máquinas es proporcionar interfaces hombre-máquina precisas. El interruptor de botón de parada de emergencia (interruptor de parada de emergencia), que es uno de los interruptores de operación, es un interruptor importante destinado a prevenir desastres al permitir que un trabajador lleve dispositivos o máquinas a una parada de emergencia por su propia voluntad cuando encuentre alguna error en la máquina o sentir peligro (Niroyoshi y col., 2014).

El dispositivo de parada de emergencia puede, en algunos casos, no interrumpir ciertos circuitos de la máquina que podrían generar, al ser interrumpidos, un peligro para el operario o la máquina. En la siguiente figura se muestra un esquema correcto de la conexión del botón de parada de emergencia (Saéz, 2016).

Figura 12: Esquema del botón de parada de emergencia



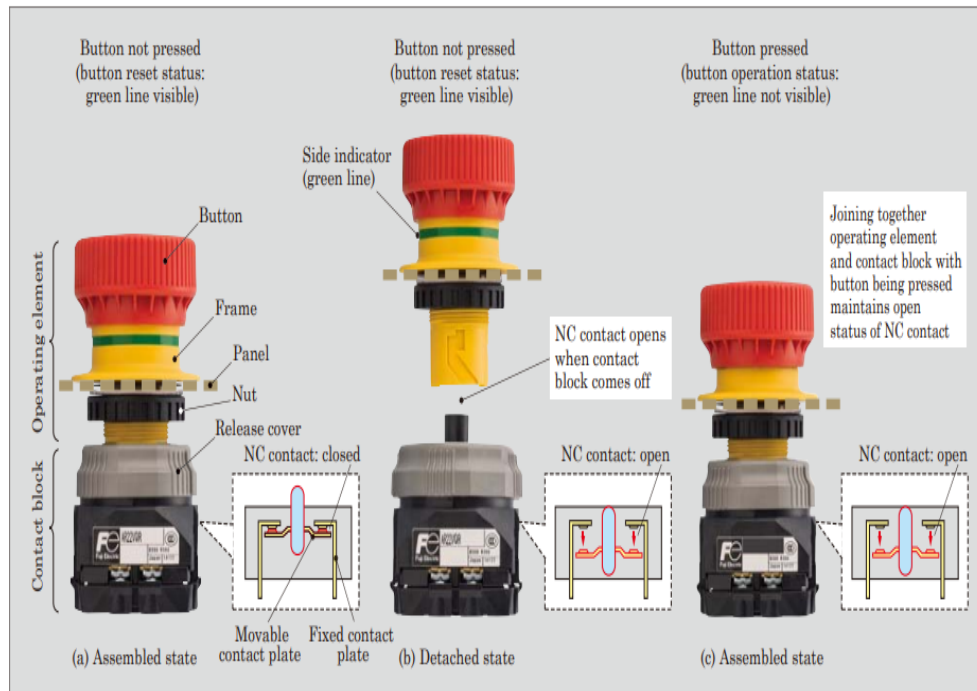
Fuente: Saéz, 2016

Con este esquema se evita que el shunt del botón de parada de emergencia que el contactor KM 1 se pegue o se sulte sus contactos. Cuando el operador realice una parada de emergencia, esta orden puede no ser tenida en cuenta. El interruptor automático abrirá al actuar el relé de mínima tensión.

Ciertos movimientos, no solo serán interrumpidos sino que se pondrán en marcha al ser accionado el dispositivo de parada de emergencia sin que ello, claro está, represente un peligro para el operario (Saéz, 2016).

En la siguiente figura se muestra la apariencia del interruptor con el elemento de operación y el bloque de contactos desconectados cuando el botón no está presionado y el estado del contacto normalmente cerrado (NC) cambia. Los interruptores de parada de emergencia convencionales tienen una estructura en la que el contacto NC se cierra cuando el elemento operativo y el bloque de contactos están separados (Niroyoshi y col., 2014).

Figura 13: Funciones de seguridad ofrecidas con contacto seguro sincronizado"



Fuente: Niroyoshi y col., 2014

Para abordar este problema, se puede dotar a la nueva serie de una estructura en la que el contacto NC siempre está abierto cuando el elemento operativo y el bloque de contactos están separados.

La rotación de la fuerza del resorte de la tapa de liberación del bloque de contactos y la parte interna acoplada con él trabajan juntos para hacer que el contacto NC se active al mismo tiempo que el desprendimiento del bloque de contactos. Esto obliga al contacto NC a operar incluso cuando el bloque de contactos se desprende, por lo que el dispositivo / máquina no arranca.

La Figura 13 (c) muestra el aspecto con el elemento de mando y el bloque de contactos unidos cuando se pulsa el botón y el cambio de estado del contacto NC. Cuando el elemento de operación y el bloque de contactos están separados, la unión del elemento de operación y el bloque de contactos con el botón que se está presionando (estado de botón activado)

no provoca que el botón se reinicie y el contacto NC del bloque de contactos permanece abierto, lo que garantiza la seguridad de el trabajador.

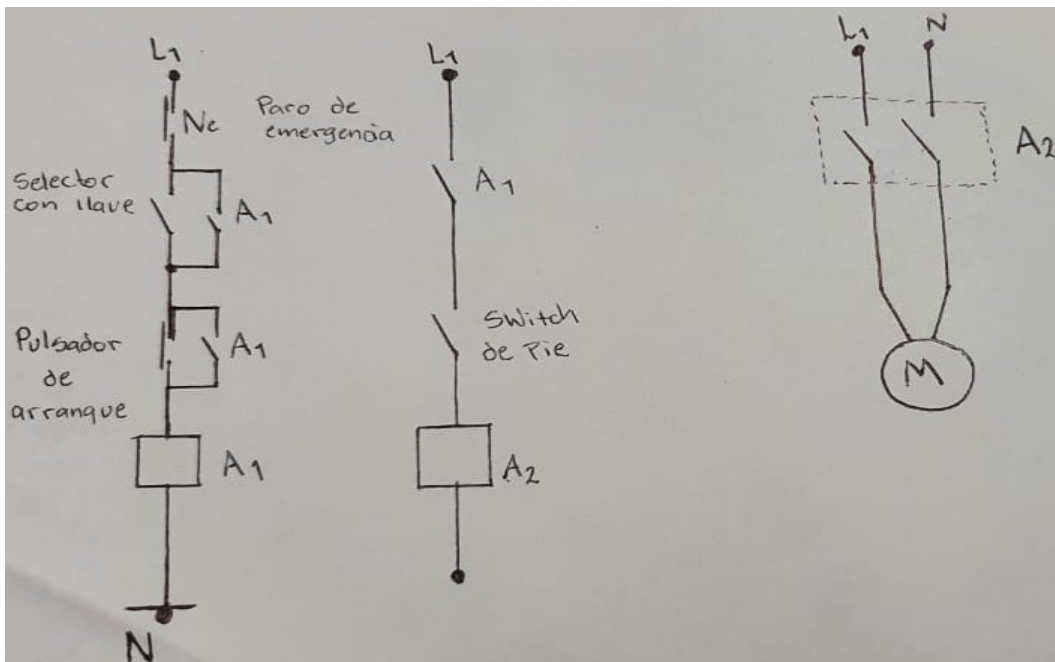
Para reiniciar el dispositivo / máquina, es necesario realizar una operación para restaurar el estado en el que el botón no está presionado (estado de reinicio del botón). Fuji electric denomina a esta estructura "Synchro Safe Contact." contacto seguro sincronizado la ha registrado como marca comercial (Niroyoshi y col., 2014).

El proposito principal de una parada de emergencia (E-stop) es evitar o reducir los peligrosas o situaciones peligrosas que podrían dañar la maquinaria/equipo o el trabajo en proceso, y/o crear un mayor riesgo de daño a las personas. El paro de emergencia puede emplear varios tipos de dispositivos de actuación, como pulsadores, tiradores de cuerda/cable, empujadores/palancas, etc., pero todos se activan manualmente mediante una sola acción humana (Carlson, 2013).

Los dispositivos de parada de emergencia no se consideran un verdadero dispositivo de "protección", ya que requieren una acción manual para funcionar, se utilizan como equipo complementario para aumentar las prácticas de protección necesarias y lograr un riesgo aceptable. Cuando lo requiera la evaluación de riesgos, como mínimo, un dispositivo de parada de emergencia debe estar en funcionamiento continuo, claramente identificado, claramente visible y fácilmente accesible (Carlson, 2013).

Una máquina de este tipo requiere de los cuatro tipo de interruptores anteriores que se mencionaron anteriormente. En la siguiente figura se muestra el diagrama de conexión de los interruptores con el motor eléctrico monofásico.

Figura 14: Diagrama de interruptores y motor eléctrico monofásico



Fuente: Ket Plus, 2020

5.4. Sistema de desetiquetado

5.4.1. Materiales abrasivos

Un grano abrasivo es una sustancia dura que contiene muchos bordes afilados. Se utiliza como herramienta de corte para penetrar y cortar material que es más blando que él mismo. Los materiales abrasivos utilizados se caracterizan generalmente por una alta dureza y una tenacidad a la fractura de moderada a alta (Salonitis y col., 2019).

Los abrasivos se utilizan en forma de muelas abrasivas, papeles de lija, piedras de afilar, pulimentos, muelas de corte, medios de acabado en masa volteadores y vibratorios, pulido con chorro de arena, pulpas, molinos de bolas y otras herramientas y productos. Solo mediante el uso de abrasivos de la industria puede producir los componentes de alta precisión y las superficies ultra lisas que se requieren en la fabricación de automóviles, aviones y vehículos espaciales, aparatos mecánicos y eléctricos y máquinas herramientas (Bodin & Mason, 2020).

Los materiales utilizados para fabricar abrasivos se pueden clasificar en términos generales como naturales o sintéticos. Los abrasivos naturales incluyen diamante, corindón y esmeril; se encuentran en depósitos naturales y pueden extraerse y procesarse para su uso con poca alteración.

Una de las propiedades más importantes necesarias en un material abrasivo es la dureza. El material abrasivo debe ser más duro que el material que debe moler, pulir o quitar. La dureza de los diversos materiales abrasivos se puede medir en varias escalas, incluidas la Prueba de dureza de Mohs, prueba de dureza Knoop y prueba de dureza Vickers.

La prueba de Vickers fue diseñada principalmente para metales. Sin embargo, según la prueba de Knoop, la dureza de materiales extremadamente frágiles, incluido el vidrio e incluso los diamantes, se puede medir sin dañar el penetrador ni la pieza de prueba.

Las características de dureza o resistencia también son importantes debido a la función abrasiva. Lo ideal es que una sola partícula abrasiva se reafile a sí misma por la ruptura de su borde de corte o de trabajo desfilado, lo que expone otro borde de corte de centro de la misma partícula. En los abrasivos que son sintéticos es posible lograr cierto grado de control sobre esta propiedad variando la forma del grano durante la operación de trituración o encolado, haciendo cambios en la pureza del abrasivo, aleando abrasivos y controlando la estructura cristalina dentro de los granos abrasivos. (Bodin & Mason, 2020).

El Cuadro 2 muestra los materiales abrasivos naturales sintéticos destacados. Se proporcionan enlaces de la tabla para obtener más información sobre los materiales y las escalas de dureza (Bodin & Mason, 2020).

La selección de un abrasivo está determinada por el tipo de función a realizar en el material a procesar. El efecto de un material abrasivo depende de tres características clave: la forma de partícula, la dureza y el tamaño de la partícula (Kohli, 2016).

Las partículas angulares cortan y hacen desprender el material de la superficie al momento de impactar. Las partículas esféricas no tienen bordes que puedan realizar cortes y se usan para machacar o pulir una superficie. La forma del grano es importante porque los

Cuadro 2: Tabla de dureza de materiales abrasivos

Material abrasivo	Mohs	Vickers	Knoop
Diamante industrial	10	10,000	8.000
Corundo	9	2.200	1.600-2.100
Esmeril	7-9	1.600	800-1,800
Granate	7-8	1.100-1.300	1.300-1.350
Pedernal	7	900-1,100	700-800
Cuarzo	7	1.100	700-800
Piedra Pómez	5-6	-	430-560
Diamante sintético	10	10,000	8.000-10.000
Nitruro de boro (cúbico)	10	7.300-10.000	4.700-10.000
Carburo de boro	9-10	3.300-4.300	2.200-5.100
Carburo de Silicio	9	2.800-3.300	2.000-3.700
Alumina	9	2.200	2.000-2.600

Fuente: Bodin y Mason, 2020.

granos redondeados y angulares se comportan de manera diferente cuando impactan un sustrato como el acero. Las partículas angulares y afiladas producen la mayor corte y un perfil más profundo. Las partículas redondas o semirredondas se cortarán mucho más lentamente y producirán un perfil menos profundo (Kohli, 2016).

La dureza de un abrasivo se mide utilizando la escala de Mohs. Las partículas más duras serán más agresivas para eliminar el material de la superficie.

Tamaño de partícula. Una partícula más grande elimina el material más rápido y tiende a producir una textura más pesada o una superficie más rugosa en el material base (Kohli, 2016).

Para saber cuál es el producto adecuado para el aluminio. Hay variedad de herramientas y productos disponibles para cortar, esmerilar y dar un buen acabado al aluminio, cada uno posee ventajas y desventajas. La toma de decisión correcta es importante para la aplicación que puede ayudar a las empresas a obtener una mejor calidad, seguridad y productividad, al tiempo que minimiza el tiempo de inactividad y los costos laborales. "Hay cuatro categorías comunes al elegir un producto para aluminio: Abrasivos recubiertos, abrasivos no tejidos, cepillos eléctricos y muelas de corte y rectificado" (Hufford, 2019).

Los abrasivos recubiertos incluyen discos de lámina y discos de fibra de resina, es útil cuando se trabaja con cualquier tipo de aluminio. Los abrasivos revestidos son adecuados para eliminar la capa de óxido. Los mejores discos están pretratados o cubiertos con una capa superior que ayuda a reducir el calor que se acumula durante el pulido. Esto evita que el disco se cargue y ofrece tasas de corte más altas, junto con una mayor vida útil del producto.

Los cepillos de alambre son útiles para preparar y limpiar la decoloración negra que están alrededor de las soldaduras de aluminio, por lo que a menudo se utilizan en aplicaciones de soldadura. Estos se pueden utilizar para limpiar sin quitar ningún material base o cambiar

la dimensión de la pieza. Para aplicaciones de aluminio, se elige un cepillo con el diámetro de alambre mas pequeño que aún haga ese trabajo. Esto ayuda a prevenir la carga o la acumulación de aluminio. Además, se usa un cepillo de alambre de acero inoxidable para evitar contaminar la pieza de trabajo de aluminio (Hufford, 2019).

Los cepillos de alambre suelen ser la mejor opción cuando se requiere la limpieza de soldaduras o superficies de material. Este tipo de cepillo no eliminan el material base, por lo que las dimensiones de una pieza siguen siendo ciertas. Una presión excesiva provoca una falla prematura del alambre y una vida útil más corta del cepillo.

5.4.2. Cardas circulares

Una carda metálica remueve rebabas y limpia impurezas de diversas superficies. Las puntas de los alambres atacan las superficies para extraer la adherencia, oxidación, escoria, pintura, o cualquier otra cosa (Heston, 2014).

Selección de la carda

Según Tim Heston, los factores para escoger una carda son: material, forma y diámetro; diámetro del alambre, estilo del alambre, longitud de recorte. Para el diámetro del alambre, los alambres delgados como los de 0.014 pulgadas, son más flexibles y resisten fatiga, pero también son menos agresivos; los alambres más gruesos como los de 0.025 pulgadas, son más duros, más agresivos, pero también son menos resistentes a la fatiga (Heston, 2014).

Estilo de alambre. Los estilos torcidos o anudados producen la acción más agresiva, mientras que los alambres rizados son menos agresivos. Además a una mayor densidad de alambre también puede ayudar a extender la vida de la carda, porque más puntas de alambre están allí para hacer el trabajo. La densidad de los alambres puede ser un beneficio para algunas aplicaciones, especialmente en extender la vida de la carda, pero puede ser un obstáculo para otras, porque una alta densidad de los alambres hace a la carda menos flexible y cómoda para algunas superficies.

Para la longitud de recorte, un alambre más pequeño tiene menos elasticidad y tenderá a tener un mayor acción agresiva. Las longitudes de alambre más largas llegan a áreas estrechas y pueden ser muy efectivas al limpiar ciertas geometrías de partes (Heston, 2014).

Normalmente se cree que los alambres se flexionen no significa que puedan llegar a cada rincón de cada pieza de trabajo. Sin importar lo perfecta que sea una elección de carda o el ajuste de la velocidad, la carda no funcionará bien bajo presión excesiva. La presión excesiva sigue siendo la causa más común de problemas de las cardas.

La orientación es un factor importante, problemas parecidos surgen con la orientación incorrecta de la carda. Los operadores usualmente sujetan las cardas de forma que se acercan a la pieza de trabajo a un ángulo. En una orientación de taza, las puntas de los alambres por naturaleza se abren, por lo que sujetar la carda a un ángulo ayuda a asegurar que los alambres hagan contacto total con la pieza de trabajo (Heston, 2014).

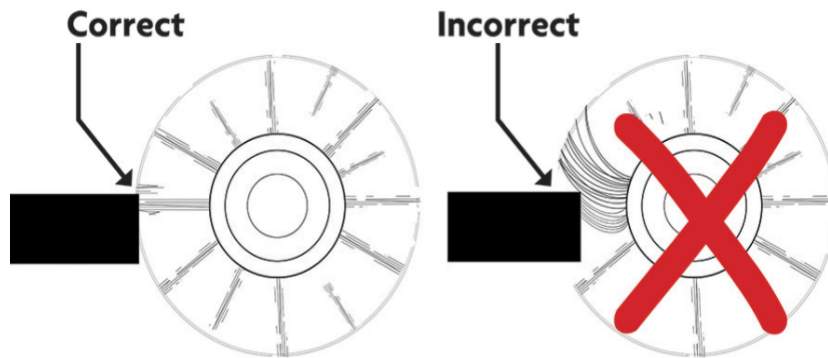
Recomendaciones de uso

No es correcto realizar una presión excesiva en las cardas, esto es porque si se realiza una excesiva presión sobre ellas puede causarse sobrecurvatura, y esto incrementa la fatiga de la grata, su rotura prematura y por lo tanto reduce la vida útil (Saint-Gobain, 2013).

Una recomendación es que si se requiere una mayor capacidad de arranque, se debe usar una grata más agresiva, esto es un alambre más grueso, menor saliente de púa y trenzado y se puede también incrementar la velocidad usando una grata que opere a mayor velocidad (Saint-Gobain, 2013).

Como se mencionó anteriormente, sí el operador presiona excesivamente una carda, las puntas de los alambres de estas no hacen contacto total con el trabajo, la carda se desgasta prematuramente y se vuelve menos efectiva.

Figura 15: Uso correcto e incorrecto de la carda circular



Fuente: Heston, 2014

5.4.3. Características de etiquetas de aluminio

El aluminio tiene características únicas de pliegue muerto que lo hacen ideal para envolver y volver a envolver muchos productos y formas diferentes, al mismo tiempo que minimiza la necesidad de selladores. Como el aluminio es muy maleable, se puede deformar con mucha facilidad sin perder su integridad de barrera, lo que lo convierte en un material ideal para usar en combinación con otros sustratos flexibles para crear laminados muy delgados para una gran variedad de mercados y, en consecuencia, nuevamente, ahorrar recursos (Aufdemkamp & Simon, 2020).

El papel de aluminio de la botella de vino es el sello de vino delgado y arrugado que envuelve el cuello y la boca de la botella. Como el papel de aluminio tiene buena ductilidad, propiedades de tracción y características de fácil impresión, el papel de aluminio para sellos de vino se ha utilizado gradualmente en envases de cuello de botella y sellos de botella para cerveza, vino de frutas y salsa de soja de alta calidad (Haomei, 2020).

El papel de aluminio 8011 se utiliza para etiquetas de cerveza, etiquetas de papel de aluminio, etiquetas de cuello de cerveza de papel de aluminio y es un material apto para uso

alimentario, sin olor (Ma, 2020).

Para la lámina de botella de cerveza, se utiliza una aleación 8011, con espesor de 0.01-0.012, con un ancho de 300-1700mm y la solicitud es para etiquetas de envoltura de botellas de cerveza. Tiene una resistencia a la tracción de 60-100 (N/mm²) (Ma, 2020).

La empresa Haomei Aluminum presenta las características de la lámina para etiquetas de cerveza con la que ellos trabaja y son: excelente impermeabilidad al vapor de agua y al gas, extiende la vida útil, ocupa menos espacio de almacenamiento, genera menos residuos que muchos otros materiales de embalaje, no son tóxicos y tiene un peso ligero, a prueba de humedad, resistente a contaminantes y a prueba de rayos UV (HAOMEI, 2020).

Las propiedades físicas del papel de aluminio de 'pliegue muerto' le permiten moldearse y tomar la forma de los contornos de botellas y cierres de una manera fácil de aplicar. La apertura de una tapa giratoria o un cierre de corona se realiza fácilmente sin alterar la apariencia de la lámina del cuello gracias a la perforación (HAOMEI, 2020).

5.4.4. Características y propiedades del vidrio

El vidrio está hecho de tres ingredientes: arena de sílice, piedra caliza y carbonato de sodio, así como vidrio reciclado y cualquier otro aditivo requerido para el color u otras características deseadas (Rowden, 2020).

El vidrio industrial, también llamado vidrio arquitectónico, es un material sólido que normalmente es lustroso y de apariencia transparente y que muestra una gran durabilidad bajo la exposición a los elementos naturales. Estas tres propiedades (brillo, transparencia y durabilidad) hacen del vidrio un material preferido para objetos domésticos como cristales, botellas y bombillas (Kumar, 2020).

El vidrio hecho exclusivamente de sílice se conoce como vidrio de sílice, o sílice vítrea. El vidrio de sílice se usa cuando se desea una alta temperatura de servicio, muy alta resistencia al choque térmico, alta durabilidad química, muy baja conductividad eléctrica y buena transparencia ultravioleta.

A temperaturas normales, el vidrio es un sólido elástico casi perfecto, un excelente aislante térmico y eléctrico y muy resistente a muchos medios corrosivos. Un atributo único de especial importancia puede llamarse isotropía de propiedades, esto significa que propiedades como la resistencia a la tracción, la resistencia eléctrica y la expansión térmica son de igual magnitud en cualquier dirección a través del material.

El vidrio es sumamente fuerte, mucho más que la mayoría de los metales, cuando se prueba en estado prístino. Bajo compresión pura, el vidrio puede sufrir una compresión más o menos reversible sin fracturarse. Se estima que su fuerza teórica en tensión es de 14 a 35 gigapascuales. La resistencia de la mayoría de los productos de vidrio comerciales, por otro lado, varía entre solo 14 y 175 megapascuales, debido a la presencia de rayones y fallas microscópicas, generalmente en la superficie (Kumar, 2020). En el Cuadro 3 se presentan las propiedades físicas del vidrio

Cuadro 3: Propiedades físicas del vidrio

Density	$25kN/m^3$
Young 's modulus	70000 Mpa
Shear modulus	1.6
Poisson 's ratio	0.23
Hardenss (Mohs scale)	6
Coefficient of thermal expansion	$9x10^{-6}K^{-1}$
tensile strength	45 Mpa
Compressive strength	800 MPa

Fuente: (Popa, 2016).

5.4.5. Acoples

Los acoplamientos rígidos se utilizan para unir dos ejes de manera que sea casi imposible generar movimiento relativo entre ellos. Estos se diseñan para equipos en los cuales se desee una alineación precisa de dos ejes que puede lograrse; en esos casos el acople debe diseñarse de tal forma que sea capaz de transmitir el torque en los ejes (R. Pérez & Lizana, 2018).

Los acoplamientos rígidos se emplean solo cuando la alineación de los dos ejes puede mantenerse con bastante precisión. Los tres tipos de acoples rígidos son: acoplamiento rígido con prisionero, de patillos y por sujeción cónica (R. Pérez & Lizana, 2018).

Los acoplamientos de manguito están hechos de una sola pieza de material. Las ranuras se instalan con tornillos de fijación. Estos tornillos evitan que el acoplamiento se deslice a lo largo del eje. Este tipo de acoplamiento están hechos de estilo de sujeción. Los acopladores divididos de dos piezas se pueden instalar y quitar sin desmontarse la máquina (Harutyunyan, 2021a).

La mayoría de acoplamientos están sujetos a estandarización. El procedimiento para la selección se basa en el par nominal y el factor de servicio, un factor que toma en cuenta el modo de funcionamiento del motor y los elementos accionados, esto se menciona en la metodología del acoplador (Golenko, 2010).

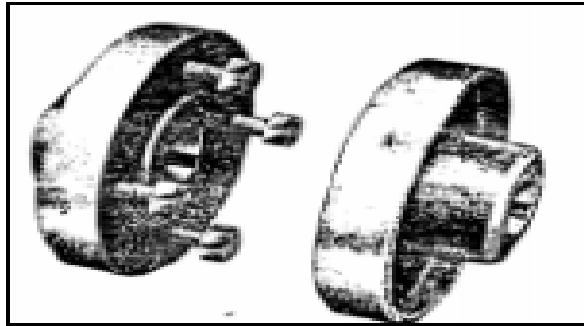
Cuanto más suave es el funcionamiento del motor y los elementos impulsados, menor es el factor de servicio. Otro factor importante en la selección esta relacionado con posibles errores en la posición de los dos ejes acoplados que se muestran en la Figura 19 (Golenko, 2010).

Figura 16: Acoplamiento rígido de manguito o con prisionero



Fuente: R. Pérez y Lizana, 2018

Figura 17: Acoplamiento rígido de platillos



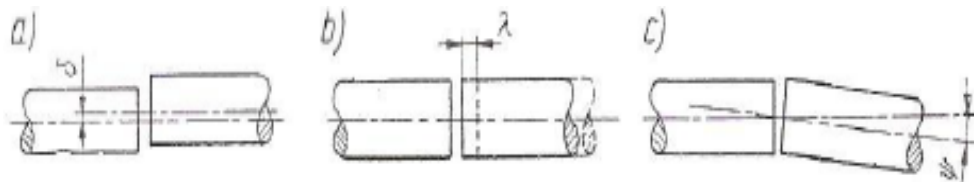
Fuente: R. Pérez y Lizana, 2018

Figura 18: Acoplamiento rígido por sujeción cónica



Fuente: R. Pérez y Lizana, 2018

Figura 19: Desalineaciones paralelas (descentradas), axiales y angulares en la posición de dos ejes



Fuente: Golenko, 2010

5.4.6. Equipo de seguridad personal

El uso de equipo personal debe ser obligatorio, esto es porque ayuda a prevenir accidentes y lesiones en el trabajo. El correcto empleo, selección y estado de los mismos representan una protección eficaz y trabajo seguro para el operador.

El equipo de protección personal antes de asignarlo al trabajador, se debe estudiar el riesgo que estará involucrado, seleccionar los equipos de protección adecuados y capacitar al personal para uso correcto (Jaya, 2016).

1. Protección para la cabeza

Según la norma ANSI Z89.1 2003 que explica a continuación: Su principal función es amortiguar el contacto de objetos contundentes en la cabeza reduciendo el índice de rotura. Existen diferentes tipos de cascos destinados a diferentes tareas como

- Clase general (amortigua el golpe y previene el riesgo eléctrico 2200V)
- Clase eléctrico (amortigua el golpe y previene el riesgo eléctrico 20000V)
- Clase conductor (amortigua el golpe y no previene el riesgo eléctrico)

Protección auditiva: reducen a niveles inferiores los sonidos de una intensidad excesiva y deja paso a los de intensidad débil. Los medios de protección auditiva personal son los de tapones auditivos y las orejeras si se superan los 80 decibeles de ruido.

2. Protectores respiratorios

Dependiendo del tipo utilizado, se ofrece protección mediante la filtración de las diferentes agresiones del aparato respiratorio, ya sean partículas sólidas, vapores o gases.

En las mascarillas existen dos tipos de filtrado, mecánico y cartucho.

El mecánico tiene un filtro de algodón o fibras prensadas que capturan las partículas suspendidas en el aire como los polvos o fibras.

El de cartucho protegen de contaminantes ambientales químicos específicos al efectuar la transformación física o química, existen filtros de cartucho químico específico para cada clase de contaminante.

3. Protección de mano

Guantes: se utiliza cuando el trabajador se ve involucrado con la manipulación de objetos cortantes o punzantes, manipulación de productos químicos, manipulación de productos calientes o congelados y manipulación de cables de alta tensión.

4. Protección de pies

El calzado debe poseer algunas características el mismo que permita prevenir el riesgo.

- Botas antideslizantes: estas proporcionan al trabajador una adherencia adecuada al suelo ante ciertas circunstancias en que puede estar involucrado tales como: suelos húmedos, lisos, con inclinación, etc., resistentes a agentes químicos.
- Botas con punta de acero: es necesario para la manipulación de materiales pesados.
- Botas dieléctricas: al personal que realiza trabajos en redes o equipos eléctricos se le debe dotar con calzado dieléctrico protegido para tensión de maniobra. Son de material no conductor de la electricidad, cosidas, libres de partes metálicas (Jaya, 2016).

6.1. Descripción de metodología

Para el desarrollo del trabajo se realizó una investigación inicial del mercado nacional para identificar los potenciales proveedores de las piezas y elementos que se utilizaron en la fabricación de la desetiquetadora.

Se realizó un análisis de potencia para determinar que capacidad necesita el motor para hacer girar las cardas a la velocidad requerida. La velocidad necesaria para eliminar las etiquetas de las botellas fue determinada por medio de pruebas con botellas. Para ello se tomó en cuenta ciertos factores como el peso de la carda, la relación de velocidad que se requiere y la fuerza normal que se aplicó a cada carda.

Para la selección del motor se buscó en distintos catálogos de proveedores en Guatemala un motor que tuviera la misma potencia que la de los cálculos, también se tomó en cuenta el tipo de línea que se utilizó y el voltaje del tomacorrientes al que estuvo conectado.

Para la recolección de botellas, VIGUA proporcionó botellas con etiquetas de aluminio para realizar las pruebas. Estas pruebas se realizaron para observar el comportamiento de cada carda, el desgaste de los alambres y se observó la cantidad máxima de botellas que los alambres de la carda pudieron soportar desetiquetando.

Se realizó una investigación sobre los interruptores de seguridad, esto para saber que tipos de interruptores satisfacen las necesidades del encendido y apagado del motor, sobre la llave para el sistema y sobre el pedal para encender y apagar el motor instantáneamente.

Se realizó un diagrama sobre la conexión de cada uno de los elementos que se mencionó en la fase anterior, este diagrama que sirvió para tener visualmente el circuito de los elementos.

Se realizó la conexión y la instalación del sistema eléctrico del motor con los interruptores, el pedal y la llave maestra. También se finalizó la instalación, con todos los elementos funcionando debidamente, sin fallo alguno.

Se realizaron pruebas para ver el comportamiento de la carda circular, el desgaste de los alambres y ver la cantidad máxima de botellas que los alambres de la carda pueden soportar desetiquetar. Luego se analizaron los resultados para la carda circular y la carda cónica para conocer las ventajas y desventajas de cada uno, se conoció y se escogió que carda es la más adecuada para el sistema. Se tabularon los datos en una hoja de Excel en donde se observó porqué se escoge el tipo de carda para el sistema.

Se pensó que componentes fueron necesarios para poder armar el sistema en su totalidad. Esto se hizo con ayuda de bosquejos, para que no existiera posibilidades de omitir piezas.

Para el cálculo del acople motor-carda se utilizó la metodología del libro de *Fundamentos del Diseño de ingeniería mecánica de Shigley*. Esto se realizó para determinar la manera más segura de sujetar la carda al eje del motor, para que no llegue a desalinearse ni salirse.

Se investigó y se buscó proveedores que vendieran lo que se necesitó para el sistema de desetiquetado, esto para el cálculo de costos de fabricación. Luego se hizo una cotización y se compraron los componentes. Se realizó el ensamblaje del sistema de desetiquetado.

Se realizó la conexión del eje del motor y la carda circular por medio del acople que se calculó, para verificar si funcionó correctamente. Al tener los elementos a la mano, su pudo realizar el ensamblaje del sistema de desetiquetado.

Se definió sobre qué datos eran importantes y significativos para la verificación de la operación correcta de la máquina. Se realizaron pruebas iniciales, esto se realizó al momento que la máquina estuviera completamente ensamblada y terminada, fueron las primeras pruebas y se observó si se tenía que realizar alguna modificación a la máquina.

Una vez que funcionó el sistema de desetiquetado ensamblado con el sistema eléctrico y la estructura de la máquina, se hicieron pruebas para observar si la máquina no tiene fallos y si tenía fallos tratar de arreglarlos al instantes. Estos fallos se determinaron por medio de la observación y verificación del tiempo de desetiquetados.

Se realizó un manual donde se describió el uso correcto, el mantenimiento que se debe hacer a la máquina, y los tipos de materiales y componentes que se utilizaron en la desetiquetadora. Por último se hicieron pruebas en el sistema completo porque quizá observar si funcionaba debidamente y este retiraba las etiquetas sin dejar pegamento en la botella. Con esto se tomó el tiempo de extracción de etiqueta.

6.2. Identificación de necesidades

Se llevaron a cabo entrevistas con un representante de VIGUA, William Marroquín y con los diferentes centros de acopio, en donde el mayor problema es la eliminación de etiquetas de aluminio. Esto es porque cuesta extraer este tipo de desecho del cuello de botella. Si se destruye la botella sin desechar el aluminio, los centros de acopio y VIGUA pierden

aproximadamente 30 % de vidrio.

Debido a que la máquina está destinada para personas con bajos ingresos económicos la máquina debía ser económica en su fabricación. Ciertos centros de acopio tienen espacios limitados, por lo que la máquina no debía ser muy grande con respecto a dimensiones.

En los centros de acopio, las personas que utilicen la máquina, pueden ser operadores sin experiencia, por lo que la máquina debía ser segura para cualquier persona adulta, así como la fácil operación de esta. Esto incluye que la máquina debía ser fácil de encender, así como los interruptores sean accesibles. Como la estatura estándar en Guatemala es de 164.4 cm (Ola, 2021) la máquina no debe ser muy alta. Debido a que los centros de acopio tienen que desetiquetar múltiples botellas, la máquina debe eliminar las etiquetas en un periodo de tiempo corto.

Debido a que las cardas tienen un precio elevado, no se puede cambiar con pocas botellas, las cardas debían resistir la extracción de aluminio de muchas botellas. Para evitar desorden en el área de trabajo, estos desechos de aluminio deben ser recolectados en la máquina. La máquina la debe utilizar solamente el operador encargado de la desetiquetadora.

6.3. Definición de requisitos

Cuadro 4: Requisitos para el sistema eléctrico

Código	Requisitos para el sistema eléctrico
RSE1	Los cables no deben tener señas de desgaste o cortes en el plástico aislante.
RSE2	La máquina se debe encender con una llave y un interruptor de botón
RSE3	El motor debe operarse por medio de un pedal
RSE4	En el manual se indica el tiempo de uso continuo máximo del motor para evitar sobrecalentamiento
RSE5	El sistema completo debe dejar de operar al momento de oprimir un botón de emergencia

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5: Requisitos para el sistema de desetiquetado

Código	Requisitos para el sistema de desetiquetado
RSD1	Debe desetiquetar botellas de 350 a 355 mL de volumen
RSD2	Las botellas de cuello grueso tiene que desetiquetarse en menos de 1 minuto
RSD3	Las botellas de cuello delgado debe desetiquetarse en menos de 40 segundos
RSD4	La conexión entre el motor y la carda circular es por medio de un acople
RSD5	Las cardas circulares deben desetiquetar más de 140 botellas

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 6: Requisitos económicos para la máquina desetiquetadora

Código	Requisitos económicos para la máquina desetiquetadora
REMD 1	El costo de los materiales para el sistema eléctrico y el sistema desetiquetado es menor a Q1500.00

Fuente: Elaboración propia

6.4. Diseño del sistema de eléctrico

La máquina debe de ser segura para el operador desde el momento en que la enciende hasta el momento que concluya su trabajo. Para ello se realizó un sistema de interruptores. Para este sistema se investigó sobre los interruptores más comunes que lleva una máquina. Luego se hizo una serie de búsquedas para saber que tipo de empresas provee dichos interruptores y elementos para un sistema eléctrico.

Para entender la conexión del sistema eléctrico, se mencionan los componentes del sistema eléctrico: un pulsador tipo hongo, un selector con llave con retorno, un relevador bimetalico NXR, un contactor NXC, un switch de pie, una base de 11 pines, un rele de 11 pines, un block de contacto frontal 2NO + 2NC y botonera de apagado y encendido.

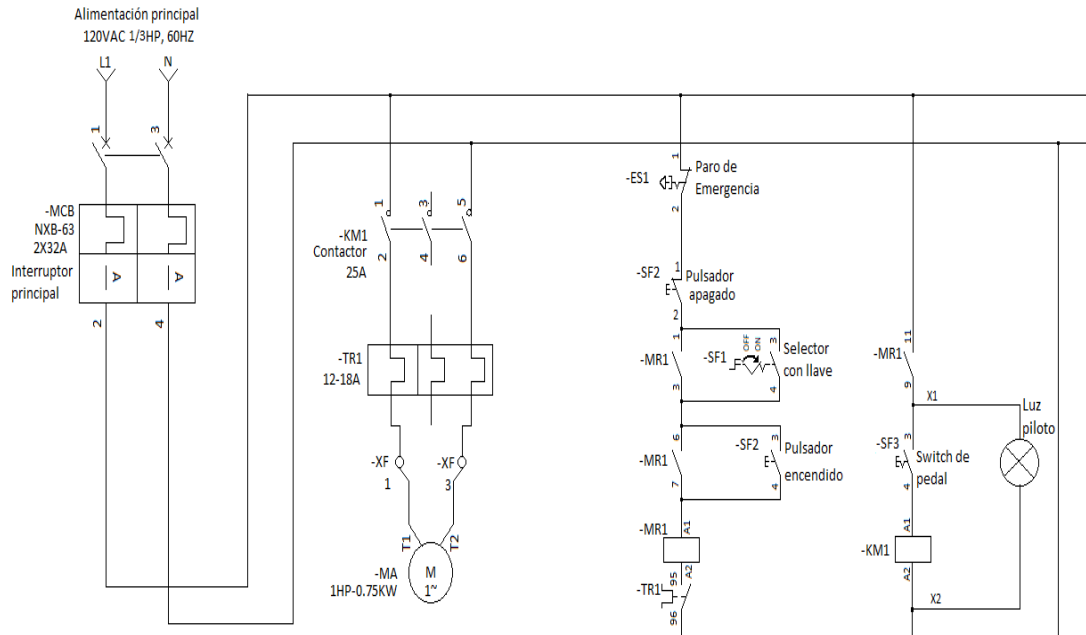
Se realizó la conexión de los interruptores y los componentes eléctricos con ayuda del diagrama eléctrico que la empresa Ketplus proporcionó. El diagrama se puede observar en la Figura 20.

El pulsador tipo hongo es el botón paro de emergencia, como su nombre lo dice, al momento que se presente alguna emergencia, se presiona el botón y el sistema entero deja de funcionar. El selector con llave de retorno es la llave del operador encargado de la máquina, sin esta llave la máquina no podrá encender. El relevador bimetalico funciona como un protector térmico, al acumularse más corriente de la debida en los cables, esta corriente sobrecalienta los cables y se desenchava este relevador.

El switch de pie sirve para controlar la velocidad, el encendido y el apagado el motor eléctrico. Este también se detiene si se presiona el botón de paro de emergencia. El relevador de 11 pines con su base de 11 pines, se le conoce como relevador de enclavamiento, este al activarse, habilita y deshabilita el accionamiento del sistema, haciendo que la corriente fluya a través del contactor electromagnético. El contactor electromagnético lo que hace es también enclavar y desenchavar para que fluya corriente. La botonera de apagado y encendido, como su nombre lo indica, funciona para encender el sistema. El sistema se enciende girando la llave maestra y presionando el botón de encendido simultáneamente

El sistema eléctrico está conectado a 120 V, alimenta a un flipón, este mismo alimenta a un contactor electromagnético, y también alimenta a un relevador de enclavamiento; además de eso, se utiliza un relevador bimetalico (protector térmico), que funciona como un botón de emergencia porque al momento de acumularse más corriente de la debida en los cables, este sobrecalienta los cables y desenchava el relevador bimetalico.

Figura 20: Diagrama para el sistema eléctrico



Fuente: Ket Plus, 2020

El calibre del cable se determinó utilizando la metodología del libro *Instalaciones Eléctricas* de Neagu Bratu y Eduardo Campero. Se encontró la corriente que fluye a través de los conductores. La corriente se calculó con la siguiente ecuación (Bratu & Campero, 1995):

$$I = \frac{P_W}{V * \eta * \cos\theta} = \frac{746 P_{HP}}{V * \eta * \cos\theta} \quad (1)$$

Donde:

P: Potencia del motor, watts o HP.

I: Corriente que pasa por los conductores, amperes (A).

V: Voltaje que llega a la residencia por medio de la acometida, volts (V).

η : Eficiencia del motor, por unidad.

$\cos\theta$: Factor de potencia

La potencia del motor que se utilizó fue de 1/3HP. El voltaje promedio en Guatemala es de 120V (Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A., 2019), por ello se utilizó 120V de voltaje. Para este motor, el factor de potencia es de 0.41 y con una eficiencia de 35 % según el catálogo de motores WEG (WEG Motor, 2021)

Introduciendo valores numéricos a la ecuación 1, el amperaje es

$$I = \frac{(1/3)746W}{120V * 0.35 * 0.41} = 14.4A \quad (2)$$

Cuadro 7: Amperaje que soportan los cables de cobre

Amperaje que soportan los cables de cobre			
Nivel de temperatura:	60 °C	75 °C	90°C
Tipo de aislante	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado		
14 AWG	15A	15 A	15 A
12 AWG	20A	20A	20A
10 AWG	30A	30A	30A
8 AWG	40A	40A	40A
6 AWG	55A	55A	55A

Fuente: (UNCABLE, 2020)

La empresa UNCABLE proporciona la Cuadro 7, en donde muestra el amperaje que soportan los cables de cobre. Esta tabla se utilizó para saber que calibre de cable es el adecuado para el sistema eléctrico. El cable que se utilizó es THHN-90°C, esto porque son los cables más comunes en instalaciones residenciales e industriales, también porque estos pueden operar a 90°C en ambientes secos, húmedos y mojados (Procables, 2011). Las propiedades de este tipo de cable son útiles porque tiene capacidad de corriente, tiene un buen comportamiento ante agentes externos, excelente resistencia a la abrasión y buena resistencia mecánica (CENTELSA, 2002).

El calibre del cable depende de la corriente del conductor y del tipo de cable. Al tener la corriente del resultado de la ecuación 2 a una temperatura 90°C, y el cable que se utiliza es THHN, se obtuvo un calibre de cable de 14 AWG. En Guatemala la electricidad es muy irregular, por lo que cualquier elevación de corriente podría sobrepasar los 15 A, por lo que se utilizará el calibre 12 AWG.

6.4.1. Verificación del sistema eléctrico

Para verificar si el calibre del cable era el correcto, se utilizó una página web (Newton, 2006). Los valores que la página pedía era el voltaje del motor, la potencia del motor, el número de fase, el tipo de servicio (intermitente), el servicio del ciclo de trabajo (5- minute), la corriente nominal de 6 A (esta se encuentra en la carcasa del motor), el material del conductor (cobre), la temperatura ambiente, que es de 27°C, que es la máxima temperatura en Chimaltenango (Weather Spark, 2017), que es donde operará la desetiquetadora; número de conductores portadores de corriente en canalización o cable, el factor de servicio, la temperatura de aislamiento del conductor (THHN-90C) y temperatura de la terminación (90°C). Esto se observa en la Figura 21.

Los resultados de interés son: el tamaño del conductor y el conductor de puesta a tierra del equipo. La página también brinda información de la caída de voltaje en porcentaje y el voltaje en el extremo de carga del circuito. Esta información se obtuvo al ingresar la entrada de distancia desde el suministro hasta la carga. Esto se observa en la Figura 22.

La caída de voltaje máxima permitida es del 3% para el circuito principal y 3% para el circuito derivado (Bratu & Campero, 1995). Se puede verificar en la misma página web

Figura 21: Valores de entrada

ENTER INPUTS					
Motor AC Voltage	Horsepower (Notes 5 - 9)	Phase (Notes 5 - 9)	Type of Motor (Note 10)	Class of Service (Notes 1 & 2)	Duty-Cycle Service (Notes 1 & 2)
110 - 120 ▾	1/3 ▾	1 - phase ▾	not design B ▾	Intermittent ▾	5 - minute ▾
Enter NamePlate Current 6 <small>Required If Class of Service is other than Continuous. Optional otherwise. Note 21</small>		Conductor Material Copper ▾	Ambient Temperature C 26-30 (78-86F) ▾	Number Current Carrying Conductors in Raceway or Cable or bundle 1-3 ▾	
Service Factor is 1.15 or greater <input checked="" type="checkbox"/>		Special Conditions			
Temp rise is not over 40 Degrees C. <input checked="" type="checkbox"/>					
Select Conductor Insulation Temperature Note 22 THHN - 90C ▾		Select Termination Temperature C. 60 ▾	Circuit conductors are bundled or in raceway 24 inches or less in length		Conductors are in Type AC or MC cable that complies with Note 3.
			Yes <input type="radio"/>	Yes <input type="radio"/>	
			No <input checked="" type="radio"/>	No <input checked="" type="radio"/>	

Fuente: Newton, 2006

Figura 22: Caída de voltaje y calibre de cable

Enter Distance in feet from supply to load (one way) 7					
Input from above program:					
Material	Volts/Phase	conductor Size	CMA of conductor	Load (FLA or Nameplate)	k (circular mil-ohm ft.
copper	115 - 1ph	#14	4110	6	12.9
<input type="button" value="Click to Calculate Below Outputs"/>					
Voltage drop 0.3			Voltage at load end of circuit 114.7		
Per Cent voltage drop 0.3					

Fuente: Newton, 2006

Como se observa en la sección 5.4, el calibre del cable es 14 AWG. Este resultado se verificó en la página web mencionada anteriormente, en donde el calibre del cable también es 14, el resultado se observa en la Figura 22. Algo importante es que no hay una caída de voltaje significativa, debido a que es menor al 3 %

6.5. Diseño del sistema de desetiquetado

Para el sistema de desetiquetado se tenían varias opciones para eliminar las etiquetas de aluminio del cuello de la botella. Las opciones eran gratas metálicas (cardas circulares) o componentes abrasivos, como el esmeril.

Se escoge las cardas circulares porque estas arrancan con facilidad las partículas de óxido, pinturas, adherencias, etc (Saint-Gobain, 2013). Además, las cardas no producen abrasión, lo único que hacen es arrancar partículas sin dañar las botellas y una ventaja es que se adaptan a superficies irregulares, esto es por la característica flexible del alambre (Saint-Gobain, 2013).

Las cardas tienen dos diferentes tipos de alambre: ondulado y trenzado. Para este caso se escogió las cardas circulares de alambre ondulado porque se trabaja con botellas en donde el cuello de estas cambian de diámetro y se necesita una mayor flexibilidad para este trabajo. Aunque los alambres trenzados tienen más capacidad de arranque y una mayor durabilidad que las onduladas, la flexibilidad predomina para desetiquetar.

En el mercado se venden dos tipos de carda: cónica (de copa) y circular. Entre estas dos cardas se escogió la carda circular para ser el componente extractor de etiquetas de aluminio. La decisión se basó en parámetros como el tiempo máximo que desetiqueta las botellas de cuello grueso y cuello delgado; la cantidad de veces que elimina no solo la etiqueta sino que también el pegamento, la cantidad de veces que se observó desgaste en la carda, la cantidad de veces que la temperatura del motor se eleva 10°C , la temperatura máxima del motor, las rpm a las cuales elimina la etiqueta y lo más importante, el precio final del sistema de desetiquetado.

Para ambas cardas se utilizó un motor de $1/3$ hp con una velocidad máxima de 1750 rpm. El motor que se utilizó para las pruebas lo proveyó VIGUA, ya que este motor se reutilizó, el eje de este comprendía una chaveta para una polea. Para cada carda se hizo una configuración distinta, debido a que cada una debía tener un acople diferente.

Las pruebas se realizaron posicionando la botella de una manera conveniente. La configuración para remover las etiquetas de aluminio con la carda cónica se observa en la figura 23. Para la conexión de la carda cónica al motor, se hizo por medio de un adaptador, se observa la copa con el adaptador en la misma figura.

La posición de la botella en este caso, debe ir en dirección perpendicular al eje del motor, se observa en la Figura 24. Es fácil desetiquetar las botellas en esta posición pero al momento de tener la máquina construida, la botella irá a -90° de la posición que se observa en la Figura 24.

La configuración de la carda circular se observa en la Figura 25. Este tiene un acople

diferente para esta carda, ya que tiene un diámetro interior más grande que el diámetro de la copa de la carda cónica, además la carda circular no tiene rosca, solamente el acople de la carda con el eje. Este eje tiene rosca para que una tuerca haga presión sobre la carda.

La posición de la botella en este caso debe de ir en dirección paralela al eje del motor, esto se observa en la figura 26. Como se observa en la misma figura, la posición de la botella es completamente distinta a la carda cónica. Al momento de desetiquetar en la máquina, la botella irá a 90° de la posición que se observa en la Figura 23.

Figura 23: Configuración de la carda cónica



Fuente: Elaboración propia

Figura 24: Posicionamiento de la botella en carda cónica



Fuente: Elaboración propia

Figura 25: Configuración para la carda circular



Fuente: Elaboración propia

Figura 26: Posicionamiento de la botella en carda circular



Fuente: Elaboración propia

6.6. RPM's y Fuerza

Las cardas deben tener la capacidad de eliminar las etiquetas de aluminio. Debido a esto, es importante conocer la velocidad angular que necesita la carda para poder extraer las etiquetas. Además de esto es útil para el cálculo de potencia, lo cual se menciona en la siguiente sección.

Las revoluciones por minuto se obtuvieron con ayuda de un tacómetro digital. Este es un tacómetro de foto láser digital sin contacto, y es una herramienta de diagnóstico del motor, porque fue útil también para saber si el motor entrega la velocidad máxima que debe entregar.

El tacómetro DT-2234C es el que se muestra en la Figura 27. Esta da resultados de

la velocidad máxima, la velocidad mínima y el último valor medido. El dato que se utilizó fue el valor mínimo, porque el valor máximo es la velocidad máxima del motor, ya que la medición se hizo teniendo el motor encendido, mientras se desetiqueta la botella y se dejaba de medir al momento de desetiquetar la botella.

La marca reflejante es la cinta del lado izquierdo. Esta sirvió para que el tacómetro reconociera las revoluciones que da el motor. Esta se colocó en el acople del motor hacia la carda circular. Esta se observa en la Figura 28, encerrado en un rectángulo rojo. En esta imagen se muestra solamente el acople para que se muestre mejor la marca reflejante.

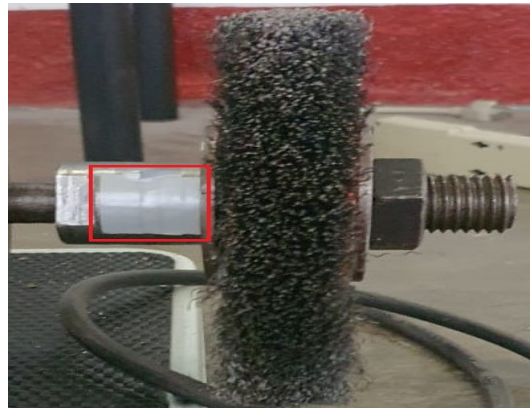
Convenientemente se colocaron en el acople porque para la persona que tomaba este dato era más fácil medirla. Además de eso, se colocaron cuatro de estas marcas para minimizar el error humano, ya que si el puntero se salía horizontalmente, tomaba en cuenta datos que no eran deseados. Para tener una idea de cómo la persona medía estas velocidades, puede observarse la Figura 30 y pensar que quién mide es la persona que tomó esa fotografía.

Figura 27: Marca reflejante, tacómetro digital y el manual de operación



Fuente: Elaboración propia

Figura 28: Ubicación de las marcas reflejantes



Fuente: Elaboración propia

Para conocer la magnitud de la fuerza que actúa entre la botella con la carda circular, se obtuvo con una balanza para personas, en donde se colocó el motor encima de la balanza, también se colocó una bolsa con piedrín y arena, para cuando se desetiquetara la botella, el motor no se levantara ni se moviera. Esto se muestra en la Figura 29.

La cantidad que pesa el motor, más la cantidad del peso de la bolsa, daban un total de 34 libras. Cuando se desetiqueta la botella en la parte más gruesa del cuello, el peso se incrementó a 42 libras. El primer peso se observa en la Figura 30 y el peso cuando se desetiquetó la botella se observa en la Figura 31.

Esta diferencia de peso, se tomó como la fuerza que se aplica para poder eliminar las etiquetas del cuello de la botella. Esta fuerza es uno de los valores que se utilizó para poder calcular la potencia, esto se observa en la siguiente sección.

Figura 29: Demostración para la obtención de la fuerza



Fuente: Elaboración propia

Figura 30: Peso del motor más la bolsa



Fuente: Elaboración propia

Figura 31: Peso cuando se elimina la etiqueta de aluminio

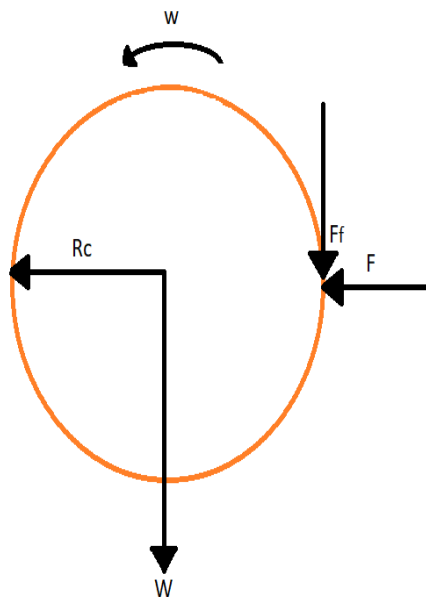


Fuente: Elaboración propia

6.7. RPM's del motor

La velocidad angular del motor se calculó para verificar cuanto disminuye la velocidad al momento de aplicar la carga de 8 libras y esto para compararlo con las mediciones del tacómetro. Para calcular la velocidad, primero se realizó un diagrama de cuerpo libre, este se observa en la Figura 32.

Figura 32: Diagrama de cuerpo libre de la carda circular



Fuente: Elaboración propia

En el diagrama de cuerpo libre se observa la fuerza que se mencionó en la sección anterior, se muestra la fuerza de fricción que existe entre el material de los alambres que es acero al alto carbono y el aluminio del cuello de la botella de vidrio. Se observa también el radio de la carda, la velocidad angular, a la carda gira en contra de las agujas del reloj y el peso de la carda.

Se realiza una sumatoria de torques, que se expresa de la siguiente manera:

$$\Sigma\tau = I\alpha \quad (3)$$

Donde:

I: es el momento de inercia de la carda circular

α : es la aceleración angular de la carda circular

Para encontrar el torque se realizó con la siguiente expresión:

$$\tau = F\mu R_c \quad (4)$$

Donde:

F: Fuerza que se necesita para eliminar la etiqueta de aluminio, Lb*in

μ : Es el coeficiente de fricción para el acero y el aluminio

R_c : El radio de la carda circular, in

La velocidad angular del motor se calculó de la siguiente manera:

$$P_m = \tau\omega \quad (5)$$

Donde

P_m : Potencia del motor, HP

τ : Torque, lb*in

ω : Velocidad angular de la carda, rad/s

Debido a que la velocidad angular esta dada en radianes por segundo, se tuvo que hacer una conversión a revoluciones por minuto. Esta conversión se hizo de la siguiente manera

$$\omega(rad/s) = \frac{\omega(RPM)\pi}{30} \quad (6)$$

Despejando para la velocidad angular en revoluciones por minuto, queda de la siguiente manera

$$\omega(RPM) = \frac{30\omega(rad/s)}{\pi} \quad (7)$$

Cabe mencionar que según el libro de Física para ciencias e ingeniería de Serway y Jewett, el coeficiente de fricción entre el aluminio y el acero es de 0.61 (Serway & Jewett, 2008).

Otra conversión que se realizó fue para la potencia, debido a que las unidades dimensionales con la conversión de la velocidad angular, son (lb*in)/s. Lo primero es pasar las pies a pulgadas y según Mark Kennan la conversión para que la potencia este en HP se puede expresar de la siguiente manera (Kennan, 2017):

$$\frac{lb * ft}{s} = 0.0018horsepower(hp) \quad (8)$$

La velocidad angular de la carda circular para un motor de 1/3 hp, aplicandole una fuerza de 8 libras, con un diámetro de 6 pulgadas y un coeficiente de fricción de 0.61, que es la fricción entre el aluminio y el acero (Serway & Jewett, 2008). Esta velocidad se calculó sustituyendo la ecuación 4, 8 a la ecuación 5 y despejando para la velocidad angular en rad/s

$$\omega(rad/s) = \frac{(1/3hp)(12in)}{0.0018hp * (8lbf)(0.61)(3in)} = 151.8rad/s \quad (9)$$

Utilizando la ecuación 7

$$\omega(RPM) = \frac{30(151.8rad/s)}{\pi} = 1450RPM \quad (10)$$

La velocidad angular con la carga en la carda disminuye a una velocidad de 1450 RPM. La velocidad angular medida con el tacómetro es de 1741 RPM, es la velocidad al momento de desetiquetar la botella.

6.8. Desgaste de la carda circular

Debido a que es difícil saber cuánto se desgasta la carda circular, se hicieron pruebas con la carda circular de la misma manera que se observó en las imágenes anteriores. Con la cantidad de botellas desetiquetadas, se hizo una comparación de diámetros con la misma carda.

Inicialmente, la carda circular tenía un diámetro de seis pulgadas, luego de desetiquetar 145 botellas, se realizó la medida del diámetro nuevamente con ayuda de un vernier. Se utilizó la siguiente expresión para saber cuánto se desgastó

$$Desgaste = D_{or} - D_{ac} \quad (11)$$

Donde

D_{or} : Diámetro original de la carda circular

D_{ac} : Diámetro actual luego de las 145 pruebas.

Esta diferencia de diámetros da cómo resultado el desgaste que sufrió la carda, para tener una aproximación de cuantas botellas puede desetiquetar la carda circular, se supuso que el desgaste es lineal.

Para encontrar estos diámetros, con el vernier, se midió la carda sin utilizarla, dando una medida de 151.38 mm, que son 5.96 in, y el diámetro de la carda luego de desetiquetar 145 botellas, es de 151.34 mm, lo cual es desgaste fue de

$$\text{Desgaste} = 151.38\text{mm} - 151.34\text{mm} = 0.04\text{mm} = 0.00157\text{in} \quad (12)$$

Como se observa, el desgaste es pequeño, 145 botellas no desgasta significativamente los alambres de la carda, debido a que el desgaste es de 0.00157 in. Como se mencionó anteriormente si los alambres de la carda son más cortos, estos pierden flexibilidad y son más agresivos, lo cual para este caso ya no podría funcionar. Se recomendaría cambiar la carda cuando la longitud de los alambres fuesen de tres pulgadas.

6.9. Calentamiento del motor

El aislamiento del bobinado del motor eléctrico al que se le realizó esta prueba es de clase B, esto se observó en la calcomanía que el motor tiene. La temperatura máxima admisible de este es de 130°C, esto se observa en la tabla 1. Esta prueba se llevó a cabo para comprobar si la temperatura del motor es igual, cercana o sobrepasa la temperatura máxima antes dicha.

Primero, se tomó la temperatura del motor, sin estar conectado al tomacorriente, esto para saber cuanto se eleva la temperatura en una operación de 2 horas midiendo cada 10 minutos. Luego, se conectó el motor a la corriente. Como se observa en el Cuadro 8, la temperatura de la medida 1 a medida 5 se elevó, y en la medida 6 a la medida 13, se mantuvo.

Los valores que se midieron fueron la temperatura, las revoluciones por minuto y cada 10 minutos en dos horas, los cuales fueron trece medidas. Estas se obtuvieron con ayuda del termómetro, el tacómetro y las marcas reflejantes mencionadas en la sección 6.6. Las RPM se midieron para observar si con el aumento de la temperatura y el tiempo de operación del motor disminuían.

En la siguiente tabla se observa la temperatura conforme pasa el tiempo

Cuadro 8: Valores de temperatura del motor eléctrico

Operación continua del motor				
# medidas	Potencia (hp)	Tiempo (hr:min)	RPM	Temperatura (°C)
1	1/3	00:00	1750	33.3
2	1/3	00:10	1750	42.2
3	1/3	00:20	1746	46.4
4	1/3	00:30	1747	50.1
5	1/3	00:40	1749	52.2
6	1/3	00:50	1750	53.2
7	1/3	1:00	1750	54
8	1/3	1:10	1750	53.7
9	1/3	1:20	1749	53.8
10	1/3	1:30	1747	53.8
11	1/3	1:40	1749	54
12	1/3	1:50	1749	54
13	1/3	2:00	1748	53.9

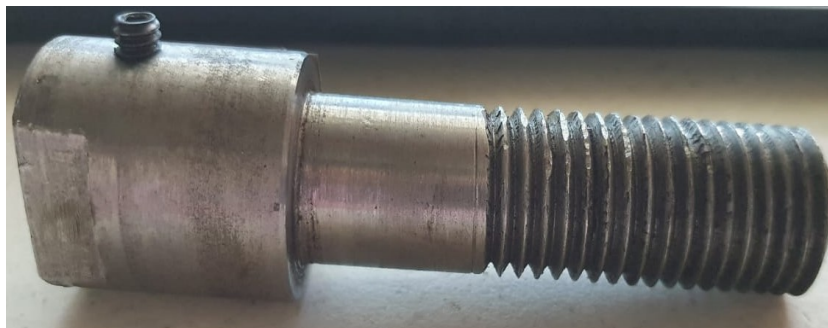
Fuente: Elaboración propia

6.10. Cálculo del acople

Para realizar las pruebas con las botellas fue necesario unir el eje del motor con la carda circular. El acople fue diseñado por un tornero y se le indicó los requisitos que debe tener el acople. Los requisitos son: la carda circular debe ensamblarse y desensamblarse con facilidad, el acople debe tener un espacio para cuñero, debe tener un agujero roscado para un esparrago Allen, debe tener una tuerca para sujetar la carda.

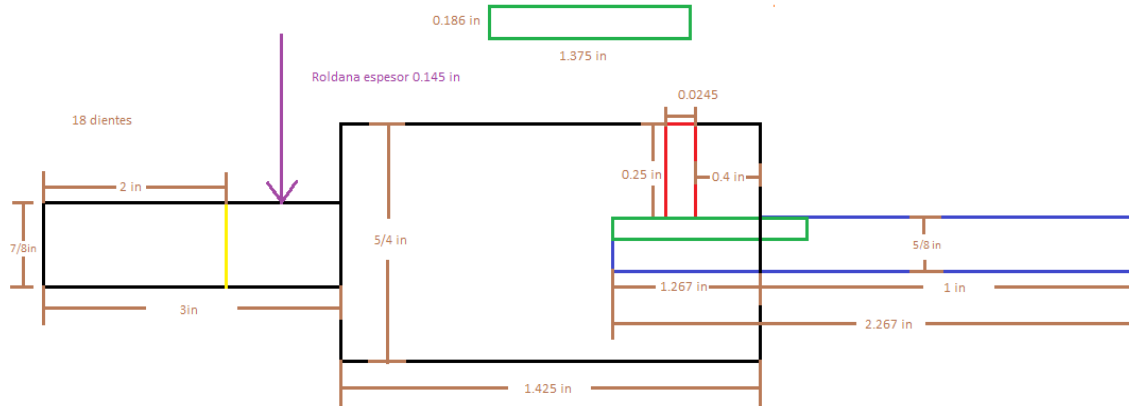
El diseño inicial se observa en la Figura 33 y las medidas de este acople se muestran en la Figura 34. En la figura donde se observan las medidas del acople, el rectángulo azul es el eje del motor, el rectángulo verde es la cuña, el rectángulo rojo es el esparrago Allen, lo que esta en negro es el acople y este tiene un roscado con 18 dientes.

Figura 33: Acople inicial



Fuente: Elaboración propia

Figura 34: Medidas de acople inicial



Fuente: Elaboración propia

Las medidas se utilizaron para realizar cálculos, los cuales son para verificar si este acople es el indicado y tomar la decisión de realizar algún cambio al acople. Los análisis fueron de la cuña, del acople, de acople-motor y del castigador.

6.10.1. Análisis de la cuña

Para este análisis se quiere encontrar el factor de seguridad de la cuña debido a que no se podría hacer modificaciones a la cuña, ya que esta y el motor fueron entregadas así por VIGUA. Solo se quiere verificar si esta es funciona debidamente. Para este análisis se considero un acero 1006 laminado en caliente, esto porque no se sabe de que material fue fabricada la cuña. Por lo general las cuñas en su mayoría se fabrican de acero laminado en frio a bajo carbono (Felipe, 2018), para este caso sera laminado en caliente debido a que tiene menor resistencia a la fluencia y así se calcula con base al peor escenario. La resistencia a la fluencia de este acero es de 24 kpsi (Budynas & Nisbett, 2015)

El par de torsión para esta dado por

$$T = \frac{63025 P_{HP}}{n} = \frac{63025(1/3)}{1750} = 12 \text{ lbf} * \text{ in} \quad (13)$$

Para calcular la fuerza

$$F = \frac{T}{r} = \frac{12 \text{ lbf} * \text{ in}}{5/16 \text{ in}} = 38.42 \text{ lbf} \quad (14)$$

donde

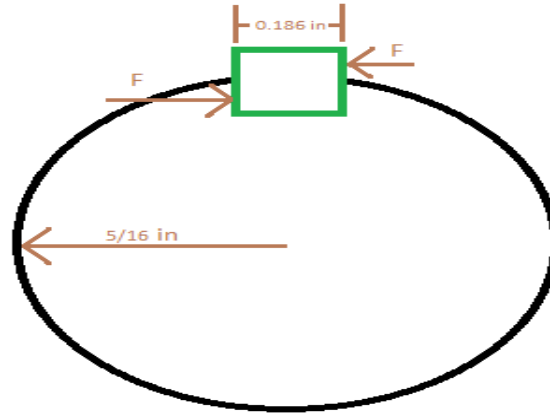
r: radio del eje del motor

F: fuerza en la superficie del eje

T: torque que la cuña aguanta

Esta fuerza se observa en la Figura 35

Figura 35: DCL de la cuña



Fuente: Foto propia

Para incorporar el factor de seguridad

$$\tau = \frac{S_y}{2n} \quad (15)$$

En donde la falla por cortante a lo largo del area de la cuña crea un esfuerzo de $\tau = F/tl$. Sustituyendo τ en la ecuación anterior y despejando para el factor de seguridad, se tiene

$$n = \frac{S_y tl}{2F} = \frac{(24000psi)(0.186in)(1.375in)}{2(38.42lbf)} = 79.9 \quad (16)$$

donde:

S_y : resistencia a la fluencia del acero 1006 laminado en caliente

t: espesor de la cuña

l: largo de la cuña

El factor de seguridad para la cuña de acero 1006 laminado en caliente es de 79.9.

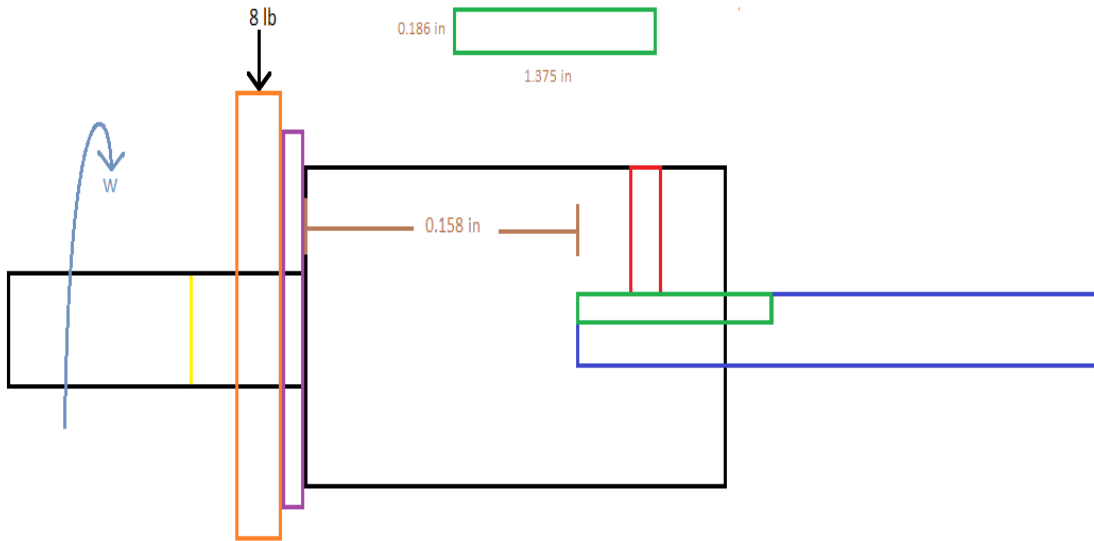
6.10.2. Análisis del acople

Para el análisis del acople, se quiere encontrar la resistencia a la fatiga, para saber que material es el adecuado para este acople. Se utilizó un factor de seguridad de 3, esto se debe a que si falla, no pone en riesgo la integridad física de las personas. Otro motivo es porque si se sobrepasa la fuerza que se aplica al sistema, ya que no se cuenta con un medidor de fuerza,

se prevee el exceso de fuerza. Además, porque como diseñador primerizo, por precaución se puede suponer que la máquina estará en una condición "difícil" por el desconocimiento del ambiente de trabajo en donde utilizaran la desetiquetadora y por la probabilidad de que se excedan los esfuerzos que se observarán en los cálculos.

Se utilizó el siguiente diagrama del cuerpo libre. El eje del motor gira en contra las agujas del reloj a una velocidad de 1750 rpm, y está la fuerza de 8 libras sobre la carda circular. Para calcular la resistencia a la fluencia se realizó lo siguiente. Se calculó el esfuerzo de flexión que genera la fuerza de 8 libras.

Figura 36: DCL del acople



Fuente: Elaboración propia

El esfuerzo de flexión provocada por el brazo de la fuerza es la siguiente

$$\sigma_{flex} = \frac{Mr}{I} = \frac{(8)(0.7075)(7/16)}{\frac{\pi(7/8)^4}{64}} = 86.06psi \quad (17)$$

En donde

$M = FD_a$; D_a es la distancia en donde se aplica la fuerza

$I = \pi d^4/64$, momento de inercia de un cilindro sólido.

Para este caso se considera +- por la parte de tensión y compresión del eje. Luego se calcula el esfuerzo a torsión, cuando el motor se enciende. El esfuerzo se calculó de la siguiente manera

$$\tau_{tor} = \frac{T_{tot}r}{J} = \frac{(12lbf * in + (8)(0.61))(7/16)}{\frac{\pi(7/8)^4}{32}} = 128.33psi \quad (18)$$

En donde

$$T_{tot} = 63025P_{HP}/n + \mu F$$

$$J = \pi d_c^4/32$$

Para la expresión de T_{tot} , en donde la parte izquierda es el torque cuando gira el motor y el término de la derecha es el torque que provoca la botella al momento que enciende el motor, porque se opone al giro del eje.

Luego se calcularon los esfuerzos principales. Estos estan dados por

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_{flex}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_{flex}}{2}\right)^2 + T_{tor}^2} = \sigma_{1,2} = \frac{86.06}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{86.06}{2}\right)^2 + 128.33^2} \quad (19)$$

$$\sigma_1 = 178.38psi \quad (20)$$

$$\sigma_2 = -92.32psi \quad (21)$$

Estas están localizadas en el hombro del acople. Luego utilizando el esfuerzo de Von Mises

$$\sigma' = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \quad (22)$$

$$\sigma' = \sqrt{\frac{(178.38 - (-92.32))^2 + (-92.32 - 0)^2 + (0 - 178.38)^2}{2}} = 238.35psi \quad (23)$$

En donde $\sigma_3 = 0$

Luego para encontrar la resistencia a la fluencia se utilizó la siguiente expresión

$$S_y = \frac{n\sigma'}{1000} = \frac{(3)(238.35)}{1000} = 0.715kpsi \quad (24)$$

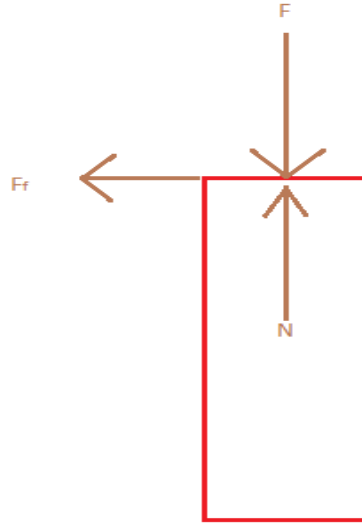
Debido a que el resultado del esfuerzo a la fluencia es bajo de 0.715 kpsi, se puede utilizar cualquier acero para el acople.

6.10.3. Análisis del castigador

Para este análisis se quiere encontrar la fuerza que está provocando el castigador a la cuña ubicada en el eje del motor. Esta fuerza será de utilidad para encontrar la fuerza de fricción que se necesita para que el cuñero se deslice del castigador. Para ello se utilizan las medidas de la Figura 34.

El primer paso fue encontrar la fuerza de fricción que el castigador soporta. Esta fuerza se comparará con la fuerza de fricción que se mencionó en el párrafo anterior. La fuerza que el castigador soporta se obtiene utilizando el diagrama de cuerpo libre de la Figura 37 y la ecuación es la siguiente

Figura 37: DCL para la fuerza de fricción



Fuente: Elaboración propia

$$F_f = \mu F = (0.61)(8\text{ lbf}) = 4.88\text{ lbf} \quad (25)$$

Para encontrar la fuerza provocada por el castigador para la fuerza de fricción que esta provoca se realiza lo siguiente.

Debido a que se desconoce el material del castigador, se supondrá un acero 1006 maquinado en caliente, que su resistencia a la fluencia es de 24 kpsi. En este paso se utiliza la siguiente ecuación

$$T = LF_p = 0.785F_p \quad (26)$$

Donde

T: torque

L: largo de la palanca

F_p : Fuerza aplicada en la palanca

El largo L se puede observar en la Figura 38, esta distancia que se utiliza para obtener el par de torsión sobre el castigador, que es la ecuación 26 y 29. La llave Allen se coloca como se muestra en la Figura 39

Figura 38: Distancia de la palanca de llave Allen



Fuente: Elaboración propia

Figura 39: Posicionamiento de llave Allen



Fuente: Elaboración propia

Se utiliza la resistencia a la fluencia

$$S_y = \frac{32M}{\pi d_l^3} \quad (27)$$

Donde $M = (L - d_s/2)F_p$. Sustituyendo M en la ecuación anterior

$$S_y = \frac{32(L - \frac{d_c}{2})F_p}{\pi d_l^3} \quad (28)$$

Despejando para F_p

$$F_p = S_y \frac{\pi d_l^3}{32(L - \frac{d_c}{2})} = (24000psi) \frac{\pi(0.117in)^3}{32(0.785in - \frac{0.245in}{2})} = 5.70lbf \quad (29)$$

donde

S_y : Resistencia a la fluencia

d_l : Diámetro de la llave Allen

d_c : Diámetro del castigador

Para encontrar el par de torsión sobre el castigador, se utilizó la ecuación 26.

$$T = LF_p = (0.785in)(5.70lbf) = 4.47lbf \quad (30)$$

Se utilizó la ecuación del par de torsión necesario para producir una precarga

$$T = KF d_c \quad (31)$$

Donde

K: coeficiente del par de torsión

Despejando para la fuerza que ejerce el castigador sobre la cuña

$$F = \frac{T}{K d_c} \quad (32)$$

donde

d_c : diámetro del castigador

El coeficiente del par de torsión se puede encontrar en la tabla que proporciona el libro de Shigley. Se utilizó un coeficiente de 0.3, debido a que es el coeficiente más alto dado por la tabla y así suponer el peor de los casos. La tabla muestra los siguientes valores

Cuadro 9: Factores del par de torsión K para su empleo con la ecuación 29

Condición del perno	K
Sin recubrimiento, acabado negro	0.3
Galvanizado	0.20
Lubricado	0.18
Con recubrimiento de cadmio	0.16
Con Anti-Seize Bowman	0.12
Con tuercas Bowman-Grip	0.09

Fuente: Budynas y Nisbett, 2015

$$F = \frac{T}{Kd_c} = \frac{4.47\text{ lbf}}{(0.30)(0.25)} = 59.6\text{ lbf} \quad (33)$$

Luego se encontró la fuerza de fricción que se necesita para generar movimiento en la cuña y en el castigador. Esta fuerza se encuentra con la ecuación 25. La diferencia es el coeficiente de fricción estático, que en este caso es de 0.74 (Serway & Jewett, 2008), debido a que la cuña y el castigador son de acero.

$$F_{fa} = \mu F = (0.74)(59.6)\text{ lbf} = 44.1\text{ lbf} \quad (34)$$

La fuerza de fricción entre el castigador y la cuña es de 44.1 lbf, que es la fuerza de fricción que provoca la fuerza de sujeción del castigador de 59.6 lbf.

6.11. Consumo del motor

Se calculó el consumo eléctrico del motor y el costo de electricidad. Según la empresa Franklin Electric, para calcular la energía que el motor consume al estar en operación se encuentra de la siguiente manera (Franklin Electric, 2012)

$$P_{kW} = \frac{P_{HP}}{1.341} = \frac{1/3}{1.341} = 0.25\text{ kW} \quad (35)$$

Primero se calcula la potencia eléctrica

$$P_{el} = VI \cos \theta = \frac{(120\text{V})(6\text{A})(0.41)}{1000} = 0.295\text{ kW} \quad (36)$$

donde

V: Voltaje

I: Corriente nominal, 6 A

$\cos \theta$: Factor de potencia, 0.41 (WEG Motor, 2021)

Para calcular el costo mensual, es necesario saber el consumo de potencia del motor en kilowatts, cuantas horas al día o al mes opera el motor y el costo de la potencia en kilowatts - hora (Franklin Electric, 2012).

El motor monofásico de 1/3 hp consume 0.295 kW. El motor estará funcionando 8 horas al día. Eso significa que estaría prendido 240 horas al mes. Para el costo de la potencia, de acuerdo a ENERGUATE, que es la empresa que distribuye electricidad en Guatemala, en donde las tarifas vigentes para DEOCSA y DEORSA de mayor de 2020, el cargo por energía es de 2.17 Q/kWh (ENERGUATE, 2016)

$$E_{cond} = P_{kW} * (h) = (0.295kW)(8hr) = 2.36kWh \quad (37)$$

$$E_{conm} = E_{cond}(dm) = (2.36kW)(30) = 70.8kWhxmes \quad (38)$$

Donde

E_{cond} : energía diaria consumida por el motor, kWh

E_{conm} : consumo energético mensual

h: horas de uso del motor

dm: días del mes

Al tener el consumo energético mensual, se multiplicó el total de kilovatios hora usados por la tarifa por cada kilovatio hora cobrada por la compañía eléctrica, así se obtuvo el costo mensual.

$$Costomensual = E_{conm} * taf = (70.8kWhxmes)(2.17Q/kWh) = Q153.64 \quad (39)$$

donde

taf: tarifa cobrada por la compañía eléctrica.

Si la desetiquetadora se utiliza 8 horas por día, los 30 días del mes, se pagaría mensualmente un aproximado de Q160.00.

6.12. Pruebas finales

Las pruebas se realizaron con el procedimiento descrito en la guía en anexos, en la parte de Anexo 1 - Protocolo de pruebas en la página 83. En resumen, se realizaron 20 pruebas en total, 10 pruebas con botellas de cuello delgado y 10 pruebas con cuello grueso.

Es deseable que la máquina encienda con la llave conectada y con el botón verde. Esta no puede funcionar si solamente se presiona el botón de encendido o girando la llave. Por lo que

esto se puso a prueba presionando el botón de encendido pero sin tener la llave conectada, se presionó el pedal y efectivamente el motor no funcionó

Al girar la llave y presionar el botón de encendido, se comprobó que la luz del relé de enclavamiento se encendió, también se verificó que el motor encienda mientras el pedal se mantenga presionado. Para verificar que el sistema eléctrico funcione por completo, la última prueba fue verificar el funcionamiento del botón de emergencia. Para ello con el pedal presionado y el motor operando, se presionó el botón de emergencia y el motor se apagó inmediatamente y el relé de enclavamiento dejó de funcionar. Por lo que el sistema eléctrico funciona correctamente. Se cumplen los requisitos de operar el motor por medio de un pedal y el requisito de que la máquina deja de operar al momento de presionar el botón de emergencia.

Para la verificación del sistema de extracción de etiquetas, se captó una imagen con la cámara termográfica antes de realizar pruebas. Se conectó la máquina al tomacorrientes, se encendió la máquina y se extrajo la primera etiqueta de aluminio. Luego de dicha prueba con la primera botella se tomó otra fotografía con la cámara termográfica, luego de eso se realizaron 9 pruebas más, se realizó el mismo procedimiento con la cámara termográfica para la décima botella. Se prosiguió desetiquetando las 10 botellas de vidrio con cuello grueso y luego de la última botella se capturó otra toma con la cámara termográfica para observar que temperatura alcanzó el motor y los cables. Cabe mencionar que en cada prueba se realizaron mediciones de la velocidad a la que la máquina elimina las etiquetas de aluminio, esto con ayuda de un tacómetro digital. Del mismo modo se midió el tiempo de extracción del contaminante en cada prueba, esto con ayuda de un cronómetro.

Las siguientes tablas muestran los datos que se obtuvieron en las prueba con botellas de cuello delgado y botellas de cuello grueso

Cuadro 10: Resultados de pruebas con botellas de cuello delgado

No. pruebas	Tiempo de extracción (seg)	Velocidad angular (RPM)	Temperatura de motor (°C)	Temperatura de cables (°C)
0	-	-	21.9	21.9
1	18	1743	22.5	21.9
2	18.5	1742	-	-
3	20	1743	-	-
4	20	1742	-	-
5	18	1743	-	-
6	18	1741	-	-
7	18	1742	-	-
8	20	1742	-	-
9	20	1743	-	-
10	21	1743	32.3	21.4

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 11: Resultados de pruebas con botellas de cuello grueso

No. pruebas	Tiempo de extracción (seg)	Velocidad angular (RPM)	Temperatura de motor (°C)	Temperatura de cables (°C)
1	27	1742	-	-
2	27	1740	-	-
3	26	1740	-	-
4	26	1738	-	-
5	29	1738	-	-
6	28	1738	-	-
7	28	1739	-	-
8	27	1739	-	-
9	26	1739	-	-
10	30	1735	34.4	20.9

Fuente: Elaboración propia

Las imágenes de la termografía se mostraran en la sección de resultados. Es importante mencionar que los cables del sistema eléctrico no se calentaron, solamente el motor y algunos componentes eléctricos como el relé de enclavamiento y el flipón. Dichos componentes no sufrieron de sobrecalentamiento, esto es porque según la hoja técnica de ambos componentes, la temperatura que ellos resisten es mayor a la que alcanzaron en las pruebas, esto se hablará en la sección de resultados.

Al terminar de realizar las pruebas se observó la carcasa del motor y se verificó que no existieran partículas de agua y/o aluminio. Toda la cantidad de dichas partículas cayeron al suelo por gravedad y ninguna se encontró en el motor. Esto se observa en la siguiente imagen

Figura 40: Motor sin contaminantes de aluminio ni partículas de agua

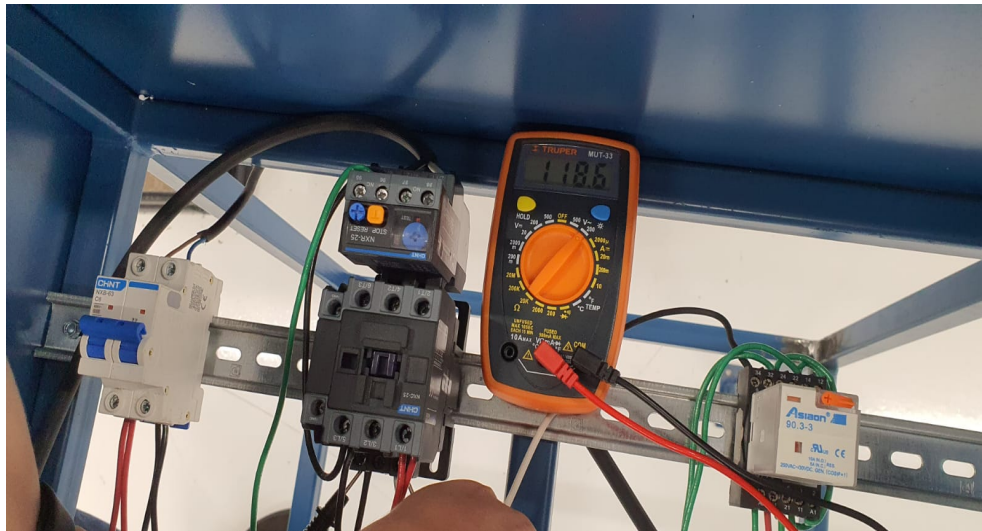


Fuente: Elaboración propia

El acople carda-motor es el componente que se utiliza para conectar la carda al motor para lograr desetiquetar las botellas, este componente es importante por lo que al finalizar las pruebas con las 20 botellas, se verificó si existe desajuste o daños en el acople, lo cual se comprobó moviendo el acople, este permaneció estático, por lo que no tenía desajuste, tampoco oscilaba al momento de encender nuevamente el motor y se desensambló y no se encontró daño alguno en dicho acople. Se cumple el requisito de que la conexión entre la carda y el motor es por medio de un acople.

Al culminar las pruebas con las botellas mencionadas anteriormente, se verificó la continuidad de los cables, esto para asegurar que ningún cable se haya aflojado, se verificó también que los cables estuvieran en buen estado, estos se encontraban sin señales de desgaste ni cortes en el plástico aislante. Los tornillos de los botones, los componentes eléctricos y los botones en la lámina frontal no se aflojaron. Al comprobar lo anterior, se encendió nuevamente el sistema y como se menciona en el protocolo de pruebas, se verificó el voltaje en el sistema eléctrico, este se observa en la siguiente imagen

Figura 41: Voltaje del sistema eléctrico



Fuente: Elaboración propia

7.1. Sistema de potencia

El prototipo de la máquina desetiquetadora contará con un motor monofásico de arranque por capacitor de 1/3 de HP, que trabajará en 110V, a una velocidad máxima de 1750 RPM. El motor que la máquina utilizará se observa en la siguiente figura.

Figura 42: Motor monofásico de arranque por capacitor



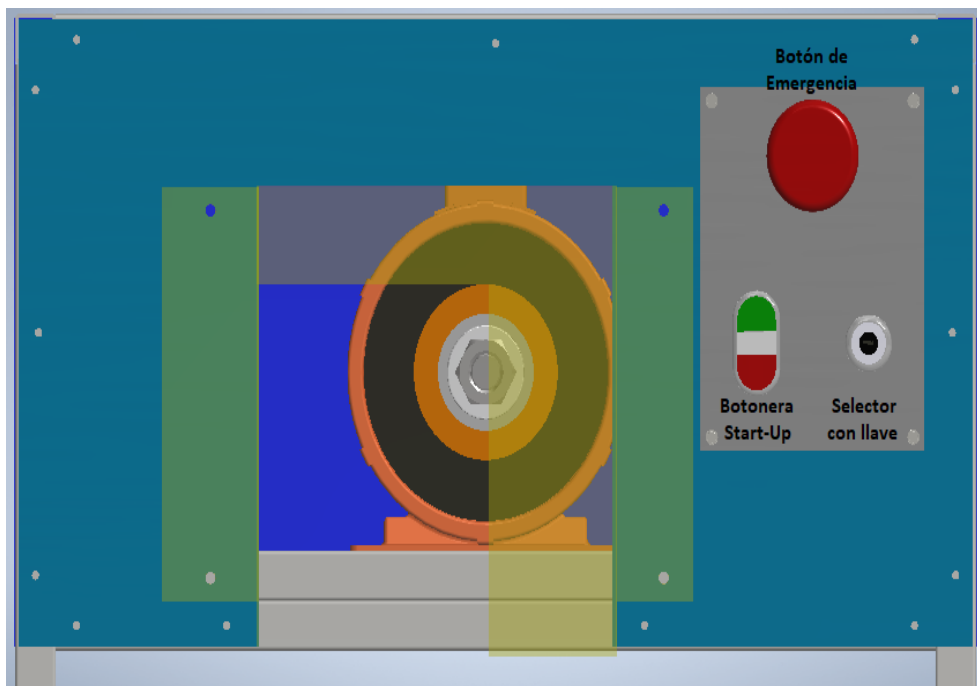
Fuente: Elaboración propia

7.2. Sistema de apagado de emergencia e interrupción de la corriente con llave

El sistema de apagado de emergencia de la máquina desetiquetadora, el pulsador de emergencia estará conectado al interruptor principal, donde viene la carga; a su vez, el pulsador está conectado también a la llave maestra. Esto se puede observar en la Figura 20.

El sistema de interrupción de la corriente de llave de la máquina desetiquetadora, como se mencionó anteriormente, la llave maestra estará conectada al pulsador de emergencia y conectada en serie al pulsador de encendido y apagado. El requisito RSE2, el cual es encender la máquina con una llave y un interruptor de encendido se cumplieron.

Figura 43: Ubicación de los interruptores



Fuente: Elaboración propia

7.3. Sistema de extracción de etiquetas de aluminio

El sistema de desetiquetado es un acople de acero 1010 rolado en frío. Dicho acople se pudo observar en la Figura 33. Las medidas del acople donde se encuentra la carda circular se redujo a 1.89 pulgadas. Esto se hizo para evitar que el usuario no sufra daños físicos por rozar con la rosca que sobresale. Debido a eso dicho largo se dejó al de la tuerca.

7.4. Diseño del sistema eléctrico

Para tener una idea del sistema eléctrico físicamente se puede observar la siguiente imagen

Figura 44: Sistema eléctrico físico



Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la termografía revelaron que componentes son los que se calientan al momento de operar la máquina desetiquetadora. Para ello se tomaron cuatro fotografías en el proceso de pruebas: antes de iniciar pruebas, luego de la primer prueba, luego de la décima prueba y al finalizar las pruebas. Dichas capturas se muestran a continuación

Figura 45: Temperatura antes de iniciar pruebas

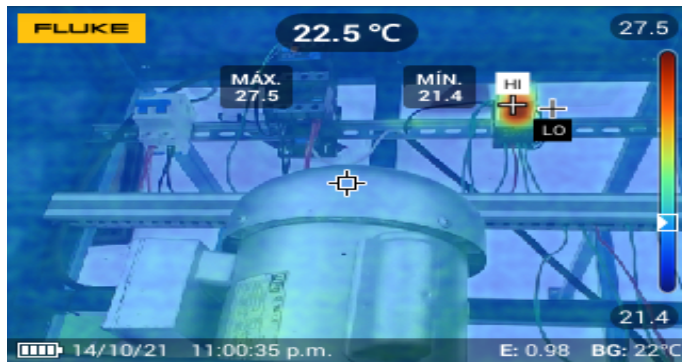


Fuente: Elaboración propia

En la Figura 43 se observa que el relé de enclavamiento ya se encuentra con una temperatura más elevada que todo los componentes, esto se debe a que se hicieron pruebas de

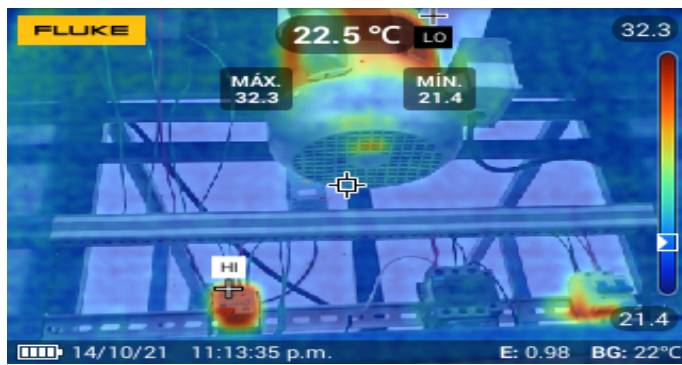
encendido de la máquina, lo cual calentó dicho relé antes de las pruebas.

Figura 46: Temperatura luego de la primera prueba



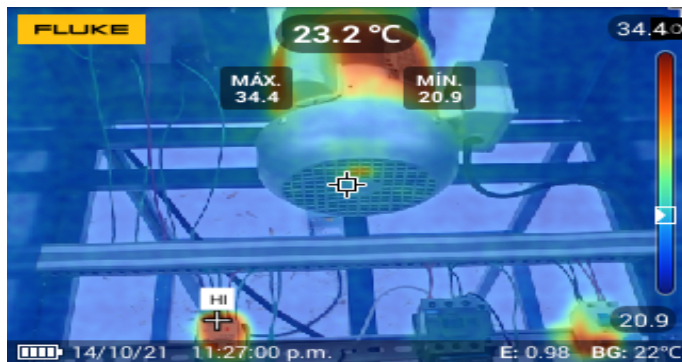
Fuente: Elaboración propia

Figura 47: Temperatura luego de la décima prueba



Fuente: Elaboración propia

Figura 48: Temperatura luego de la última prueba



Fuente: Elaboración propia

En las figuras anteriores se observa que entre más pruebas se realicen más aumenta la temperatura. Cabe resaltar que los componentes que tuvieron una mayor elevación de temperatura fue el motor, el flipón y el relé de enclavamiento. La temperatura máxima que el motor puede alcanzar es de 130°C, según la ficha técnica del relé y del flipón estos pueden alcanzar entre 75 y 80°C, los cuales en estas pruebas no alcanzaron a esas temperaturas.

Como se mencionó en la sección de pruebas finales, luego de las pruebas se comprobó que el plástico aislante de los cables eléctricos no presentaron señales de corte o desgaste, por lo cual el requisito RSE1 se cumplió. Del mismo modo, el motor de la máquina se opera por medio de un pedal, por lo que el requisito RSE3 se cumple. El sistema completo de la máquina deja de operar al momento de oprimir el botón de emergencia, el requisito RSE5 también se cumple.

Para desetiquetar las botellas se utilizó una carda circular, la cual está conectada al motor eléctrico por medio de un acople. La carda puede desetiquetar más de 8000 botellas. Los requisitos RSD4 y RSD5 se cumplen.

7.5. Diseño del sistema de desetiquetado

Cuadro 12: Resultados de pruebas

Botellas de cuello delgado			Botellas de cuello grueso		
No. pruebas	Tiempo de extracción (seg)	Velocidad angular (RPM)	No. Pruebas	Tiempo de extracción (seg)	Velocidad angular (RPM)
1	18	1743	11	27	1742
2	18.5	1742	12	27	1740
3	20	1743	13	26	1740
4	20	1742	14	26	1738
5	18	1743	15	29	1738
6	18	1741	16	28	1738
7	18	1742	17	28	1739
8	20	1742	18	27	1739
9	20	1743	19	26	1739
10	21	1743	20	30	1735
Promedio	19	1742	Promedio	27.4	1739

El tiempo de extracción de etiquetas tiene un promedio de 19 segundos para las botellas de cuellos delgado, el promedio para las botellas de cuello grueso es mayor, siendo de 27.4 segundos. Para ambas botellas se lograron los requisitos RSD2 y RSD3, los cuales son el tiempo de extracción de etiquetas. Ya que para las botellas de cuello grueso se deben eliminar en menos de un minuto y para las botellas de cuello delgado se deben eliminar en menos de 40 segundos.

El promedio de velocidad angular para extraer la etiqueta de aluminio es mayor para el cuello delgado y menor para el de cuello grueso. Para la extracción de etiqueta se cumple

el requisito RSD1, el cual es que la máquina debe desetiquetar botellas de 350 a 355 mL de volumen.

7.6. Costo de materiales para el sistema eléctrico y de desetiquetado

Un requisito económico para la máquina desetiquetadora es que el costo de los materiales, requisito REMD1, para la manufactura del sistema eléctrico y del sistema de desetiquetado sea menor de Q1500.00. Dicho requisito se cumplió, esto se demuestra con el siguiente cuadro

Cuadro 13: Costo de materiales

Material	Cantidad	Unidad	Precio (Q)
Carda circular de 6 pulgadas de diametro	1	UND	100
Pulsador de hongo 60 mm s/enclave	1	UND	60
Selector c/llave pos c/retorno 1NO 22	1	UND	75
Botón ON/OFF	1	UND	40
Block de contacto frontal 2NO+2NC	1	UND	30
Rele 11 pines 240 AVC	1	UND	50
Base de 11 pines	1	UND	25
Switch de pie met. s/protector 10A 220V	1	UND	160
Contactador NXC 25 110 60HZ	1	UND	100
Bimetalico NXR 25 12-18A	1	UND	95
Cable THHN #12 7 hilos rojo	3	mts	12.15
Cable THHN #12 7 hilos negro	3	mts	12.15
Cable THHN #12 7 hilos verde	6	mts	24.3
5/16 x 1 1/2 cab/hex unc galvanizado GR5	4	UND	-
5/16 washa de presión galvanizada	4	UND	-
5/16 tuerca hexagonal unc galvanizada GR 5	4	UND	-
5/16 roldana galvanizada U.S.S	4	UND	25.6
Acople carda-motor	1	UND	200
Motor eléctrico monofásico 1/3hp reutilizado	1	UND	731
Total			1740.2

La máquina desetiquetadora contribuirá tanto a VIGUA como a los centros de acopio que repliquen dicha máquina, esto se debe a que el costo de los materiales sistema desetiquetado y el sistema eléctrico fue de Q1009.2, lo cual es económico y aún así el precio puede bajar comprando una carda más económica o un pedal eléctrico más barato, también el precio de la manufactura puede bajar o subir dependiendo el tornero que realice la pieza. Cabe resaltar que los centros de acopio solo utilizaran motores reciclados, no están interesados en comprar un motor eléctrico por el alto precio que estos tienen.

7.7. Prototipo final de máquina desetiquetadora

En la siguiente imagen se observa el prototipo de la máquina desetiquetadora de botellas de vidrio de 350-355 ml.

Figura 49: Máquina desetiquetadora de botellas de vidrio



Fuente: Elaboración propia

1. Se diseñó el sistema eléctrico para el funcionamiento de la desetiquetadora para botellas de vidrio de 350 a 355mL. Esto es porque se logró comprobar el voltaje del sistema y el funcionamiento de cada componente eléctrico.
2. El componente principal para el sistema de potencia para el funcionamiento de la máquina es un motor eléctrico reutilizado de 1/3 HP, monofásico con una velocidad máxima de 1750 RPM
3. Se implementó al sistema eléctrico un interruptor de llave
4. Se implementó un sistema de activación de la desetiquetadora por medio de un pedal eléctrico. Dicho pedal activa y desactiva el motor en el momento que el usuario lo desee.
5. El sistema de apagado de emergencia se logró implementar con un botón de paro de emergencia, el cual apaga todo el sistema desactivando el relé de enclavamiento al momento de presionar dicho botón
6. El componente eléctrico reciclado para la construcción del sistema eléctrico es el motor eléctrico, debido a que este lo utilizaban anteriormente en VIGUA.
7. Se determinó el sistema que ayuda a desetiquetar las botellas de vidrio. Dicho sistema esta conformado del motor eléctrico, la carda circular y el acople, que es el que conecta el motor y la carda.
8. Se creó un manual de usuario donde explica la manera correcta de operar la máquina y sobre el mantenimiento de la desetiquetadora.
9. La máquina eliminó etiquetas en menos de 40 segundos por botella, para las personas con mayor experiencia pueden realizar un tiempo más bajo y de manera segura.
10. El sistema eléctrico es capaz de detener la máquina inmediatamente en caso de cualquier accidente.

11. El costo eléctrico mensual es de Q153.64, lo que se puede considerar un costo bajo para la cantidad de botellas que podría desetiquetar. El valor del costo mensual puede aumentar o disminuir por el cargo de energía de Q/kW h y el tiempo de uso real que se le de mensualmente.

Recomendaciones

Se recomienda experimentar con el uso de esponjas metálicas, debido a que estas son más económicas que las cardas circulares. Para dicha esponja también es recomendable realizar un análisis económico, debido a que la esponja se desgasta más rápido que la carda circular y por eso está la posibilidad que no sea rentable.

A pesar que el diseño fue para el cuello de botellas de 350 a 355 mL, se recomienda probar el funcionamiento de la máquina para otros tamaños de botellas y otras partes de las botellas como lo son las etiquetas del cuerpo de la botella.

Es recomendable agregarle a la máquina un depósito, para que por gravedad caiga la etiqueta de aluminio extraída a dicho depósito. Esto es importante debido a que en las pruebas la viruta de aluminio se extiende por el suelo, aparte de eso el aluminio cae al pedal de pie, lo cual para este pedal no se ve afectado porque tiene protección en el interior del circuito, pero si se llegara a utilizar un pedal más sencillo, el aluminio puede arruinar el pedal.

Para futuras modificaciones en la estructura, se recomienda analizar si es conveniente colocar bisagras a las láminas, en donde sería conveniente colocarlas, debido a que esto puede acortar el tiempo de mantenimiento a la máquina, ya que habría menos cantidad de tornillos en las láminas.

- Aufdemkamp, G. & Simon, E. (2020). <https://www.alufoil.org/en/about-us/team.html>
- Blanco, A. (2019). <https://dca.gob.gt/noticias-guatemala-diario-centro-america/guatemala-primer-pais-en-reciclaje-de-vidrio/>
- Bodin, J. & Mason, T. (2020). <https://www.britannica.com/technology/abrasive/Cutting-wheels>
- Bratu, N. & Campero, E. (1995). *Instalaciones Eléctricas* (2.^a ed.) [original-date: 1990]. ALFAOMEGA GRUPO EDITOR S.A. de C.V.
- Budynas, R. & Nisbett, K. (2015). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (10.^a ed.). McGraw-Hill Global Education Holdings.
- Callejo, A. (2020). *¿Qué vida útil tiene un motor eléctrico?* <https://forococheselectricos.com/2020/06/que-vida-util-tiene-un-motor-electrico.html>
- Carlson, M. (2013). <https://www.plantengineering.com/articles/e-stop-buttons-designed-to-enhance-machine-safety/>
- CENTELSA. (2002). *THHN/THWN 90°C* [publisher: CENTELSA]. <https://www.centelsa.com/archivos/5344cd0e.pdf>
- Chau, K.-T., Li, W. & Lee, C. (2012). https://www.researchgate.net/figure/Classification-of-electric-machines_fig1_270081527
- Csanyi, E. (2016). *Regular Motor Maintenance To Avoid Failure (and Prolong Its Lifespan)* [publisher: ELECTRICAL ENGINEERING PORTAL]. <https://electrical-engineering-portal.com/regular-motor-maintenance-to-avoid-failure-and-prolong-its-lifespan>
- Csanyin, E. (2016). <https://electrical-engineering-portal.com/motor-types-electric-industrial-drives>
- ELAN ELECTRIC S.A. (2019). *Grados de Protección IP y Clase de Aislación* [publisher: ELAN ELECTRIC S.A]. <https://www.elanelectric.cl/wp-content/uploads/2019/04/Grados-IP-y-Clase-de-Aislacion.pdf>
- Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. (2019). <https://eegsa.com/obligaciones-del-distribuidor/#:~:text=Los%20tipos%20de%20servicio%20a,voltios%20trif%C3%A1sico%2C%2013.8%20kV%20trif%C3%A1sico.>

- ENERGUATE. (2016). *¿CUÁNTO CUESTA LA LUZ?* [publisher: ENERGUATE]. <https://www.energuate.com/cuanto-cuesta-la-luz>
- FARADAYOS Tecnología Eléctrica. (2015). *5 puntos esenciales para el mantenimiento de una instalación eléctrica* [publisher: FARADAYOS Tecnología Eléctrica]. <https://www.faradayos.info/2014/02/pasos-mantenimiento-instalacion-electrica.html?m=1>
- Farina, A. (2018). https://www.editores-srl.com.ar/revistas/ie/338/si_farina_motores_trifasicos
- Felipe, D. (2018). *CUÑAS Y PASADORES* [publisher: Universidad Nacional autónoma de México]. http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m1/Cunas_y_pasadores.pdf
- Franklin Electric. (2012). *Información para calcular el costo eléctrico de una bomba sumergible* [publisher: Franklin Electric]. <https://franklinlinkmx.wordpress.com/2012/10/09/informacion-para-calcular-el-coste-electrico-de-una-bomba-sumergible/>
- Global Electronic Services, Inc. (2021). *5 Reasons Your Electric Motors Keep Overheating* [publisher: Global Electronic Services, Inc.]. <https://gesrepair.com/5-reasons-electric-motors-keep-overheating/#:~:text=Electrical%20overload%20caused%20by%20excessive,reason%20behind%20electric%20motor%20failure>
- Golenko, A. (2010). *Fundamentals of Machine Design* (Kapital ludzki) [original-date: 2010]. Politechnika Wroclawska. https://www.academia.edu/37909406/Fundamentals_of_Machine_Design_A_Coursebook_for_Polish_and_Foreign_Students
- Gonzalez, S. (2020). <https://www.wisegeek.com/what-is-an-emergency-stop-button.htm>
- HAOMEI. (2020). <http://flex-pack.cn/beer-bottle-neck-label.html>
- Haomei, D. (2020). <https://www.alumhm.com/a/the-common-aluminum-foil-packaging.html>
- Harutyunyan, V. (2021a). *Tipos de Acoplamientos Rígidos* [publisher: HVH Industrial]. <https://hvhindustrial.com/es/blog/Tipos-de-acoplamientos-r%C3%ADgidos>
- Harutyunyan, V. (2021b). *Tipos de Estrategias de Mantenimiento del Motor Eléctrico* [publisher: HVHIndustrial]. <https://hvhindustrial.com/es/blog/Electric-Motor-Tipos-de-mantenimiento>
- Heston, T. (2014). *Mejores cardas, mejor técnica, mejor limpieza* [publisher: The fabricator]. <https://www.thefabricator.com/thefabricatorenespanol/article/finishing/mejores-cardas-mejor-t-cnica-mejor-limpieza>
- Hoschild, C., Fujimori, K. & Kucinski, L. (2015). *Mantenimiento de motores eléctricos* [publisher: Cesar Berdejo]. https://www.academia.edu/15819557/Motor_Monofasico_Mantenimiento
- Hufford, T. (2019). https://www.weilerabrasives.com/Overcoming_Common_Challenges_in_Cutting_and_Grinding_Aluminum
- Jaya, C. (2016). *ESTUDIO Y DISEÑO DE UN PLAN DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y GESTIÓN DE DESECHOS CONTAMINANTES APLICADO EN EL ÁREA PRODUCTIVA DEL TALLER PROTOTIPO, UBICADO EN LA CIUDAD DE GUAQUIL*. (Tesis doctoral). Universidad Internacional del Ecuador. Guayaquil. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1065/1/T-UIDE-041.pdf>
- Kennan, M. (2017). *How to Convert Horsepower to Foot Pounds* [publisher: Leaf Group Ltd.]. <https://sciencing.com/convert-horsepower-foot-pounds-7610885.html>
- Ket Plus. (2020). *Diagrama de interruptores*.
- Kohli, R. (2016). <https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/abrasive-material>
- Kumar, A. (2020). <https://www.britannica.com/topic/glass-properties-composition-and-industrial-production-234890/Glassmaking-in-the-laboratory>

- Lamas, L. (2017). *¿CÓMO DAR MANTENIMIENTO A LOS MOTORES ELÉCTRICOS ?* [publisher: Solumant]. <https://solumant.com/mantenimiento-de-motores-electricos/>
- Ma, B. (2020). <https://hongmacn.en.made-in-china.com/product/rFBQdMmAbfce/China-Different-Thickness-High-Quality-8011-Aluminum-Foil-for-Glass-Bottle-Lid.html>
- Marroquín, W. (2020). *Métodos de eliminación de etiquetas de aluminio*.
- Newton, G. (2006). *Motor Circuit Conductor and Voltage Drop Calculator*. http://electrician2.com/calculators/motor_ver_2.html
- Niroyoshi, M., Nomura, K. & Shimoyama, E. (2014). *Emergency Stop Pushbutton Switches Integrating "Syncro Safe Contact"* (inf. téc.). Fuji electric. <https://www.fujielectric.com/company/tech/pdf/60-03/FER-60-3-169-2014.pdf>
- Ola, A. L. (2021). *¿Por qué los guatemaltecos son los más bajos de estatura del mundo?* [publisher: KAOSNLARED]. <https://kaosenlared.net/por-que-los-guatemaltecos-son-los-mas-bajos-de-estatura-del-mundo/>
- Pérez, C. (2017). <https://www.prensalibre.com/ciudades/la-industria-del-reciclaje-es-fuente-de-empleos-y-de-dinero/>
- Pérez, R. & Lizana, C. (2018). *Acoplamientos Mecánicos* [publisher: Inacap]. https://llamados.ancap.com.uy/docs_concursos/ARCHIVOS/1%20LLAMADOS%20EN%20TR%C3%81MITE/2018/REF.%2021-2018%20-%20OFICIAL%20TALLER%20B%20-%20PLANTA%20PAYSAND%C3%9A%20-%20PERFIL%20MEC%C3%81NICA%20ENGRASE/MATERIAL%20DE%20ESTUDIO/ACOPLAMIENTOS%20MECANICOS.PDF
- Pineda, G. (2021). *Tiempo de uso de motor*.
- Pitt, J. (2021). *7 Ways to ensure better maintenance of electric motors* [publisher: Reliabilityweb.com]. <https://reliabilityweb.com/articles/entry/7-ways-to-ensure-better-maintenance-of-electric-motors>
- Popa, C. (2016). <https://www.structuralglass.org/single-post/2016/11/26/glass-physical-properties>
- Procables. (2011). *THHN/THWN-2 CT* [publisher: Infocables]. https://www.procables.com.co/downloads/infocables_edicion_19.pdf
- R. Bardi. (2020). <https://www.r-bardi.com/es/nettuno.php>
- Ramirez, D. (2020). <https://www.erarelmo.com/post/c%C3%B3mo-debo-instalar-mi-motor-el%C3%A9ctrico>
- Raquel, L. (2015). <http://www.guiaenvase.com/bases/guiaenvase.nsf/V02wn/Etiquetas%20?Opendocument&lang=>
- Rosales, J. (2017). https://www.usmp.edu.pe/vision2017/pdf/materiales/MOTORES_ELECTRICOS_PARA_LA_IN.pdf
- Rowden, A. (2020). *Life Cycle Assessment of a Glass Beer Bottle in Ontario, Canada* (Environmental Studies Research Project). Queen's University. Kingston, Ontario, Canada. https://qspace.library.queensu.ca/bitstream/handle/1974/27768/ensc_501_Rowden.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Saéz, A. (2016). https://www.diba.cat/documents/467843/118493136/manual_instalaciones_electricas_web.pdf/5a1f0c34-8aae-4f96-a05b-489d7a295852
- Sagsveen, P. (2017). <https://www.digikey.com/en/articles/switch-tutorial>
- Saint-Gobain. (2013). *GRATAS METÁLICAS* [publisher: Saint-Gobain]. https://neufert-cdn.archdaily.net/uploads/product_file/file/14574/PresentacionGratasMetalicas.pdf
- Salonitis, K., Fysikopoulos, A. & Chryssolouris, G. (2019). https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-662-53120-4_6416

- Schneider Electric. (1999). https://www.academia.edu/29698776/Manual_electrot%C3%A9cnico_Telesquemario_Telemecanique
- Schneider Electric. (2020). <https://www.se.com/uk/en/faqs/FA142452/>
- Serway, R. & Jewett, J. (2008). *FÍSICA para ciencias e ingeniería* (Séptima edición, Vol. 1) [original-date: 2008]. CENGAGE Learning. <http://www.fisica.unlp.edu.ar/materias/fisIC1ver/FpCeIS7EdV1.pdf>
- Sidel. (2020). <https://www.sidel.com/es/limpieza-y-tratamiento-de-recipientes/lavadora-de-botellas/lavadores-de-botellas-de-velocidad-baja-media-pd-351>
- SSC Controls Company. (2020). <https://www.ssccontrols.com/selection-guide/>
- Stevens, J. (2020). <https://www.hunker.com/13414191/how-to-connect-single-phase-electric-motors>
- TECSA Energy. (2020). *CÓMO CREAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PREVENTIVO* [publisher: TECSA]. <https://www.tecsagro.com.mx/blog/crear-un-plan-de-mantenimiento-electrico-preventivo/>
- UNCABLE. (2020). *MEDIDAS DE LOS CABLES ELÉCTRICOS* [publisher: Info Técnica]. <https://uncable.com.ar/custom-post/>
- Wald, H. & Benbrahim, H. (2020). <https://www.thomasnet.com/articles/electrical-power-generation/types-of-switches/>
- Weather Spark. (2017). *El clima promedio en Chimaltenango Guatemala*. <https://es.weatherspark.com/y/11697/Clima-promedio-en-Chimaltenango-Guatemala-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- WEG, I. (2016). <https://diagramas.diagramasde.com/otros2/MANUALWEG.pdf>
- WEG Motor. (2021). *Motor 0.33 cv 4P E56 1F 110-127/220-254 V 60 Hz IC01 - ODP - Con pies* [publisher: WEG]. <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/es/Motores-El%C3%A9ctricos/Monof%C3%A9sico/Usos-Generales/Motor-de-Chapa-de-Acero-Abierto-%28IP21%29/Motor-0-33-cv-4P-E56-1F-110-127-220-254-V-60-Hz-IC01---ODP---Con-pies/p/13142437>
- Worldwide Fund For Nature. (2020). https://wwf.panda.org/discover/knowledge_hub/teacher_resources/project_ideas/recycling_glass/
- Zhing Heng. (2020). <https://es.aliexpress.com/i/32865978696.html>

11.1. Anexo 1 - Protocolo de pruebas

Introducción

Para determinar tanto la capacidad de funcionamiento y el comportamiento de la máquina desetiquetadora se realizarán distintas pruebas, las cuales se detallaran más adelante. Las pruebas serán útiles para la recolección de datos y verificar si la máquina funciona correctamente.

Asi mismo al finalizar cada prueba se verificará si existe algún tipo de daño o desajuste en la parte del sistema eléctrico y/o sistema de desetiquetado.

Materiales y equipo

- Botellas de vidrio de 350-355 mL de volumen
- Tacómetro digital
- Marca reflejante
- Llave Allen 3 mm
- Desarmador plano
- Desarmador de cruz
- Cronómetro
- Voltímetro
- Guantes anticorte
- Lentes de protección

- Protector facial
- Equipo de termografía

Números de emergencia

Alerta médica

1711

Encargado de seguridad UVG

Nelson Aldana

2507-1500 Ext. 21467

Bomberos voluntarios

122

Medidas de seguridad

Trasladar la desetiquetadora al edificio de la Universidad Del Valle de Guatemala en el salón CIT 128 acompañado del catedrático Darwin Prada.

Para las pruebas serán necesarias dos personas, una persona para realizar las pruebas y otra persona estará en caso de cualquier accidente, también para ayudar realizar las pruebas.

Será necesario un kit de primeros auxilios, un extintor, en caso de corto circuito.

Antes de realizar las pruebas se asegurará que el acople carda-motor, los tornillos de las botoneras y las botoneras se encuentren ajustados.

Se debe verificar que la estructura de la máquina se encuentre en un piso uniforme, esto para que la desetiquetadora se encuentre nivelada y no tenga pequeñas vibraciones mientras se realizan las pruebas.

Para realizar las pruebas es necesario utilizar guantes anticorte, lentes de protección y un protector facial. Esto para evitar roces con la carda circular e incrustaciones de virutas en los ojos.

Procedimiento

Verificación del sistema de encendido y paro de emergencia

1. Conectar la máquina al tomacorrientes
2. Presionar el botón de encendido sin tener la llave conectada, presionar el pedal y verificar que el motor no este funcionando
3. Girar y mantener girada la llave, luego presionar el botón de encendido (botón verde)
4. Comprobar que la luz del relé de enclavamiento se encienda.

5. Presionar el pedal y verificar que el motor encienda mientras se mantenga presionado dicho pedal.
6. Mantener presionado el pedal y presionar el boton de emergencia.
7. Verificar que el motor se apague inmediatamente se haya presionado el boton de emergencia
8. Presionar el pedal y verificar que el motor no encienda.

Verificación de la extracción de etiquetas de aluminio

1. Realizar paso 2 de la sección anterior.
2. Mantener presionado el pedal, acercar la botella a la carda circular y extraer etiqueta de aluminio.
3. Realizar el paso anterior 20 veces. 10 veces con botellas de cuello delgados y 10 veces con botellas de cuello grueso. Tomar datos del tiempo de extracción y velocidad de angular del motor al momento de la extracción de la etiqueta para cada prueba. Además de eso se tomará la temperatura del motor y del cableado eléctrico en cuatro ocasiones: antes de realizar las pruebas, luego de realizar la primera prueba, luego de la décima prueba y al final de la última prueba.
 - a) Colocar una marca reflejante en el acople de carda-motor.
 - b) Acercar la botella a la carda.
 - c) Presionar el botón *TEST* del tacómetro. Mantener presionado dicho botón por 3 segundos.
 - d) Presionar el pedal para empezar a eliminar la etiqueta de aluminio sin dejar de presionar el botón del tacómetro.
 - e) Dejar de presionar el botón *TEST* cuando ya no exista etiqueta en la botella.
 - f) Dejar de presionar el pedal.
 - g) Medir la temperatura del motor y del cableado eléctrico con la cámara termográfica
4. Verificar si se elimina el pegamento del cuello de la botella.
5. Desconectar la máquina del tomacorrientes.
6. Verificar que no existan viruta de aluminio ni agua en el area del motor. Si se observa particulas de agua y/o aluminio se colocará una lámina protectora para que obstruya el paso de este tipo de agentes externos sin limitar el giro del eje del motor.

Verificación del acople carda-motor

1. Al finalizar las pruebas con las 20 botellas, verificar si existe desajuste o daños en el acople y/o en el eje del motor.

Verificación de conexión del sistema eléctrico

1. Comprobar el voltaje del sistema eléctrico.
 - a) Colocar la punta color rojo en la A1 del protector térmico y la punta color negra en la A2 del mismo protector, así como se observa en la imagen.

Figura 50: Posición de las puntas de prueba



- b) Presionar el pedal y observar el voltaje. El voltaje debe ser entre 110 y 120 voltios.
2. Verificar que la máquina se encuentre desconectada al tomacorrientes
3. Medir la continuidad del cableado eléctrico con ayuda del voltímetro.
4. Verificar que el cableado eléctrico de la desetiquetadora no tenga señas de desgaste o cortes en el plástico aislante
5. Verificar que los tornillos de los botones y los botones no se hayan aflojado

11.2. Anexo 2 - Manual de usuario

MANUAL DE USUARIO

Máquina desetiquetadora de vidrio



Universidad del Valle de Guatemala
Guatemala, Guatemala
2021

Lista de figuras	v
1. Introducción	1
2. Normas de Seguridad	3
3. Instrucciones de uso	5
4. Mantenimiento de la máquina	7
4.1. Mantenimiento del motor	7
4.2. Mantenimiento del sistema eléctrico	9
4.3. Solución de problemas	13
5. Bibliografía	15

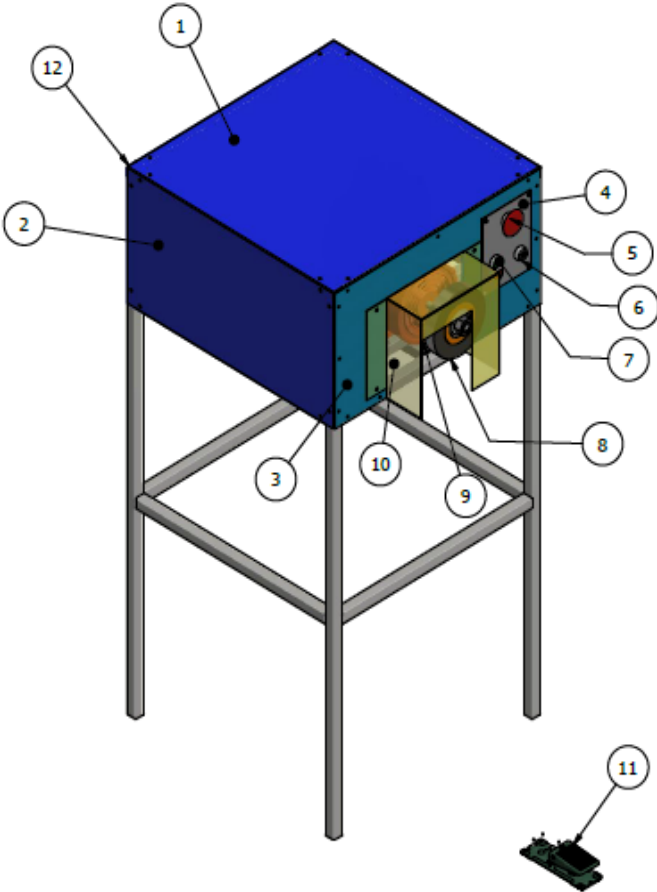
Lista de figuras

1.	Posición de uso de desetiquetadora	6
2.	Placa de motor	7
3.	Tornillos de la tapa posterior	8
4.	Tornillos de la tapa frontal	8
5.	Sistema eléctrico	10
6.	Diagrama del sistema eléctrico	10
7.	Posición de continuidad en el voltímetro	11
8.	Continuidad entre contactor y flipón	11

CAPÍTULO 1

Introducción

Este manual es para una máquina desetiquetadora de botellas de vidrio. Dicha máquina se elaboró en el taller de la Universidad del Valle de Guatemala. El manual contiene información sobre el mantenimiento y procedimiento para garantizar el buen funcionamiento de la máquina, también para garantizar la seguridad del usuario.



Cuadro 1: Partes de la máquina

Número	Elemento	Descripción
1	Lámina superior	Acero galvanizado calibre 28
2	Lámina lateral	Acero galvanizado calibre 28
3	Lámina frontal	Acero galvanizado calibre 28
4	Placa metálica	Acero galvanizado calibre 28
5	Botón de emergencia	60 mm sin enclave
6	Interruptor de llave	2 posiciones con retorno 1 NO 22 mm
7	Botón Start-Stop	Pulsadores dobles de 22 mm
8	Carda circular	6" diametro, 1 1/8", alambre de acero al alto carbono
9	Motor eléctrico	Monofásico de 1/3 HP
10	Guarda de acrílico	1 mm de espesor
11	Interruptor de pie	Sin protector 10A 220V
12	Lámina posterior	Acero galvanizado calibre 28

Normas de Seguridad

Debido a que el uso de la máquina desetiquetadora conlleva riesgos, se requiere que la persona que vaya a trabajar en ella este debidamente autorizada, mantenga una conducta responsable y se sujete a las presentes normas de seguridad.

1. Debe leer el manual de operación si es primera vez que utiliza la máquina o si no esta familiarizado con ella.
2. La máquina únicamente la puede utilizar la persona asignada al sitio y horario correspondiente.
3. El encargado de la máquina desetiquetadora y el operador son los únicos que pueden poseer la llave del interruptor.
4. No se permite trabajar con la máquina si no porta botas con punta de acero, guantes anticorte y lentes protectores. No debe tener el cabello suelto si posee cabello largo. No debe utilizar faldas o pantalones cortos ni rotos, anillos, pulseras y collares.
5. Antes de iniciar a utilizar la máquina, se deben adquirir los conocimientos pertinentes acerca de los riesgos que ésta conlleva, las precauciones a tomar y con conocimiento de las instrucciones de uso de la desetiquetadora.
6. Antes de utilizar la desetiquetadora, es importante asegurarse que la máquina este firme sobre el suelo.
7. No aplicar fuerza excesiva al momento de desetiquetar, esto se debe a que se produce un desgaste prematuro de la carda circular y se fuerza el motor innecesariamente
8. No se debe realizar el mantenimiento al sistema de desetiquetado ni al sistema eléctrico sin conocimiento alguno sobre el tema.
9. No sujetar la carda circular si la máquina se encuentra operando.

10. El mantenimiento de la máquina, limpieza o cualquier ajuste debe realizarse únicamente con la máquina desconectada del tomacorrientes para evitar accidentes y daños físicos.
11. Si la máquina no tiene alguna de las láminas laterales, frontal, posterior y/o superior, no se recomienda utilizarla por contaminantes externos que pueden perjudicar los componentes eléctricos.
12. Al concluir con el uso de la máquina, el operador debe dejar el área de trabajo limpio y en orden. Así como asegurarse que la máquina se encuentre desconectada del tomacorrientes.

Instrucciones de uso

1. Asegurarse que la máquina este desconectada del enchufe.
2. Remojar las botellas de vidrio para remover con mayor facilidad las etiquetas de aluminio (opcional).
3. Utilizar guantes y lentes de protección.
4. Verificar si el acople entre carda-motor se encuentra correctamente posicionado. Si existe desajuste dirigirse a la sección de Solución de Problemas del manual.
5. Verificar que no exista desplazamiento en los apoyos del motor. Si existe vibración o el motor se desplaza dirigirse a la sección de Solución de Problemas del manual.
6. Verificar que los botones no se aflojen al momento de presionarlos.
7. Conectar la máquina a un enchufe tipo A. La máquina debe conectarse solamente en red eléctrica de 110V a una corriente máxima de 20 amperios.
8. Girar la llave y mantenerla en la posición de giro, luego presionar el boton verde
9. Presionar y mantener presionado el interruptor de pie para que el motor opere.
10. Remover la etiqueta de la botella de vidrio. Para extraer la etiqueta siga los siguientes pasos.
 - a) Colocarse en una posición firme y cómoda.
 - b) Presionar y mantener presionado el pedal
 - c) Acercar la botella a la carda circular
 - d) Girar la botella para extraer la etiqueta completa

En la siguiente imagen se observa la manera correcta para eliminar la etiqueta de aluminio de la botella de vidrio. Tome en cuenta que la posición del usuario dependerá si es diestro o zurdo. El pedal es libre de desplazarse para que el usuario pueda posicionarlo dependiendo a su comodidad

Figura 1: Posición de uso de desetiquetadora



Nota: El tiempo de uso continuo máximo del motor es de 3 horas. Esto para evitar sobrecalentamiento en el motor. Dejarlo reposar 40 minutos para utilizar la máquina nuevamente (Pineda, 2021).

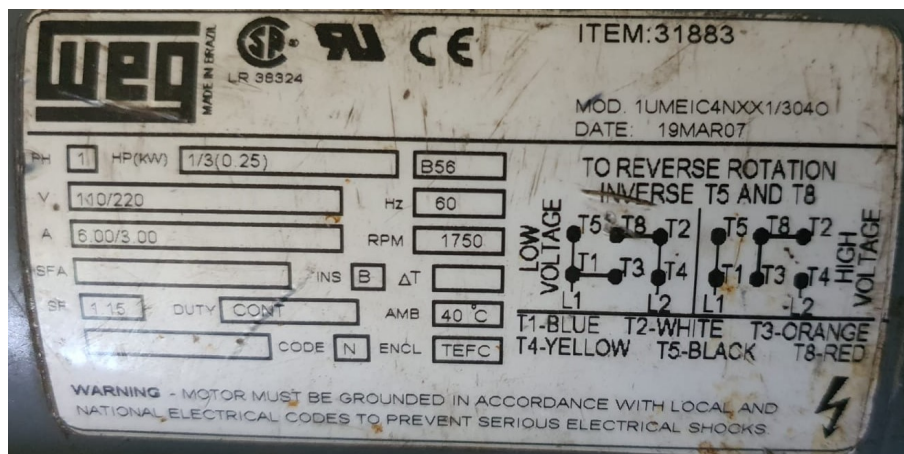
4.1. Mantenimiento del motor

La frecuencia del mantenimiento depende de distintos factores como la antigüedad del motor, el tipo y la frecuencia con la que se le ha dado servicio en el pasado. También depende del ciclo del motor eléctrico o de la frecuencia con la que se utiliza. En términos generales, se recomienda realizarle mantenimiento al motor eléctrico cada seis meses (Csanyi, 2016).

Para el mantenimiento del motor debe ser muy cuidadoso. El mantenimiento es para permitir el óptimo funcionamiento y evitar paradas del equipo. Es aconsejable que dicho mantenimiento lo realice un experto en motores eléctrico.

Para el primer paso, se debe realizar una inspección al motor, para este paso, se debe verificar si el motor cuenta con alguna placa que distinga sus características. Para este motor, la placa es la siguiente

Figura 2: Placa de motor

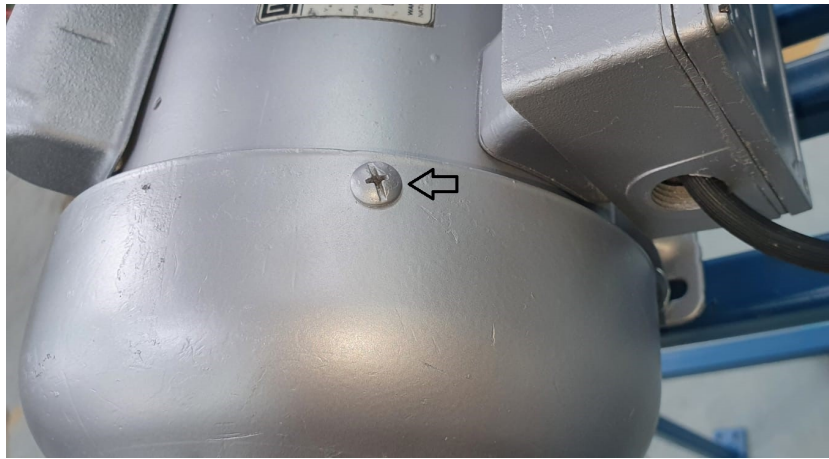


El segundo paso es verificar el estado en el que se encuentra el motor, se debe revisar la tapa frontal, tapa trasera, sujeción de condensador (Hoschild y col., 2015).

Al verificar el estado del motor de la parte exterior, se debe retirar el acople carda-motor. Lo primero es retirar el esparrago Allen (castigador), esto se debe realizar con una llave Allen de 3 mm. Luego de retirar el castigador, se debe retirar el acople del motor.

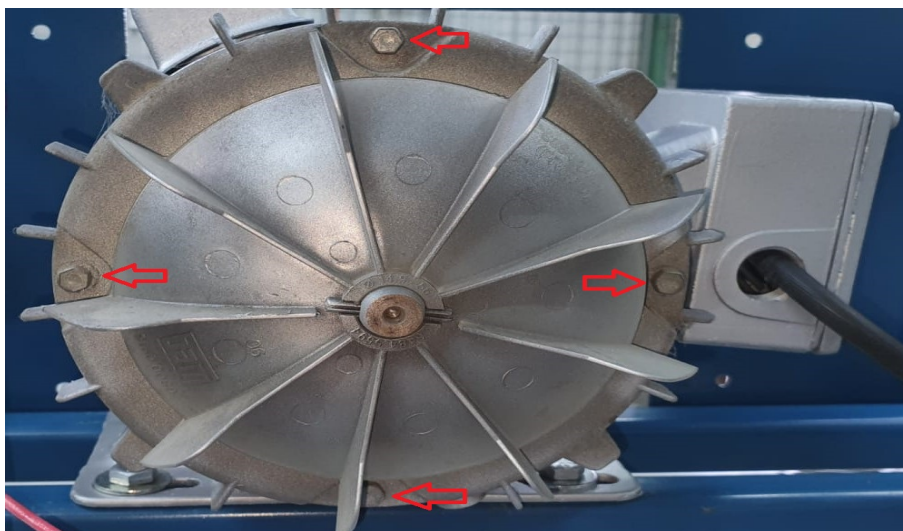
El tercer paso es desensamblar el motor. Para ello se debe retirar las tapas exterior frontal y posterior. De primero se debe retirar la tapa posterior, para ello se debe retirar los tornillos que tiene alrededor, esto se hace con un destornillador de cruz.

Figura 3: Tornillos de la tapa posterior



Para la tapa frontal se debe retirar los cuatro tornillos de cabeza hexagonal que esta posee, estos se pueden extraer con un Ratchet y una copa de 5/16 in o una llave combinada plana de 5/16 in.

Figura 4: Tornillos de la tapa frontal



Para extraer las tapas puede ser necesario utilizar un martillo de goma para no dañar la estructura. Se puede limpiar el interior con aire seco a baja presión con un soplador. (Lamas, 2017)

El cuarto paso es extraer el rotor del motor, esto en conjunto con el ventilador. Examinar si no se presentan daños mecánicos en el rotor, eje y ventilador. También se debe observar el estado de los rodamientos frontal y posterior. Para dichos rodamientos se debe examinar el engrase y el estado de los rodamientos, observar si tienen presencia de desgaste (Hoschild y col., 2015). Luego en el rotor se debe observar el bobinado eléctrico, al cual se le puede realizar pruebas de aislamiento y verificar que el interruptor centrifugo este en buenas condiciones (Hoschild y col., 2015).

El quinto paso es realizar una inspección en el interior del motor, específicamente en el estator. Se debe revisar los bobinados que están distribuidos en el estator: devanado principal y devanado auxiliar o de arranque. A dichos devanados se les puede realizar mediciones para comprobar la resistencia y el estado de esto. Cabe mencionar que al condensador también se le deben realizar medidas de continuidad y de capacidad (Hoschild y col., 2015). También se puede examinar si hay presencia de humedad, grasa o aceite en el devanado (Lamas, 2017).

Al realizar las pruebas o las observaciones tanto al exterior como interior del motor se procede a armar nuevamente el motor, arrancarlo y poner a prueba su funcionamiento.

Algo importante es utilizar termografía infrarroja, esto para observar el perfil de temperaturas del motor eléctrico y observar patrones de calor en varios puntos del motor simultáneamente. En caso exista algún problema, como flujo de aire insuficiente, falla del aislamiento o degradación en el estator, la cámara infrarroja es capaz de detectar inmediatamente el voltaje inestable en forma de imagen térmica, ayudando a encontrar su causa y solución. Cabe resaltar que el motor de la desetiquetadora operará entre 53°C y 54°C de temperatura, según pruebas realizadas. En la hoja técnica del motor, el aislamiento de este es clase B, lo que significa es que la temperatura máxima admisible es de 130°C (Pitt, 2021).

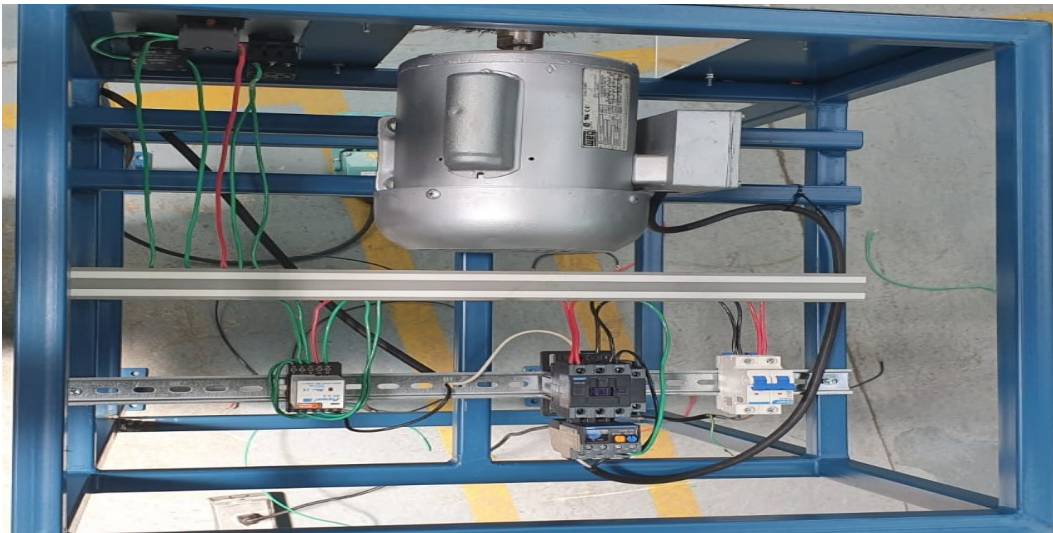
Se debe documentar y dejar registros detallados de las pruebas realizadas, de los mantenimientos y resultados. Esto es útil para las futuras reparaciones y reemplazos. Dicha documentación le permitirá identificar los problemas, determinar que piezas deben reemplazarse o repararse y comprender mejor el equipo (Pitt, 2021)

4.2. Mantenimiento del sistema eléctrico

La frecuencia del mantenimiento para las conexiones de cables, contactores, y otros componentes eléctricos suelen estar sujetos a conexiones sueltas, por lo que es recomendable revisar periódicamente (Csanyi, 2016). Para el mantenimiento del cableado eléctrico es recomendable acudir a un técnico electricista.

El primer paso es realizar una inspección visual para tener detalles importantes sobre el motor eléctrico. Observar el estado físico y registrar sus observaciones (TECSA Energy, 2020). Los registros de información y fallas pueden almacenarse en programas de computadora.

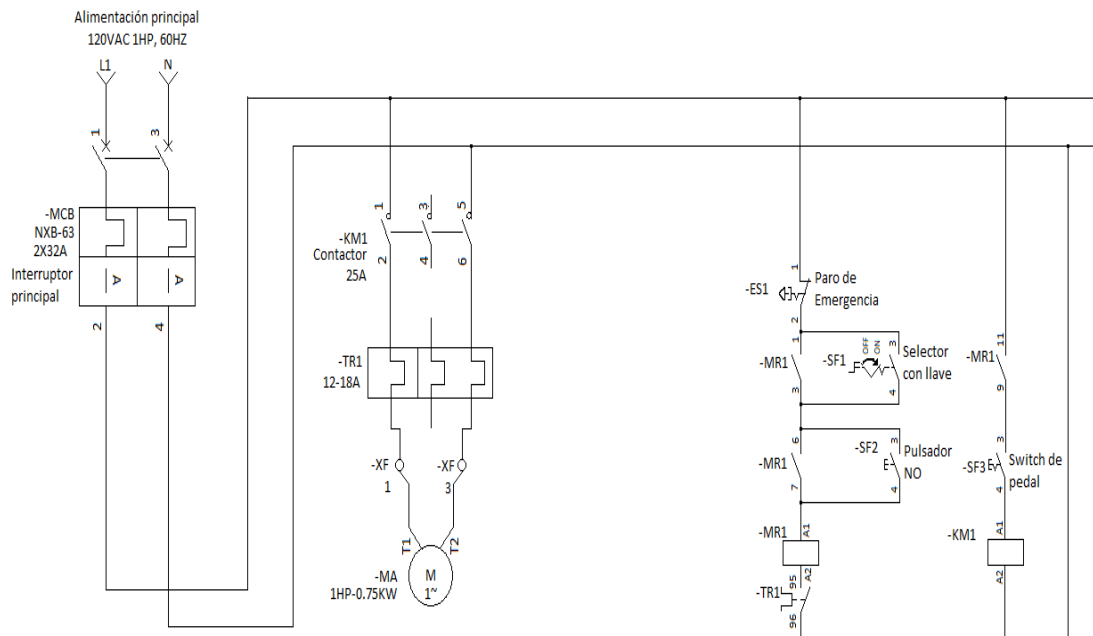
Figura 5: Sistema eléctrico



El segundo paso es inspeccionar el cableado eléctrico. Esto es importante porque se encarga de suministrar toda la potencia a la carga o consumo. Por lo que se debe asegurar que no se sobrecaliente (FARADAYOS Tecnología Eléctrica, 2015).

Se debe revisar la continuidad de los cables, verificando que no tenga ruptura o presencia de daño mecánico. Si los cables o cable presenta algún daño se debe sustituirse. También debe verificar el aislamiento de los conductores, debido a que estos pierde sus características por lo que están propensos a provocar fallas de cortocircuito. Para revisar la continuidad debe tener a la mano los planos del cableado eléctrico, este se muestra a continuación

Figura 6: Diagrama del sistema eléctrico



Para medir la continuidad se debe utilizar un voltímetro. En la siguiente imagen se muestra en donde se debe colocar la llave selectora del voltímetro.

Figura 7: Posición de continuidad en el voltímetro



Se puede comprobar que esta en la posición de continuidad tocando la punta de prueba color rojo (positivo) con la punta de prueba color negro (negativo), al realizar esto debe sonar el voltímetro. Para realizar la prueba de continuidad en los cables, se utilizará el diagrama del sistema eléctrico y se debe observar las trayectorias de los cables. En dichas trayectorias se debe colocar las puntas de prueba.

Por ejemplo, para comprobar si el cable que va del contactor al flipón (interruptor principal) se encuentra conectado correctamente, se debe colocar una de las puntas de prueba en el punto 1 del contactor y la otra punta en el punto 2 del flipón, si el voltímetro emite un pitido es porque este detecta una ruta completa. Dicho ejemplo se observa en la siguiente imagen.

Figura 8: Continuidad entre contactor y flipón



Como tercer paso se debe verificar que los cables conductores estén bien fijados en cada componente eléctrico. Si existieran cruces de cables eléctrico, es importante reordenarlo procurando que exista la menor cantidad de cruces posibles (FARADAYOS Tecnología Eléctrica, 2015).

El cuarto paso es limpiar las partes donde exista polvo y suciedad. Es importante también verificar que no exista calentamiento excesivo.

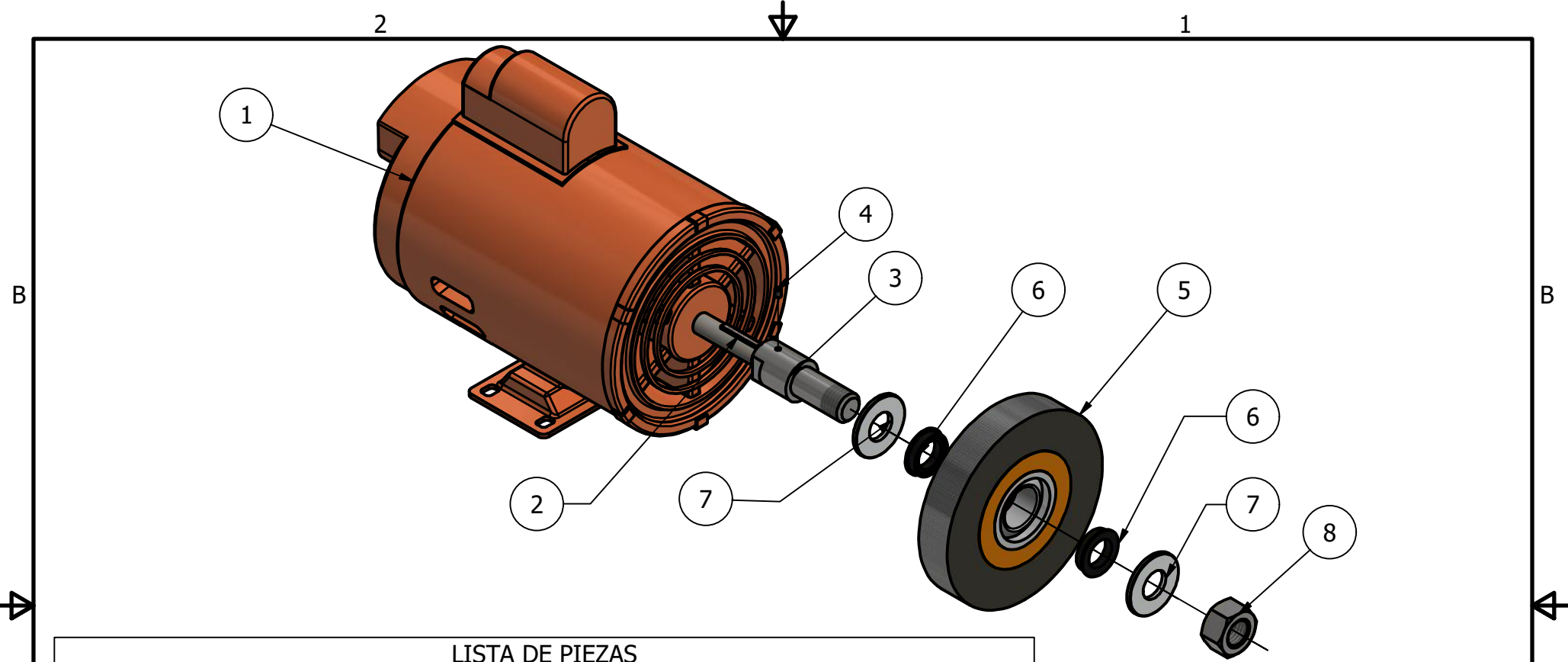
El quinto paso es inspeccionar los componentes generales de la instalación. Esto significa verificar que los tomacorrientes no estén averiados por sobrecarga, verificar que todas las tapas de los tomacorrientes e interruptores estén en buenas condiciones y fijadas y comprobar que los interruptores funcionen (FARADAYOS Tecnología Eléctrica, 2015).

4.3. Solución de problemas

Ubicación de la falla	¿Cómo saber si esta fallando?	¿Cuál es la posible causa?	Posible solución
Acople carda-motor	Vibración y ruido en el acople mientras gira el eje del motor	<ul style="list-style-type: none"> - Ausencia de cuña en el acople - El castigador no se encuentra ajustado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Colocar la cuña en el eje del motor - Ajustar el tornillo castigador
Apoyos del motor	Vibración, ruido y desplazamiento en los apoyos del motor mientras esta operando.	<ul style="list-style-type: none"> - Desalineación en los tornillos ubicados en los apoyos del motor. - Mal ajuste de los tornillos y tuercas 	Extraer los tornillos, verificar que los agujeros de los apoyos del motor se encuentren alineados con los agujeros de la estructura y colocar nuevamente los tornillos y ajustarlos.
Devanados dañados	Marcas de quemaduras, olor a quemado y/o grietas.	<ul style="list-style-type: none"> - Motor reutilizado - Sobretensión en sistema de alimentación del motor - Sobrecorriente prolongada en los arranques - Filtración de agua a en la carcasa. 	Realizar prueba de bobinado del motor. Si los devanados se sobrecalientan, la posibilidad que se produzcan daños graves es mayor. Se debe rebobinar el motor y probar el aislamiento para revelar el nivel de resistencia.
Cojinetes	Ruido, desgaste excesivo y vibraciones	<ul style="list-style-type: none"> - Mala lubricación - Falta de lubricación - Contaminantes - Mal montaje 	Si la falla es constante es recomendable examinar el lubricante y se debe buscar contaminación, desgaste, endurecimiento de grasa, color anormal, exceso de grasa y escapes de aceite en los rodamientos. Es recomendable cambiar los rodamientos por unos nuevos, preguntar al proveedor el tipo de lubricante que utilizan.
Botoneras	No realiza su función al presionar los botones.	<ul style="list-style-type: none"> - Cable suelto - Desgaste en el cable - Suciedad 	Si el cable esta suelto y colocarlo nuevamente. Se debe cambiar el cable, si este no presenta continuidad o hay señas de desgaste.

- Csanyi, E. (2016). Regular Motor Maintenance To Avoid Failure (and Prolong Its Lifespan) [publisher: ELECTRICAL ENGINEERING PORTAL]. <https://electrical-engineering-portal.com/regular-motor-maintenance-to-avoid-failure-and-prolong-its-lifespan>
- FARADAYOS Tecnología Eléctrica. (2015). 5 puntos esenciales para el mantenimiento de una instalación eléctrica [publisher: FARADAYOS Tecnología Eléctrica]. <https://www.faradayos.info/2014/02/pasos-mantenimiento-instalacion-electrica.html?m=1>
- Hoschild, C., Fujimori, K. & Kucinski, L. (2015). Mantenimiento de motores eléctricos [publisher: Cesar Berdejo]. https://www.academia.edu/15819557/Motor_Monofasico_Mantenimiento
- Lamas, L. (2017). ¿CÓMO DAR MANTENIMIENTO A LOS MOTORES ELÉCTRICOS ? [publisher: Solumant]. <https://solumant.com/mantenimiento-de-motores-electricos/>
- Pineda, G. (2021). Tiempo de uso de motor.
- Pitt, J. (2021). 7 Ways to ensure better maintenance of electric motors [publisher: Reliabilityweb.com]. <https://reliabilityweb.com/articles/entry/7-ways-to-ensure-better-maintenance-of-electric-motors>
- TECSA Energy. (2020). CÓMO CREAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PREVENTIVO [publisher: TECSA]. <https://www.tecsaqro.com.mx/blog/crear-un-plan-de-mantenimiento-electrico-preventivo/>

11.3. Anexo 3 - Planos



LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CANTIDAD	NOMBRE DE PIEZAS	DESCRIPCIÓN
1	1	MOTOR	MONOFÁSICO DE 1/3 HP
2	1	CUÑA	3/16 X 1 3/8", ACERO INOXIDABLE
3	1	ACOPLE	ACERO 1010 ROLADO EN FRIO
4	1	TORNILLO PRISIONERO CON EXTREMO BISELADO	1/4 X 0.0245", ACERO INOXIDABLE
5	1	CARDA CIRCULAR	6" DIÁMETRO, 1 1/8", ALAMBRE DE ACERO AL ALTO CARBONO
6	2	REDUCTORES PARA EJE	7/8"
7	2	ARANDELA	48 MM DIÁMETRO EXTERIOR, ACERO INOXIDABLE
8	1	TUERCA HEXAGONAL	7/8", ACERO INOXIDABLE

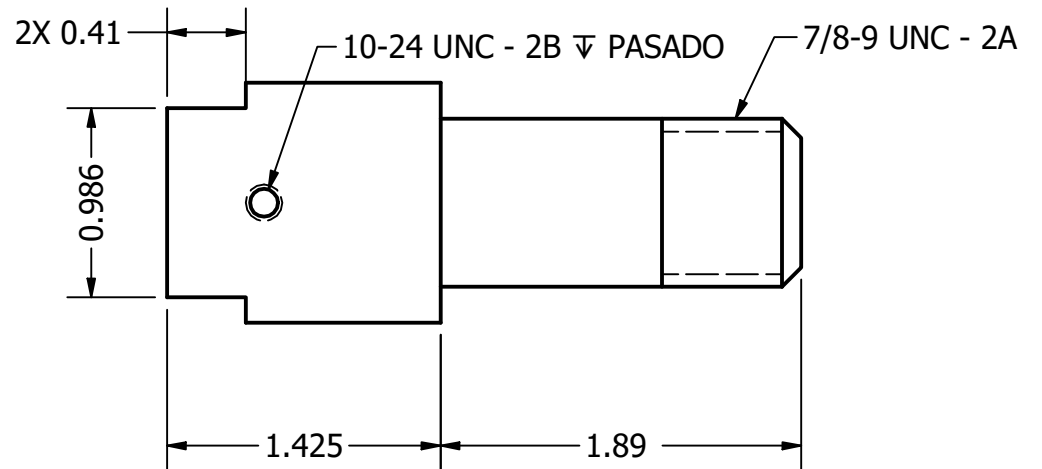
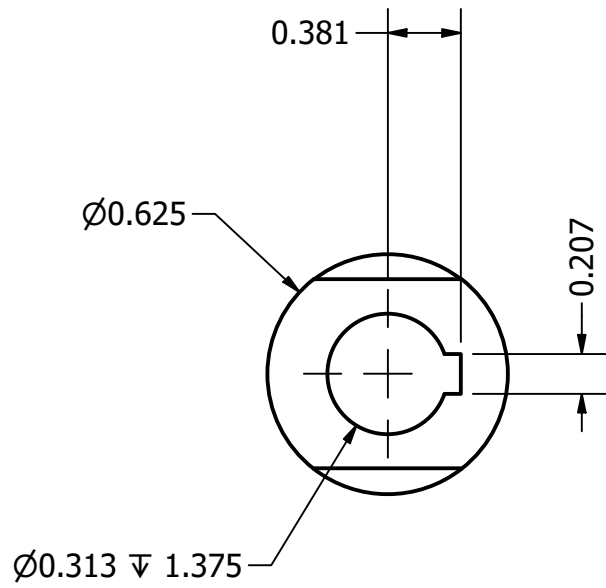
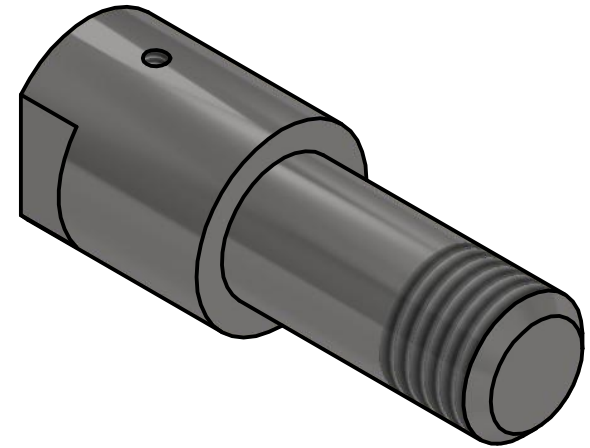
NOTA: EL ACOPLER SE UNE AL MOTOR POR MEDIO DE UNA CUÑA. EL TORNILLO CASTIGADOR ES LO QUE MANTIENE UNIDO EL ACOPLER CON EL EJE DEL MOTOR.

LOS REDUCTORES PARA EJE VIENEN JUNTO CON LA CARDA, NO SE VENDEN POR SEPARADO.

TÍTULO: ENSAMBLE CARDA-MOTOR		
NÚMERO DE DIBUJO: DBV-2021		
FORMATO	ESCALA: 1:1	UNIDADES: PULG
A	PÁGINA 1 DE 6	REV 0

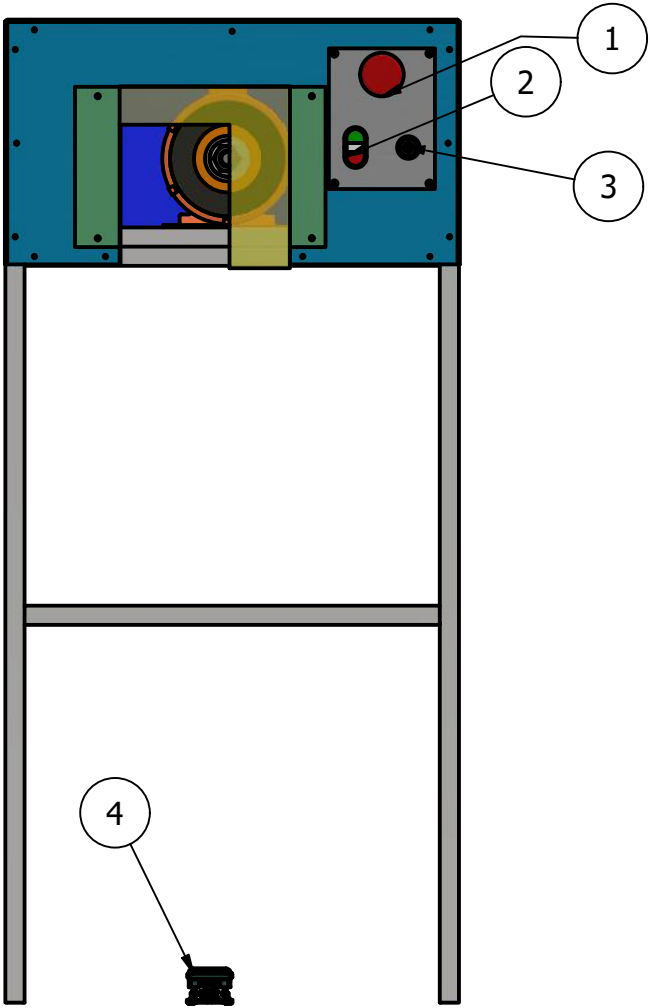
NOTAS:

1. REMOVER BORDES AFILADOS.
2. FORMAR CHAFLÁN AL FINAL DE LA ROSCA
3. AGUJERO DEL CASTIGADOR ES PASADO

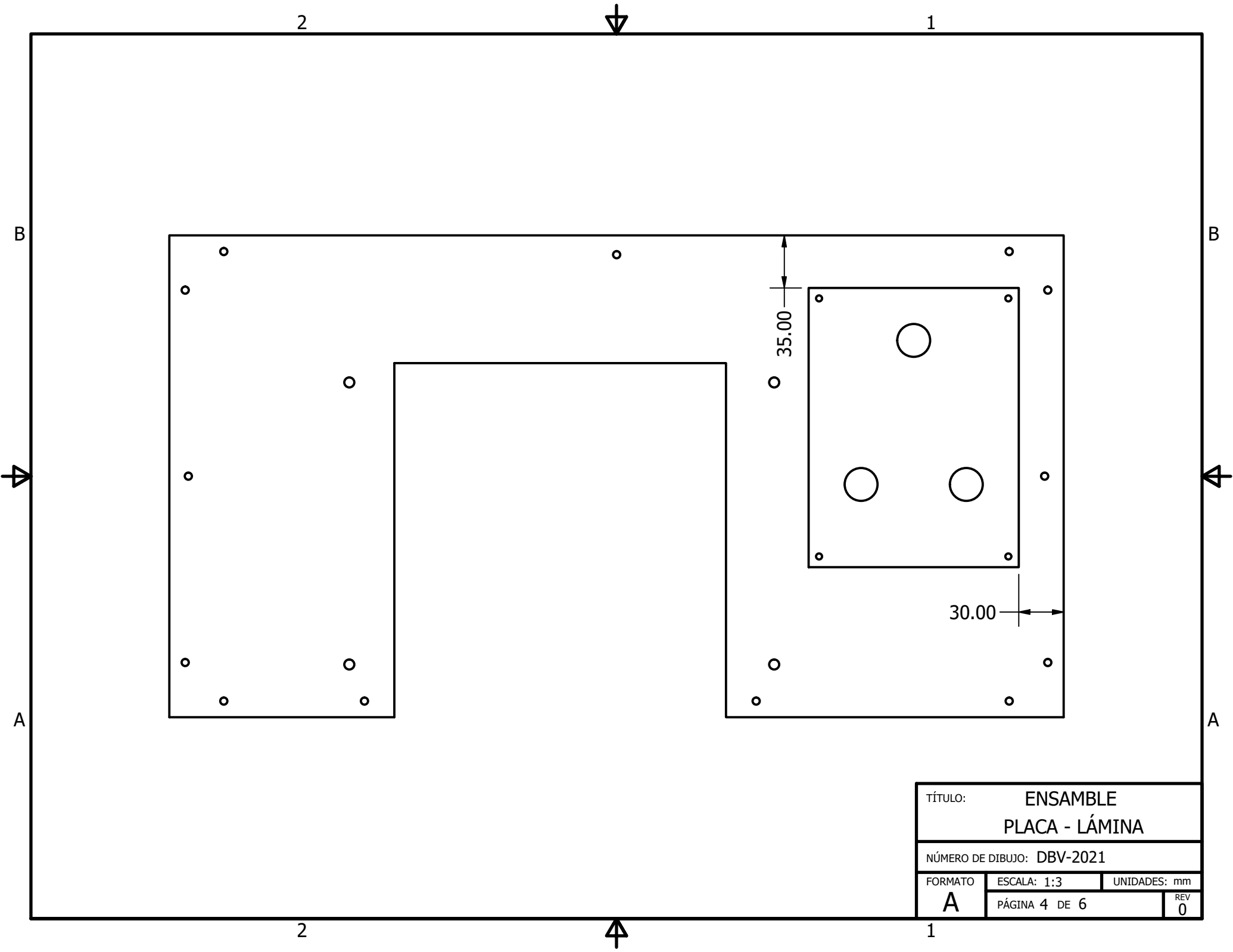


TÍTULO: ACOPLE CARDA-MOTOR		
NÚMERO DE DIBUJO: DBV-2021		
FORMATO A	ESCALA: 1:1	UNIDADES: PULG.
	PÁGINA 2 DE 6	REV 0

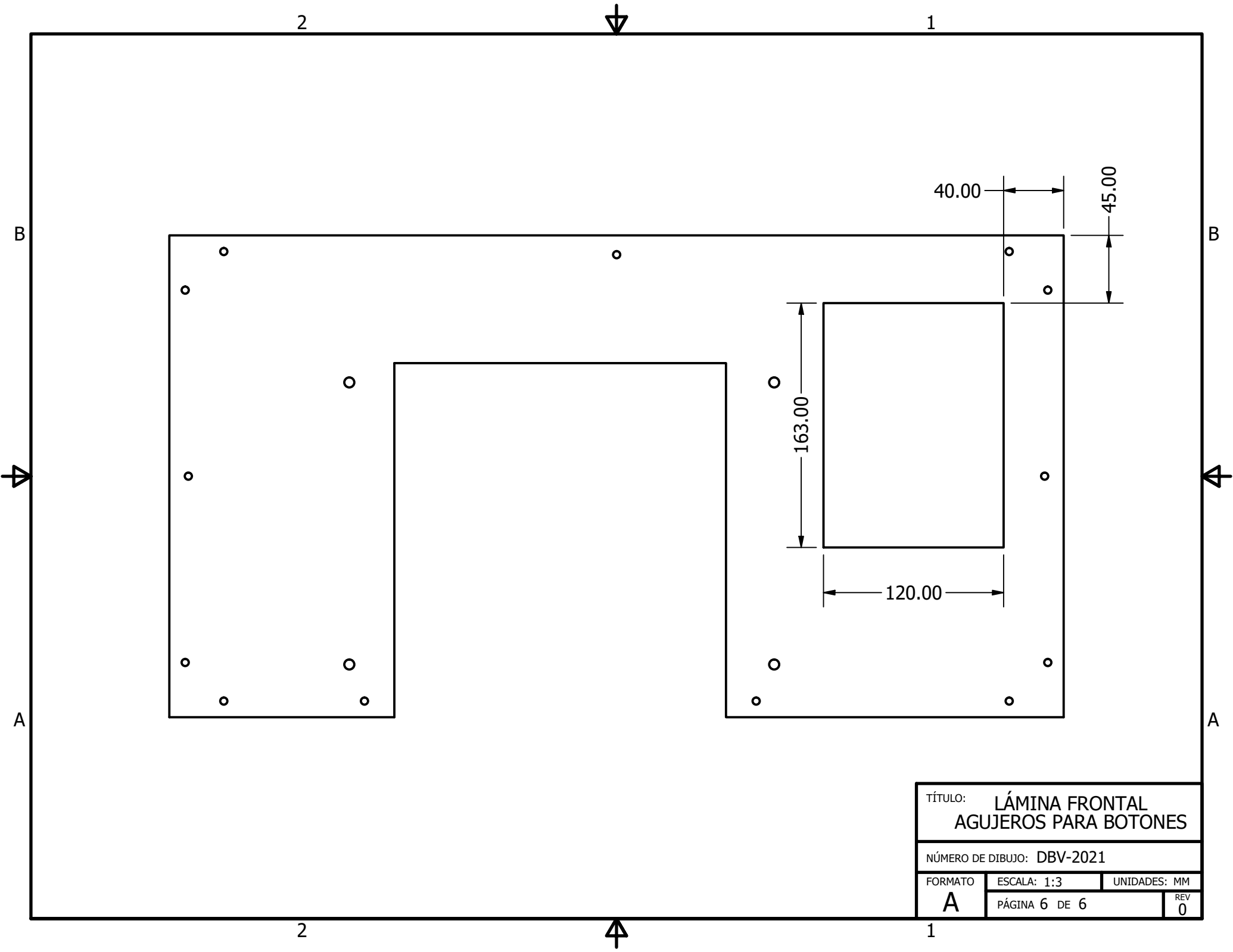
LISTA DE INTERRUPTORES			
ELEMENTO	CANTIDAD	NOMBRE DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	BOTONERA START-STOP	PULSADORES DOBLES DE 22 MM
2	1	SELECTOR CON LLAVE	2 POSICIONES CON RETORNO 1 NO 22 MM
3	1	PULSADOR HONGO	60 MM SIN ENCLAVE
4	1	SWITCH DE PIE	SIN PROTECTOR 10A 220V



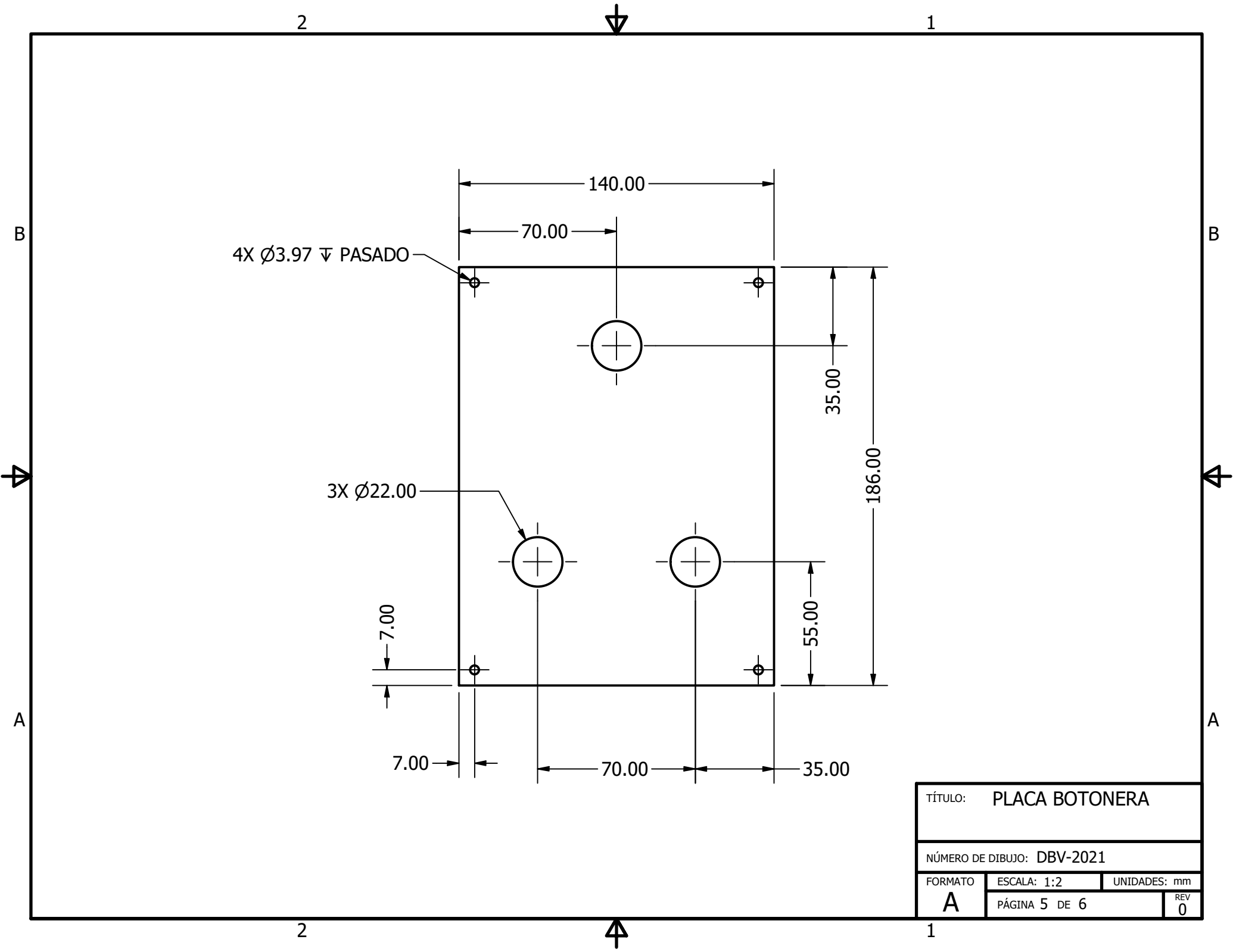
TÍTULO: ENSAMBLE BOTONERAS		
NÚMERO DE DIBUJO: DBV-2021		
FORMATO	ESCALA: 1:1	UNIDADES: PULG
A	PÁGINA 3 DE 6	REV 0



TÍTULO:				ENSAMBLE	
				PLACA - LÁMINA	
NÚMERO DE DIBUJO: DBV-2021					
FORMATO	ESCALA: 1:3	UNIDADES: mm			
A	PÁGINA 4 DE 6			REV	0



TÍTULO: LÁMINA FRONTAL AGUJEROS PARA BOTONES			
NÚMERO DE DIBUJO: DBV-2021			
FORMATO	ESCALA: 1:3	UNIDADES: MM	
A	PÁGINA 6 DE 6		REV 0



TÍTULO: PLACA BOTONERA		
NÚMERO DE DIBUJO: DBV-2021		
FORMATO	ESCALA: 1:2	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 5 DE 6	REV 0