

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental



“Propuesta de un programa de control de energías peligrosas para el cumplimiento del estándar corporativo T23 en máquinas que requieren intervenciones menores durante actividades regulares de producción en una empresa de dispositivos médicos ubicada en el Coyo de Alajuela”

Proyecto final de graduación para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental

Realizado por:

Yuliana Masís Brenes

Julieth Retana Valverde

Cartago, octubre 2024



This work is licensed under [CC BY-NC-ND 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Informe presentado a la Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniera en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental con el grado de licenciatura.

### **Miembros del Tribunal**

CARLOS LUIS MATA Firmado digitalmente por CARLOS LUIS MATA MONTERO (FIRMA)  
MONTERO (FIRMA) Fecha: 2024.11.18 10:11:59 -06'00'

---

**Ing. Carlos Mata Montero**  
**Asesor académico**

MARIA GABRIELA Firmado digitalmente por MARIA GABRIELA MORALES MARTINEZ (FIRMA)  
MORALES Fecha: 2024.11.18 10:03:08 -06'00'  
MARTINEZ (FIRMA)

---

**Ing. Gabriela Morales Martínez**  
**Profesora Evaluadora**

MONICA MARIA Firmado digitalmente por MONICA MARIA CARPIO CHAVES (FIRMA)  
CARPIO CHAVES Fecha: 2024.11.18 09:22:55 -06'00'  
(FIRMA)

---

**Ing. Mónica Carpio Chaves**  
**Profesora Evaluadora**  
**Coordinadora de Trabajo Final de Graduación**  
**En representación de la Dirección EISLHA**

18 de noviembre, 2024

## **Dedicatoria**

*Al Eterno, a mi pareja Jason, a mi mamá Liliana y a mi hermano Johel, por todo su apoyo y amor. Son lo más importante en mi vida. Los amo.*

**Julieth Retana Valverde.**

*A Dios y a mi familia a quienes más amo, mi hijo Liam, mis papás Yamileth y Claudio, mi hermana Katherine y mi novio Ronald. Han sido mi inspiración y motivación.*

**Yuliana Masís Brenes.**

## **Agradecimientos**

*En primer lugar, quiero agradecerle al Eterno por ser mi roca y darme fortaleza en los momentos difíciles, por darme sabiduría y todas las herramientas necesarias para poder culminar este reto de manera exitosa. Por haberme guiado siempre y por haber puesto en camino a personas maravillosas, amigos, profesores y colegas, que fueron claves en todo mi proceso académico.*

*Agradezco inmensamente a mi familia por todo su apoyo, porque siempre me hicieron sentir que no estaba sola y que contaba con ustedes, especialmente a mi mamá y a mi hermano. Gracias mami por ser mi inspiración y por haberme ensañado a ser valiente y esforzada, por siempre alentarme a seguir adelante, por todas las oportunidades que me has dado. Soy quien soy por ti.*

*Agradezco a mi pareja, Jason, por haber estado a mi lado en cada paso, tanto en los momentos buenos como en los malos, por siempre haberme apoyado y alentado a seguir adelante, por todo su sacrificio y por hacer lo posible por asegurar mi bienestar en cada etapa de este camino.*

*Gracias a mis amigas, Yuliana, Jessica y Michelle, fueron mi familia durante mi transcurso por la universidad. Gracias por su apoyo, por su acompañamiento y por haber hecho mi paso por la universidad aún más lindo.*

*Gracias a Yuliana, por no ser solo una excelente compañera de equipo, sino que también una gran amiga. Gracias por todo el apoyo en los momentos difíciles, por alentarme a seguir adelante, por ser un ejemplo de esfuerzo y valentía, y por acompañarme en este proceso.*

*Finalmente, agradezco a Carlos Mata, nuestro asesor académico, y a Gabriela Ulate, nuestra asesora industrial. Gracias por todo el apoyo, orientación, disponibilidad y anuencia para aclarar cada duda que tuvimos durante el camino.*

**Julieth Retana Valverde**

## **Agradecimientos**

*En primer lugar, quiero expresar mi más grande agradecimiento a Dios, por darme la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar este camino.*

*A mis padres, Yamileth y Claudio, mi eterna gratitud por su amor incondicional, su guía y apoyo constante. Gracias por inculcar en mí los valores que me han llevado a alcanzar esta meta. A mi hermana Katherine, por impulsarme a iniciar este camino y por ayudarme siempre con mi pequeño.*

*Le agradezco a mi hijo Liam, mi pequeño motorcito, te dedico este logro. Tus risas y abrazos han sido mi mayor motivación en los momentos más difíciles. Gracias por enseñarme el verdadero significado del amor incondicional.*

*A mi novio Ronald, gracias por todo tu apoyo, por ser mi roca en los momentos de duda y mi mayor fan en los momentos de triunfo. Tu amor y comprensión han sido fundamentales en este proceso.*

*A mis compañeras de la universidad y grandes amigas Jessica, Julieth y Michelle, les agradezco su amistad, su apoyo incondicional y por creer en mí en todo momento.*

*Un especial agradecimiento a Julieth, con quien he compartido este camino, gracias por todo tu apoyo en el trabajo y en el desarrollo de este proyecto, sos una gran amiga.*

*Finalmente, le agradezco al profesor y asesor académico Carlos Mata y a nuestra asesora de la empresa Gabriela Ulate, por sus consejos y orientación durante todo el proceso.*

**Yuliana Masís Brenes**

## RESUMEN

Este proyecto se realizó en una empresa manufacturera de dispositivos médicos con el objetivo de mejorar la seguridad de los trabajadores que deben realizar intervenciones menores en máquinas durante los procesos productivos. La necesidad surge tras la actualización de una normativa interna que exige identificar, evaluar y controlar los riesgos presentes. Se abarcan las máquinas de los dos procesos productivos de la empresa, electrofisiología y estructura cardiovascular.

A través de evaluaciones de riesgo de las máquinas y encuestas a los operarios, se identificaron las máquinas que requerían mayor atención. Se diseñaron soluciones tanto ingenieriles como administrativas para mitigar los riesgos, garantizando la efectividad de las medidas implementadas al utilizar la norma UNE-EN ISO 12100:2012 y un análisis por medio de la herramienta HAZOP. Además, se desarrolló una matriz de criterios para evaluar las diferentes alternativas y seleccionar las más adecuadas tomando en cuenta criterios como la salud y seguridad de los trabajadores, la factibilidad de implementar las propuestas y factores económicos, entre otros.

Como resultado, se obtiene la necesidad de aplicar soluciones administrativas con un programa que permita controlar los aspectos relacionados con tareas de intervenciones menores, así como soluciones ingenieriles con diseños de salvaguardas que permitan al trabajador realizar las operaciones de manera segura. Por medio de diferentes herramientas, se realiza una comparación del estado actual de las máquinas con las propuestas de solución, reflejando mejoras en aspectos de seguridad laboral.

Este proyecto cumple con los requisitos legales y normativos en las propuestas de solución, y contribuye a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, promoviendo un entorno de trabajo más seguro y saludable.

**Palabras clave:** Intervenciones menores, salvaguardas, energías peligrosas, máquinas, HAZOP.

**Key words:** Minor interventions, safeguards, hazardous energy, machines, HAZOP.

## Índice general

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
A.	Identificación de la empresa.....	1
1.	Visión / misión de la empresa.....	1
2.	Antecedentes/historia de la empresa.....	1
3.	Ubicación geográfica.....	2
4.	Organigrama de la organización.....	2
5.	Cantidad de empleados.....	3
6.	Tipo de productos o servicios.....	3
7.	Mercado.....	3
8.	Proceso productivo y productos.....	3
B.	Planteamiento del problema.....	5
C.	Justificación del proyecto.....	7
D.	Objetivos del Proyecto de Graduación.....	10
1.	Objetivo general.....	10
2.	Objetivos específicos.....	10
E.	Alcances y Limitaciones.....	11
1.	Alcance.....	11
2.	Limitaciones.....	12
II.	MARCO CONCEPTUAL.....	13
III.	METODOLOGÍA.....	18
A.	Tipo de investigación.....	18
B.	Fuentes de información.....	18
C.	Población y muestra.....	19
D.	Operacionalización de variables.....	22
E.	Descripción de instrumentos o herramientas de investigación.....	27

F.	Plan de análisis .....	34
IV.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	41
A.	Fase de identificación de las condiciones de funcionamiento de las máquinas y peligros mecánicos.....	41
B.	Fase de evaluación de riesgos mecánicos accionados por la liberación inesperada de energía peligrosa .....	54
V.	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	60
A.	Controles ingenieriles .....	62
5.	Validación de las alternativas de solución seleccionadas .....	143
B.	Controles administrativos .....	148
VI.	BIBLIOGRAFÍA.....	202
VII.	APÉNDICES .....	208

## Índice de figuras

Figura 1. Organigrama de la empresa .....	2
Figura 2. Plan de análisis .....	34
Figura 3. Resultado de la nota obtenida por cada máquina según la matriz de comprobación de seguridad en maquinaria .....	44
Figura 4. Puntaje final de la comprobación de conocimiento para los usuarios de cada máquina .....	47
Figura 5. Nivel de conocimiento por sección del usuario del Lathe - torno convencional según la matriz de comprobación de conocimiento.....	48
Figura 6. Nivel de conocimiento por sección del usuario de la Milling Machine - fresadora convencional según la matriz de comprobación de conocimiento.....	49
Figura 7. Nivel de conocimiento por sección del usuario de la Leaflet cutting según la matriz de comprobación de conocimiento .....	50
Figura 8. Frecuencia de riesgos presentes en las máquinas .....	51
Figura 9. Representación de la Lathe - Torno convencional con las salvaguardas actuales .	63
Figura 10. Diseño 1 de salvaguardas para la Lathe - Torno convencional .....	64
Figura 11. Diseño 2 de salvaguardas para la Lathe - Torno convencional .....	67
Figura 12. Diseño 3 de salvaguardas para la Lathe - Torno convencional .....	70
Figura 13. Representación de la Milling Machine o fresadora convencional con las salvaguardas actuales.....	84
Figura 14. Diseño 1 de salvaguardas para la Milling Machine o fresadora convencional.....	85
Figura 15. Diseño 2 de salvaguardas para la Milling Machine o fresadora convencional.....	87
Figura 16. Diseño 3 de salvaguardas para la Milling Machine o fresadora convencional.....	90
Figura 17. Representación de la Hole Popper con las salvaguardas actuales.....	103
Figura 18. Diseño 1 de salvaguardas para la Hole Popper.....	104
Figura 19. Diseño 2 de salvaguardas para la Hole Popper.....	107
Figura 20. Diseño 3 de salvaguardas para la Hole Popper.....	111
Figura 21. Representación de la Schmidth Press Leaflet cutting con las salvaguardas actuales .....	123
Figura 22. Diseño 1 de salvaguardas para la Schmidth Press Leaflet cutting.....	124
Figura 23. Diseño 2 de salvaguardas para la Schmidth Press Leaflet cutting.....	127
Figura 24. Diseño 3 de salvaguardas para la Schmidth Press Leaflet cutting.....	130

Figura 25. Comparación de resultados obtenidos con la matriz de comprobación de seguridad en maquinaria antes y después de las alternativas de solución seleccionadas .....	144
Figura 26. Evaluación de riesgos final de la variable sistemas de seguridad de la herramienta HAZOP.....	146

## Índice de tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables .....	23
Tabla 2. Tipo de intervención menor que se puede realizar en cada máquina previamente identificada como apta para dichas intervenciones .....	42
Tabla 3. Base para la identificación de peligros mediante el método HAZOP .....	53
Tabla 4. Resumen de respuestas de la entrevista semiestructurada .....	54
Tabla 5. Frecuencia del nivel de riesgo según desviación identificado para cada máquina ..	55
Tabla 6. Recomendaciones de diseño basadas en la evaluación de riesgos .....	57
Tabla 7. Puntuación para la matriz de criterios de comparación para la selección de la alternativa de solución de cada una de las máquinas.....	61
Tabla 8. Costos y recursos asociados a la propuesta 1 .....	65
Tabla 9. Costos y recursos asociados a la propuesta 2 .....	68
Tabla 10. Costos y recursos asociados a la propuesta 3 .....	72
Tabla 11. Matriz de criterios de comparación para la Lathe - Torno convencional.....	74
Tabla 12. Diseño de la alternativa de solución seleccionada para la Lathe - Torno convencional .....	80
Tabla 13. Costos y recursos asociados a la propuesta 1 .....	86
Tabla 14. Costos y recursos asociados a la propuesta 2 .....	88
Tabla 15. Costos y recursos asociados a la propuesta 3 .....	91
Tabla 16. Matriz de criterios de comparación para la Milling Machine o fresadora convencional .....	93
Tabla 17. Diseño de la alternativa seleccionada para la fresadora convencional o Milling Machine .....	101
Tabla 18. Costos y recursos asociados a la propuesta 1 .....	106
Tabla 19. Costos y recursos asociados a la propuesta 2 .....	109
Tabla 20. Costos y recursos asociados a la propuesta 3 .....	112
Tabla 21. Matriz de criterios de comparación de la Hole Popper .....	113
Tabla 22. Diseño de la alternativa de solución seleccionada para la Lathe - Torno convencional .....	119
Tabla 23. Costos y recursos asociados a la propuesta 1 .....	126
Tabla 24. Costos y recursos asociados a la propuesta 2 .....	128
Tabla 25. Costos y recursos asociados a la propuesta 3 .....	131
Tabla 26. Matriz de criterios de comparación de la Schmidth Press Leaflet cutting .....	132

Tabla 27. Diseño de la alternativa seleccionada para la Schmidh Press Leaflet cutting.....	140
Tabla 28. Bitácora de la reunión con la asesora industrial para la validación de las alternativas de solución diseñadas.....	147
Tabla 29. Población de máquinas que requieren de procedimiento de intervenciones menores.....	149

## **I. INTRODUCCIÓN**

A continuación, se detalla la información referente a la introducción de este proyecto. Por temas de confidencialidad, el nombre de la empresa será omitido y se hará referencia a esta como empresa de dispositivos médicos.

### **A. Identificación de la empresa**

La empresa manufacturera de dispositivos médicos se centra en la elaboración de productos para pruebas de diagnóstico molecular, como el diagnóstico de diabetes y otras enfermedades cardiovasculares con productos como guías y balones de dilatación coronaria y vascular.

#### **1. Visión / misión de la empresa**

La misión y visión de la empresa demuestran su compromiso para mejorar la vida de las personas. Al tener diferentes productos y unidades de negocio, la empresa generó una visión general, la cual refleja su compromiso para ayudar a las personas a mejorar su vida y llevarla a un mejor estado de salud por medio de innovaciones efectivas en el campo de la salud. Como objetivo buscan desarrollar productos y tecnologías que faciliten el diagnóstico temprano de distintas enfermedades para una atención médica más efectiva y de esta forma mejorar la calidad de vida de todas las personas (Empresa de dispositivos médicos, 2024).

Por otro lado, la misión menciona su búsqueda de ayudar a que las personas vivan una mejor vida, indica que la salud es lo primero, por lo que diseñan productos y tecnologías para contribuir en el mejoramiento de la salud de las personas (Empresa de dispositivos médicos, 2024).

#### **2. Antecedentes/historia de la empresa**

Este estudio se realizó en una multinacional del sector salud, empresa pionera en la fabricación de dispositivos médicos de alta precisión. Fundada hace más de 150 años, la empresa fue expandiéndose alrededor del mundo, hasta tener sedes en más de 150 países en la actualidad, desde entonces ha sido un motor de innovación en la región, invirtiendo

significativamente en investigación y desarrollo en la calidad de vida de las personas (Empresa de dispositivos médicos, 2024).

### 3. Ubicación geográfica

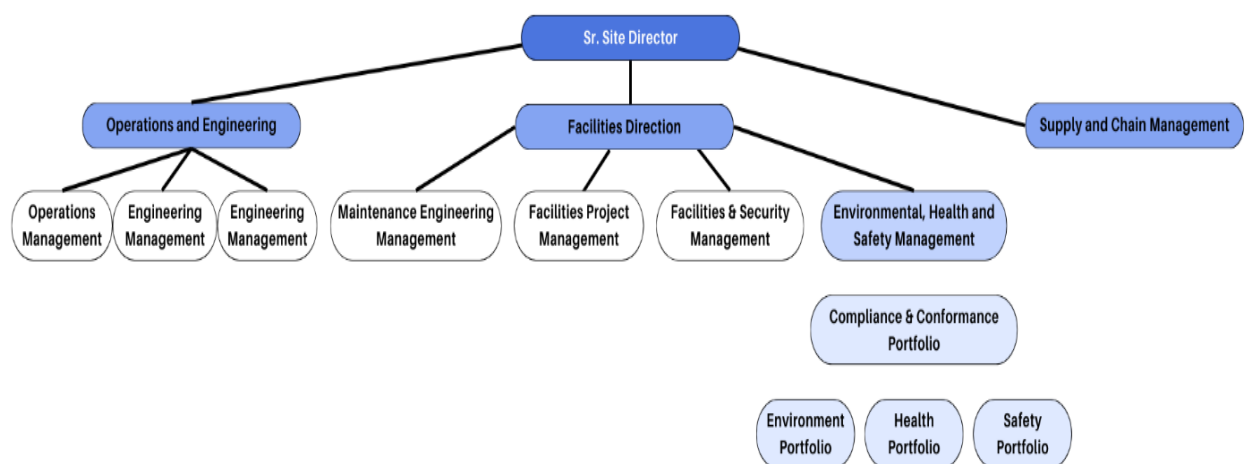
La empresa tiene dos sedes en el país, nombradas sede A y sede B, este proyecto se desarrollará en la sede A, la cual se encuentra ubicada en el Parque Industrial Zona Franca El Coyol, en el Coyol de Alajuela, Costa Rica.

### 4. Organigrama de la organización

El departamento de *Environmental, Health and Safety* (EHS) se divide en cuatro portafolios, *Compliance & Conformance*, que vela por la gestión y sinergia administrativa de los cuatro portafolios, el portafolio de Ambiente o *Environmental*, encargado de la gestión ambiental de la empresa, el portafolio de salud o *Health*, encargado de la vigilancia de la salud de la empresa y, finalmente, el portafolio de seguridad o *Safety*, que vela por la seguridad de los trabajadores y cumplimiento de normativas en temas de salud ocupacional, en la figura 1 se muestra la distribución de este en conjunto con otros departamentos.

**Figura 1**

*Organigrama de la empresa*



## **5. Cantidad de empleados**

Al momento de desarrollar este proyecto, la empresa de dispositivos médicos cuenta con una fuerza laboral de aproximadamente 5000 empleados, su equipo humano desempeña un papel crucial en el desarrollo, la producción y la distribución de productos y soluciones médicas.

Los turnos de producción constan de modelos diferentes, unos son de ocho horas laborales, el primero es de 6:00 a.m. a 3:00 p.m., el segundo de 3:00 p.m. a 10:00 p.m., el tercero de 10:00 p.m. a 6:00 a.m., estos turnos son fijos, el cuarto es turno administrativo, de 8:00 a.m. a 5:00 p.m. El quinto turno es horario comprimido y rotativo de 6:00 a.m. a 6:00 p.m. Se debe mencionar que la investigación se realiza en horarios del primero y segundo turno, además, del turno comprimido.

## **6. Tipo de productos o servicios**

La empresa desarrolla dispositivos médicos de alta precisión como catéteres para una gama de procedimientos de diagnóstico de enfermedades. Paralelamente, desarrollan válvulas cardíacas ofreciendo una solución duradera a ciertos problemas del corazón y el tratamiento de enfermedades cardiovasculares.

## **7. Mercado**

Su gama de productos impacta la vida de miles de personas en Costa Rica, la región y el mundo entero. Entre sus clientes se encuentran hospitales, clínicas, laboratorios y entidades gubernamentales, a quienes les brinda herramientas de última generación para la atención médica de calidad.

## **8. Proceso productivo y productos**

La empresa abarca dos procesos productivos, electrofisiología y estructura cardiovascular, en los cuales se requiere el uso de máquinas específicas para cada uno, divididos en cuartos limpios donde se realizan operaciones de ensamblado, esterilizado, lavado, moldeado, corte, empaçado, y otras que permiten un producto final como entregable, ya sea catéteres para electrofisiología y válvulas cardíacas para estructura cardiovascular.

Este proyecto se desarrolló en las máquinas distribuidas por toda la planta en los diferentes cuartos limpios y demás áreas, abarcando los dos procesos productivos a las que se dedica la empresa. Por temas de confidencialidad, se decidió nombrar las áreas de manera general si las máquinas pertenecen a la sección de electrofisiología EP (por sus siglas en inglés *Electrophysiology*), estructura cardiovascular SH (por sus siglas en inglés *Structural Hearth*) y taller, la cual es un área que da soporte a las dos secciones de la empresa.

## **B. Planteamiento del problema**

El estándar técnico corporativo T23 de Control de Energía Peligrosa (LOTO) se actualizó en junio de 2024, incorporando nuevos requisitos basados en la norma OSHA 1910.147, con el objetivo de permitir intervenciones menores a LOTO durante las actividades regulares de producción. Las intervenciones menores son tareas que realizan los operarios como parte de los procedimientos de producción en las cuales deben intervenir la máquina de alguna manera, ya sea para realizar ajustes o cambiar herramientas, para lo cual, en algunas ocasiones, deben evadir temporalmente los resguardos. Uno de los requisitos principales para aplicar estas intervenciones, en lugar de un bloqueo y etiquetado completo, es la provisión de al menos dos salvaguardas independientes para prevenir lesiones por energía peligrosa y el arranque inesperado del equipo o máquina.

La necesidad de aplicar intervenciones menores a LOTO surge del hecho de que la aplicación completa de LOTO puede consumir tiempo en el paro de las máquinas e incluso, puede tardar más que el ajuste en la máquina como tal. Actualmente, los operarios realizan estas intervenciones sin seguir ningún procedimiento escrito, lo que representa un incumplimiento a la nueva actualización del T23. El incumplimiento de estos procedimientos se debe, en primer lugar, a la falta de identificación e inventario de las máquinas que requieren intervenciones menores, esto debido a la presencia de más de 4000 máquinas en la planta, cada una con operaciones diversas que demandan procedimientos específicos. Además, no se había considerado necesario establecer dichos procedimientos anteriormente, ya que se trata de un requisito recientemente implementado.

De igual forma, muchas de las máquinas a las que se les aplican las intervenciones menores no cuentan con las dos salvaguardas independientes exigidas por el estándar y la OSHA 1910.147 lo cual, además de ser un incumplimiento, pone en riesgo la seguridad de los operarios. La ausencia de estas dos salvaguardas se debe, en primer lugar, a que las máquinas fueron adquiridas y diseñadas sin considerar esta nueva necesidad, inclusive, no se había realizado ninguna evaluación de riesgos de las máquinas para comprender su funcionamiento e identificar sus necesidades específicas, esto se debe, nuevamente, a que dichas salvaguardas no eran necesarias anteriormente hasta la actualización del estándar de este año.

Lo anterior se relaciona con la desactualización de los riesgos asociados a la maquinaria, debido a la discontinuidad en la asignación de responsables del estándar T23 de energías peligrosas. Las personas previamente seleccionadas en el puesto no lograron cumplir con las exigencias del estándar, lo cual se debe a la alta demanda organizacional y a la falta de organización, adicionalmente, ha habido una carencia de comunicación efectiva entre el departamento de EHS y los departamentos de producción y calidad, la cual es fundamental, ya que se benefician directamente de la implementación de estos procedimientos. Esta sección se elaboró mediante la metodología del árbol del problema. El apéndice A muestra el problema focal y sus causas básicas.

### C. Justificación del proyecto

*Lockout & Tagout* (LOTO) o en español, bloqueo y etiquetado, se refiere a prácticas y procedimientos específicos para proteger a los empleados contra el arranque inesperado de máquinas y equipos, o la liberación de energía peligrosa a la hora de intervenirlos (Hong-jie & Zhen-tang, 2011).

Existen factores relacionados a las lesiones y muertes que suceden cuando los trabajadores llevan a cabo trabajos de mantenimiento o intervenciones que requieran LOTO como no cortar por completo la electricidad, no aislar, bloquear ni disipar la fuente de energía peligrosa, aunado a, no bloquear ni etiquetar los dispositivos de control de energía junto con los puntos de aislamiento después de cortar la electricidad y, por último, no verificar que se haya cortado la electricidad de la fuente de energía peligrosa antes de comenzar el trabajo (*National Institute for Occupational Safety and Health* [NIOSH], 2015).

Por su parte, el Consejo de Salud Ocupacional (CSO) en sus estadísticas anuales menciona que para el año 2022 los generadores de energía fueron los agentes materiales involucrados en 548 accidentes laborales, además, fueron los causantes de dos muertes (CSO, 2022).

Ahora bien, en tareas de producción de la empresa en estudio los operarios deben intervenir las máquinas por distintas razones como lo es el cambio o ajuste de herramientas, tareas necesarias para continuar con el proceso de producción y a las cuales no se les aplica procedimiento LOTO, sin embargo, deben valorarse y controlarse los riesgos presentes al realizar estas intervenciones.

La norma OSHA 1910.147 indica que puede realizarse una intervención sin aplicar LOTO siempre que tenga alternativas que proporcionen una protección efectiva, como lo son las salvaguardas (*Occupational Safety and Health Administration* [OSHA], 2011). Considerando esto y la actualización en el estándar técnico de LOTO de la empresa; se concluye que aquellas intervenciones menores que tienen lugar durante las operaciones normales de producción actualmente no están cubiertas por esta actualización.

El incumplimiento de las actualizaciones implica amonestaciones al departamento encargado y a la persona responsable propiamente, lo que puede generar la suspensión o

sustitución de la persona sino se cumplen. Lo anterior puede afectar el flujo en las metas de producción si se presentan accidentes por la falta de control del riesgo y manchar directamente la reputación y alto prestigio que hasta hoy ha presentado el departamento de EHS y la empresa como tal a nivel regional y global.

Es importante mencionar que el departamento se sometió a una auditoría corporativa en setiembre del presente año, para la cual se necesitó evidenciar el cumplimiento de cada uno de los lineamientos impuestos en los estándares técnicos, incluyendo la actualización de la aplicación de los procedimientos de intervenciones menores a LOTO del T23 de Control de Energías Peligrosas.

Los accidentes laborales pueden disminuir la eficiencia del proceso productivo por distintos aspectos, inclusive, provocar una disminución en la confianza de los trabajadores a la hora de realizar sus labores hasta generar problemas legales si los riesgos presentados en las máquinas en procesos de producción no son controlados.

La creación de salvaguardas es efectiva para eludir el peligro de choque eléctrico. La norma NFPA 70 E (*Standar for Electrical Safety in Workplace*) menciona que al desenergizar las máquinas, se debe establecer comunicación con la persona responsable de las mismas y efectuar su puesta a tierra de manera visible en el punto de trabajo para evitar choques eléctricos. Sin embargo, si se dispone la implementación de medidas de protección, tales como salvaguardas, esta precaución debe impedir que cada uno de los empleados entre en contacto directamente con alguna parte de la máquina energizada (*National Fire Protection Association [NFPA], 2021*).

Ahora bien, la empresa no tiene un registro de accidentabilidad debido a que la aplicación de intervenciones menores es una nueva acción por realizar por la actualización de su estándar técnico de LOTO. No obstante, como se mencionó anteriormente, existe evidencia a nivel nacional e internacional que prueban que los accidentes por contacto con energías peligrosas son frecuentes, por lo que es de suma importancia prevenirlos, ya sea con la aplicación de LOTO o con el control de las intervenciones menores en los casos que se permita.

Finalmente, es importante considerar que la empresa es referente en la industria médica en materia de EHS al ganar en el 2022 un premio como la Planta del año o *Plant of the Year*, un reconocimiento anual que se otorga a las plantas de la compañía que demuestran un alto nivel de excelencia en varias áreas clave incluyendo el departamento de Salud, Seguridad y Ambiente, además, ha quedado en las finales en el 2021 y en el 2023.

Por lo tanto, es fundamental mantener los más altos estándares de calidad en seguridad y cumplir con los requerimientos para las intervenciones menores a LOTO es crucial para mantener el nivel de calidad, excelencia y compromiso con la salud y seguridad de los trabajadores.

## **D. Objetivos del Proyecto de Graduación**

A continuación, se detalla el objetivo general y específicos para la realización de este proyecto.

### **1. Objetivo general**

Proponer un programa de control de energías peligrosas para el cumplimiento del estándar corporativo T23 en máquinas que requieren intervenciones menores durante actividades regulares de producción en la empresa de dispositivos médicos.

### **2. Objetivos específicos**

- Identificar las condiciones actuales de funcionamiento de las máquinas que requieren intervenciones menores, así como los peligros mecánicos y las condiciones que generan la liberación inesperada de energía durante los ajustes que se ejecutan en las actividades regulares de producción realizadas por parte de los operarios.
- Evaluar los riesgos mecánicos y las condiciones que generan la liberación inesperada de energía durante las intervenciones menores en máquinas, por parte de los operarios en las actividades regulares de producción.
- Diseñar soluciones administrativas e ingenieriles integradas en un programa de control de energías peligrosas en máquinas que requieren intervenciones menores por parte de los operarios durante las actividades regulares de producción.

## **E. Alcances y Limitaciones**

A continuación, se detallan el alcance y limitaciones de este proyecto.

### **1. Alcance**

El proyecto pretende desarrollar un programa de control de energías peligrosas que se puedan liberar y accionar el funcionamiento de las máquinas a las que se les realizan ajustes por intervenciones menores durante las actividades regulares de producción, esto con el fin de asegurar el cumplimiento del estándar corporativo T23 de energías peligrosas.

Es importante recalcar que el alcance de este programa se extiende únicamente a aquellas máquinas dentro de las instalaciones a las cuales se les puede aplicar un procedimiento menor y, además, a aquellas que requieren el diseño de salvaguardas, para poder cumplir con el estándar T23, el cual se rige por lo estipulado en la OSHA CFR 1910.147. Sin embargo, por un tema del cronograma para la realización del proyecto, se decide que la propuesta de diseño cubrirá únicamente a cuatro de las máquinas que requieren diseño de salvaguardas, además, estas cuatro máquinas fueron seleccionadas por la empresa tras un análisis que consideró las necesidades de diseño de salvaguardas. Estas máquinas presentaban las siguientes características: mayor antigüedad dentro del inventario, salvaguardas con fallas recurrentes o, en algunos casos, ausencia total de ellas, por lo que, la decisión fue tomada mediante un proceso de votación interna, priorizando aquellas con mayor riesgo operativo. No obstante, cabe recalcar que el programa contempla a todas las máquinas de la planta a las que se les pueden aplicar intervenciones menores debido a al tipo de ajuste que se le realiza a la máquina y que, además, ya cuenta con las dos salvaguardas que son requeridas para la realización segura de las intervenciones menores.

Ahora bien, el programa busca establecer una serie de procedimientos donde se especifiquen roles y un paso a paso de cómo realizar las intervenciones menores de forma segura, además, busca que este procedimiento camine de la mano con una sólida capacitación del personal que realiza las intervenciones, para asegurar una correcta y óptima apropiación del proceso. Cabe recalcar que el programa incluye el diseño de una serie de salvaguardas en aquellas máquinas a las que por la simplicidad del ajuste se las pueda realizar intervenciones menores, pero no cuenten con estos dispositivos de seguridad, ya sea porque

no tengan del todo las dos salvaguardas, que solo tenga una o que en su defecto requieran un rediseño.

En resumen, el programa tiene como objetivo principal poner en cumplimiento a la empresa ante la actualización por parte de corporativo del estándar técnico T23, esto con el fin de asegurar el cumplimiento de la planta dando como resultado una evaluación satisfactoria en la auditoría corporativa, lo cual, garantiza la continua excelencia y compromiso de la empresa con la más alta calidad en temas de salud y seguridad.

## **2. Limitaciones**

Una de las limitaciones principales para la realización de este proyecto es la falta de información o documentos de referencia que puedan funcionar como guía para la realización de los procedimientos de intervenciones menores, así como una rápida y efectiva comprensión del proceso. Esto se debe al hecho de que la actualización del estándar T23 es para todas las plantas de la empresa a nivel mundial, por lo que, ninguna ha adoptado estos procedimientos hasta el momento de la realización de este proyecto, lo que implica que no se ha contado con capacitación o con la facilitación de documentos guía, lo que conlleva que todo el proceso se inicie desde cero, esto ocasionó que en el trayecto se identificaran aspectos de mejora, lo cual, implicó retrabajo.

Por otro lado, al tratarse de una empresa con alto grado de demanda en producción, el tiempo para aplicar las herramientas es reducido, ya que la información debe ser captada sin impactar en el proceso de producción, por lo cual, las entrevistas, entre otras herramientas se tuvieron que aplicar en cortos lapsos, por lo que, a pesar de que se logró el objetivo, esto representó una limitación para poder registrar a mayor detalle los datos requeridos.

De igual manera, es importante recalcar que el diseño ingenieril se limita únicamente al proceso de intervenciones menores, esto con el fin de reducir los riesgos mecánicos producidos por el accionamiento involuntario de la máquina, lo cual se puede dar por la liberación inesperada de energía peligrosa, por tanto, los demás procesos en los que se utilizan las máquinas no son tomados en cuenta para el diseño. Finalmente, el proyecto se realiza de manera confidencial, lo que limita cierta información, como el nombre, detalles específicos de la empresa, fotografías y estadísticas.

## II. MARCO CONCEPTUAL

La energía es la capacidad de realizar trabajo, transformar o poner en movimiento, y se origina de las interacciones que permiten que algo pueda realizar una acción y causar un efecto (Zandanel, 2022). La energía es esencial para todo proceso, sin embargo, ciertas formas de energía pueden ser peligrosas, como lo son la energía eléctrica, gravitacional, mecánica, inflamable, química, térmica e hidráulica (Acosta, 2022).

Gran parte de estas formas de energía se emplean para alimentar una variedad de máquinas y equipos, sin embargo, su uso inadecuado puede resultar en accidentes graves e incluso en fatalidades. Por ejemplo, en Estados Unidos, entre 1980 y 1989, se reportaron 8505 muertes relacionadas con maquinaria, representando el 0,8% de los trabajadores, y serían responsables de un tercio de las muertes laborales, mientras que, en el 2013, se informaron 717 muertes asociadas con maquinaria. Finalmente, en Quebec, los accidentes relacionados con máquinas representan el 15% de todos los accidentes indemnizados, con desembolsos anuales de 71,5 millones de dólares (Tremblay & Gauthier, 2018).

Los accidentes relacionados con máquinas pueden tener diversas causas, siendo la principal la ausencia de un dispositivo de protección (54% de los casos), ya sea por diseño o porque ha sido neutralizado por parte de los usuarios; esta práctica a menudo tolerada por los empleadores, es un problema creciente y se atribuye a fallos en la interfaz hombre - máquina o una integración inadecuada de medidas de seguridad en la etapa de diseño. Por otra parte, otra causa significativa son los movimientos residuales de las máquinas, principalmente debido a energía neumática o hidráulica, siendo responsables del 20% de los accidentes en Francia, además, los dispositivos de protección mal diseñados que solo impiden acceso parcial a las zonas peligrosas también explican numerosos accidentes (Tremblay & Gauthier, 2018).

Una estrategia empleada para evitar la liberación inesperada de energía es la aplicación de sistemas de bloqueo y etiquetado (LOTO), que según Dźwiarek (2022) son una serie de procedimientos y prácticas específicas creadas para proteger a los trabajadores de la energía liberada por máquinas en funcionamiento o de los peligros que surgen durante las tareas de mantenimiento y reparación. Este método ayuda a garantizar la seguridad de los trabajadores durante la intervención a máquinas que se alimentan de energías peligrosas, no utilizarlo puede tener consecuencias mortales.

Por ejemplo, en 2015, la Oficina de Estadísticas Laborales de EE. UU. reportó 722 lesiones laborales fatales debido al contacto con objetos y equipos energizados, además, se registra que la falta de control de energías peligrosas representa casi el 10% de los accidentes graves en varias industrias de EE. UU. y fue la quinta violación más citada por OSHA en 2015 y 2016. Por otro lado, en Quebec, se registran en promedio cuatro muertes y 1000 accidentes anuales debido a procedimientos de bloqueo deficientes o inexistentes, representando el 5% de las muertes laborales (Karimi et al., 2019).

A pesar de que aplicar LOTO en efecto ayuda a garantizar la seguridad de los trabajadores, puede llegar a ser un proceso lento, que a menudo se considera un retraso innecesario que aumenta los costos de producción, esto aunado al hecho de que algunas de las intervenciones de los equipos toman menos tiempo que la aplicación de LOTO como tal (Delpla et al., 2023).

Es a raíz de esta desventaja que se presenta la oportunidad de implementar intervenciones menores, que según la *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA, 2011) se refiere a aquellos cambios y ajustes menores de herramientas, así como otras actividades menores de servicio que se realizan durante las operaciones normales de producción y son rutinarias, repetitivas e integrales al uso del equipo para la producción; lo anterior es aplicable siempre que el trabajo se realice utilizando medidas alternativas que brinden una protección eficaz, como lo son las salvaguardas.

Adicionalmente, la Organización Internacional del Trabajo en su programa de Seguridad y salud en la utilización de la maquinaria (2013), recomienda tomar en cuenta todas las medidas necesarias para que las intervenciones de las máquinas se hagan de manera segura desde el diseño de éstas, de manera que las máquinas como producto final, representen el menor nivel de riesgo a la hora de intervenirlas.

Por lo tanto, es indispensable identificar, evaluar y controlar todas las intervenciones asociadas a los modos de funcionamiento y procedimientos, con el fin de generar medidas de prevención que reduzcan la probabilidad de exponer a los trabajadores a energías peligrosas propias de las máquinas. La seguridad y salud en el trabajo (SST) busca crear un lugar de trabajo seguro, una forma de implementarlo en los lugares de trabajo donde se utilizan máquinas y equipos como parte de las operaciones normales de producción, es implementar

salvaguardas en los puntos de peligro (*International Organization for Standardization* [ISO], 2012).

Sin embargo, como ya se mencionó, existe una anuencia por parte de los trabajadores usuarios de las máquinas a eludir estos dispositivos de protección. En una revisión de literatura sobre los incentivos y soluciones para eludir resguardos y dispositivos de protección en maquinaria, se menciona que el 27% de los trabajadores de una empresa alemana, omiten los sistemas de protección de las máquinas, de igual forma, se identificó el mismo patrón en la mitad de las empresas estudiadas que pertenecían a Suiza (Haghighi et al., 2019).

Según el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTE/ISO, 2016) un resguardo es una barrera material que se diseña como parte de una máquina para dar protección, dependiendo de su construcción pueden ser denominados carcasa, pantalla, cubierta, puerta o envolvente.

Ahora bien, la INTE/ISO 14120:2016 (INTE/ISO, 2016) menciona que los resguardos pueden clasificarse como fijos, móviles, regulables y cerrados. Los fijos solo se abren o se retiran mediante herramientas o destruyendo medios de fijación; los móviles se pueden abrir sin usar herramientas; los regulables se refieren a resguardos que son regulables o incorpora partes regulables, por último, los cerrados se refieren a aquella posición de un resguardo según desempeña la función para la cual se diseñó.

De igual forma, como se indica en la norma INTE/ISO 14119:2016 (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, 2016), los resguardos pueden ir acompañados de dispositivos de enclavamiento y de bloqueo. Los dispositivos de enclavamiento son aquellos dispositivos mecánicos, eléctricos o de cualquier otra tecnología cuyo propósito es impedir el accionamiento de las energías peligrosas de la máquina bajo determinadas condiciones, mientras que, un dispositivo de bloqueo es aquel destinado a inmovilizar a un resguardo en posición de cerrado y asociado al sistema de mando.

La norma UNE-EN ISO 12100 indica que un resguardo es una barrera material que proporciona protección al trabajador y es parte de la máquina. Existen resguardos fijos que no pueden quitarse fácilmente, resguardos móviles las cuales pueden quitarse sin emplear herramientas y los resguardos regulables puede ser una barrera fija o móvil. Mientras que los

resguardos con enclavamiento se asocian con un sistema de mando de la máquina que no permiten el funcionamiento si las barreras no están en su lugar, entre otras (ISO, 2012).

Según OSHA 1910.147 (2011), una salvaguarda es un dispositivo, barrera o procedimiento diseñado para proteger a los trabajadores de los peligros asociados con máquinas en el lugar de trabajo, es decir, es una medida de seguridad que se implementa para prevenir accidentes laborales al generar contacto entre un operario y los puntos de peligro de las máquinas. Es crucial implementar salvaguardas adecuadas en las máquinas para mejorar la seguridad en el lugar de trabajo. Al diseñar estas protecciones, es fundamental tener en cuenta las capacidades operativas y de producción de la máquina, de igual forma, cada dispositivo de protección ofrece diversas funcionalidades y niveles de seguridad, adaptándose a las necesidades específicas de cada aplicación (Mantel, 2019), además, los operarios de las máquinas deben conocer la razón e importancia de la instalación de estos dispositivos. Una manera eficaz de controlar la liberación de energías peligrosas o accionar inesperado de partes de las máquinas, es con la implementación de programas de seguridad.

Un programa busca controlar los riesgos presentes y mejorar los procedimientos conforme se avanza en el programa y así mejorar la seguridad en el lugar de trabajo. En estos se toma en cuenta los altos mandos de la organización, demostrando el compromiso con la seguridad y salud de los trabajadores, los cuales deben participar activamente en el programa para que sea integral como indica la INTE 31 09 09:2016 (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica [INTECO], 2016). El objetivo de un programa de seguridad y salud es prevenir lesiones, enfermedades y la muerte de los trabajadores en las empresas, de manera que mejora la moral en el trabajo, así como la reputación al controlar los riesgos que no pueden ser eliminados (OSHA, 2022).

La jerarquía de controles es un método para identificar y clasificar los riesgos presentes en los lugares de trabajo con el fin de proteger a los trabajadores de diferentes formas, ya sea eliminando, sustituyendo, aplicando controles ingenieriles, controles administrativos o equipo de protección personal, en este grado de eficiencia respectivamente (OSHA, 2023). Los programas consideran estos controles, aplicando uno o varios controles según la necesidad y su aplicabilidad en las empresas.

En la norma OSHA 1910.147 (2011), se indica que un programa de control de energía debe contemplar los procedimientos de control de energía, capacitar a los empleados en la aplicación de los procedimientos e inspeccionar periódicamente que son eficaces. Estos procedimientos deben describir los pasos a seguir para realizar la tarea de intervención de manera segura, así como indicar las fuentes de energía peligrosa a las que se expone el trabajador.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **A. Tipo de investigación**

La presente investigación es descriptiva, exploratoria y aplicada. Con la investigación descriptiva se buscó recolectar la información necesaria para explicar las razones por las cuales se deben realizar diseños en las máquinas y equipos; es exploratoria al buscar examinar un problema que no ha sido abordado antes en la empresa. Además, es aplicada, ya que se tuvo como expectativa aplicar los conocimientos adquiridos en cursos específicos de la carrera para la resolución del problema.

#### **B. Fuentes de información**

En la investigación se utilizaron fuentes primarias, secundarias y terciarias, para las cuales se utilizaron herramientas para la recolección de los datos, las fuentes se describen a continuación.

##### **1. Fuentes Primarias**

- Entrevista semiestructurada a los operarios(as) de producción, ingenieros(as) de manufactura y/o supervisores(as) de cada área para identificar las máquinas a las que actualmente se les realizan intervenciones menores por parte de los trabajadores.
- Observación directa del funcionamiento de las máquinas identificadas, así como el registro del paso a paso de las intervenciones menores que se les realiza.
- Entrevista semiestructurada con los ingenieros de área y operarios que realizan intervenciones menores.
- Guía para un funcionamiento seguro de las máquinas basado en la UNE-EN ISO 12100:2012
- Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo. (ISO 12100:2010)."
- Matriz de comprobación de conocimiento basada en el manual de uso de la máquina.
- Matriz de comprobación de seguridad en maquinaria mediante el diseño de salvaguardas basado en la UNE-EN ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas.

Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo. (ISO 12100:2010).

## 2. Fuentes Secundarias.

### a. Normativa interna

- Estándar Técnico T23 Control de energías peligrosas.
- Estándar Técnico T05 Protección de máquinas.

### b. Normativa externa

- Norma OSHA 29 CFR 1910.147.
- Norma ISO 31010, Gestión de riesgos - Técnicas de evaluación de riesgo.
- Norma OSHA 1910.212 Machinery and Machine Guarding - General requirements for all machines.
- UNE-EN ISO 12100:2012. Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo. (ISO 12100:2010)
- OSHA 29 CFR 1910 Subparte O: Maquinaria y equipo.
- 29 CFR 1910.212: Requisitos generales para todas las máquinas.
- Elaboración del programa de control de energías peligrosas de la OSHCON: Control de Energía Peligrosa Bloqueo y Etiquetado – Programa de trabajo.

## 3. Fuentes Terciarias.

- Bases de datos:
  - AENORMás
  - EBSCOhost
  - Science Direct

Adicionalmente, los sujetos de información fueron los operarios(as) de producción, ingenieros(as) de manufactura y/o supervisores(as) de producción, así como el personal de EHS de la empresa para obtener la información primaria.

## **C. Población y muestra**

De las aproximadamente 4000 máquinas que hay en la planta, se identificó una población de 16 máquinas a las cuales se les realizan intervenciones menores y se tomaron

en cuenta para realizarles los procedimientos escritos de intervenciones menores como controles administrativos. De la población se tomó una muestra de cuatro máquinas (n=4), a las cuales se les hizo un diseño ingenieril. La muestra es no probabilística o dirigida, ya que la elección de las máquinas no depende de la probabilidad, sino de las características que presenten, de igual forma, por limitaciones de tiempo se decidió limitar la muestra a cuatro máquinas, priorizando aquellas que mejor se adaptan a los requerimientos del proyecto y a los intereses de la empresa.

Las máquinas se identificaron entre todos los cuartos limpios y demás áreas operativas de los dos procesos productivos, electrofisiología y estructura cardiovascular; con el fin de abarcar todas las máquinas presentes dentro del edificio, el criterio para la selección de la población fueron los requisitos brindados en la actualización del estándar técnico de la empresa ya mencionado.

En el área *EP* se encontró una máquina llamada *Blockwise Band Swager* a la cual los operarios deben hacer un cambio de *fixture* o molde cuando deben cambiar de modelo de producción. La *Suture Crimp Press Station* es una máquina que moldea piezas, la intervención menor consta de cambiar la pieza del molde, además está la máquina *Nissen Automatization cell* a la que se le deben limpiar algunas piezas internas a la hora de cambiar el modelo de proceso. También se encontró la *ILT 1500 laser welder* que moldea y suelda piezas, la intervención menor consiste en cambiar el molde de la máquina cada vez que se cambia el modelo en proceso; y la máquina *Marker Band Swager* cuya función es unir bandas metálicas premarcadas a diversos componentes se le debe cambiar una pieza al cambiar el modelo de producción, finalmente, en *EP* se encuentra la *Anchor Shaft Lug Bond Fixture* que une orejetas a ejes de anclaje, a esta se le realiza un cambio de *fixture*.

Además, está la *Schmidth Press Leaflet Cutting* en *SH*, encargada de modelar tejido biológico, se le debe cambiar la pieza de molde cuando el modelo del proceso cambia, también una bomba a la cual deben realizarle un cambio de manguera, lo que implica que los operarios ingresen los dedos a la zona de peligro de la máquina y finalmente se encontró la *MTS* cuya función es medir la resistencia de algunos materiales, la intervención es cambiar la herramienta que sostiene los materiales a medir.

En el área de taller se encontraron cinco máquinas. La primera, *CNC HAAS* fresadora es una máquina que hace moldes metálicos, la intervención menor se conoce como *setup*, en la cual deben abrir las puertas de la máquina para cambiar la herramienta de corte cada vez que cambian de modelo de corte, la misma función realizan la *CNC Vertical Fryer* y el Centro de Mecanizado ROMI al ser fresadoras. La segunda es la *Wire EDM*, máquina que corta por medio de un hilo conductor de electricidad, la intervención menor consta de cambiar el hilo y alinearlo cuando deben realizar un corte más fino o grueso.

La *Milling Machine* o fresadora convencional que es similar a la *CNC* fresadora, pero es más antigua y tiene menos sistemas automatizados, de igual forma corta piezas metálicas y la intervención menor es cambiar la herramienta de corte. La cuarta es la *Lathe* o torno convencional, máquina que realiza pequeños cortes para afilar partes de los moldes que deben realizar, como intervención menor, se cambia la herramienta de corte dependiendo de la pieza que deben procesar. Finalmente, está la *Hole Pooper*, máquina que corta y moldea piezas por medio de un electrodo, el cual debe ser cambiado según la necesidad de corte que deban llevar a cabo, siendo esta la intervención menor.

Existen diversos modelos de máquinas en las diferentes áreas, y cada modelo puede incluir múltiples unidades. La investigación se centró en el modelo de máquina y no en unidades específicas. Así, las soluciones propuestas fueron aplicables a todas las máquinas de un mismo modelo que compartan las mismas características.

La muestra es representada por la máquina *Milling Machine* o fresadora convencional, la *Hole Pooper*, la *Lathe* o torno convencional, máquinas que se encuentran en el taller de la empresa, y la máquina *Schmidth Press Leaflet Cutting* del proceso productivo SH. En colaboración con la supervisora del proyecto, se validaron las herramientas utilizadas y la muestra elegida, es decir, estas cuatro máquinas conforman la muestra seleccionada, ya que fueron identificadas por la empresa como prioritarias entre todas aquellas que requerían diseño, por tanto, la organización solicitó su priorización para el desarrollo de los diseños, considerando la necesidad de su rápida incorporación a los procedimientos de intervenciones menores, debido a su uso constante y al riesgo asociado a su operación.

#### **D. Operacionalización de variables**

En la siguiente tabla se detallan los objetivos específicos, la variable en estudio, su conceptualización, los indicadores correspondientes y los instrumentos o herramientas para su medición, los cuales permitirán alcanzar dichos objetivos.

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

Objetivos específicos	Variable	Conceptualización	Indicadores	Instrumentos o herramientas
<p>Identificar las condiciones actuales de funcionamiento de las máquinas que requieren intervenciones menores, así como los peligros mecánicos y las condiciones que generan la liberación inesperada de energía durante los ajustes que se ejecutan en las actividades regulares de producción realizadas por parte de los operarios.</p>	<p>Condiciones de funcionamiento de las máquinas que requieren intervenciones menores.</p>	<p>Las condiciones actuales de funcionamiento en máquinas que requieren intervenciones menores se refieren al estado operativo presente de una máquina, incluyendo tareas, el estado de mantenimiento, tiempo y modo de uso.</p>	<p>Cantidad y tipo de tareas en las que se realiza la intervención menor a la máquina.</p>	<p>Entrevista semiestructurada con los ingenieros de área y operarios que realizan intervenciones menores.</p>
			<p>Tiempo de la intervención menor que se aplica a la máquina.</p>	
			<p>Frecuencia de mantenimiento de la máquina.</p>	
			<p>Frecuencia de uso de la máquina.</p>	
	<p>Peligros mecánicos y las condiciones que generan la liberación inesperada de energía.</p>	<p>Peligros mecánicos que se pueden manifestar en riesgos de lesiones físicas a los operarios, causados por movimientos peligrosos y partes móviles de la maquinaria, estos peligros se agravan por condiciones que</p>	<p>Cantidad de pasos para efectuar la intervención menor.</p>	<p>Entrevista semiestructurada con los ingenieros de área y operarios que realizan intervenciones menores.</p>
			<p>Nivel de conocimiento del funcionamiento de las máquinas por parte de los operarios.</p>	<p>Matriz de comprobación de conocimiento basada en el manual de uso de la máquina.</p>

Objetivos específicos	Variable	Conceptualización	Indicadores	Instrumentos o herramientas
		generan la liberación inesperada de energía almacenada debido a fallos en el equipo o errores humanos, resultando en posibles accidentes graves.	Cantidad de peligros mecánicos que se puedan manifestar debido a las condiciones que provocan la liberación inesperada de energía.	Matriz para la identificación de peligros basado en la UNE-EN ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo. (ISO 12100:2010). Método de análisis de riesgos y de operatividad (HAZOP).
Evaluar los riesgos mecánicos y las condiciones que generan la liberación inesperada de energía durante las intervenciones menores en máquinas, por parte de los operarios en las actividades regulares de producción.	Riesgos mecánicos presentes durante las intervenciones menores en máquinas.	Riesgos mecánicos durante las intervenciones menores en máquinas que pueden implicar cortes, atrapamientos, amputaciones, entre otros, causados por la liberación inesperada de energía, la cual activa el funcionamiento de la máquina, mientras el operario realiza una intervención o ajuste en esta.	Cantidad y tipos de fuentes de energía que posee cada máquina.	Entrevista semiestructurada con los ingenieros de área y operarios que realizan intervenciones menores.
			Cantidad de personas afectadas durante las intervenciones menores realizadas a cada máquina.	
			Frecuencia de intervenciones menores realizadas a cada máquina.	
			Cantidad y eficiencia de los controles para evitar exposición con puntos de operación en cada máquina durante una intervención menor.	
			Nivel de riesgo mecánico de cada máquina	Método de análisis de riesgos y de operatividad (HAZOP).
Diseñar soluciones administrativas e ingenieriles integradas en un programa de control de energías peligrosas en máquinas que requieren intervenciones	Controles ingenieriles	Implementación de salvaguardas que protejan a los trabajadores del contacto accidental con partes móviles de las máquinas que se activan debido a la liberación inesperada de	Cantidad de controles y mejoras ingenieriles para cada máquina a la que se le aplican las intervenciones menores.	Matriz de comprobación de seguridad en maquinaria mediante el diseño de salvaguardas basado en la UNE-EN ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo. (ISO 12100:2010).

Objetivos específicos	Variable	Conceptualización	Indicadores	Instrumentos o herramientas
<p>menores por parte de los operarios durante las actividades regulares de producción.</p>		<p>energía peligrosa, esto con el fin de reducir los riesgos mecánicos durante la intervención a las máquinas.</p>	<p>Nivel de cumplimiento de requisitos legales de cada una de las alternativas de solución propuestas para cada máquina.</p>	<p>Matriz de criterios de comparación para la selección de la alternativa de solución de cada una de las máquinas.</p>
			<p>Nivel de factibilidad de implementación de cada una de las alternativas de solución propuestas para cada máquina.</p>	
			<p>Nivel de cumplimiento de aspectos de salud y seguridad de cada una de las alternativas de solución propuestas para cada máquina.</p>	
			<p>Nivel de cumplimiento de aspectos culturales y sociales de cada una de las alternativas de solución propuestas para cada máquina.</p>	
			<p>Nivel del impacto ambiental de cada una de las alternativas de solución propuestas para cada máquina.</p>	
			<p>Costo económico de las alternativas de solución propuestas para cada máquina.</p>	

Objetivos específicos	Variable	Conceptualización	Indicadores	Instrumentos o herramientas
			Cantidad de objetivos de desarrollo sostenible (ODS) y sus respectivas metas con los que cumple de cada una de las alternativas de solución propuestas para cada máquina.	
			Nivel de riesgo mecánico de cada máquina con salvaguardas implementadas.	Método de análisis de riesgos y de operatividad (HAZOP) para la validación de las alternativas de solución seleccionadas.
	Controles administrativos	Creación y gestión de un programa integral que establece procedimientos y políticas para el control de energías peligrosas durante las intervenciones menores a máquinas, asegurando que estos controles estén correctamente instalados, mantenidos y utilizados en todo momento, además de capacitar a los empleados en el uso seguro de estos, con el objetivo de minimizar los riesgos mecánicos presentes durante la realización de las intervenciones menores	Nivel de conformidad con los requerimientos para un programa de control de salud y seguridad.	Matriz de comprobación de requisitos del programa de control de energías peligrosas de la OSHCON: Control de Energía Peligrosa Bloqueo y Etiquetado – Programa de trabajo.
Número de tareas o actividades para la implementación del programa, incluyendo sus fechas de inicio, finalización y duración.			Diagrama de Gantt.	
Cantidad de tareas y de personas encargadas de llevar a cabo la implementación del programa.			Matriz RACI.	
Cantidad de capacitaciones para la correcta aplicación de las intervenciones menores a cada máquina.			Plan de capacitación basado en la UNE-ISO 10015:2020 Gestión de la calidad. Directrices para la gestión de la competencia y el desarrollo de las personas.	

## **E. Descripción de instrumentos o herramientas de investigación**

A continuación, se describen cada una de las herramientas que se utilizaron para el cumplimiento de los objetivos específicos del proyecto. Todas las herramientas se pueden encontrar en la sección de apéndices.

### **1. Fase de identificación de las condiciones de funcionamiento de las máquinas y peligros mecánicos.**

**Objetivo específico 1.** Identificar las condiciones actuales de funcionamiento de las máquinas que requieren intervenciones menores, así como los peligros mecánicos y las condiciones que generan la liberación inesperada de energía durante los ajustes que se ejecutan en las actividades regulares de producción realizadas por parte de los operarios.

#### **1.1 Entrevista semiestructurada con los ingenieros de área y operarios que realizan intervenciones menores.**

Este tipo de entrevista es una herramienta esencial que fue guía para la obtención de información directa de los ingenieros de cada área operativa y de los operarios, ya que facilita la recolección de datos precisos sobre el uso y funcionamiento de las máquinas, abarcando su función intrínseca y el modo específico de empleo que le da cada operario. Esta información proporcionó una comprensión profunda de las operaciones diarias y revela variaciones en los métodos de uso que podrían no ser evidentes mediante otros análisis.

Además, permitió captar detalles específicos del proceso productivo desde la perspectiva de los operarios, lo cual es crucial para alimentar la identificación de peligros y evaluación de riesgos, de igual forma, los operarios, con su conocimiento práctico, aportaron observaciones valiosas sobre posibles fallos, tiempos y frecuencia de uso, riesgos operativos y oportunidades de mejora en la seguridad. De igual manera, los ingenieros de área son profesionales con un profundo conocimiento del funcionamiento de las máquinas, capaces de proporcionar información valiosa para comprender su operatividad y los puntos críticos de riesgo asociados (Apéndice B).

Es fundamental señalar que esta herramienta sirvió como el primer filtro para identificar las máquinas que requieren un diseño de salvaguarda, es decir, la entrevista se aplicó a los trabajadores de la población de máquinas que requieren procedimientos para intervenciones menores, con el objetivo de determinar la muestra específica de aquellas que necesitan un diseño ingenieril.

### **1.2 Matriz de comprobación de seguridad en maquinaria mediante el diseño de salvaguardas basado en la UNE-EN ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo. (ISO 12100:2010).**

Esta norma establece principios para la evaluación y reducción del riesgo con el fin de asistir a los diseñadores en el cumplimiento de este objetivo, además, los principios se fundamentan en el conocimiento y la experiencia adquiridos en el diseño, uso, incidentes, accidentes y riesgos asociados a las máquinas, de igual forma, se detallan los procedimientos para la identificación de peligros, así como la estimación y valoración de los riesgos en las fases pertinentes del ciclo de vida de las máquinas, y para la eliminación de los peligros o la implementación de medidas adecuadas de reducción del riesgo (Organización Internacional de Normalización [ISO], 2012).

El objetivo de esta herramienta es analizar las condiciones actuales del funcionamiento de las salvaguardas para, posteriormente, guiar y contemplar los requisitos esenciales para el diseño de las salvaguardas a proponer, abarcando todos los criterios necesarios para procurar la seguridad de los operarios (Apéndice C).

Cabe recalcar que esta herramienta se aplicó únicamente a la muestra, es decir, a aquellas máquinas que requieran un diseño o rediseño, ya que esta matriz buscó ser una fuente de información para la posterior identificación de peligros y evaluación de riesgos, que seguidamente se tomará como base para el diseño de las salvaguardas.

### **1.3 Matriz de comprobación de conocimiento basada en el manual de uso de la máquina.**

Esta herramienta se encargó de recopilar información detallada sobre el correcto funcionamiento de las máquinas, conforme al manual de uso correspondiente a cada una de

ellas. Su objetivo principal fue evaluar el nivel de conocimiento y comprensión que tienen los operarios respecto al modo de operación de las máquinas, adicionalmente, esta herramienta buscó identificar cualquier desviación en el uso de las máquinas en comparación con las directrices especificadas en el manual. Esta herramienta proporcionó una evaluación del nivel de conocimiento del usuario respecto a la máquina, basada en la cantidad de aciertos y desaciertos a las preguntas planteadas según el manual de uso de cada máquina (Apéndice D).

Es importante destacar que esta herramienta se aplicó exclusivamente a la muestra, es decir, a las máquinas que requieran un diseño o rediseño, ya que, la matriz está diseñada para servir como una fuente clave de información en la identificación de peligros y la evaluación de riesgos, que se utiliza como base para el posterior diseño de las salvaguardas.

#### **1.4 Matriz para la identificación de peligros basado en la UNE-EN ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo. (ISO 12100:2010).**

El propósito de esta herramienta fue llevar a cabo un análisis exhaustivo mediante la recopilación de un conjunto de preguntas alineadas con los requisitos establecidos en la norma UNE-EN ISO 12100:2012, con el fin de identificar los peligros asociados a la maquinaria en cuestión. Esta herramienta recopiló información detallada sobre diversos factores clave, como la duración de la tarea, la determinación precisa de los límites de utilización de la máquina, la identificación de peligros mecánicos, y otros aspectos críticos que se encuentran descritos en el Apéndice E.

Esta herramienta fue aplicada específicamente a la muestra representativa de la maquinaria seleccionada, con el objetivo de identificar de manera integral los riesgos inherentes, complementando así el análisis de peligros y operabilidad (HAZOP), de esta manera, se busca garantizar que todas las posibles amenazas sean evaluadas y que se tomen las medidas necesarias para mitigar los riesgos, contribuyendo a la seguridad y eficiencia operativa de la maquinaria.

#### **1.5 Método de análisis de riesgos y de operatividad (HAZOP).**

HAZOP o Análisis de Riesgos y Operatividad, es un método estructurado y sistemático que se aplica para examinar un producto, proceso, procedimiento o sistema, ya sea existente o planificado. Esta técnica tuvo como objetivo identificar riesgos que puedan afectar a las personas, las máquinas, el medio ambiente y/o los objetivos de la organización, además, se espera que el grupo de trabajo proponga soluciones para mitigar los riesgos identificados siempre que sea posible.

Cabe recalcar que HAZOP es una técnica cualitativa que utiliza palabras guía para cuestionar cómo la intención del diseño o las condiciones de operación podrían no cumplirse en cada etapa del diseño o proceso (Organización Internacional de Normalización [ISO], 2009). Mediante este método se pretendió realizar la identificación de peligros presentes durante la aplicación de las intervenciones menores de aquellas máquinas que requieren el diseño o rediseño de salvaguardas (Apéndice F).

## **2. Fase de evaluación de riesgos mecánicos accionados por la liberación inesperada de energía peligrosa.**

**Objetivo específico 2.** Evaluar los riesgos mecánicos presentes durante las intervenciones menores en máquinas, por parte de los operarios en las actividades regulares de producción.

### **2.1 Entrevista semiestructurada con los ingenieros de área y operarios que realizan intervenciones menores.**

Esta es una continuación de la herramienta de la sección 1.1 de la fase de identificación de las condiciones de funcionamiento de las máquinas y peligros mecánicos. En este caso, en esta sección se pretendió complementar con información acerca de la cantidad y tipos de fuentes de energía que posee cada máquina, con el objetivo de aportar información que contribuya con la evaluación de los riesgos mecánicos que se puedan materializar debido a la liberación inesperada de energía peligrosa. De igual forma, pretendió contabilizar las personas afectadas durante las intervenciones menores realizadas a cada máquina (Apéndice B).

### **2.2 Método de análisis de riesgos y de operatividad (HAZOP).**

Mediante este método se realiza la evaluación de riesgos presentes durante la aplicación de las intervenciones menores, ya que esta herramienta permite identificar posibles desviaciones en el funcionamiento de las máquinas y sus respectivas consecuencias, permitiendo implementar medidas preventivas para mejorar la seguridad y eficiencia operativa (Apéndice F).

### **3. Fase de diseño de controles administrativos e ingenieriles.**

**Objetivo específico 3.** Diseñar soluciones administrativas e ingenieriles integradas en un programa de control de energías peligrosas en máquinas que requieren intervenciones menores por parte de los operarios durante las actividades regulares de producción.

#### **3.1 Matriz de comprobación de seguridad en maquinaria mediante el diseño de salvaguardas basado en la UNE-EN ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo. (ISO 12100:2010)**

Esta herramienta es la continuación de la descrita en la sección 1.2 de este mismo apartado. Esta norma establece principios para la evaluación y reducción del riesgo con el fin de asistir a los diseñadores en el cumplimiento de este objetivo, además, estos principios se fundamentan en el conocimiento y la experiencia adquiridos en el diseño, uso, incidentes, accidentes y riesgos asociados a las máquinas, de igual forma, se detallan los procedimientos para la identificación de peligros, así como la estimación y valoración de los riesgos en las fases pertinentes del ciclo de vida de las máquinas, y para la eliminación de los peligros o la implementación de medidas adecuadas de reducción del riesgo (Organización Internacional de Normalización [ISO], 2012). El objetivo de esta herramienta fue desarrollar una guía que contemple los requisitos generales necesarios para el diseño seguro de las máquinas, asegurando que estas incorporen todos los elementos indispensables, como lo son las salvaguardas, para garantizar la seguridad de los operarios, es decir, buscó ser una guía para verificar la cantidad de requisitos de diseño con los que efectivamente cumplen las alternativas de solución propuestas (Apéndice C).

### **3.2 Matriz de criterios de comparación para la selección de la alternativa de solución de cada una de las máquinas.**

El propósito de esta matriz fue establecer los criterios para evaluar la factibilidad de implementar las diferentes alternativas de solución, con el fin de seleccionar la más viable. La matriz evalúa criterios como el cumplimiento de requisitos legales, la factibilidad de implementación, los aspectos de salud y seguridad pública, los aspectos culturales y sociales, el impacto ambiental, el costo económico y la cantidad de objetivos de desarrollo sostenible (ODS) con los que cumple. Para la selección se utiliza una escala del uno al tres, siendo tres la puntuación más alta y uno la más baja, con el objetivo de seleccionar la propuesta que obtenga la mayor puntuación y se adapte de manera óptima a las necesidades de la empresa (Apéndice G).

### **3.3 Método de análisis de riesgos y de operatividad (HAZOP) para la validación de las alternativas de solución seleccionadas.**

Mediante este método se pretendió validar las alternativas de solución seleccionadas, es decir, se realiza una reevaluación con el propósito de verificar que la aplicación de las alternativas efectivamente reduce el riesgo presente en las máquinas, el cual fue cuantificado en la evaluación de riesgos inicial (Apéndice F).

### **3.4 Matriz de comprobación de requisitos del programa de control de energías peligrosas de la OSHCON: Control de Energía Peligrosa Bloqueo y Etiquetado – Programa de trabajo.**

Esta matriz corresponde a una herramienta diseñada para recopilar los requisitos necesarios para la elaboración de un programa de control de energías peligrosas, conforme a la norma OSHA 1910.147. Es importante destacar que, en este caso, se atenderán exclusivamente los aspectos aplicables a intervenciones menores, excluyendo aquellos relacionados únicamente con el procedimiento de bloqueo/etiquetado (LOTO) (Apéndice H).

### **3.5 Diagrama de Gantt.**

Los diagramas de Gantt son herramientas gráficas y visuales que facilitan la planificación y programación de la carga de trabajo y las operaciones en cualquier tipo de

organización, ya sea productiva o social, estos diagramas son especialmente útiles para ilustrar la secuencia de ejecución de las operaciones de un conjunto de trabajo, además, pueden emplearse tanto para la planificación inicial como para el seguimiento y control de las actividades (Terrazas Pastor, 2011). Esta herramienta se utilizó con el fin de organizar la implementación del programa, mediante el establecimiento de fecha de inicio y fin de las tareas, así como el responsable (Apéndice I).

### **3.6 Matriz RACI.**

La matriz RACI (Responsable – Aprobador – Consultado – Informado) se emplea para representar las relaciones entre las actividades o paquetes de trabajo y los miembros del equipo del proyecto. Este formato matricial muestra todas las actividades vinculadas a cada persona y todas las personas involucradas en cada actividad, lo que garantiza que una única persona sea responsable de cada tarea específica, evitando así cualquier posible confusión (Longarini, 2011). Esta herramienta se utilizó con el fin de asignar responsables a cada una de las actividades o tareas que se van a implementar para la realización del programa (Apéndice J).

### **3.7 Plan de capacitación basado en la UNE-ISO 10015:2020 Gestión de la calidad.**

#### **Directrices para la gestión de la competencia y el desarrollo de las personas**

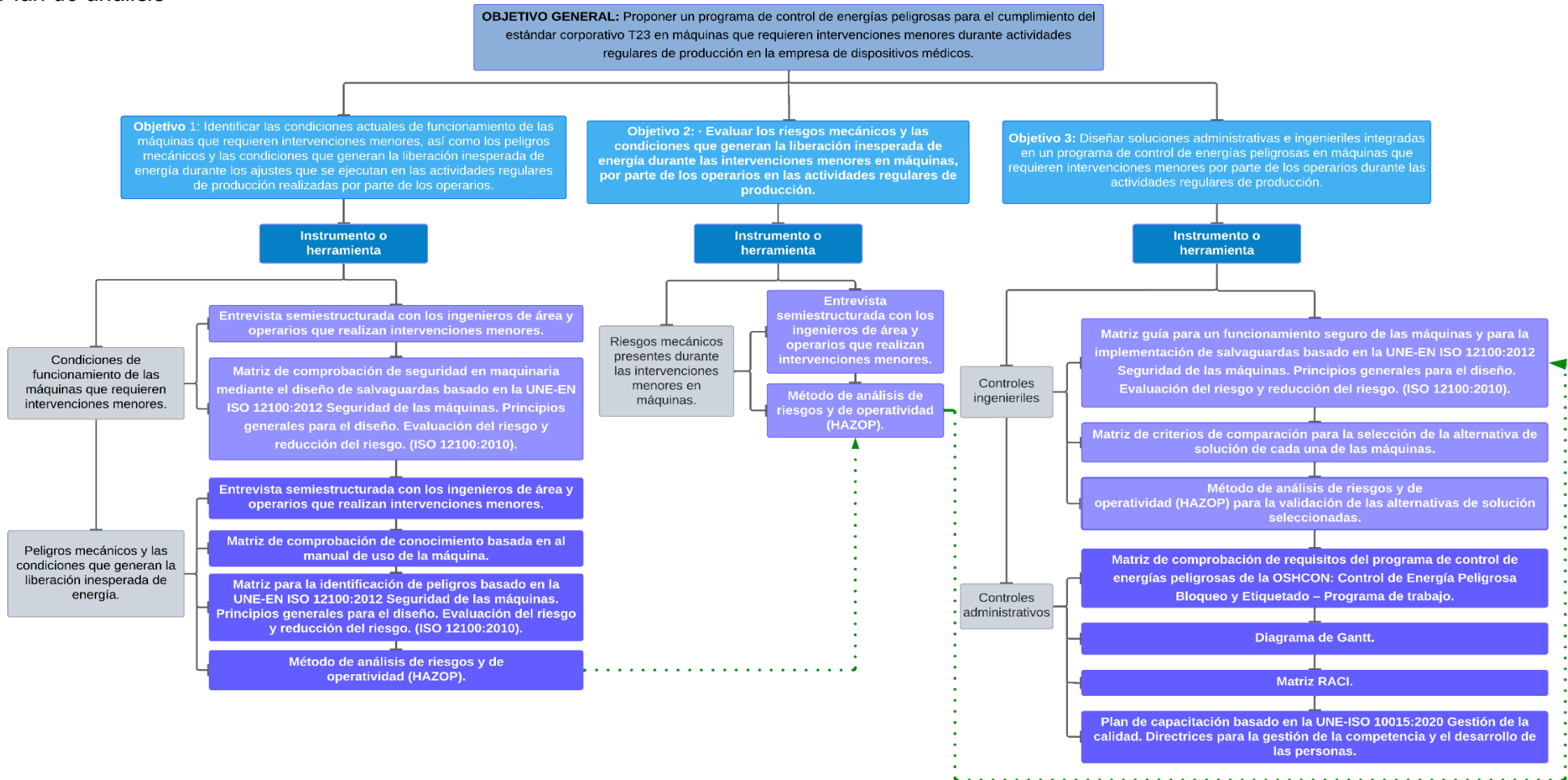
Esta herramienta constituye una estrategia de planificación destinada a la capacitación de los operarios implicados en la implementación de intervenciones menores. Su objetivo fue definir los temas de capacitación y establecer un plan detallado para su aplicación, basado en los requerimientos de la norma UNE-ISO 10015:2020 Gestión de la calidad. Directrices para la gestión de la competencia y el desarrollo de las personas y, además, en la realidad operativa de la empresa y ajustado a la capacidad y recursos disponibles para la formación. (Apéndice K).

## F. Plan de análisis

En la siguiente figura se ilustra el plan de análisis para este proyecto.

Figura 2

### Plan de análisis



Para el plan de análisis del proyecto se decidió dividir el mismo en tres fases, las cuales son: fase de identificación de las condiciones de funcionamiento de las máquinas y peligros mecánicos, fase de evaluación de riesgos mecánicos accionados por la liberación inesperada de energía peligrosa y fase de diseño de controles administrativos e ingenieriles. A continuación, se presenta el plan de análisis para cada fase, el cual va alineado con los objetivos específicos y pretende demostrar la correlación entre las herramientas y los indicadores.

### **1. Fase de identificación de las condiciones de funcionamiento de las máquinas y peligros mecánicos.**

**Objetivo específico 1.** Identificar las condiciones actuales de funcionamiento de las máquinas que requieren intervenciones menores, así como los peligros mecánicos y las condiciones que generan la liberación inesperada de energía durante los ajustes que se ejecutan en las actividades regulares de producción realizadas por parte de los operarios.

En primera instancia, con el objetivo de identificar las condiciones de funcionamiento de las máquinas que requieren intervenciones menores, se realizó una entrevista semiestructurada (Apéndice B) dirigida tanto a los operarios que utilizan las máquinas como a los ingenieros de manufactura de las áreas, quienes poseen un profundo conocimiento en su funcionamiento. Esta entrevista permitió recopilar información detallada sobre la cantidad y tipo de tareas en las que se emplea la máquina, el tiempo operativo, la frecuencia de mantenimiento, la frecuencia de uso y la cantidad de pasos para efectuar la intervención menor, además, se recopilaron datos sobre las condiciones específicas de operación y las posibles variaciones en los procedimientos de uso. Esta información fue fundamental para identificar los peligros mecánicos presentes debido a la condición actual de funcionamiento de las máquinas, permitiendo así una evaluación precisa.

Es importante recalcar que esta entrevista se aplicó para recabar información de toda la población de máquinas que requieren intervenciones menores, ya que su objetivo fue identificar aquellas máquinas que requieren el diseño o rediseño de salvaguardas, es decir, pretende identificar la muestra. De igual forma, es importante mencionar que esta herramienta pretendió ser una fuente de información para poder alimentar el análisis de riesgos y de

operatividad (HAZOP), con el fin de recopilar información suficiente para obtener un resultado fiable.

Por otra parte, mediante la norma UNE-EN ISO 12100:2012 "Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo (ISO 12100:2010)", se obtuvo una matriz de comprobación de seguridad en maquinaria destinada a asegurar la operación segura de la maquinaria (Apéndice C). Esta herramienta se utilizó para dos propósitos específicos, de acuerdo con su respectiva etapa.

En la etapa de identificación de las condiciones de funcionamiento de las máquinas y de los peligros mecánicos, se buscó evaluar el estado actual de funcionamiento de las máquinas, con el fin de determinar la viabilidad y eficiencia de las salvaguardas existentes para proteger a los trabajadores durante la realización de intervenciones menores, conforme a los criterios establecidos por la normativa en cuestión, esto con el fin de determinar el tipo de diseño que requiere, de igual forma, como consecuencia esto permitió identificar peligros, lo cual seguidamente alimentará al HAZOP. Es importante señalar que esta herramienta se aplicó exclusivamente a la muestra seleccionada para el estudio.

El segundo propósito de esta herramienta fue servir como una matriz de verificación del diseño de las salvaguardas, es decir, actuó como una guía para el proceso de diseño de las salvaguardas y, posteriormente, una vez que se desarrollaron los diseños, se utilizó para verificar que cada uno cumpla con los requisitos especificados por la normativa en cuestión. En conclusión, esta herramienta facilitó la implementación de medidas de mitigación y mejora en los procedimientos de uso. Este enfoque integral es fundamental para asegurar la protección de los trabajadores y el cumplimiento de los estándares de seguridad establecidos, ya que mediante esta guía se logró identificar las condiciones actuales de funcionamiento de las salvaguardas.

Por otro lado, con el propósito de evaluar el nivel de conocimiento de los operarios sobre el funcionamiento de las máquinas, se utilizó una matriz de verificación de conocimientos basada en el manual de uso de cada máquina (Apéndice D). Esta matriz recopiló una serie de requisitos y pasos específicos que deben seguirse para la operación correcta del equipo, esto con el objetivo de identificar el nivel de comprensión de los operarios respecto al equipo, evaluando su capacidad para cumplir con las instrucciones de manera precisa según lo

estipulado en el manual. Esta matriz se aplicó de forma verbal, es decir, las investigadoras preguntaron al operario en cuestión los ítems recopilados y se verificó si su respuesta corresponde con lo indicado en el manual de uso, además, esta herramienta se aplicó a la muestra seleccionada, con el objetivo de recopilar la información necesaria para alimentar el HAZOP. Esta evaluación permite detectar áreas de mejora en la capacitación, además de los peligros mecánicos a los que se exponen y con ello asegurar que los operarios tengan el conocimiento necesario para operar las máquinas de manera segura y eficiente.

Seguidamente, para identificar los peligros a los que se enfrentan los operarios durante las intervenciones menores, se aplicó una matriz de identificación de peligros basada en la norma UNE-EN ISO 12100:2012, "Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo" (ISO 12100:2010), (Apéndice E). Esta matriz se implementó con el propósito específico de complementar la herramienta HAZOP, aplicándose exclusivamente a la muestra seleccionada. El objetivo fue facilitar la identificación de riesgos a través del uso integrado de la herramienta HAZOP, asegurando un enfoque sistemático y exhaustivo en la evaluación y gestión de los peligros asociados con las máquinas en operación.

Finalmente, el análisis HAZOP en sustento con la herramienta anterior, pretendió apoyar con la identificación de peligros mecánicos en las máquinas debido a su enfoque sistemático y estructurado (Apéndice F). Esta técnica permitió detectar desviaciones en el funcionamiento de las máquinas mediante un análisis detallado de cada parte del proceso y equipo, de igual forma, el HAZOP ayudó a identificar posibles fallos operativos y peligros mecánicos, además, sugiere medidas preventivas, contribuyendo a la mejora continua de los procesos y máquinas, asegurando así un funcionamiento seguro y eficiente. Por tanto, esta herramienta permitió una identificación precisa de los peligros mecánicos y una comprensión detallada del funcionamiento de las máquinas.

## **2. Fase de evaluación de riesgos mecánicos accionados por la liberación inesperada de energía peligrosa.**

**Objetivo específico 2.** Evaluar los riesgos mecánicos presentes durante las intervenciones menores en máquinas, por parte de los operarios en las actividades regulares de producción.

Ahora bien, en continuidad con la fase uno, se dio prosecución a la entrevista semiestructurada (Apéndice B), cuyo propósito fue profundizar mediante la recopilación de información directa proporcionada por los operarios y los ingenieros de cada área. Esta fase fue orientada a obtener datos precisos sobre la cantidad y los tipos de fuentes de energía asociadas a cada máquina, así como, sobre el número de personas involucradas durante las intervenciones menores realizadas en las mismas. Esta herramienta representó un aporte significativo para la recolección de la información necesaria para la evaluación exhaustiva de riesgos.

Para la correspondiente evaluación de riesgos es necesario retomar la herramienta HAZOP (Apéndice F), ya que, esta no solo cumple la función de identificar peligros, sino que también es efectiva en la evaluación de riesgos debido a su capacidad para realizar una revisión exhaustiva y sistemática de los sistemas y procesos operativos, en este caso las máquinas de producción de dispositivos médicos. Esta técnica permitió identificar desviaciones en el funcionamiento de las máquinas y evaluar sus posibles consecuencias, asegurando una evaluación integral de riesgos mecánicos, además, HAZOP facilitó la evaluación crítica del modo de funcionamiento actual de las máquinas, comparando las condiciones operativas reales con los parámetros de diseño previstos que, para este caso, se basan en normativa, de igual manera, detecta discrepancias que podrían inducir fallos o situaciones peligrosas.

### **3. Fase de diseño de controles administrativos e ingenieriles.**

**Objetivo específico 3.** Diseñar soluciones administrativas e ingenieriles integradas en un programa de control de energías peligrosas en máquinas que requieren intervenciones menores por parte de los operarios durante las actividades regulares de producción.

Para las alternativas de solución ingenieriles se planteó la creación de una serie de salvaguardas, conforme a los requisitos del estándar técnico de la empresa y la norma OSHA 1910.147. Para ello, se retoma nuevamente la herramienta expuesta en la fase de identificación de las condiciones de funcionamiento de las máquinas y peligros mecánicos, es

decir, la matriz de comprobación de seguridad en maquinaria mediante el diseño de salvaguardas basado en la UNE-EN ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo. (ISO 12100:2010) (Apéndice C). Debido a que, como se mencionaba anteriormente, en esta nueva fase, la idea es tener una guía para el diseño de las salvaguardas y, posteriormente, realizar la verificación del cumplimiento de cada uno de los aspectos que requiere la norma para un diseño seguro de las salvaguardas, lo que también permite realizar la validación de las alternativas de solución seleccionadas. Por tanto, mediante esta norma se pretendió crear una guía como propósito para establecer una serie de requisitos para poder diseñar los dispositivos de seguridad necesarios para que las máquinas puedan ser intervenidas de forma segura.

Por otro lado, una vez creadas las alternativas de solución según la guía anterior, es necesario seleccionar la alternativa de solución que tenga mayor potencial, según una serie de criterios a evaluar, para esto se utilizó una matriz con una escala del uno al tres (Apéndice D). Los criterios por evaluar para cada alternativa son la cantidad de requisitos legales que cumple, la factibilidad de la implementación, los aspectos de salud y seguridad, culturales y sociales que cumple, además, el impacto ambiental que genera, el costo económico de la misma y la cantidad de objetivos de desarrollo sostenible (ODS) y sus respectivas metas con los que cumple. De esta forma, para cada rubro las alternativas tuvieron una puntuación asignada y aquella que sumatoria obtenga la mayor puntuación se selecciona como la alternativa a aplicar.

Finalmente, una vez seleccionadas las alternativas de solución con mayor potencial se aplicó nuevamente una evaluación de riesgos con la metodología HAZOP (Apéndice F) esto con el fin de verificar si al implementar las salvaguardas el nivel de riesgo disminuye de tal manera que las intervenciones menores puedan ser aplicadas de forma segura. Esto se hizo con el propósito de validar las alternativas de solución seleccionadas.

Ahora bien, a raíz de lo expuesto en la fase uno y dos, donde se identifica una serie de peligros que conllevan la realización de las intervenciones menores y, además de las alternativas de solución propuestas, se cae en la necesidad de crear un programa para poder controlar los riesgos mecánicos que pueden manifestarse a raíz de la liberación de energía peligrosa que accione la máquina. Este programa integró una serie de alternativas de solución tanto administrativas como ingenieriles, las cuales pretendieron resolver la problemática

identificada. El documento se construyó basado en las disposiciones del programa de control de energías peligrosas de la OSHCON: Control de Energía Peligrosa Bloqueo y Etiquetado – Programa de trabajo (Apéndice H), tomando únicamente en cuenta lo aplicable a intervenciones menores.

De igual manera, con el objetivo de estructurar, organizar y dar seguimiento al cumplimiento de las tareas planificadas para la ejecución del programa, se empleó un diagrama de Gantt y una matriz RACI, los cuales se pueden observar en el Apéndice I y Apéndice J respectivamente. Estas herramientas permitieron asegurar la correcta implementación del programa y garantizan que cada rol esté claramente definido y se cumpla eficazmente, contribuyendo así al éxito del programa. Así mismo, se planteó un plan de capacitación basado en la UNE-ISO 10015:2020 Gestión de la calidad. Directrices para la gestión de la competencia y el desarrollo de las personas, que contenga los temas por abarcar para entrenar a los operarios en la correcta y segura aplicación de las intervenciones menores.

#### **IV. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

A continuación, se observan los resultados obtenidos con las herramientas aplicadas en las dos primeras fases para la realización de este proyecto.

##### **A. Fase de identificación de las condiciones de funcionamiento de las máquinas y peligros mecánicos**

**Objetivo específico 1.** Identificar las condiciones actuales de funcionamiento de las máquinas que requieren intervenciones menores, así como los peligros mecánicos y las condiciones que generan la liberación inesperada de energía durante los ajustes que se ejecutan en las actividades regulares de producción realizadas por parte de los operarios.

##### **1. Entrevista semiestructurada con los ingenieros de área y operarios que realizan intervenciones menores**

Esta herramienta se utilizó para identificar las máquinas a las que se les realizan intervenciones menores, entre las aproximadamente 4000 máquinas existentes en la empresa se identificaron 16 y se tomaron cuatro como muestra para realizar las propuestas de solución.

La estrategia constó en generar un formulario de Microsoft Forms con las preguntas necesarias para recaudar la información, se visitó cada área y se consultó a los supervisores de producción o ingenieros de manufactura sobre la existencia de tareas de intervenciones menores en las máquinas. Una vez se les explicó en qué consiste una intervención menor, se realizó en conjunto un recorrido por cada línea de trabajo en el que la persona observó las máquinas y analizó la existencia de tales tareas, al identificar una máquina se aplicó la entrevista en conjunto con el operario de ésta, tomando en cuenta tanto el criterio del operario como el del ingeniero de manufactura o supervisor de producción según corresponda.

La tabla 2 muestra un resumen de los resultados obtenidos y en el apéndice L se muestran los resultados de la entrevista aplicada, así como el desglose del paso a paso de la intervención menor que se aplica a cada una de las máquinas.

**Tabla 2**

*Tipo de intervención menor que se puede realizar en cada máquina previamente identificada como apta para dichas intervenciones*

<b>Nombre de la máquina</b>	<b>Ubicación de la máquina</b>	<b>Frecuencia de uso</b>	<b>Duración de la tarea</b>	<b>¿Frecuencia del mantenimiento preventivo?</b>	<b>Intervención menor</b>
<i>Cnc vertical fryer</i>	Taller	Toda la jornada	Un minuto aprox.	Anualmente	Cambio de herramienta en el <i>setup</i> y cambio de mesa
<i>CNC HAAS</i>	Taller	Toda la jornada	Un minuto aprox.	Anualmente	Cambiar pieza que se desea cortar o grabar. - <i>Setup</i> - Cambio de lote o modelo a cortar/grabar.
<i>Wire EDM</i>	Taller	Toda la jornada	Un minuto aprox.	Anualmente	Calzar la pieza - tomar los orígenes de la pieza. Cambiar el hilo, lo manipulan y es un hilo que es filoso.
<i>Lathe o Torno convencional</i>	Taller	Toda la jornada	Un minuto aprox.	Anualmente	Cambio de pieza y de cuchilla en una pieza que rueda.
<i>Milling Machine o fresadora convencional</i>	Taller	Toda la jornada	Un minuto aprox.	Anualmente	Cambio de herramienta de corte en el husillo, el cual gira.
Centro de Mecanizado Romi	Taller	Toda la jornada	Un minuto aprox.	Anualmente	Cambio de herramienta que corta o graba en el portaherramientas.
<i>ILT 1500 Laser Welder</i>	EP	Toda la jornada	Un minuto aprox.	Mensual y Semestralmente	Cambio de fixture.
<i>Schmidt Press Leaflet Cutting</i>	SH	Toda la jornada	Un minuto aprox.	Mensual y Semestralmente	Cambio de die para cambio de modelo.
<i>Hole popper</i>	Taller	Toda la jornada	Un minuto aprox.	Anualmente	Cambio de herramienta eléctrica.
<i>Suture Crimp Press Station</i>	EP	Toda la jornada	Un minuto aprox.	Mensual y Semestralmente	Empuje de abrazadera negra.
<i>Anchor Shaft Lug Bond Fixture</i>	EP	Toda la jornada	Un minuto aprox.	Mensual y Semestralmente	Cambio de fixture.

Nombre de la máquina	Ubicación de la máquina	Frecuencia de uso	Duración de la tarea	¿Frecuencia del mantenimiento preventivo?	Intervención menor
<i>Nissen Automation cell</i>	EP	Toda la jornada	Un minuto aprox.	Mensual y Semestralmente	Cambio de <i>heading</i> y purga de resina.
Bomba	SH	Toda la jornada	Un minuto aprox.	Mensual y Semestralmente	Colocación de la maguera en la bomba.
MTS	SH	Toda la jornada	Un minuto aprox.	Mensual y Semestralmente	Remover <i>gripper</i> y pines.
Marker Band Swager	EP	Toda la jornada	Un minuto aprox.	Mensual y Semestralmente	Retirar el dado dependiendo de la unidad.
Blockwise Band Swager	EP	Toda la jornada	Un minuto aprox.	Mensual y Semestralmente	Cambiar el dado, según la necesidad del modelo del producto.

Como se observa en la tabla anterior, se encontraron máquinas distribuidas en los dos procesos productivos, EP y SH, además, se encontraron máquinas en el taller que da soporte a ambas áreas. En seis de las máquinas la tarea de intervención menor fue explicada por el operario, en cuatro casos el ingeniero de manufactura de la máquina y en seis casos fue explicado por ambos. Cabe recalcar que el uso de todas las máquinas es diario y en todos los casos las máquinas están en funcionamiento al menos durante ocho horas al día cinco días a la semana, además, las tareas de intervención menor coinciden en que requieren aproximadamente un minuto de tiempo.

## **2. Matriz de comprobación de seguridad en maquinaria mediante el diseño de salvaguardas basado en la UNE-EN ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo. (ISO 12100:2010)**

Esta herramienta evalúa la seguridad actual de las máquinas y establece los requisitos mínimos para mejorar su diseño, se aplicó en campo a las cuatro máquinas de la muestra con ingenieros de manufactura y/o técnicos de mantenimiento, personas que conocen bien el funcionamiento interno de las salvaguardas de cada máquina. Una vez que se aplicó la herramienta, se procedió a sacar el puntaje, una nota que permita valorar si las salvaguardas presentes son consideradas seguras y cumplen con lo requerido por la norma o si es necesario

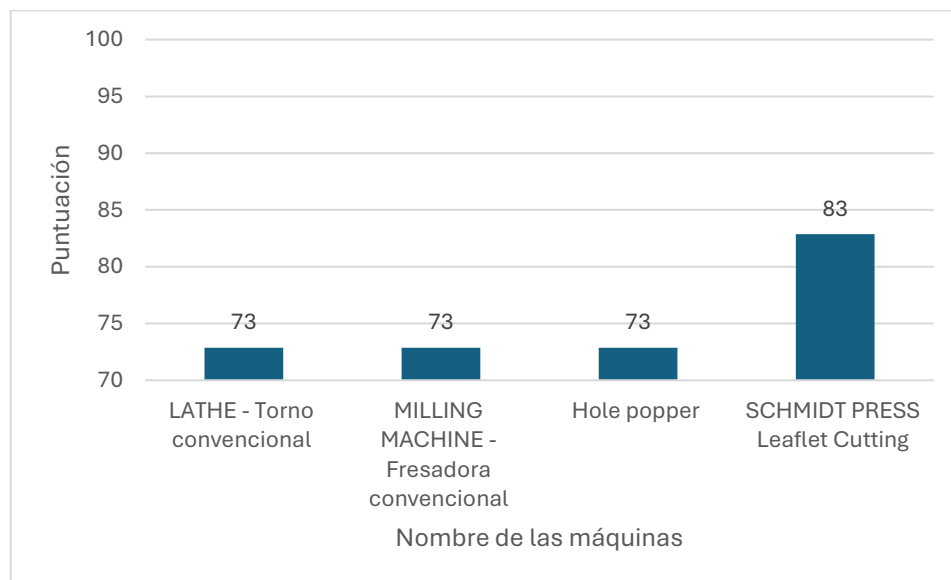
realizar un rediseño de estas. Se tomó en cuenta el criterio propio de las estudiantes quienes realizaron la herramienta para dar valor del uno al tres a las preguntas, ya que algunos requisitos implementados en la herramienta tienen mayor importancia que otros.

Por lo que, se le dio un número 1 a las preguntas generales, es decir, aquellas cuyo requisito de salvaguarda es básico, número 2 se les dio a las preguntas que agregan valor a las generales, y el número 3 es para aquellas cuyo valor es indispensable para dar seguridad del buen funcionamiento de las salvaguardas en las máquinas. Se espera un puntaje de al menos 90 para considerar que las salvaguardas son efectivamente seguras ya que, en el departamento, y propiamente en la empresa, consideran un margen de error del 10 % en las evaluaciones que realizan, de igual forma, si se considera que a la salvaguarda le falta algún dispositivo para considerarla segura, se tomará en cuenta en las próximas fases.

A continuación, se muestra un gráfico con los resultados obtenidos a la hora de aplicar la herramienta.

**Figura 3**

*Resultado de la nota obtenida por cada máquina según la matriz de comprobación de seguridad en maquinaria*



Como se observa en la figura ninguna de las evaluaciones de las cuatro máquinas dio un puntaje mayor a 90, por lo que se considera que es necesario aplicar diseño o rediseño en las cuatro máquinas. En el apéndice M se encuentran los resultados completos de la herramienta aplicada.

En general, con la herramienta se encontró que las cuatro máquinas se utilizan de acuerdo con las especificaciones del fabricante, no se requiere esfuerzo físico para realizar las intervenciones menores y los interruptores de encendido y apagado se encuentran en buenas condiciones. En cuanto a las zonas de peligro de las cuatro máquinas, se observó que existe una visibilidad directa hacia estas áreas y que se encuentran bien iluminadas, se constató que el operador tiene conocimiento de todas las zonas peligrosas de la máquina, además, se verificó que no hay presencia de personas en las zonas de peligro durante las intervenciones menores y que existe un acceso seguro a todos los puntos necesarios para realizar las tareas en cuestión. Los controles de las máquinas están ubicados fuera de la zona de peligro, garantizando que no se puedan activar accidentalmente.

Como resultado sobresale el hecho de que el mantenimiento anual de las máquinas en el taller es muy general y no contempla las salvaguardas, por lo que no se puede afirmar el buen funcionamiento de estas más que el criterio de los trabajadores, por lo que existe una posibilidad alta de que esta falle y los trabajadores se expongan a los peligros mecánicos presentes al realizar la intervención menor por liberación de energía mecánica. Con la máquina *Scmidth Press Leaflet Cutting* sí se garantiza ya que se le da mantenimiento mensual y semestral, en los que se contempla la revisión de las salvaguardas, sin embargo, se identificó que el acceso a la zona donde se realiza la intervención menor debe mejorarse.

### **3. Matriz de comprobación de conocimiento basada en el manual de uso de la máquina**

Para evaluar el nivel de conocimiento de los operarios en relación con las máquinas de la empresa, se implementa una matriz de verificación de conocimientos, basada en los manuales de uso específicos de cada máquina. Esta matriz se estructura en tres secciones: la primera se enfoca en la seguridad, evaluando la comprensión de los aspectos críticos de seguridad vinculados a la operación de las máquinas, mientras que la segunda sección aborda el manejo de la máquina, valorando el conocimiento de los operarios respecto a la estructura

y la función de sus componentes, finalmente, la sección de operación se centra en evaluar la familiaridad con los términos y conceptos relacionados con el modo de funcionamiento y la operatividad de las máquinas. Cada sección incluye un número variable de preguntas, el cual también difiere según la máquina, dependiendo del contenido del manual de instrucciones específico de cada equipo.

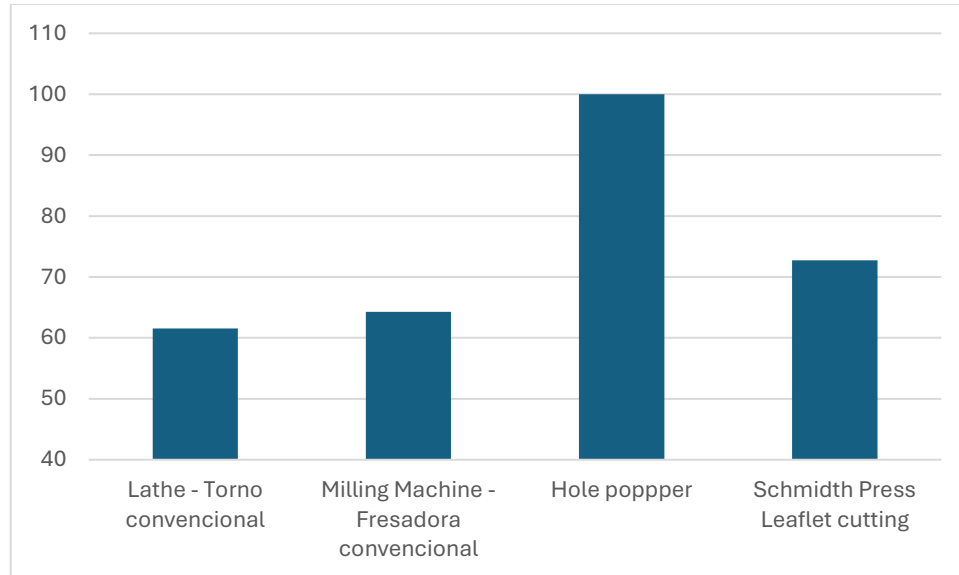
La matriz de verificación se aplica de manera verbal a cada usuario de las máquinas seleccionadas. Posteriormente, se realiza un conteo de respuestas correctas e incorrectas para calcular una puntuación final que determina el nivel de conocimiento del usuario. Una puntuación satisfactoria se establece en un umbral de 90 puntos, ya que, como se mencionó anteriormente en la empresa aceptan un error de 10 % en las evaluaciones que realizan, por lo que, cualquier puntuación inferior indica un riesgo potencial en la operación de la máquina, lo cual subraya la necesidad de una capacitación adicional y exhaustiva. Las matrices correspondientes a cada máquina se encuentran en el Apéndice N, a continuación, se presenta un resumen de los resultados obtenidos.

En la figura 4 se presenta la puntuación final obtenida por cada uno de los usuarios de las máquinas evaluadas. Se observa que, con la excepción del operario de la máquina *Hole Popper*, quien obtuvo una puntuación perfecta de 100, el resto de los usuarios alcanzaron puntuaciones inferiores a 90, situándose en un rango de 62 a 73 estos resultados indican un riesgo potencial en la operación de las máquinas, subrayando la necesidad de reforzar la capacitación, especialmente para el operario del *Lathe* - torno convencional, quien obtuvo la puntuación más baja.

Estos resultados pueden estar vinculados a que tanto el torno como la fresadora convencional son máquinas de tecnología relativamente antigua, por lo que, al no ser completamente automatizadas, su operación puede resultar más compleja, lo que representa una barrera para el entendimiento y el manejo correcto de dichas máquinas. Esta complejidad podría generar resistencia por parte de los usuarios a emplearlas, lo que se traduce en un conocimiento insuficiente sobre su funcionamiento y manejo seguro.

**Figura 4**

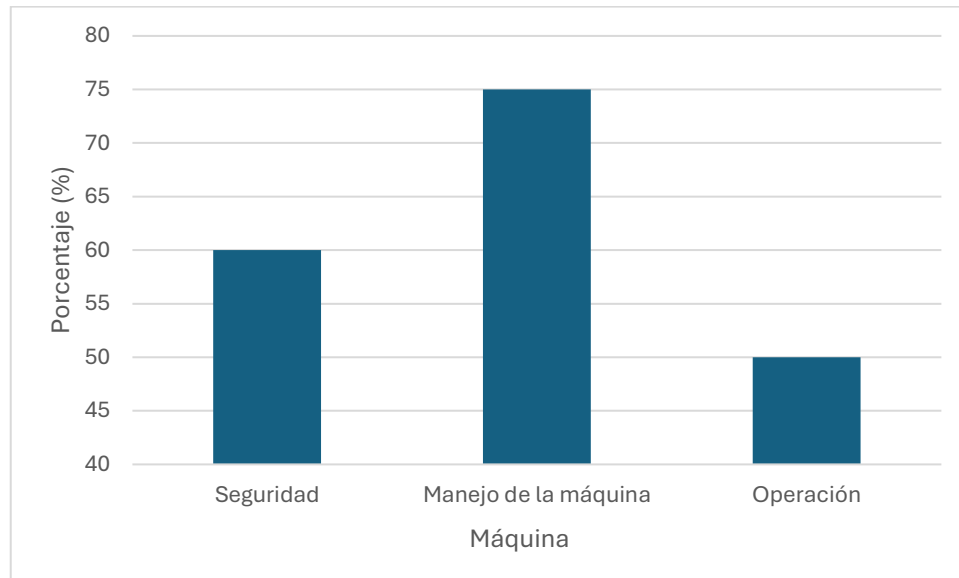
*Puntaje final de la comprobación de conocimiento para los usuarios de cada máquina*



Considerando los resultados previos, se realiza un análisis detallado de cada una de las secciones evaluadas para cada usuario de las diferentes máquinas. En la figura 5 se presenta el desempeño del usuario del *Lathe* - torno convencional, destacándose que los aspectos de seguridad y operación, siendo este último el más crítico, ya que posee un porcentaje de cumplimiento de 50%, son los que requieren un refuerzo significativo, este resultado podría estar asociado a que, debido a la antigüedad de la máquina, se consideraron pocos aspectos de seguridad en su diseño original, lo cual podría haber llevado a una falta de capacitación adecuada en estos temas, ya que, no se consideraban prioritarios en ese primer momento de uso. Además, la necesidad de reforzar el conocimiento sobre la operación de la máquina podría estar relacionada con su complejidad, derivada de la limitada automatización, lo que dificulta su uso y comprensión por parte de los operarios.

**Figura 5**

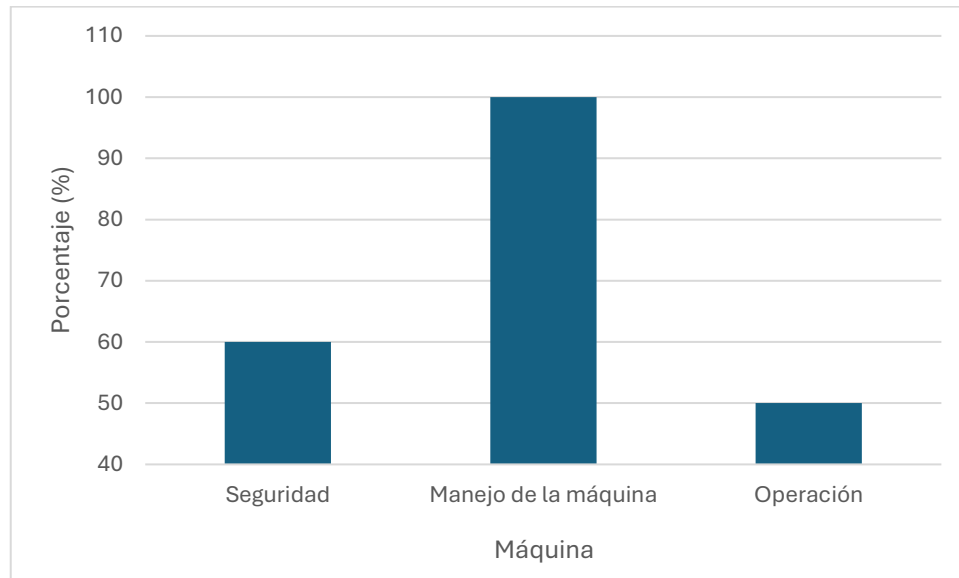
*Nivel de conocimiento por sección del usuario del Lathe - torno convencional según la matriz de comprobación de conocimiento*



En cuanto a la *Milling Machine* - fresadora convencional, tal como se ilustra en la figura 6, el área que requiere mayor fortalecimiento en la capacitación es la correspondiente a la operación de la máquina, ya que su porcentaje de cumplimiento es de un 50%. La falta de un conocimiento profundo en los aspectos operativos de la fresadora puede representar un riesgo significativo para la seguridad mecánica del usuario, subrayando la necesidad de una instrucción más exhaustiva en estos procedimientos.

**Figura 6**

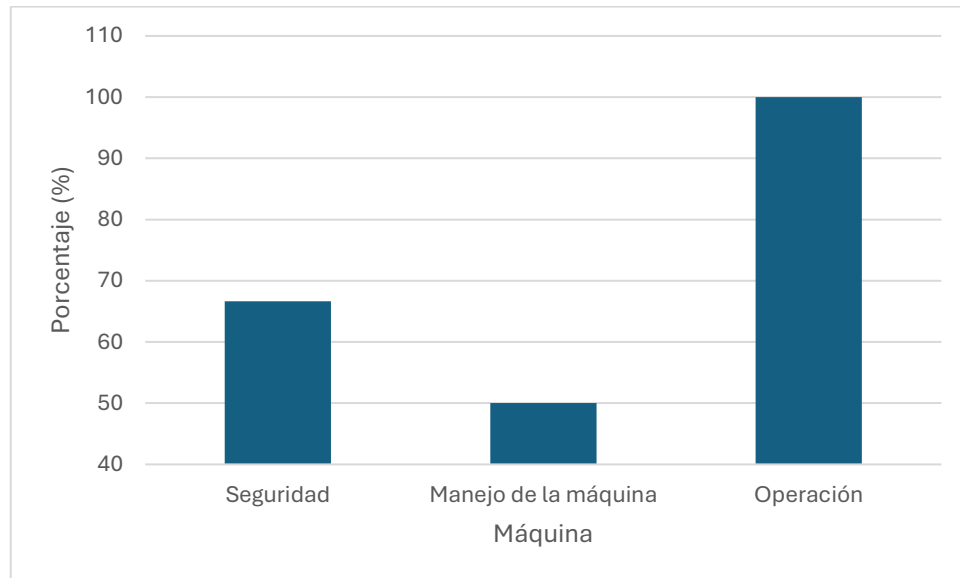
Nivel de conocimiento por sección del usuario de la *Milling Machine* - fresadora convencional según la matriz de comprobación de conocimiento



Ahora bien, en relación con la evaluación de conocimientos para el manejo de la *Leaflet Cutting*, es fundamental señalar que se evaluó a un único operario debido a restricciones de producción, ya que el supervisor del área autorizó la participación de una sola operadora, esta situación limitó la evaluación y las respuestas obtenidas a las condiciones específicas de una sola prensa, operada por la usuaria disponible en ese momento. En la figura 7 se observa que la persona operaria obtuvo un mayor número de aciertos en comparación con los desaciertos en las tres secciones evaluadas, lo cual es un indicativo positivo de su comprensión, sin embargo, la presencia de ciertos desaciertos en cada sección señala la necesidad de una capacitación integral en el uso de la máquina, en especial en el ámbito del manejo de la máquina, ya que su porcentaje de cumplimiento es de un 50%. Estos resultados pueden estar relacionados con el hecho de que la operaria tiene un tiempo limitado de experiencia operando la máquina, lo que sugiere que se encuentra en una etapa inicial a intermedia de la curva de aprendizaje respecto a todos los aspectos evaluados.

**Figura 7**

*Nivel de conocimiento por sección del usuario de la Leaflet cutting según la matriz de comprobación de conocimiento*



Finalmente, como se indicó previamente, en el caso de la *Hole Popper*, se obtuvo una puntuación perfecta de 100, ya que el usuario respondió correctamente a todas las preguntas. Esto se atribuye a que dicha máquina es lo suficientemente moderna y automatizada para garantizar una operación intuitiva y de fácil manipulación, asimismo, el usuario indicó que su funcionamiento es relativamente simple y comprensible, lo que explica y justifica el resultado positivo obtenido.

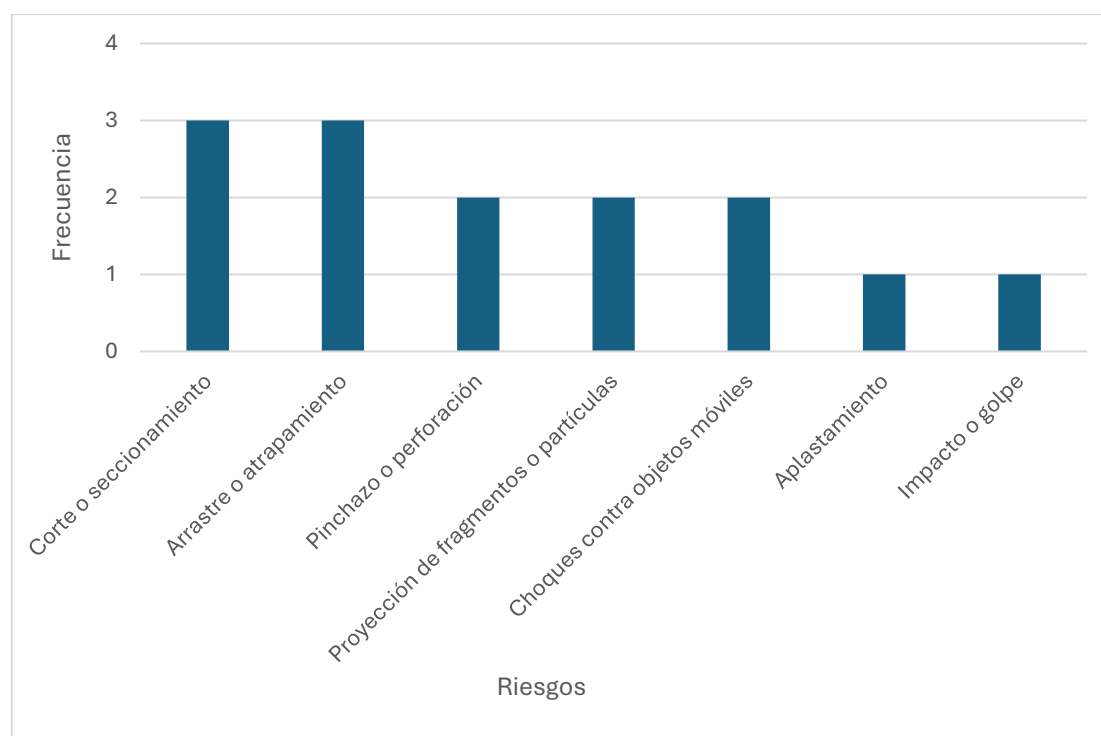
#### **4. Matriz para la identificación de peligros basado en la UNE-EN ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo. (ISO 12100:2010)**

Esta herramienta permitió identificar los peligros mecánicos a los que se exponen los operarios de las máquinas a la hora de realizar intervenciones menores. Se realizó tomando en cuenta el criterio de los operarios de manera que ellos guiaron la identificación según el procedimiento que realizan en conjunto con el criterio de las estudiantes.

La herramienta permitió conocer que todas las máquinas se utilizan según lo previsto, es decir, el funcionamiento que se les da es el establecido por el fabricante y no se le han hecho modificaciones. En todos los casos los operarios deben acceder a partes peligrosas de la máquina para realizar la tarea y deben quitar o sobrepasar al menos una salvaguarda, además, no es posible restringir el acceso a las zonas peligrosas para realizar el cambio o ajuste. En el Apéndice Ñ se muestra la herramienta completa y en la figura 8 se resumen los datos de riesgos específicos de cada máquina.

**Figura 8**

Frecuencia de riesgos presentes en las máquinas



La figura anterior muestra la frecuencia de los riesgos según cada peligro identificado en las máquinas. Los riesgos de corte o seccionamiento y arrastre o atrapamiento son los más presentes, estos riesgos se presentan en las tres máquinas del taller, lo cual puede deberse al hecho de que las máquinas realizan tareas de corte y moldeo de material.

Seguidamente el riesgo de pinchazo o perforación y proyección de fragmentos se presentan en dos máquinas de taller, el torno y la *Milling Machine* - fresadora convencionales

cuya función es afilar y moldear piezas respectivamente; el riesgo de choque contra objetos móviles se presenta en la *Milling Machine* - fresadora convencional, ya que el funcionamiento de la máquina implica movimiento en ciertas palancas, así como en la *Schmidt Press Leaflet Cutting* que corta y moldea material biológico por medio de presión, de igual forma el riesgo de impacto o golpe y aplastamiento se encuentra en esta máquina.

Con la herramienta se identificó que la máquina *Schmidt Press Leaflet Cutting* presenta límite de espacio, debido al diseño del resguardo móvil que tiene actualmente. Además, para la *Hole Popper* los operarios no reciben capacitación externa, solamente la que se recibe en la empresa al iniciar el periodo laboral, esta capacitación es aprobada según el criterio profesional del supervisor del área.

## 5. Método de análisis de riesgos y de operatividad (HAZOP)

Con esta herramienta se llevó a cabo la identificación de peligros de las siguientes máquinas: *Lathe* - torno convencional, *Milling Machine* - fresadora convencional, *Hole Popper* y *Schmidth Press Leaflet Cutting*. Nuevamente, es importante aclarar que esta herramienta es la base para la segunda fase, correspondiente al objetivo específico dos, ya que esta herramienta en la primera fase cumple la función de identificar peligros para posteriormente analizarlos en la fase de evaluación.

A continuación, se presenta un resumen detallado de la función de cada una de estas, con el fin de proporcionar una comprensión más clara del criterio utilizado en el proceso de identificación y evaluación de riesgos. Cabe recalcar que para esta fase únicamente se identifican los peligros, mientras que para la siguiente se realiza la respectiva evaluación de riesgos.

- **Lathe - Torno Convencional:** se utiliza para dar forma a piezas de metal mediante un proceso de arranque de material. Funciona haciendo girar la pieza sobre su propio eje mientras un conjunto de herramientas de corte se mueve linealmente contra ella.
- **Milling Machine - Fresadora Convencional:** se emplea para eliminar material de una pieza de trabajo mediante el uso de una herramienta de corte rotativa llamada fresa. A diferencia del torno, donde la pieza gira, en la fresadora la herramienta es la que rota y la pieza se mueve contra ella.

- **Hole Popper:** es un tipo de máquina de electroerosión por penetración especializada en la perforación de pequeños agujeros en materiales duros y difíciles de mecanizar. Utiliza una descarga eléctrica controlada entre un electrodo y la pieza de trabajo para erosionar el material. Esta técnica es especialmente útil para perforaciones de pequeño diámetro.
- **Schmidth Press Leaflet Cutting:** diseñada para cortar materiales por presión mediante cuchillas moldeadas para realizar cortes precisos en material biológico.

Para la identificación de peligros mediante el método HAZOP, se seleccionó una serie de palabras guía directamente relacionadas con variables específicas, las cuales, a su vez, están vinculadas a fallas o desviaciones particulares, estos detalles se pueden consultar en el Apéndice O. A continuación, se enumeran las variables, fallas y desviaciones identificadas para las máquinas, centrándose en el nodo específico donde se realiza la intervención menor. Es importante destacar que la evaluación de riesgos se enfoca exclusivamente en la intervención menor realizada en la máquina y no considera otros procesos que puedan llevarse a cabo con la misma.

**Tabla 3**

*Base para la identificación de peligros mediante el método HAZOP*

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación
Más	Energía eléctrica	Generación inesperada de un cortocircuito
Diferente de	Modo de operación	Activación accidental de la máquina
	Intervención humana	Operación incorrecta de la máquina
Defectuoso	Sistemas de seguridad	Fallo de las salvaguardas

Es importante especificar, que la palabra guía “más” hace referencia al aumento de la variable, mientras que, “diferente de” hace referencia a que sucede algo totalmente diferente a la función esperada, finalmente “defectuoso” da a entender que la variable posee un fallo por

lo que no opera según lo esperado debido a su diseño. Posteriormente cada falla o desviación se relaciona a una causa específica según cada máquina.

**B. Fase de evaluación de riesgos mecánicos accionados por la liberación inesperada de energía peligrosa**

**Objetivo específico 2.** Evaluar los riesgos mecánicos presentes durante las intervenciones menores en máquinas, por parte de los operarios en las actividades regulares de producción.

**1. Entrevista semiestructurada a los ingenieros de área y operarios que realizan intervenciones menores.**

En esta fase dos, la entrevista evalúa específicamente los aspectos detallados en la tabla 4, los cuales son mostrados únicamente para las máquinas sometidas a la evaluación de riesgos mecánicos. Los detalles completos de las respuestas obtenidas en la entrevista se presentan en el Apéndice L.

**Tabla 4**

*Resumen de respuestas de la entrevista semiestructurada*

<b>Máquina</b>	<b>Cantidad y tipos de fuentes de energía que posee cada máquina.</b>	<b>Cantidad de personas afectadas durante las intervenciones menores realizadas a cada máquina.</b>	<b>Frecuencia de intervenciones menores realizadas a cada máquina.</b>	<b>Cantidad y eficiencia de los controles para evitar exposición con puntos de operación en cada máquina durante una intervención menor.</b>
<i>Lathe</i> - Torno convencional	Eléctrica	1	Al menos una vez al día	Dispositivo de enclavamiento de resguardo móvil frontal y paro de emergencia. Eficiencia media.
<i>Milling Machine</i> - Fresadora convencional	Eléctrica	1	Al menos tres veces por semana	Dispositivo de enclavamiento de resguardo móvil frontal y paro de emergencias. Eficiencia media.

Máquina	Cantidad y tipos de fuentes de energía que posee cada máquina.	Cantidad de personas afectadas durante las intervenciones menores realizadas a cada máquina.	Frecuencia de intervenciones menores realizadas a cada máquina.	Cantidad y eficiencia de los controles para evitar exposición con puntos de operación en cada máquina durante una intervención menor.
<i>Hole Popper</i>	Eléctrica	1	Al menos tres veces por semana	Paro de emergencia y puerta. Eficiencia media.
<i>Schmidth Press Leaflet cutting</i>	Eléctrica y neumática	1	Al menos una vez al día	Paro de emergencia, resguardo móvil y control a dos mandos. Eficiencia media.

Como se evidencia, todas las máquinas de interés operan exclusivamente con energía eléctrica, a excepción de la *Schmidth Press Leaflet Cutting* que también se alimenta de energía neumática, asimismo, las intervenciones afectan a un solo operario, de igual manera, su uso es de carácter rutinario, dado que se emplean varias veces por semana. Por último, todas las máquinas están equipadas con algún tipo de salvaguarda; sin embargo, según los testimonios de los operarios, la eficiencia de dichas salvaguardas se considera moderada.

## 2. Herramienta de evaluación de riesgos HAZOP.

En el Apéndice O se puede observar la evaluación de riesgos realizadas para el torno y Milling Machine - fresadora convencionales, para la *Hole Popper* y la *Schmidth Press Leaflet Cutting*. A continuación, a manera de resumen, en la tabla 5 se hace un recuento de la cantidad de riesgos que entran dentro de las categorías de extremo, alto, moderado y bajo, así como el resultado de las puntuaciones menores y mayores obtenidos para cada categoría.

**Tabla 5**

*Frecuencia del nivel de riesgo según desviación identificado para cada máquina*

Máquina	Extremo	Alto	Moderado	Bajo	Puntuación del riesgo moderado		Puntuación del riesgo alto	
					Menor	Mayor	Menor	Mayor
<i>Lathe - Torno convencional</i>	0	8	4	0	4	8	12	16

Máquina	Extremo	Alto	Moderado	Bajo	Puntuación del riesgo moderado		Puntuación del riesgo alto	
					Menor	Mayor	Menor	Mayor
<b>Milling Machine - Fresadora convencional</b>	0	8	4	0	4	8	12	16
<b>Hole Popper</b>	0	7	5	0	4	8	12	16
<b>Schmidth Press Leaflet cutting</b>	0	3	9	0	8	9	12	15

Nota. La puntuación del riesgo se refiere a cuál de todos los riesgos, tanto moderados como altos, son el menor y mayor dentro de su categoría, proporcionando un panorama de los rangos de puntuación obtenidos.

Como se muestra en la tabla 5, la mayoría de los riesgos evaluados presentan un nivel alto, a excepción de los asociados con la máquina *Schmidth Press Leaflet Cutting*, donde la mayoría de los riesgos, nueve de los doce identificados, se clasifican como moderados. En contraste, los riesgos asociados con el torno y la *Milling Machine* - fresadora convencional resultan, en su mayoría, en un nivel alto, con un total de ocho riesgos evaluados en esta categoría. Además, las puntuaciones más elevadas, correspondientes a valores de 16 y 15, están asociadas a fallas en las salvaguardas.

Como se detalla en el Apéndice O, la mayoría de las máquinas cuentan con salvaguardas que son susceptibles de ser eludidas. Por ejemplo, en el caso del *Lathe* - torno convencional, el dispositivo de enclavamiento vinculado al resguardo móvil presenta fallas, permitiendo que la máquina continúe operando incluso si el resguardo es retirado, de igual forma, el resguardo móvil no protege totalmente al técnico del giro del torno. De manera similar, la fresadora cuenta con un resguardo en la parte frontal, pero la parte trasera queda desprotegida y carece de dispositivo de enclavamiento. En cuanto a la *Hole Popper*, esta es una máquina que se adquirió recientemente, de fábrica es confeccionada con un tipo de puerta que hace la función de resguardo, pero no es lo suficientemente restrictiva como para que el usuario no llegue a entrar en contacto con el electrodo, debido a que no es lo suficientemente alta para impedirlo, por tanto, es necesario diseñarle un resguardo móvil asociado a un dispositivo de enclavamiento que logre impedir el acceso.

Por último, la máquina *Schmidth Press Leaflet Cutting* dispone de un resguardo móvil que según lo comentan los operarios, resulta ser incómodo para el usuario a la hora de realizar la intervención menor, ya que debe de adoptar una postura forzada en los brazos y manos para lograrlo, asimismo, además de ser un resguardo que dificulta la tarea se puede eludir fácilmente. Por tanto, de acuerdo con los resultados de esta evaluación de riesgos, se ha decidido proceder con las recomendaciones presentadas en la tabla 6.

**Tabla 6**

*Recomendaciones de diseño basadas en la evaluación de riesgos*

<b>Máquina</b>	<b>Recomendación 1</b>	<b>Recomendación 2</b>
<b>Lathe - Torno convencional</b>	Rediseño de resguardo móvil.	Dispositivo de enclavamiento.
<b>Milling Machine - Fresadora convencional</b>	Rediseño de resguardo móvil.	Dispositivo de enclavamiento.
<b>Hole Popper</b>	Diseño de resguardo móvil.	Dispositivo de enclavamiento.
<b>Schmidth Press Leaflet cutting</b>	Rediseño de resguardo móvil.	Dispositivo de enclavamiento.

### C. Conclusiones

- Se identificó que las intervenciones menores realizadas en las máquinas de la población se han ejecutado sin tomar en cuenta los riesgos presentes propiamente en la tarea, esto se debe a que el requerimiento es una actualización del estándar técnico T23 de la empresa, por lo que, no se habían identificado estos riesgos inherentes a esta tarea en el pasado, esto a pesar de que la empresa cuenta con otras herramientas de análisis de riesgos enfocadas en seguridad en máquinas, pero no específicas para intervenciones menores.
- A partir de la evaluación realizada a las cuatro máquinas con la matriz de comprobación de seguridad en maquinaria, se evidencia la necesidad de implementar mejoras en el diseño o rediseño de estas. Si bien la mayoría de los elementos de seguridad evaluados cumplen con los requisitos básicos, la falta de un mantenimiento detallado y enfocado en las salvaguardas representa un riesgo significativo para la seguridad de los operarios.
- La evaluación de conocimientos de los trabajadores reveló una discrepancia entre la percepción de seguridad de los operarios y la realidad de los riesgos presentes en las máquinas. Esta diferencia se atribuye a la falta de capacitación especializada a los trabajadores que manipulan las máquinas del taller, lo que aumenta la exposición a riesgos.
- El análisis y evaluación de seguridad en las salvaguardas de las máquinas ha revelado varios riesgos importantes, los más comunes son cortes, atrapamientos y golpes, lo cual es esperable debido a las tareas que realizan estas máquinas. Además, se identificó un problema de diseño en la máquina *Schmidt Press Leaflet Cutting* que también podría comprometer la seguridad ergonómica del operador. Un estudio más detallado, utilizando el método HAZOP, confirmó que dos de las máquinas del taller, la *Lathe* – Torno convencional y la *Milling Machine* – Fresadora convencional, presentan los mayores riesgos.
- Finalmente, se evidencia que la mayoría de las máquinas presentes en las unidades de negocio EP y SH de la empresa son de un funcionamiento sencillo, es decir, las funciones que realizan son pocas, por lo que la población y muestra se redujo considerablemente en comparación con las máquinas presentes en la empresa.

#### **D. Recomendaciones**

- Establecer un método de identificación para la aplicación de intervenciones menores en todas las nuevas máquinas adquiridas por la empresa, así como llevar a cabo una evaluación de riesgos previa mediante la herramienta HAZOP.
- Desarrollar un procedimiento estandarizado basado en la norma ISO 12100:2012 “Seguridad de las máquinas” para la selección y diseño de salvaguardas, con el fin de implementarlas en aquellas máquinas que requieren intervenciones menores, pero se identifique que no cumplen con las dos salvaguardas requeridas por la norma OSHA 29CFR 1910.147 y el estándar técnico T23.
- Diseñar y rediseñar, según corresponda, las salvaguardas de las máquinas evaluadas, mediante la implementación de dispositivos de enclavamiento y de resguardos móviles, para garantizar que las intervenciones menores se realicen de manera segura y se logre un cumplimiento pleno de lo requerido en el estándar técnico T23 para la ejecución segura de intervenciones menores.
- Implementar procedimientos de trabajo para la realización de intervenciones menores, con el fin de estandarizar esta tarea y que, por tanto, se lleven a cabo de forma segura y normada.
- Elaborar un plan de capacitación para entrenar a todos los operarios implicados en la ejecución de intervenciones menores, con el objetivo de que comprendan tanto la importancia de los procedimientos establecidos como la correcta adherencia a sus instrucciones.
- Proporcionar un entrenamiento de actualización sobre el uso de las máquinas para asegurar que los operarios comprendan plenamente los elementos de seguridad, el manejo adecuado de las máquinas y la operación del equipo.

## V. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

A continuación, se presenta el desarrollo de las alternativas ingenieriles y administrativas propuestas para la puesta en cumplimiento del estándar técnico de control de energías peligrosas. Para esta sección se presentan tres posibles diseños preliminares para cada una de las máquinas muestreadas, donde se ilustra su configuración y propósito de manera general, posteriormente, se llevará a cabo un proceso de comparación y evaluación para determinar la opción más adecuada, según los criterios de puntuación que se muestran en la tabla 7, donde la propuesta que obtenga una mayor calificación será la seleccionada, el diseño escogido será desarrollado en detalle, con el objetivo de obtener un total de cuatro diseños completos al finalizar este proceso. Cabe mencionar que para las propuestas de solución se tomó en cuenta la opinión de la asesora industrial, un ingeniero de manufactura y un técnico de mantenimiento, de modo que se adecue el diseño más conveniente para la empresa.

Por otro lado, es importante recalcar que los diseños ingenieriles estarán integrados en el programa para intervenciones menores, sin embargo, el proceso detallado de confección de estos diseños no se incluirá dentro de la estructura del programa. La razón principal es que el programa sigue los lineamientos establecidos por la empresa en tanto a estructura, los cuales no contemplan la inclusión de diseños ingenieriles desarrollados paso a paso dentro de los programas, en este contexto, el programa presentará los diseños como si ya estuvieran implementados, por lo que es esencial tener en cuenta este enfoque.

Adicionalmente, esta decisión también responde a la magnitud del trabajo, ya que se han seleccionado cuatro máquinas que requieren de tres diseños cada una, lo que resulta en un total de 12 propuestas de diseño, por tanto, dado el alcance de este esfuerzo, no es factible incluir todo el desarrollo de estos diseños dentro del programa, no obstante, es importante aclarar que los diseños finales sí estarán integrados en el programa, aunque no su proceso de creación detallado.

**Tabla 7**

*Puntuación para la matriz de criterios de comparación para la selección de la alternativa de solución de cada una de las máquinas*

Criterios	Puntuación		
	3	2	1
<b>Requisitos legales con los que cumple</b>	Cumple totalmente con los requisitos legales aplicables, tanto los de cumplimiento obligatorio como los voluntarios.	Cumple parcialmente con los requisitos legales aplicables, tanto los de cumplimiento obligatorio como los voluntarios.	No cumple con los requisitos legales aplicables, tanto los de cumplimiento obligatorio como los voluntarios.
<b>Factibilidad de implementación</b>	Se cuenta con la completa disponibilidad de recursos para implementar la propuesta.	Se cuenta parcialmente con la disponibilidad de recursos para implementar la propuesta.	No se cuenta con la disponibilidad de recursos para implementar la propuesta.
<b>Salud y seguridad</b>	Elimina por completo los riesgos ocupacionales relacionados.	Elimina parcialmente los riesgos ocupacionales relacionados.	No elimina los riesgos ocupacionales relacionados.
<b>Culturales y sociales</b>	Contribuye plenamente al desarrollo de una cultura de salud y seguridad en el trabajo.	Contribuye parcialmente al desarrollo de una cultura de salud y seguridad en el trabajo.	No contribuye al desarrollo de una cultura de salud y seguridad en el trabajo.
<b>Impacto ambiental</b>	Tiene un bajo impacto ambiental gracias a la alta calidad de los materiales y su larga vida útil.	Tiene un impacto ambiental medio debido a la calidad de los materiales y su vida útil.	Tiene un impacto ambiental alto debido a la calidad de los materiales y su vida útil.
<b>Factores económicos</b>	Los materiales para la solución presentan un costo bajo Valores entre \$0 – \$550	Los materiales para la solución presentan un costo medio Valores entre \$551 – \$1000	Los materiales para la solución presentan un costo alto Valores más de \$1000

Criterios	Puntuación		
	3	2	1
<b>Asociación con los ODS</b>	La propuesta está completamente alineada con el cumplimiento de al menos uno de los ODS.	La propuesta está parcialmente alineada con el cumplimiento de al menos uno de los ODS.	La propuesta no se alinea con el cumplimiento de ninguno de los ODS.

En cuanto a los controles administrativos, cabe recalcar, que se desarrollará un programa que abarque todas las máquinas que requieren intervenciones menores. Este programa se complementará con procedimientos detallados que describan paso a paso cómo realizar dichas intervenciones, siendo específico para cada tipo de máquina, además, es importante destacar que tanto el programa como el procedimiento serán aplicables a toda la población de máquinas de la empresa que requiera este tipo de intervenciones

#### **A. Controles ingenieriles**

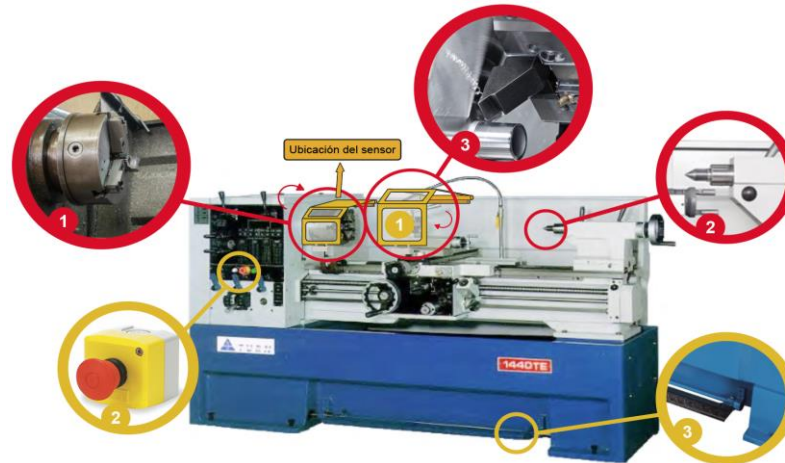
En esta sección se presentan los diseños ingenieriles desarrollados para las máquinas *Lathe* - Torno convencional, *Milling Machine* - Fresadora convencional, *Hole Popper* y *Schmidh Press Leaflet cutting*, en conformidad con lo requerido por el estándar técnico de control de energías peligrosas de la empresa. Para mantener la confidencialidad, se tomaron imágenes de internet de las máquinas y modelos específicos en cuestión.

##### **1. *Lathe* - Torno convencional**

Los puntos de riesgo en el *Lathe* - torno convencional están asociados principalmente con el husillo, que es el componente rotatorio donde se sujeta la pieza de trabajo, y la cuchilla, la cual se aproxima al husillo para procesar la pieza. En la figura 9, se destacan en rojo las áreas de peligro, mientras que en amarillo se señalan las salvaguardas existentes, ahora bien, como se detalló en el análisis de la situación actual, las medidas de protección actuales, como lo son los resguardos móviles, no son eficaces, ya que los operarios pueden fácilmente eludirlas, por ello, se ha decidido desarrollar nuevos diseños de resguardos móviles. A continuación, se presenta la figura 9 con las protecciones actuales, seguida de las tres propuestas de solución para optimizar la seguridad en el uso de la máquina.

**Figura 9**

*Representación de la Lathe - Torno convencional con las salvaguardas actuales*



### **1.1 Alternativa de solución 1**

La alternativa propuesta consiste en la instalación de un resguardo móvil focalizado que cubrirá únicamente la parte frontal y superior de la máquina, específicamente en las áreas donde se encuentran el husillo y la cuchilla, que corresponde al punto uno y tres en ese orden, que son las zonas con mayor riesgo de atrapamiento. Este resguardo móvil no será perimetral en toda la extensión de la máquina, sino que estará diseñado como un cajón localizado en las áreas críticas para minimizar el riesgo, permitiendo acceso y visibilidad donde sea necesario, además, el material del resguardo será transparente, con el fin de permitir una observación directa del funcionamiento del husillo y la cuchilla, facilitando el control visual del proceso de mecanizado.

Por otra parte, el resguardo contará con una puerta abatible, que se abrirá hacia la derecha, mientras que, en un extremo de la puerta se instalará un dispositivo de enclavamiento de forma estratégica, de manera que, al abrir la puerta, esta entrará en contacto con el dispositivo de enclavamiento, lo que activará un mecanismo de parada inmediata de la máquina, garantizando la seguridad operativa. En la parte lateral derecha del resguardo no se colocará ninguna cubierta, ya que se requiere acceso libre para que la contrapunta, la cual se enumera como dos y con rojo en la figura 10, pueda ser ajustada y aproximada al husillo según sea necesario para realizar las operaciones de perforación. Esta área debe permanecer

descubierta para permitir la flexibilidad operativa de la máquina, ya que para el funcionamiento de este se requiere que se confeccione de esta manera. El detalle del diseño se puede observar en la figura 10.

## Figura 10

### *Diseño 1 de salvaguardas para la Lathe - Torno convencional*



Con respecto a los materiales para la fabricación de la propuesta, en el caso del resguardo móvil, este se fabricará en toda su extensión con policarbonato, este ha sido elegido por sus características sobresalientes, tales como su elevada resistencia a los impactos, buena clasificación en protección contra incendios, estabilidad dimensional, y facilidad para ser moldeado, encolado o soldado, además, es auto extingible, altamente resistente a la rotura, agentes químicos, y posee óptimas propiedades mecánicas (*Lork Industrias, 2024*). Al ser un material caracterizado por su resistencia es ideal tomando en cuenta las condiciones adversas que pueden presentarse en el taller, como lo son vibraciones, virutas y presencia de químicos, así como por el trabajo del torno como tal.

Asimismo, el resguardo móvil está equipado con una puerta articulada mediante bisagras de acero inoxidable, así como manijas que facilitan la apertura de estas, además, el policarbonato será bordeado en toda su extensión con un perfil de marco de aluminio, dado que este material presenta alta resistencia a la corrosión, cabe recalcar, que este bordeado tiene como objetivo prolongar la vida útil del policarbonato y mejorar el acabado del diseño, así como cubrir bordes filosos.

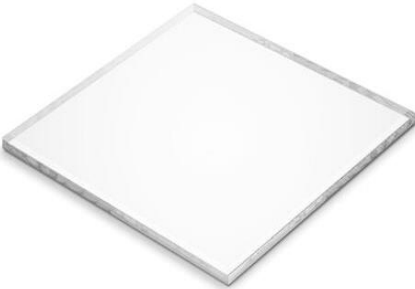
Por otra parte, con respecto al dispositivo de enclavamiento, se ha seleccionado el interruptor de posición XCKJ de Schneider Electric, ya que está diseñado para detectar la posición de una parte móvil en maquinaria industrial y detener su operación cuando se alcanza una posición predefinida. Funciona activando un actuador mecánico que, al ser presionado por el movimiento de la máquina, cierra o abre los contactos eléctricos (1NA+1NC), esto envía una señal al sistema de control de la máquina para detener su funcionamiento, evitando movimientos peligrosos o no deseados (Telemecanique, 2024).





Este interruptor cuenta con retorno mediante resorte, lo que asegura que vuelva automáticamente a su posición inicial tras activarse, además, cumple con las normas IEC 60947-5-1 y EN 50041, garantizando estándares de seguridad y confiabilidad en entornos industriales. Estas normativas aseguran que el dispositivo pueda usarse de forma segura en una amplia gama de aplicaciones industriales, donde el control preciso del movimiento es crucial para evitar accidentes o daños en la maquinaria (Telemecanique, 2024).

En conclusión, este interruptor ha sido seleccionado debido al alto nivel de riesgo que presenta la *Lathe* - torno convencional. Para una máquina de este tipo, y en general para gran parte de las máquinas del taller, un sensor magnético no proporcionaría el mismo nivel de seguridad que un sensor con activación mecánica, ya que, un interruptor de posición mecánico garantiza una respuesta más robusta y confiable, minimizando riesgos tanto para el operario como para el equipo. Los detalles completos se presentan en la tabla 8.

**Tabla 8**

*Costos y recursos asociados a la propuesta 1*

Especificación del material	Imagen	Precio por unidad	Cantidad	Total
Lámina de policarbonato (1800 x 1220 x 3) mm		\$ 198	1	\$ 198

Especificación del material	Imagen	Precio por unidad	Cantidad	Total
GN 1362 Bisagras de chapa de acero inoxidable		\$ 8.34	2	\$ 16.68
Manija de equipo industrial resistente (NRC&XRC) 120 mm		\$ 27.99	1	\$ 27.99
Perfil / marco de Aluminio Plateado Bosch Rexroth 2000 mm		\$ 46.02	3	\$ 138.15
Interruptor de posición estándar industrial telemecanique XCKJ567H29		\$ 168.70	1	\$ 168.70
Total				\$ 549.72

## 1.2 Alternativa de solución 2

Para el diseño propuesto, se contempla la creación de un resguardo móvil fabricado completamente con un material que permite la visibilidad continua de la operación, este diseño facilitará la supervisión del funcionamiento del husillo y de la cuchilla. Ahora bien, el resguardo móvil contará con una cobertura permanente en la parte superior, mientras que la sección frontal será abatible hacia arriba, además, mientras se realiza algún cambio de herramienta o

ajuste en el husillo o la cuchilla, esta sección o puerta frontal podrá posarse en la parte superior del resguardo, facilitando la comodidad de la intervención. Este diseño estará equipado con un dispositivo de enclavamiento ubicado estratégicamente en la parte superior del resguardo, que detectará cuando se eleve la puerta frontal, al activar el dispositivo de enclavamiento mediante el movimiento del actuador o cabeza de accionamiento, se enviará una señal a la máquina para detener la operación, garantizando así la seguridad durante el ajuste o cambio de herramientas en el torno. El detalle de la propuesta se puede observar en la figura 11.

**Figura 11**

*Diseño 2 de salvaguardas para la Lathe - Torno convencional*



Con respecto a los materiales de fabricación, nuevamente se selecciona el policarbonato como elemento principal del resguardo móvil. Este ha sido seleccionado, al igual que en la alternativa de solución 1, por sus notables características, que incluyen una alta resistencia a impactos, una excelente clasificación en protección contra incendios, estabilidad dimensional y la facilidad para ser moldeado, encolado o soldado (Lork Industrias, 2024).

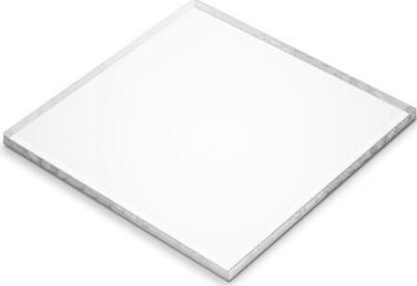
Por otra parte, el diseño incluirá una bisagra tipo piano, de acero inoxidable, que permitirá el movimiento para la apertura de la puerta frontal, facilitando el acceso a la parte del husillo y la cuchilla, asimismo, esta puerta se abrirá mediante una manija de acero inoxidable diseñada para equipos industriales, de igual manera, el policarbonato será bordeado en toda su extensión con un perfil de marco de aluminio, dado que este material presenta alta resistencia a la corrosión, cabe recalcar, que este bordeado tiene como objetivo prolongar la vida útil del policarbonato y mejorar el acabado del diseño.

Ahora bien, con respecto al dispositivo de enclavamiento, se ha seleccionado el dispositivo de enclavamiento Telemecanique XCKJ10511, ya que este dispositivo se destaca por una serie de ventajas que lo convierten en una opción ideal para aplicaciones industriales exigentes. Entre sus principales beneficios se encuentran su alta fiabilidad y resistencia mecánica, lo que le permite soportar impactos y vibraciones sin comprometer su rendimiento, además, su diseño compacto facilita la instalación, permitiendo su integración en diversas configuraciones. Por otro lado, este dispositivo de enclavamiento cumple con normativas internacionales, incluyendo IEC 60947-5-1, que regula los dispositivos eléctricos de baja tensión, y ISO 13849-1, que establece requisitos para la seguridad funcional de sistemas de control relacionados con la seguridad (Telemecanique, 2024).

En cuanto a su modo de funcionamiento, el dispositivo de enclavamiento opera mediante un sistema de activación por contacto, es decir, cuando un objeto, en este caso la puerta frontal, se aproxime al dispositivo de enclavamiento entrando en contacto con el mismo y generando el movimiento de este, se activa un mecanismo interno que cierra un circuito eléctrico, este cierre es utilizado para detener la máquina, lo que es crucial en situaciones donde es necesario detener el funcionamiento para evitar lesiones (Telemecanique, 2024). Todo el detalle de los materiales mencionados anteriormente, se pueden observar en la tabla 9.

**Tabla 9**

*Costos y recursos asociados a la propuesta 2*

Especificación del material	Imagen	Precio por unidad	Cantidad	Total
Lámina de policarbonato (1800 x 1220 x 3) mm		\$ 198	2	\$ 396

Especificación del material	Imagen	Precio por unidad	Cantidad	Total
Manija de equipo industrial resistente (NRC&XRC) 120 mm		\$ 27.99	1	\$ 27.99
Bisagra de piano de acero inoxidable 304 (1800 x 38 x 0.9) mm		\$ 30.91	1	\$ 30.91
Perfil / marco de Aluminio Plateado Bosch Rexroth 2000 mm		\$ 46.02	5	\$ 230.1
Interruptor de posición estándar industrial telemecanique XCKJ10511		\$ 143.78	1	\$ 143.78
Total				\$ 828.78

### 1.3 Alternativa de solución 3

La alternativa de solución 3 consiste en la implementación de un resguardo móvil perimetral confeccionado completamente con un material transparente y resiste a impactos.

Este resguardo cubrirá tanto la parte superior, los laterales, como la parte frontal del torno, además, es importante destacar que las puertas del resguardo serán corredizas y funcionarán mediante un sistema de rieles. Ahora bien, la puerta que cubre específicamente el área donde se encuentra el husillo y la cuchilla está vinculada con un dispositivo de enclavamiento que detendrá automáticamente el funcionamiento de la máquina si se abre mientras está operando, ya que esa zona representa el mayor riesgo de atrapamiento debido al movimiento del husillo y la presencia de la cuchilla.

Por otro lado, la puerta ubicada en el lado derecho será corrediza a lo largo de toda su extensión. Esta puerta no contará con un dispositivo de enclavamiento, ya que su función es permitir el ajuste de la contrapunta en situaciones donde sea necesario aproximarla al husillo, por tanto, en este caso, el husillo continuará funcionando incluso si la puerta se desplaza, ya que el proceso trabajo con la contrapunta requiere el funcionamiento continuo de la máquina mientras esta se aproxima. Adicionalmente, todo el resguardo móvil será rodeado con un acabado de aluminio, lo cual proporcionará mayor durabilidad, mejor estética y cubrirá los bordes filosos del resguardo, incrementando así la vida útil del equipo y mejorando su seguridad operativa. El detalle del diseño se puede observar en la figura 12.

## Figura 12

### *Diseño 3 de salvaguardas para la Lathe - Torno convencional*



Con respecto a la selección de los materiales, nuevamente se pretende utilizar el policarbonato, este fue seleccionado para el diseño del resguardo debido a sus sobresalientes

características, como su alta resistencia a impactos, resistencia a roturas y agentes químicos, y por sus excelentes propiedades mecánicas (Lork Industrias, 2024). Además, cabe aclarar que el policarbonato será bordeado en toda su extensión con un perfil de marco de aluminio, dado que este material presenta alta resistencia a la corrosión, este bordeado tiene como objetivo prolongar la vida útil del policarbonato y mejorar el acabado del diseño. Asimismo, para la abertura de las puertas se va a utilizar manijas de acero inoxidable que faciliten esta acción.

Por otro lado, para el riel que va a permitir el deslizamiento de las puertas, se selecciona el modelo FBW2560XR de THK, ya que es un conjunto de deslizamiento lineal que se caracteriza por su riel compacto y ligero, además, está fabricado con materiales laminados, lo que le otorga alta resistencia y durabilidad, proporcionando un movimiento suave y preciso, ideal para aplicaciones de carga ligera a media, asimismo, en términos de seguridad, su diseño minimiza la fricción y el desgaste, reduciendo riesgos de falla. Entre sus beneficios están la fácil instalación, mantenimiento reducido y la optimización del espacio gracias a su estructura compacta (THK, 2024).

Finalmente, con respecto al dispositivo de enclavamiento, se selecciona el interruptor de bloqueo de seguridad 440G-TLS-Z GD2 de Allen-Bradley, ya que este se utiliza para proteger a los operadores, al evitar el acceso a zonas peligrosas de una máquina mientras esta está en funcionamiento. Su modo de operación combina un actuador mecánico que bloquea físicamente la puerta o el resguardo móvil cuando se cierra, y un dispositivo de enclavamiento de identificación por radio frecuencia o RFID según sus siglas en inglés, que verifica si el cierre es adecuado, por tanto, si se intenta abrir la puerta antes de que sea seguro, el sistema detiene la operación de la máquina y asegura el bloqueo para evitar riesgos, además, el dispositivo puede configurarse en modo “*Power to Lock*” o “*Power to Release*” (Allen – Bradley, 2018).


En el primero, la energía es necesaria para mantener el bloqueo activo, y se libera en caso de pérdida de potencia, ideal para situaciones donde la seguridad es prioritaria durante fallos de energía, mientras que en el modo “*Power to Release*”, la energía desbloquea el dispositivo, y es útil para aplicaciones donde el acceso debe mantenerse bloqueado en todo momento salvo que se suministre energía. Finalmente, cumple con estándares internacionales de seguridad como ISO 13849-1 y ISO 14119, proporcionando un nivel de seguridad PLe y

SIL 3, lo que lo convierte en una solución adecuada para proteger zonas de alto riesgo (Allen – Bradley, 2018). Los detalles de los materiales se pueden observar en la tabla 10.

**Tabla 10**

*Costos y recursos asociados a la propuesta 3*

Especificación del material	Imagen	Precio por unidad	Cantidad	Total
Lámina de policarbonato (1800 x 1220 x 3) mm		\$ 198	2	\$ 396
Manija de equipo industrial resistente (NRC&XRC) 120 mm		\$ 27.99	2	\$ 55.98
Rail de deslizamiento modelo FBW2560XR de THK 1500 mm		\$ 118.55	2	\$ 237.1
Perfil / marco de Aluminio Plateado Bosch Rexroth 2000 mm		\$ 46.02	5	\$ 230.1

Especificación del material	Imagen	Precio por unidad	Cantidad	Total
Interruptor de bloqueo de protección Allen Bradley 440G TLS-Z GD2 de Rockwell Automation	 <p>The image shows a red Allen Bradley 440G TLS-Z GD2 lockout device. It is a rectangular, red plastic component with a metal handle and a locking mechanism. A smaller red component, likely a key or a secondary part, is shown below it.</p>	\$ 376.70	1	\$ 376.70
Total				\$ 1 295.88

#### 1.4 Matriz de criterios de comparación para la selección de la alternativa de solución de cada una de las máquinas.

A continuación, se muestran los criterios tomados en cuenta para la selección de la alternativa de solución con mayor factibilidad.

**Tabla 11**

*Matriz de criterios de comparación para la Lathe - Torno convencional*

Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
<b>Requisitos legales con los que cumple</b>	En general el diseño cumple con la ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas, mientras que el dispositivo de enclavamiento cumple con los estándares IEC 60947-5-1: Aparatos de conmutación y control de baja tensión. Parte 5-1: Dispositivos de circuitos de control y elementos de conmutación. Dispositivos de circuitos de control electromecánicos, y el EN 50041: aparato industrial de baja tensión. Auxiliares de mando.	3	En general el diseño cumple con la ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas, mientras que el dispositivo de enclavamiento cumple con los estándares IEC 60947-5-1: Aparatos de conmutación y control de baja tensión. Parte 5-1: Dispositivos de circuitos de control y elementos de conmutación. Dispositivos de circuitos de control electromecánicos, y la ISO 13849-1 (seguridad funcional de sistemas de control), lo que le otorga	3	En general el diseño cumple con la ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas, mientras que el dispositivo de enclavamiento cumple con los estándares IEC 60947-5-1: Aparatos de conmutación y control de baja tensión. Parte 5-1: Dispositivos de circuitos de control y elementos de conmutación. Dispositivos de circuitos de control	3

Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
	<p>Interruptores de posición 42,5 x 80. Dimensiones y características.</p> <p>En conclusión, cumple completamente con las normativas aplicables.</p>		<p>gran cobertura en seguridad.</p> <p>En conclusión, cumple completamente con las normativas aplicables.</p>		<p>electromecánicos, la ISO 13849-1 (Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño. (ISO 13849-1:2015)), y la ISO 14119 (Seguridad de las máquinas. Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos. Principios para el diseño y la selección), ofreciendo el mayor nivel de seguridad legal.</p> <p>En conclusión, cumple completamente con las normativas aplicables.</p>	

Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
<b>Factibilidad de implementación</b>	La disponibilidad de los recursos y materiales es adecuada, aunque la implementación del dispositivo de enclavamiento puede requerir varios ajustes técnicos y la integración con los controles de la máquina podría requerir más tiempo y recursos.	2	Similar a la alternativa uno, pero su diseño es más complejo con una puerta abatible y un dispositivo de enclavamiento más avanzado, añade mayor dificultad a la implementación y tiempo adicional para instalar los ajustes.	2	A pesar de que los materiales están disponibles, el diseño de un resguardo móvil perimetral completo y el uso de rieles y un dispositivo de enclavamiento avanzado hacen que la implementación sea compleja, requiriendo más tiempo y recursos.	2
<b>Salud y seguridad</b>	Elimina parcialmente los riesgos debido a que no cubre completamente todas las áreas del torno, ya que lo deja expuesto a partes móviles, específicamente el lateral donde se ingresa la contrapunta, aunque las zonas de mayor riesgo están protegidas de manera efectiva.	2	Reduce los riesgos en las áreas críticas, pero deja algunas zonas sin cobertura, como lo es el lateral derecho y una zona de la parte frontal, lo que significa que no elimina completamente los riesgos relacionados.	2	Elimina completamente los riesgos, cubriendo todas las zonas de peligro sin cobertura.	3
<b>Aspectos culturales y sociales</b>	Contribuye parcialmente a una cultura de salud y seguridad en el trabajo, pero la falta de cobertura en ciertas áreas del torno puede limitar la	1	Contribuye al desarrollo de una cultura de seguridad, pero el diseño sin cobertura total podría no generar una percepción integral de	2	Aporta plenamente a una cultura de seguridad y salud, ya que proporciona una cobertura completa de las zonas de	3

Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
	percepción de seguridad entre los técnicos y operarios.		seguridad entre los trabajadores, lo cual limita su impacto en la cultura organizacional		peligro, lo que mejora significativamente la percepción de seguridad y promueve un entorno de trabajo más seguro.	
<b>Impacto ambiental</b>	El uso de materiales duraderos como el policarbonato, el cual tiene una vida útil que va de de 10 a 20 años, y el aluminio, asegura una larga vida útil y bajo impacto ambiental garantizando el uso eficiente de los recursos y sostenibilidad de los materiales.	3	Igualmente, el uso de policarbonato y aluminio con alta durabilidad asegura un impacto ambiental bajo, lo que fomenta el uso de materiales sostenibles y resistentes, que evitan la necesidad de reemplazarlos frecuentemente.	3	Aunque se utilizan los mismos materiales sostenibles, el diseño es más extensos y requiere de mayor uso de material, lo que incrementa ligeramente el impacto ambiental en comparación con las otras alternativas.	2
<b>Factores económicos</b>	Esta opción representa la alternativa de solución más económica, en comparación a las otras alternativas.	3	Esta opción representa una alternativa de solución con un costo moderado, en comparación a las otras alternativas.	2	Esta opción representa la alternativa de solución con el costo más alto, en comparación a las otras alternativas.	1
<b>Asociación con los ODS</b>	La propuesta cumple parcialmente con los siguientes objetivos:	2	La propuesta cumple parcialmente con los siguientes objetivos:	2	La propuesta cumple totalmente con los siguientes objetivos:	3

Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
	<p><b>ODS 8 - Trabajo decente y crecimiento económico:</b> Al incorporar un dispositivo de enclavamiento y un diseño que protege a los operadores, este resguardo móvil promueve condiciones laborales seguras, reduciendo el riesgo de accidentes y mejorando la calidad del entorno de trabajo, sin embargo, en términos de seguridad, esta alternativa no es tan efectiva como la alternativa tres.</p> <p><b>ODS 9 - Industria, innovación e infraestructura:</b> El diseño utiliza materiales avanzados como el policarbonato, lo que fomenta la innovación en la infraestructura industrial, garantizando durabilidad, resistencia y eficiencia en la protección de maquinaria, sin</p>		<p><b>ODS 8 - Trabajo decente y crecimiento económico:</b> Al incorporar un dispositivo de enclavamiento y un diseño que protege a los operadores, este resguardo móvil promueve condiciones laborales seguras, sin embargo, en términos de seguridad no es tan efectiva como la alternativa tres.</p> <p><b>ODS 9 - Industria, innovación e infraestructura:</b> El diseño utiliza materiales avanzados como el policarbonato, lo que fomenta la innovación en la infraestructura industrial, sin embargo, el diseño no es tan innovador en comparación a la alternativa tres.</p> <p><b>ODS 12 - Producción y consumo responsables:</b> Al emplear materiales</p>		<p><b>ODS 8 - Trabajo decente y crecimiento económico:</b> Al incorporar un dispositivo de enclavamiento y un diseño que protege a los operadores, este resguardo móvil promueve condiciones laborales seguras, reduciendo el riesgo de accidentes y mejorando la calidad del entorno de trabajo.</p> <p><b>ODS 9 - Industria, innovación e infraestructura:</b> El diseño utiliza materiales avanzados como el policarbonato, lo que fomenta la innovación en la infraestructura industrial, garantizando durabilidad,</p>	

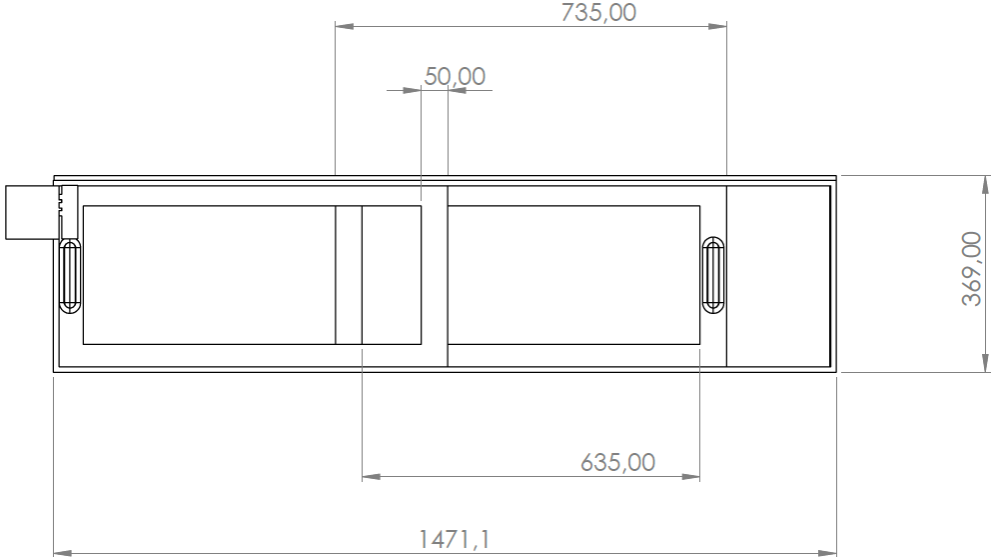
Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
	<p>embargo, el diseño no es tan innovador como el de la alternativa tres.</p> <p><b>ODS 12 - Producción y consumo responsables:</b> Al emplear materiales reciclables como el policarbonato, se promueve una gestión sostenible de los recursos. Además, el uso de interruptores de seguridad que cumplen con normativas internacionales contribuye a la eficiencia y sostenibilidad del sistema productivo, lo que la hace una de las alternativas más eficientes en términos de impacto ambiental.</p>		<p>reciclables como el policarbonato, se promueve una gestión sostenible de los recursos, lo que sí la hace eficiente en términos ambientales.</p>		<p>resistencia y eficiencia en la protección de maquinaria.</p> <p><b>ODS 12 - Producción y consumo responsables:</b> Al emplear materiales reciclables como el policarbonato, se promueve una gestión sostenible de los recursos. Además, el uso de interruptores de seguridad que cumplen con normativas internacionales contribuye a la eficiencia y sostenibilidad del sistema productivo.</p>	
<b>Total</b>	16		16		17	

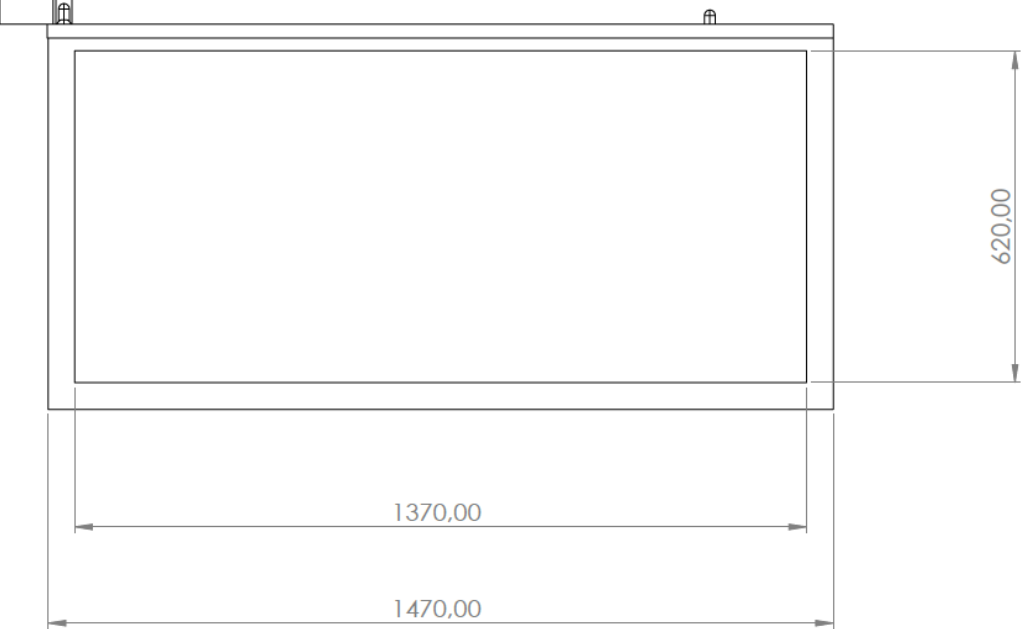
### 1.5 Diseño de la alternativa seleccionada

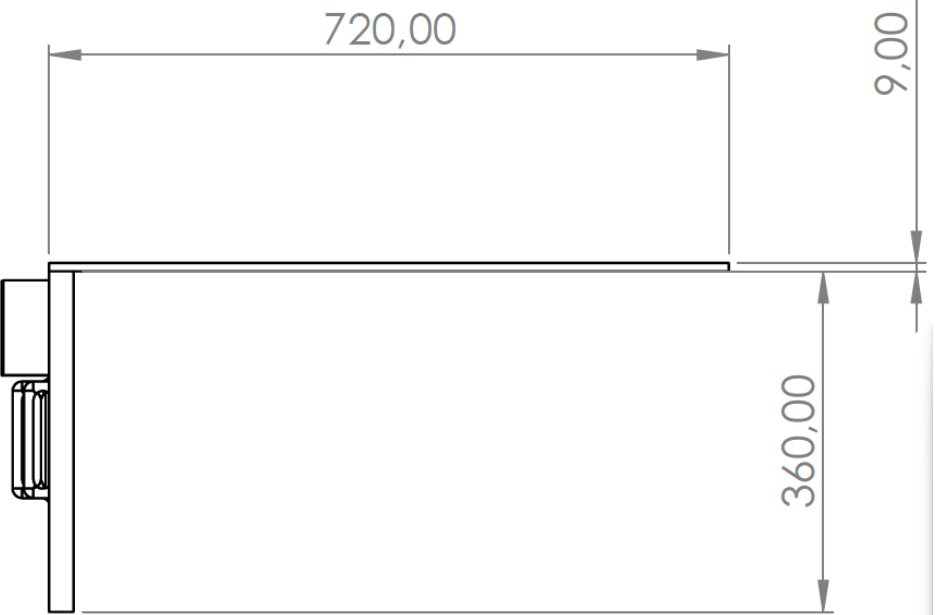
Según los resultados obtenidos en la tabla 11 la alternativa seleccionada es la 3, al abarcar un puntaje mayor entre los criterios establecidos. La tabla 12 muestra el diseño de la alternativa realizado en la herramienta *SOLIDWORKS*®, en este se muestran las medidas en mm y el detalle de cada parte de las salvaguardas.

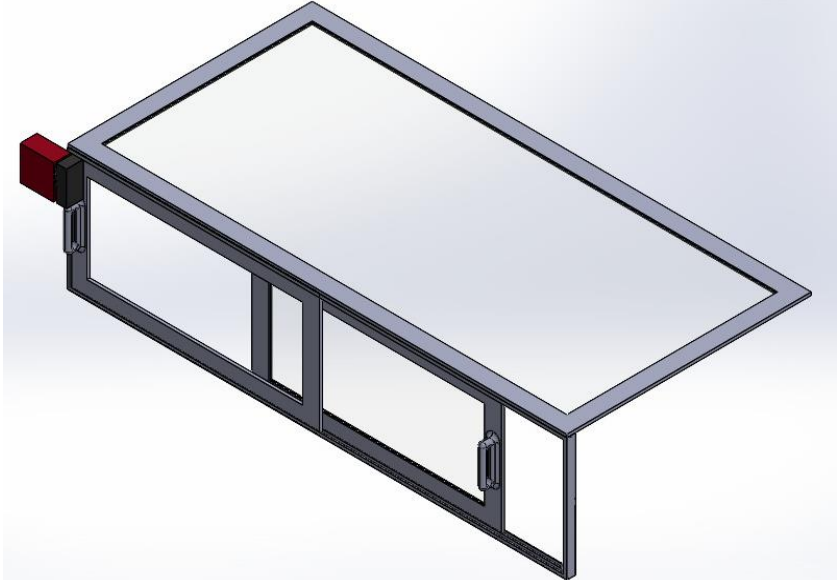
**Tabla 12**

*Diseño de la alternativa de solución seleccionada para la Lathe - Torno convencional*

Vistas	Diseño
Vista frontal	 <p>The drawing shows a front view of a rectangular safety guard for a lathe. The overall width is 1471,1 mm. The main body of the guard is 735,00 mm wide. A central opening is 50,00 mm wide. The height of the guard is 369,00 mm. The distance from the left edge to the right edge of the central opening is 635,00 mm. The drawing includes two vertical locking bolts on the right side and a small detail on the left side.</p>

Vistas	Diseño
Vista superior	 <p>The drawing shows a top view of a rectangular object with a smaller rectangle inside it. The inner rectangle has a width of 1370,00 and a height of 620,00. The outer rectangle has a width of 1470,00. There are small square symbols at the top corners of the inner rectangle, possibly indicating chamfers or specific features. Dimension lines with arrows indicate the measurements.</p>

Vistas	Diseño
Vista lateral	 <p>The drawing shows a side view of a component. It features a horizontal top edge with a dimension of 720,00. Below this edge is a vertical section with a height of 360,00. To the right of the main body, there is a thin vertical section with a thickness of 9,00. On the left side, there is a small rectangular protrusion and a cylindrical feature with a flange.</p>

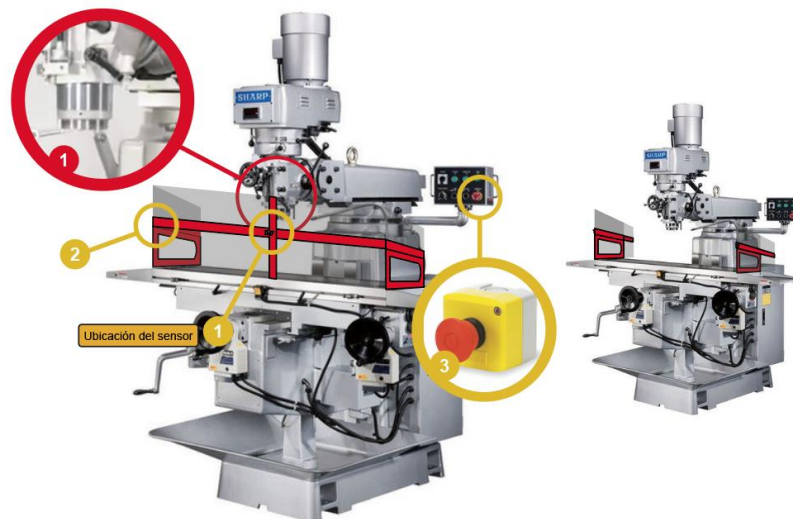
Vistas	Diseño
Vista isométrica	 An isometric technical drawing of a rectangular metal frame. The frame is composed of four main rectangular sections. A small red rectangular block is attached to the top-left corner. On the bottom-right side, there is a vertical support structure with a horizontal handle-like component. The drawing uses perspective to show the three-dimensional form of the object.

## 2. Milling Machine - Fresadora convencional

Los puntos de peligro de la *Milling Machine* o fresadora convencional se centran en el cabezal móvil de la máquina donde se encuentra el husillo, herramienta encargada de hacer los cortes, la cual se señala en rojo con el número 1. Como se mencionó anteriormente, la máquina cuenta con salvaguardas, pero estas presentan insuficiencias, por lo que surge la necesidad de rediseñarlas según los resultados de las herramientas aplicadas. En la figura 13 se muestra una representación gráfica de la máquina y las salvaguardas actuales, mientras que en rojo se señala el punto de peligro al que se expone el trabajador cuando realiza la intervención menor y en amarillo las salvaguardas, de las cuales el número 1 corresponde al dispositivo de seguridad, el número 2 el resguardo móvil y el número 3 al paro de emergencias.

**Figura 13**

*Representación de la Milling Machine o fresadora convencional con las salvaguardas actuales*



### 2.1 Alternativa de solución 1

La primera propuesta de solución introduce un sistema de seguridad centrado en el punto de peligro, compuesto por una barrera física móvil accionado por un brazo mecánico que se mueve a disposición del trabajador. Este dispositivo, capaz de realizar movimientos bidimensionales en los ejes Y y Z, permitirá posicionar la barrera de forma precisa y adaptable, garantizando así una protección dinámica y eficiente. La elección de un brazo mecánico se justifica por la necesidad de un acceso controlado y flexible al área de riesgo, lo cual es

fundamental para la ejecución de tareas de mantenimiento, ajuste y operación de las palancas de control de la máquina. El detalle del diseño se puede observar en la figura 14.

### Figura 14





*Diseño 1 de salvaguardas para la Milling Machine o fresadora convencional*



Se propone que el resguardo móvil se coloque con una pantalla de policarbonato transparente para brindar una visibilidad completa del proceso, lo cual es esencial para la inspección visual y la supervisión de la máquina, este material es resistente a impactos, relativamente ligero y flexible, lo que permite una manipulación sencilla (Chaymae, 2023). Para el soporte de la lámina se plantea colocar un brazo mecánico con montaje de carnero, modelo estándar para fresadora, el cual es versátil, por lo que puede adaptarse a la máquina, su instalación es por medio de tornillos, se puede mover en el eje X y el eje Z, permitiendo que se ajuste correctamente y proteja al trabajador (ATS Machine Safety Solutions, 2024).

Como dispositivo de seguridad se propone colocar un interruptor con llave XCS, certificado EN/IEC 60947-5-1, el cual incorpora un mecanismo de bloqueo mecánico que impide la puesta en marcha de la máquina si el receptor y el emisor no se encuentran unidos por medio de la llave, su diseño modular permite una fácil instalación y adaptación a diversas configuraciones de maquinaria industrial. La tabla 13 indica los materiales necesarios para la instalación de las salvaguardas propuestas.

**Tabla 13***Costos y recursos asociados a la propuesta 1*

Especificación del material	Imagen	Precio por unidad	Cantidad	Total
Lámina de policarbonato (1250 x 1220 x 3) mm		\$ 188.01	1	\$ 188.01
Manija de equipo industrial resistente (NRC&XRC) 120 mm		\$ 27.99	1	\$ 27.99
Interruptores con grapa SAFETY INTERLOCK 300VAC 10A, Type XCS		\$ 223.08	1	\$ 223.08
Montaje de carnero, modelo estándar para fresadora		\$ 690.00	1	\$ 690.00
<b>Total</b>				<b>\$ 1 129.08</b>

## 2.2 Alternativa de solución 2

Para esta alternativa se propone la instalación de una estructura de contención fabricada en policarbonato transparente, configurada en forma de embudo con movimiento en el eje X, Y y Z para mayor facilidad a la hora de manipularla. Esta geometría, además de facilitar la visualización del proceso, optimiza la captura de cualquier partícula o material

proyectado durante la operación, ya que la inclinación de la estructura en forma de embudo favorece la caída por gravedad de las partículas desprendidas, evitando su dispersión en el ambiente de trabajo y minimizando el riesgo de exposición a agentes contaminantes. El policarbonato, por sus propiedades de resistencia al impacto, transparencia y facilidad de limpieza, resulta ser el material idóneo para esta aplicación. El detalle del diseño se puede observar en la figura 15.

### **Figura 15**

*Diseño 2 de salvaguardas para la Milling Machine o fresadora convencional*



Para armar la estructura se coloca un sellador de poliuretano para sellar láminas que brinda una adhesión resistente a movimientos severos, emboquillados y sellos de láminas, lo anterior para crear la forma de embudo (Sellador de Poliuretano Polycenter, 2024) la cual se mueve por medio de correderas de riel con desplazamiento lineal y preciso, adaptable a diversas aplicaciones, con cierre suave y amortiguado, minimizando el impacto y prolongando la vida útil del sistema. Además, su instalación es sencilla y su funcionamiento es silencioso y libre de vibraciones, lo que reduce el mantenimiento requerido (THK, 2024).



De igual manera, se agrega un soporte de fijación universal de acero inoxidable anclado directamente en la máquina con el fin de que el resguardo pueda regularse en altura, anchura y profundidad brindando facilidad de uso al operador (Soporte Universal Para Fijación A Taladro/Fresadora, 2024).





En cuanto al dispositivo de seguridad es un interruptor con llave XCS que garantiza la seguridad en entornos industriales, cuenta con bloqueo mecánico que impide que la máquina se inicie o reinicie mientras la puerta de seguridad esté abierta, una vez cerrada la puerta de seguridad se libera automáticamente el bloqueo. Asimismo, este dispositivo es fácil de instalar, adaptable a máquinas ligeras o pesadas y está certificado con EN/IEC 60947-5-1, la cual certifica que los dispositivos utilizados para controlar y proteger maquinaria industrial cumplen con criterios de calidad, seguridad y funcionamiento (Mouser Electronics, 2024).

Finalmente, la unión entre la estructura de embudo de policarbonato y el soporte de fijación se realiza mediante perfiles de aluminio con ranura en T de 3 mm. Estos perfiles con diseño modular permiten una rápida y precisa inserción de las láminas de policarbonato a la estructura, son ligeras y altamente resistentes, garantizando una estructura durable y estable. (McMaster-Carr, 2024). El detalle de los materiales se puede observar en la tabla 14.

**Tabla 14**

*Costos y recursos asociados a la propuesta 2*

Especificación del material	Imagen	Precio por unidad	Cantidad	Total
Lámina de policarbonato (600 x 600 x 3) mm		\$ 34.54	1	\$ 34.54
Corredera de riel de marco con ranura en T (530) mm altura		\$ 80.00	2	\$ 160.00

Especificación del material	Imagen	Precio por unidad	Cantidad	Total
Soporte de fijación universal para resguardos de fresadoras (España)		\$ 77.08	1	77.08 \$
Interruptores con grapa SAFETY INTERLOCK 300VAC 10A, Type XCS		\$ 223.08	1	\$ 223.08
Ranurado de 3 mm en T (600 x 4 x 4) mm		\$ 18.38	4	\$ 73.52
Sellador de poliuretano		\$ 11.17	1	\$ 11.17
<b>Total</b>				<b>\$ 579.39</b>

### 2.3 Alternativa de solución 3

Esta solución ofrece una combinación de seguridad y visibilidad, permitiendo a los operadores observar el proceso de trabajo sin exponerse a los peligros presentes. Se propone un soporte de acero inoxidable con pantallas de láminas de policarbonato para la visualización del trabajo, el soporte de acero inoxidable proporciona una base sólida y resistente, mientras que las pantallas de policarbonato transparente ofrecen una visión clara y sin distorsiones, con movimiento en los ejes Y y Z que permite ajustar la posición del soporte para adaptarse a diferentes configuraciones de la máquina y a las necesidades específicas de cada tarea, esto

facilita la observación del proceso desde diferentes ángulos y distancias, mejorando la ergonomía y la comodidad del operador, sin embargo el movimiento en el eje X es reducido al estar en esta área el dispositivo de seguridad. El detalle del diseño se puede observar en la figura 16.

### **Figura 16**

*Diseño 3 de salvaguardas para la Milling Machine o fresadora convencional*




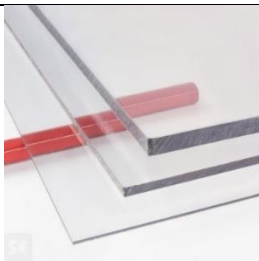

Ahora bien, con respecto a los materiales, se propone realizar la estructura con una lámina de acero inoxidable y policarbonato, como se muestra en la figura 16, las cuales son resistentes a impactos, movimiento y vibraciones, como se mencionó anteriormente, además, se incorpora un sistema de sujeción universal de acero inoxidable con fijación directa a la máquina y herramienta, esto resulta de gran utilidad, ya que este sistema permite un ajuste tridimensional del resguardo, ofreciendo regulación en altura, anchura y profundidad (Soporte Universal Para Fijación A Taladro/Fresadora, 2024).


Adicionalmente se le colocará un dispositivo de enclavamiento y bloqueo conectado al sistema de mando o relé de la máquina, el dispositivo de enclavamiento es marca Telemecanique XCKJ10511, el cual cuenta con una alta resistencia mecánica, soportando impactos y vibraciones, tiene un diseño compacto que facilita la instalación, asimismo, su funcionamiento consta en que al retirar la barrera física el dispositivo de seguridad se activa

deteniendo y bloqueando eléctricamente la máquina para evitar el accionamiento de esta. Por otro lado, cabe mencionar que este dispositivo de enclavamiento cumple con las normativas IEC 60947-5-1 de dispositivos eléctricos de baja tensión y la ISO 13849-1 de sistemas de control de seguridad (Telemecanique, 2024), además, es importante aclarar que este dispositivo de enclavamiento se colocaría entre el resguardo móvil y el soporte. El detalle de los materiales se puede observar en la tabla 15.

**Tabla 15**

*Costos y recursos asociados a la propuesta 3*

Especificación del material	Imagen	Precio por unidad	Cantidad	Total
Lámina de acero inoxidable AISI 304 (300 x 750 x 3) mm		\$ 34.54	1	\$ 34.54
Lámina de policarbonato (600 x 600 x 3) mm		\$ 30.67	1	\$ 30.67
Soporte de fijación universal para resguardos de fresadoras		\$ 77.08 más envío	1	\$ 77.08 más envío

Especificación del material	Imagen	Precio por unidad	Cantidad	Total
Interruptor de posición estándar industrial telemecanique XCKJ10511		\$ 143.78	1	\$ 143.78
<b>Total</b>				<b>\$286,07</b>

## 2.4 Matriz de criterios de comparación para la selección de la alternativa de solución de cada una de las máquinas.

A continuación, se muestran los criterios tomados en cuenta para la selección de la alternativa de solución con mayor factibilidad.

**Tabla 16**

*Matriz de criterios de comparación para la Milling Machine o fresadora convencional*

Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
<b>Requisitos legales con los que cumple</b>	Cumple totalmente con los requisitos legales aplicables, tanto los de cumplimiento obligatorio como los voluntarios. El diseño cumple con la ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas, el dispositivo de seguridad cumple con los estándares IEC 60947-5-1: Aparatos de conmutación y control de baja tensión.	3	Cumple totalmente con los requisitos legales aplicables, tanto los de cumplimiento obligatorio como los voluntarios El diseño cumple con la ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas, el dispositivo de seguridad cumple con los estándares IEC 60947-5-1: Aparatos de conmutación y control de baja tensión.	3	Cumple totalmente con los requisitos legales aplicables, tanto los de cumplimiento obligatorio como los voluntarios El diseño cumple con la ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas, el dispositivo de seguridad cumple con los estándares IEC 60947-5-1: Aparatos de conmutación y control de baja tensión.	3

Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
<b>Factibilidad de implementación</b>	Se cuenta parcialmente con la disponibilidad de recursos para implementar la propuesta. Se requiere traer el montaje de carnero desde Estados Unidos; sin embargo, la empresa tiene experiencia en la adquisición de insumos para el desarrollo de productos y cuenta con la capacidad económica para realizar dicha compra. Además, requiere poca mano de obra.	2	Se cuenta parcialmente con la disponibilidad de recursos para implementar la propuesta. Se requiere traer el Soporte de fijación universal para resguardos de fresadoras desde España; sin embargo, la empresa tiene experiencia en la adquisición de insumos para el desarrollo de productos y cuenta con la capacidad económica para realizar dicha compra.	2	Se cuenta parcialmente con la disponibilidad de recursos para implementar la propuesta. Se requiere traer el Soporte de fijación universal para resguardos de fresadoras desde España; sin embargo, la empresa tiene experiencia en la adquisición de insumos para el desarrollo de productos y cuenta con la capacidad económica para realizar dicha compra. Además, requiere poca mano de obra.	2

Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
<b>Salud y seguridad</b>	Elimina parcialmente los riesgos ocupacionales relacionados. El resguardo móvil proporciona una cobertura frontal y lateral, mas no en la parte posterior de la zona de operación de la máquina, adicionalmente, se le agrega un dispositivo de seguridad que detiene la máquina automáticamente en el momento en que se abre el resguardo, por lo que reduce los riesgos de atrapamiento de forma efectiva.	2	Elimina completamente los riesgos ocupacionales relacionados. El resguardo proporciona una cobertura perimetral en la zona de operación de la máquina, adicionalmente, se le agrega un dispositivo de seguridad que detiene la máquina automáticamente en el momento en que se abre el resguardo, por lo que reduce los riesgos de atrapamiento de forma efectiva.	3	Elimina parcialmente los riesgos ocupacionales relacionados. El resguardo proporciona una cobertura frontal y lateral, mas no en la parte posterior de la zona de operación de la máquina, adicionalmente, se le agrega un dispositivo de seguridad que detiene la máquina automáticamente en el momento en que se abre el resguardo, por lo que reduce los riesgos de atrapamiento de forma efectiva.	2

Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
<b>Aspectos culturales y sociales</b>	Contribuye plenamente al desarrollo de una cultura de salud y seguridad en el trabajo. Esta alternativa permite a los trabajadores llevar a cabo sus labores de manera significativamente más segura, al garantizar que todos los riesgos estén mitigados por el resguardo móvil y supervisados mediante el dispositivo de seguridad. El resguardo es móvil y fácil de quitar para realizar la intervención menor requerida.	3	Contribuye parcialmente al desarrollo de una cultura de salud y seguridad en el trabajo. Esta alternativa permite a los trabajadores llevar a cabo sus labores de manera significativamente más segura, al garantizar que todos los riesgos estén mitigados por el resguardo y supervisados mediante el dispositivo de seguridad. El resguardo es móvil, pero puede ser compleja de quitar para realizar la intervención menor requerida.	2	Contribuye plenamente al desarrollo de una cultura de salud y seguridad en el trabajo. Esta alternativa permite a los trabajadores llevar a cabo sus labores de manera significativamente más segura, al garantizar que todos los riesgos estén mitigados por el resguardo y supervisados mediante el dispositivo de seguridad. El resguardo es móvil y fácil de quitar para realizar la intervención menor requerida.	3

Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
<b>Impacto ambiental</b>	Tiene un mediano impacto ambiental gracias a la alta calidad de los materiales y su larga vida útil, sin embargo, deben traerse materiales del exterior del país. El acero inoxidable tiene una vida útil de más de 50 años, es altamente resistente a la corrosión y completamente reciclable sin perder sus propiedades, lo que lo convierte en uno de los materiales más reciclados y sostenibles. Por otro lado, el policarbonato tiene una vida útil de 10 a 20 años, especialmente en exteriores, donde puede verse afectado por la exposición a los rayos UV, pero también es reciclable, aunque su proceso es más complejo.	2	Tiene un mediano impacto ambiental gracias a la alta calidad de los materiales y su larga vida útil, sin embargo, deben traerse materiales del exterior del país. El acero inoxidable tiene una vida útil de más de 50 años, es altamente resistente a la corrosión y completamente reciclable sin perder sus propiedades, lo que lo convierte en uno de los materiales más reciclados y sostenibles. Por otro lado, el policarbonato tiene una vida útil de 10 a 20 años, especialmente en exteriores, donde puede verse afectado por la exposición a los rayos UV, pero también es reciclable, aunque su proceso es más complejo.	2	Tiene un mediano impacto ambiental gracias a la alta calidad de los materiales y su larga vida útil, sin embargo, deben traerse materiales del exterior del país. El acero inoxidable tiene una vida útil de más de 50 años, es altamente resistente a la corrosión y completamente reciclable sin perder sus propiedades, lo que lo convierte en uno de los materiales más reciclados y sostenibles. Por otro lado, el policarbonato tiene una vida útil de 10 a 20 años, especialmente en exteriores, donde puede verse afectado por la exposición a los rayos UV, pero también es reciclable, aunque su proceso es más complejo.	2

Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
<b>Factores económicos</b>	La solución presenta un costo alto	1	La solución presenta un costo medio	2	La solución presenta un costo bajo	3

Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
<b>Asociación con los ODS</b>	<p>La propuesta cumple con los siguientes objetivos:</p> <p><b>ODS 8 - Trabajo decente y crecimiento económico:</b> Al incorporar dispositivos de seguridad y un diseño que protege a los operadores, el resguardo promueve condiciones laborales seguras, reduciendo el riesgo de accidentes y mejorando la calidad del entorno de trabajo.</p> <p><b>ODS 9 - Industria, innovación e infraestructura:</b> El diseño utiliza materiales avanzados como el acero inoxidable AISI 304 y policarbonato, lo que fomenta la innovación en la infraestructura industrial, garantizando durabilidad, resistencia</p>	3	<p>La propuesta cumple con los siguientes objetivos:</p> <p><b>ODS 8 - Trabajo decente y crecimiento económico:</b> Al incorporar dispositivos de seguridad y un diseño que protege a los operadores, resguardo móvil promueve condiciones laborales seguras, reduciendo el riesgo de accidentes y mejorando la calidad del entorno de trabajo.</p> <p><b>ODS 9 - Industria, innovación e infraestructura:</b> El diseño utiliza materiales avanzados como el acero inoxidable AISI 304 y policarbonato, lo que fomenta la innovación en la infraestructura industrial, garantizando</p>	3	<p>La propuesta cumple con los siguientes objetivos:</p> <p><b>ODS 8 - Trabajo decente y crecimiento económico:</b> Al incorporar dispositivos de seguridad y un diseño que protege a los operadores, el resguardo móvil promueve condiciones laborales seguras, reduciendo el riesgo de accidentes y mejorando la calidad del entorno de trabajo.</p> <p><b>ODS 9 - Industria, innovación e infraestructura:</b> El diseño utiliza materiales avanzados como el acero inoxidable AISI 304 y policarbonato, lo que fomenta la innovación en la infraestructura industrial, garantizando</p>	3

Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
	<p>y eficiencia en la protección de maquinaria.</p> <p><b>ODS 12 - Producción y consumo responsables:</b> Al emplear materiales reciclables como el acero inoxidable y el policarbonato, se promueve una gestión sostenible de los recursos. Además, el uso de interruptores de seguridad que cumplen con normativas internacionales contribuye a la eficiencia y sostenibilidad del sistema productivo.</p>		<p>durabilidad, resistencia y eficiencia en la protección de maquinaria.</p> <p><b>ODS 12 - Producción y consumo responsables:</b> Al emplear materiales reciclables como el acero inoxidable y el policarbonato, se promueve una gestión sostenible de los recursos. Además, el uso de interruptores de seguridad que cumplen con normativas internacionales contribuye a la eficiencia y sostenibilidad del sistema productivo.</p>		<p>durabilidad, resistencia y eficiencia en la protección de maquinaria.</p> <p><b>ODS 12 - Producción y consumo responsables:</b> Al emplear materiales reciclables como el acero inoxidable y el policarbonato, se promueve una gestión sostenible de los recursos. Además, el uso de interruptores de seguridad que cumplen con normativas internacionales contribuye a la eficiencia y sostenibilidad del sistema productivo.</p>	
<b>Total</b>	<b>16</b>		<b>17</b>		<b>18</b>	

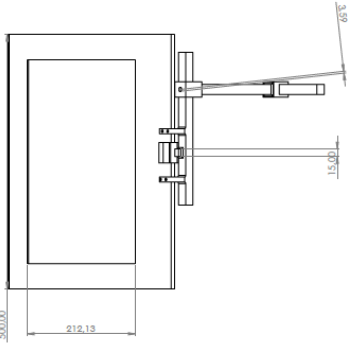
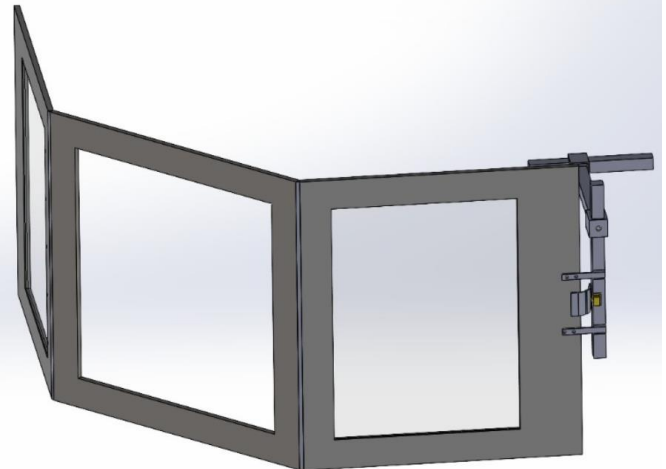
## 2.5 Diseño de la alternativa seleccionada

De acuerdo con los resultados presentados en la tabla 16, la alternativa 3 ha sido seleccionada como la solución óptima, al obtener la puntuación más alta y al cumplir con más de los criterios de evaluación establecidos. Para una visualización detallada de la geometría y dimensiones de esta alternativa, se adjunta un modelo tridimensional generado en *SolidWorks*®.

**Tabla 17**

*Diseño de la alternativa seleccionada para la fresadora convencional o Milling Machine*

Vistas	Diseño
<p><b>Vista frontal</b></p>	
<p><b>Vista superior</b></p>	

Vistas	Diseño
<p data-bbox="310 467 464 495"><b>Vista lateral</b></p>	
<p data-bbox="281 898 491 925"><b>Vista isométrica</b></p>	

### 3. *Hole Popper*

El principal riesgo asociado a la máquina *Hole Popper* radica en el electrodo, que mediante descargas eléctricas realiza perforaciones pequeñas en las piezas requeridas. En la figura 17 se destacan en rojo los peligros de la máquina, concentrados principalmente en la zona del electrodo, mientras que, en amarillo, se indican las salvaguardas actuales, que en este caso se limitan a un paro de emergencia. Dado que la máquina ha sido adquirida recientemente, aún no se ha implementado un resguardo efectivo que impida el acceso accidental de alguna parte del cuerpo al área del electrodo, por lo tanto, a continuación, se presentan tres propuestas de diseño para la implementación de salvaguardas en la *Hole Popper*, con el fin de mejorar la seguridad operativa y proteger a los trabajadores de posibles accidentes.

**Figura 17**

*Representación de la Hole Popper con las salvaguardas actuales*



### 3.1 Alternativa de solución 1

Para esta solución, se propone la implementación de un resguardo móvil perimetral para la máquina, la cual cubre todos los extremos a excepción del superior, ya que se necesita este espacio libre para el monitoreo y ajustes de herramientas. El resguardo incluye una puerta equipada con un dispositivo de enclavamiento que detecta su apertura, desactivando automáticamente el funcionamiento de la máquina, es importante destacar que el resguardo se diseñará con una altura adecuada para garantizar la protección completa de los usuarios y de cualquier persona que acceda al área de trabajo, previniendo el contacto accidental con el electrodo. Es importante destacar que, en la parte frontal, donde se ubicará la puerta de acceso, se diseñarán una serie de orificios cuadrados, estos orificios permitirán una visualización parcial del proceso operativo, facilitando el monitoreo continuo del funcionamiento del electrodo durante la perforación de la pieza, de esta manera, se garantiza que el técnico pueda supervisar el estado del electrodo sin comprometer su seguridad, al mantener la barrera física de protección. La representación gráfica del diseño se muestra en la figura 18.

**Figura 18**

*Diseño 1 de salvaguardas para la HOLE Popper*



Con respecto a los materiales para la fabricación de la propuesta, en el caso del resguardo móvil, este se fabricará con acero inoxidable AISI 304, seleccionado por su

resistencia a la oxidación y corrosión. De igual forma, su superficie lisa, alta plasticidad, tenacidad y resistencia mecánica la convierten en una opción ideal para entornos expuestos a ácidos, gases alcalinos y diversas soluciones corrosivas, además, su buen balance entre rendimiento y costo la posiciona como un material preferido en la fabricación de equipos de procesamiento materiales de construcción y piezas automotrices (Jiuzhou, 2024). Esto resulta ser fundamental dado que la máquina *Hole Popper* utiliza agua como sustancia dieléctrica, además, en el taller se utilizan diversas sustancias químicas, como lo es la sustancia refrigerante llamada *coolant*, las cuales pueden entrar en contacto con la máquina. Cabe recalcar que la altura del resguardo se ha diseñado para evitar que cualquier parte del cuerpo pueda acceder accidentalmente a la máquina. El detalle del material se puede observar en la tabla 18.

Asimismo, el resguardo está equipado con una puerta articulada mediante bisagras de acero inoxidable, además, la puerta cuenta con un picaporte del mismo material y la puerta como tal está vinculada a un dispositivo de enclavamiento mecánico de seguridad, el cual garantiza la interrupción automática de las operaciones de la máquina o proceso mientras la puerta de acceso permanezca abierta. El dispositivo de enclavamiento se trata del interruptor de seguridad con bloqueo 440G-TLS-GD2 de Allen-Bradley que proporciona protección avanzada al garantizar que el resguardo permanezca bloqueado mientras la máquina se encuentra en funcionamiento. Opera mediante un mecanismo de enclavamiento con una lengüeta que retiene el resguardo, asegurando que no se abra accidentalmente durante operaciones peligrosas, además, el dispositivo es compatible con normativas clave de seguridad industrial, como ISO 14119 y EN 1088, y su clasificación IP69K lo hace ideal para entornos industriales adversos (Allen-Bradley, 2024).

El dispositivo de enclavamiento utiliza un actuador mecánico para bloquear el acceso y se puede liberar solo bajo condiciones seguras, mejorando así la fiabilidad de los sistemas de seguridad en máquinas, además, su capacidad de integrar señales electrónicas adicionales lo convierte en una solución versátil y robusta en áreas de trabajo con riesgos elevados, garantizando el control estricto del acceso a áreas protegidas (Allen-Bradley, 2024). Los detalles completos se presentan en la tabla 18.

**Tabla 18***Costos y recursos asociados a la propuesta 1*

Especificación del material	Imagen	Precio por unidad	Cantidad	Total
Lámina de acero inoxidable AISI 304 (1219.2 x 3048 x 3) mm		\$ 346.31	2	\$ 692.62
GN 1362 Bisagras de chapa de acero inoxidable		\$ 8.34	2	\$ 16.68
Picaportes de acero inox.		\$ 16.78	1	\$ 16.78
Interruptor de bloqueo de protección Allen Bradley TLS-GD2 de Rockwell Automation		\$ 384.09	1	\$ 384.09
Total				\$ 1 110.17

### 3.2 Alternativa de solución 2

Para este diseño se propone un resguardo móvil que cubre el área de operación de la máquina. Este resguardo tendrá una estructura tipo cajón, similar a la del primer diseño, que protege la parte posterior y los laterales, la parte superior queda al descubierto permitiendo la visualización y ajustes, además, el diseño incluye dos puertas abatibles, que optimizan el uso del espacio, y se confeccionan de un material que permita la visualización de la operación del electrodo, igualmente, permiten el acceso directo a este cuando sea necesario, adicionalmente, el resguardo estará equipado con un dispositivo de enclavamiento de seguridad conectado a las puertas para que en el momento en que alguna de las puertas sea abierta, el dispositivo de enclavamiento active un mecanismo que detenga automáticamente la operación de la máquina, garantizando la seguridad del operador y del equipo. El detalle del diseño se puede observar en la figura 19.

**Figura 19**

*Diseño 2 de salvaguardas para la Hole Popper*



Al igual que en el primer diseño presentado para esta máquina, se utilizarán láminas de acero inoxidable AISI 304, debido a su excelente resistencia a la oxidación y corrosión, no obstante, este diseño incorpora láminas de policarbonato, las cuales van en las puertas del resguardo, proporcionando así visibilidad directa hacia la zona de operación del electrodo.

Ahora bien, el policarbonato ha sido elegido por sus características sobresalientes, tales como su elevada resistencia a los impactos, buena clasificación en protección contra incendios, excelente comportamiento ante la intemperie, entre otras características destacables (*Lork Industrias*, 2024). Por otro lado, el resguardo está equipado con dos puertas articuladas mediante bisagras de acero inoxidable, y una manija del mismo material que facilita la apertura de estas.

Con respecto al dispositivo de enclavamiento, se ha seleccionado el dispositivo de enclavamiento de seguridad con enclavamiento 440G-Atlas 5 de Allen-Bradley, ya que está diseñado para proteger a los operarios al impedir el acceso a áreas peligrosas mientras la máquina está en funcionamiento. Este dispositivo de enclavamiento combina un actuador mecánico con un sensor RFID, lo que permite que el dispositivo bloquee físicamente el resguardo, por tanto, si se intenta abrir la puerta durante la operación de la máquina, el dispositivo de enclavamiento detiene automáticamente la operación, garantizando la seguridad del operador y del equipo (Allen-Bradley, 2024). En este caso, el actuador del dispositivo de enclavamiento se instalaría en una puerta y el interruptor propiamente en la otra, de manera que cuando ambas puertas estén cerradas, el dispositivo de enclavamiento esté en contacto, manteniendo la máquina en funcionamiento, si una de las puertas se abre, el contacto se perdería y el dispositivo de enclavamiento activaría la parada de la máquina.

Este dispositivo de enclavamiento es compatible con dos modos de operación: "*Power to Lock*" y "*Power to Release*". Además, el 440G-Atlas 5 cumple con importantes normativas internacionales, como ISO 13849-1, que regula la seguridad funcional de los sistemas de control, e ISO 14119, que se enfoca en los dispositivos de enclavamiento asociados con resguardos de seguridad. También alcanza niveles de seguridad como PLe y SIL 3, garantizando una alta integridad y confiabilidad en aplicaciones críticas. En conclusión, este dispositivo de enclavamiento es altamente eficiente en entornos industriales complejos, donde la exposición a riesgos debe ser minimizada. (Allen-Bradley, 2024). El detalle de los materiales se puede observar en la tabla 19.

**Tabla 19***Costos y recursos asociados a la propuesta 2*

Especificación del material	Imagen	Precio por unidad	Cantidad	Total
Lámina de acero inoxidable AISI 304 (1219.2 x 3048 x 3) mm		\$ 346.31	2	\$ 692.62
Lámina de policarbonato (1250 x 1220 x 3) mm		\$ 139.79	1	\$ 139.79
GN 1362 Bisagras de chapa de acero inoxidable		\$ 8.34	4	\$ 33.36
Manija de equipo industrial resistente (NRC&XRC) 120 mm		\$ 27.99	2	\$ 55.98

Especificación del material	Imagen	Precio por unidad	Cantidad	Total
Interrupción de bloqueo de protección Allen Bradley Atlas 5 440G de Rockwell Automation		\$ 1 196.34	1	\$ 1 196.34
<b>Total</b>				<b>\$ 2 118.09</b>

### 3.3 Alternativa de solución 3

Para este diseño, se propone la creación de un resguardo móvil perimetral que cubra completamente los laterales utilizando acero inoxidable. En la parte frontal, se integrará una barrera de luz de seguridad, que funcionará como un sistema de detección, ya que esta barrera actuará como un dispositivo de enclavamiento que, al detectar la proximidad de cualquier parte del cuerpo en el área donde opera el electrodo, interrumpirá automáticamente el funcionamiento de la máquina. El objetivo es garantizar la seguridad del operador, deteniendo el proceso de manera inmediata cuando se detecte la intrusión en la zona peligrosa, evitando así posibles accidentes. A continuación, en la figura 20, se puede observar el detalle del diseño.

## Figura 20

Diseño 3 de salvaguardas para la Hole Popper



Al igual que en el primer y segundo diseño presentado, en este caso se utilizarán láminas de acero inoxidable AISI 304, seleccionadas por su excelente resistencia a la oxidación y corrosión. Para la barrera de luz de seguridad, se propone específicamente el modelo SICK deTec4, ya que estas barreras se encuentran equipadas con tecnologías inteligentes como NFC e IO-Link, además, estas barreras permiten un diagnóstico exhaustivo y una instalación eficiente, así como una integración sencilla en sistemas automatizados, asimismo, las barreras Detec destacan por sus aplicaciones versátiles, incluyendo la mejora en la productividad y reducción de tiempos de inactividad mediante opciones de diagnóstico innovadoras (SICK Sensor Intelligence, 2024).

En tanto al modo de funcionamiento, el dispositivo de enclavamiento deTec4 opera mediante la emisión de haces de luz infrarroja entre un emisor y un receptor que forman una cortina invisible, cuando un objeto interrumpe los haces, el receptor lo detecta y envía una señal de parada de emergencia a la máquina, garantizando la seguridad del operador, además, su tecnología permite ignorar objetos pequeños, como virutas, reduciendo paradas innecesarias (SICK Sensor Intelligence, 2024). Cabe mencionar que estas barreras están disponibles con índices de protección IP65, IP67 y IP69K asegurando una fiabilidad superior en entornos hostiles, de igual forma, cumplen con los requisitos de seguridad de Categoría

cuatro (ISO 13849-1) y Performance Level PL e (ISO 13849-1), proporcionando una protección robusta y confiable (SICK Sensor Intelligence, 2024). Los detalles de los materiales se pueden observar en la tabla 20.

**Tabla 20**

*Costos y recursos asociados a la propuesta 3*

Especificación del material	Imagen	Precio por unidad	Cantidad	Total
Lámina de acero inoxidable AISI 304 (1219.2 x 3048 x 3) mm		\$ 346.31	2	\$ 692.62
deTec4 - Cortina fotoeléctrica de seguridad		\$ 1740,60	1	\$ 1740,60
<b>Total</b>				<b>\$ 2 433,22</b>

### 3.4 Matriz de criterios de comparación para la selección de la alternativa de solución de cada una de las máquinas.

A continuación, se muestran los criterios tomados en cuenta para la selección de la alternativa de solución con mayor factibilidad.

**Tabla 21**

*Matriz de criterios de comparación de la Hole Popper*

Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
<b>Requisitos legales con los que cumple</b>	En general el diseño cumple con la ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas, además, cumple con normativas como la ISO 14119 - Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos y la EN 1088 debido al uso del interruptor de seguridad 440G-TLS-GD2 de Allen-Bradley que garantiza el control seguro del acceso al área del electrodo durante la operación de la máquina.	3	En general el diseño cumple con la ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas, además, cumple con normativas de seguridad como ISO 13849-1 - Seguridad de las máquinas - Partes de los sistemas de control relacionadas con la seguridad e ISO 14119 - Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos. Asimismo, con el uso del dispositivo de enclavamiento 440G-Atlas 5 de Allen-Bradley, se garantiza que el acceso a zonas peligrosas	3	En general el diseño cumple con la ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas, de igual forma, cumple con los requisitos de seguridad más de la ISO 13849-1- Seguridad de las máquinas - Partes de los sistemas de control relacionadas con la seguridad y Performance Level PL e (Niveles de rendimiento de seguridad) al utilizar la barrera de luz de	3

Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
			esté protegido mientras la máquina está operando.		seguridad SICK deTec4 para evitar el acceso a zonas de riesgo, deteniendo la máquina ante cualquier intrusión.	
<b>Factibilidad de implementación</b>	<p>La fabricación del resguardo móvil con acero inoxidable AISI 304 es factible, ya que se puede conseguir el material fácilmente, así como los demás materiales complementarios, además, la empresa está familiarizada con el tipo de dispositivo de enclavamiento seleccionado, lo que agiliza su adquisición, sin embargo, el hecho de tener una sola puerta hace que su apertura sea más incómoda o complicada en comparación a la alternativa dos, además, no permite la misma visibilidad que sí otorga la alternativa dos.</p>	2	<p>Al ser una combinación de acero inoxidable y policarbonato, los materiales son accesibles y la implementación del dispositivo de enclavamiento 440G-Atlas 5 es viable, aunque el diseño de puertas abatibles y su integración junto con la colocación y posición que tendría que tomar el dispositivo de enclavamiento entre las dos puertas podría incrementar la complejidad del diseño y su implementación. No obstante, las dos puertas abatibles optimizan el uso del espacio de las instalaciones y el policarbonato permite una visión completa del área de operación.</p>	3	<p>La instalación de la barrera de luz de seguridad SICK deTec4 junto con el diseño perimetral completo en acero inoxidable incrementa la complejidad de implementación, ya que requiere ajustes técnicos avanzados y podría ser más costosa, además, en taller no están tan familiarizados con la adquisición de este tipo de instrumento, ya que ninguna máquina del lugar las posee.</p>	1

Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
<b>Salud y seguridad</b>	La protección que ofrece es adecuada, debido al resguardo móvil perimetral y la detección de la puerta, sin embargo, la parte superior queda abierta, lo que implica un riesgo menor, pero presente en la operación de la máquina.	2	La protección que ofrece es adecuada, debido al resguardo móvil perimetral y la detección de la puerta, además, las dos puertas abatibles optimizan de mejor manera el espacio en comparación a la alternativa uno, lo cual también disminuye el riesgo de golpes con las mismas puertas, al ser estas más pequeñas, sin embargo, la parte superior queda abierta, lo que implica un riesgo menor, pero presente en la operación de la máquina.	2	La barrera de luz de seguridad <b>SICK deTec4</b> cubre correctamente las zonas de riesgo y detecta cualquier movimiento no deseado, sin embargo, no presenta un resguardo físico como las otras dos alternativas de solución.	2
<b>Aspectos culturales y sociales</b>	Contribuye adecuadamente con la cultura de seguridad de la empresa, ya que cubre perimetralmente el área de operación y el dispositivo de enclavamiento representa una protección adicional que genera una mayor protección durante la operación del equipo.	2	Similar a la alternativa de solución uno, esta contribuye adecuadamente con la cultura de seguridad de la empresa, ya que cubre perimetralmente el área de operación y el dispositivo de enclavamiento representa una protección adicional que genera una mayor	3	A pesar de que la barrera de luz sí proporciona una protección adecuada, no representa una barrera física, lo que puede generar que los colaboradores tengan una percepción de menor seguridad.	2

Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
			protección durante la operación del equipo, pero, además, las puertas frontales permiten una mejor visualización de la operación, lo que genera mayor confort en temas de control del proceso de operación, además, de la optimización del espacio al ser dos puertas abatibles de menor tamaño.			
<b>Impacto ambiental</b>	El acero inoxidable es un material altamente resistente, con una vida útil de más de 20 años, además es reciclable, asimismo, el dispositivo de enclavamiento mecánico es de alta calidad, por lo que se puede garantizar su larga duración.	3	Al igual que en la alternativa de solución anterior, el acero inoxidable es un material duradero y reciclable, además, el policarbonato ofrece una solución duradera, resistente y reciclable, además, el dispositivo de enclavamiento es de buena calidad lo que garantiza su uso prolongado.	3	Aunque el acero inoxidable es reciclable, la barrera de luz tiene un impacto ambiental mayor debido a la electrónica avanzada y las mayores necesidades energéticas asociadas a su funcionamiento y monitoreo continuo.	2
<b>Factores económicos</b>	La solución presenta un costo alto.	1	La solución presenta un costo alto.	1	La solución presenta un costo alto.	1

Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
Asociación con los ODS	<p>La propuesta cumple con los siguientes objetivos:</p> <p><b>ODS 8 - Trabajo decente y crecimiento económico:</b> Al incorporar un dispositivo de enclavamiento de seguridad y un diseño que protege a los operadores, esta solución promueve condiciones laborales seguras.</p>	3	<p>La propuesta cumple con los siguientes objetivos:</p> <p><b>ODS 8 - Trabajo decente y crecimiento económico:</b> Al incorporar un dispositivo de enclavamiento de seguridad y un diseño que protege a los operadores, esta solución promueve condiciones laborales seguras.</p>	3	<p>La propuesta cumple con los siguientes objetivos:</p> <p><b>ODS 8 - Trabajo decente y crecimiento económico:</b> Al incorporar unas cortinas de seguridad y un diseño que protege a los operadores, esta solución promueve condiciones laborales seguras.</p>	3
	<p><b>ODS 12 - Producción y consumo responsables:</b> Al emplear materiales reciclables como el acero, se promueve una gestión sostenible de los recursos. Además, el uso de interruptores de seguridad que cumplen con normativas internacionales y que, además, son de buena calidad, garantizan su durabilidad generando un impacto ambiental positivo.</p>		<p><b>ODS 12 - Producción y consumo responsables:</b> Al emplear materiales reciclables como el acero inoxidable y el policarbonato, se promueve una gestión sostenible de los recursos. Además, el uso de interruptores de seguridad que cumplen con normativas internacionales y que, además, son de buena calidad, garantizan su durabilidad generando un</p>		<p><b>ODS 12 - Producción y consumo responsables:</b> Al emplear materiales reciclables como el acero inoxidable se promueve una gestión sostenible de los recursos. Además, el uso de una cortina de seguridad de buena calidad asegura su</p>	

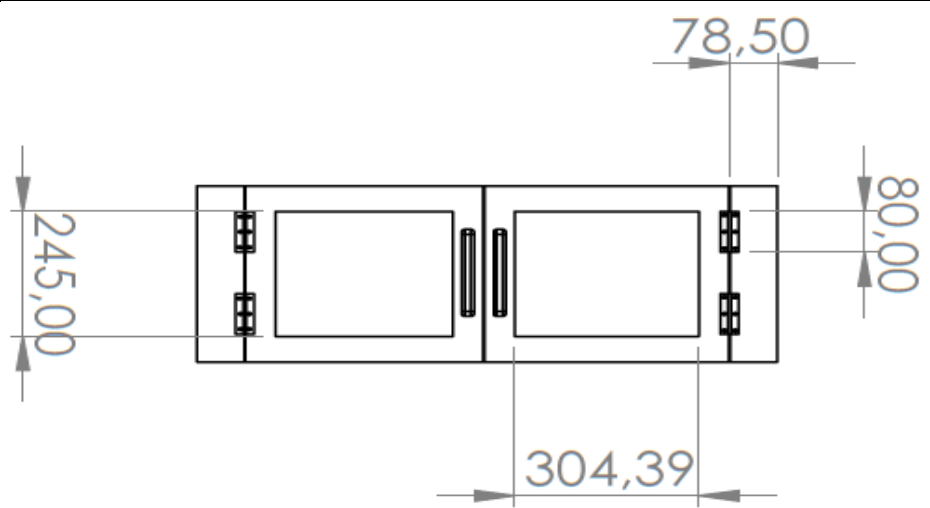
Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
			impacto ambiental positivo.		uso prolongado, lo que genera un impacto ambiental positivo.	
<b>Total</b>	16		18		14	

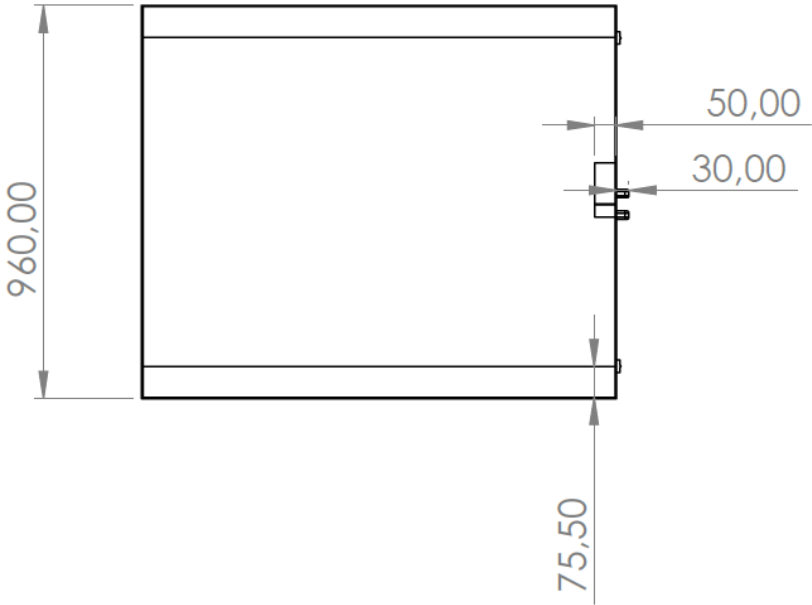
### 3.5 Diseño de la alternativa seleccionada

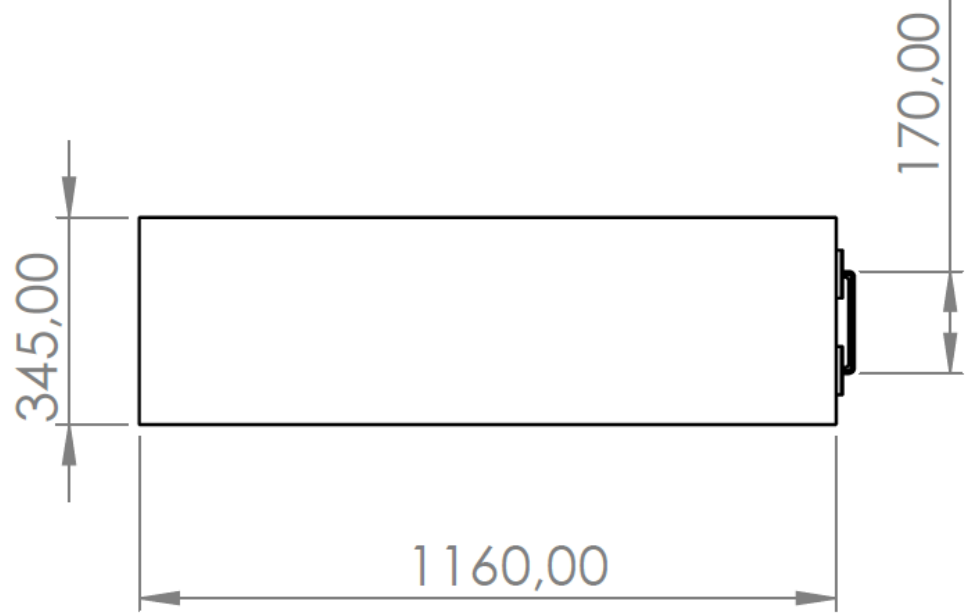
Según los resultados obtenidos en la tabla 21 la alternativa seleccionada es la 2, al abarcar un puntaje mayor entre los criterios establecidos. La tabla 22 muestra el diseño de la alternativa realizado en la herramienta *SOLIDWORKS*®, en este se muestran las medidas en mm y el detalle de cada parte de las salvaguardas.

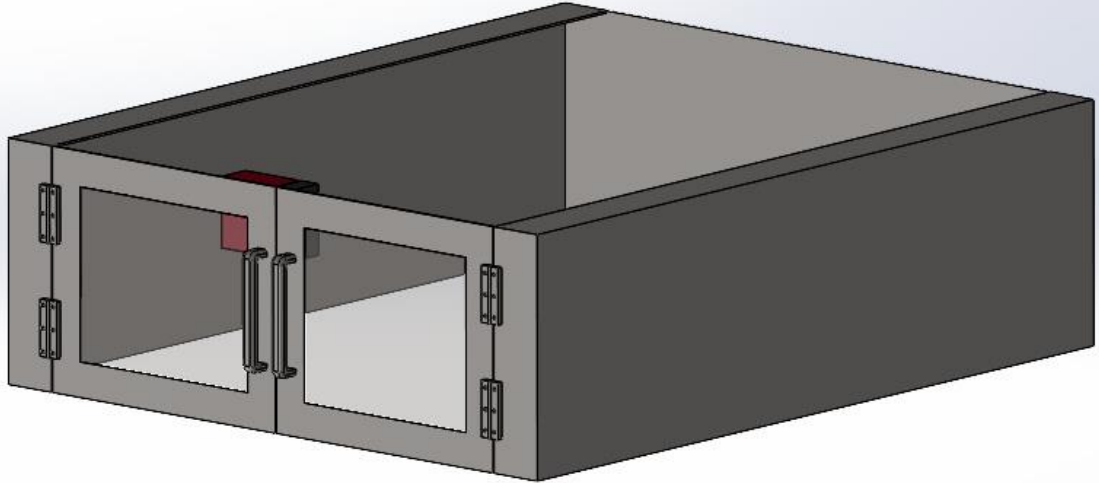
**Tabla 22**

*Diseño de la alternativa de solución seleccionada para la Lathe - Torno convencional*

Vistas	Diseño
Vista frontal	 <p>The technical drawing shows a front view of a rectangular safety guard. It features two large rectangular openings in the center, separated by a vertical divider. On either side of these openings are vertical bars with horizontal slots. Dimension lines indicate the following measurements: a total height of 245,00 mm, a total width of 304,39 mm, a horizontal offset of 78,50 mm from the right edge to the center of the right opening, and a vertical offset of 80,00 mm from the top edge to the top of the right opening.</p>

Vistas	Diseño
Vista superior	 <p>The drawing shows a top view of a rectangular object. The overall height is 960,00. The overall width is 75,50. On the right side, there are two offset dimensions: 50,00 from the right edge to the center of a feature, and 30,00 from the center of that feature to the center of a smaller feature below it. The drawing includes dimension lines with arrows and numerical values.</p>

Vistas	Diseño
Vista lateral	 <p>The drawing shows a side view of a rectangular object. The main dimensions are a height of 345,00 and a length of 1160,00. On the right side, there is a detail of a component with a height of 170,00. The drawing uses standard technical notation with dimension lines and arrows.</p>

Vistas	Diseño
Vista isométrica	 An isometric technical drawing of a rectangular metal cabinet. The cabinet has two doors on the front face, each with a vertical handle and a latch mechanism. The interior of the cabinet is visible, showing a flat bottom and vertical side walls. The drawing uses shading to indicate depth and perspective.

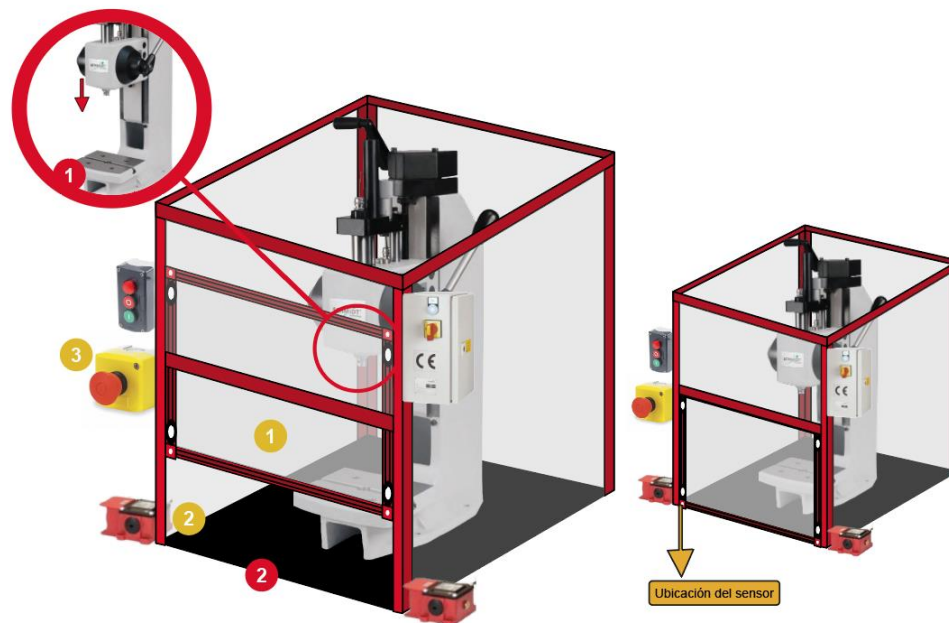
#### 4. *Schmidth Press Leaflet cutting*

Actualmente la máquina presenta dos salvaguardas, pero estas requieren rediseño ya que el acceso al área que se debe intervenir es incómodo y puede ocasionar lesiones. Ahora bien, los peligros presentes a la hora de realizar la intervención menor con las condiciones actuales de la máquina es el peligro de atrapamiento, ya que, al colocar el *fixture* el cabezal puede bajar y atrapar la mano del operario, señalado en la figura 21 en rojo con el número uno, y peligro de sufrir lesiones musculoesqueléticas por la posición que deben de tomar los operarios, el cual está señalado en rojo con el número 2.

El resguardo móvil consta de barreras físicas alrededor de toda la máquina y una puerta que sube y baja, la cual se señala en amarillo con el número 1, además, un dispositivo de enclavamiento ubicado en la puerta, el cual esta señalado en amarillo con el número 2 y el paro de emergencia señalado en amarillo con el número 3; además, tiene mando de dos manos para el accionamiento de la máquina.

**Figura 21**

*Representación de la Schmidth Press Leaflet cutting con las salvaguardas actuales*

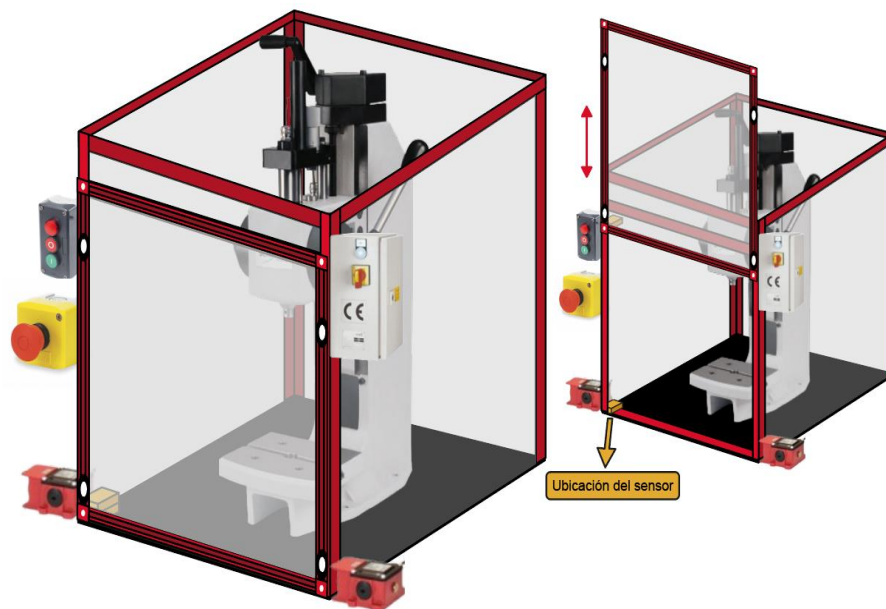


#### 4.1 Alternativa de solución 1

Como primera propuesta se plantea cambiar la posición de la puerta y ampliar su tamaño verticalmente, ya que esta se encuentra en el interior del resguardo, lo que impide que la misma suba hasta su punto máximo, por lo que, se propone que la puerta sea verticalmente corrediza y sobrepase la altura del resguardo como se muestra en la figura 22. Al colocar la puerta en la parte exterior del resguardo se amplía la abertura de la puerta de modo que haya un mayor acceso al área de intervención, además, se plantea ampliar la abertura colocando una lámina de policarbonato más pequeña que la actual en la parte frontal de la máquina, de esta manera el acceso al área de intervención sería directo. El detalle del diseño se puede observar en la figura 22.

**Figura 22**

*Diseño 1 de salvaguardas para la Schmidth Press Leaflet cutting*



Ahora bien, con respecto a los materiales de confección, los recursos necesarios serían una lámina de policarbonato de 3 mm de espesor con las mismas características mencionadas en las propuestas anteriores; dos correderas de riel de marco con ranura en T que presenta un movimiento suave, además, es preciso y versátil al adaptarse a diferentes utilidades y

permiten un cierre firme de la puerta, estas correderas son sencillas de instalar, no presentan ruido o vibraciones en el movimiento y requiere poco mantenimiento (THK, 2024).

La unión de las láminas de policarbonato se haría con ranurados de 3 mm en T, las cuales son perfiles de aluminio con ranuras en toda su longitud, en esta ranura se inserta la lámina de policarbonato, de igual forma, el material es liviano y presenta un alto grado de resistencia permitiendo que la estructura sea durable (McMaster-Carr, 2024.), inclusive, este material se utiliza en el resguardo actual de la máquina.

Finalmente, se propone colocar un dispositivo de seguridad magnético de interruptor sin contacto, modelo OMRON D40A, ya que desactiva y bloquea la máquina al abrir el resguardo, además, su mecanismo de detección electrónico garantiza una operación estable y precisa, es fácil de instalar y es compacto. La posición de este sería la puerta de manera que cuando se encuentre abierta las partes magnéticas del dispositivo de seguridad no van a estar en contacto y la máquina permanecerá bloqueada, al momento de cerrarse los magnéticos entran en contacto y la máquina se libera para trabajar.

Este dispositivo de seguridad está certificado con la norma ISO/EN ISO 13849-1 que establece requisitos para la evaluación y reducción de riesgos en relación con la seguridad funcional de las máquinas, la IEC/EN 61508 que proporciona un marco para la gestión de la seguridad funcional para sistemas eléctricos, electrónicos y/o programables y la IEC/EN 60947-5-3 la cual se relaciona con los dispositivos de control de seguridad asociados con las máquinas (Omron, 2024). El detalle de los materiales se puede observar en la tabla 23.

**Tabla 23**

*Costos y recursos asociados a la propuesta 1*

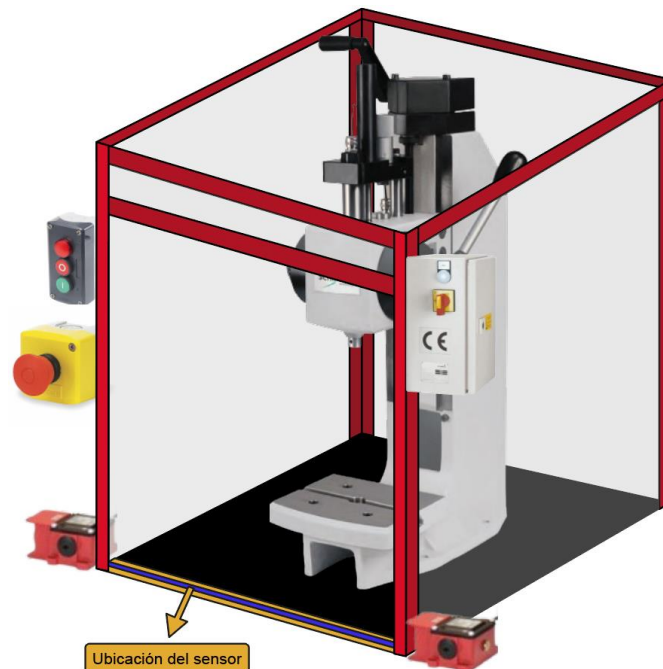
Especificación del material	Imagen	Precio por unidad	Cantidad	Total
Corredera de riel de marco con ranura en T (530) mm altura		\$ 80.00	2	\$ 160.00
Lámina de policarbonato (600 x 600 x 3) mm		\$ 30.67	2	\$ 61.34
Ranurado de 3 mm en T (600 x 4 x 4) mm		\$ 18.38	6	\$ 110.28
OMRON - D40A Non-Contact Door Switch		\$ 177.91	1	\$ 177.91
<b>Total</b>				<b>\$ 509.53</b>

## 4.2 Alternativa de solución 2

Como segunda solución se plantea eliminar la puerta, agregar una barrera fotoeléctrica de seguridad, conocida como cortina de luz y, adicionalmente, ampliar la abertura colocando una lámina de policarbonato más pequeña como se muestra en la figura 23, ya que con el resguardo actual al accionar el paro de emergencia la puerta se libera de manera inmediata, cayendo a su base, lo que puede provocar lesiones si se debe accionar el paro de emergencia mientras una persona tiene las manos en el área de peligro, con esta propuesta dicho peligro se eliminaría. El diseño de esta propuesta plantea un acceso directo al área de intervención, por lo que, los operarios no deben adoptar posturas incómodas y además se disminuye el riesgo de atrapamiento, pellizco y golpe, ya que el colaborador tendrá suficiente espacio para reaccionar en caso de que deba sacar las manos rápidamente si la máquina se acciona durante la intervención menor.

**Figura 23**

*Diseño 2 de salvaguardas para la Schmidth Press Leaflet cutting*




El dispositivo de seguridad sería una barrera de seguridad fotoeléctrica, la cual funciona creando una barrera invisible de luz infrarroja entre la máquina y el operador, esta barrera se compone de un emisor y un receptor de luz infrarroja, ambos alineados paralelamente para formar un haz de luz de manera vertical. Cuando un objeto o una persona interrumpe uno o más de estos haces de luz que conforman la barrera, el receptor detecta esta interrupción, al producirse esta interrupción, el receptor envía una señal eléctrica al sistema de control de la máquina, la cual indica una condición de peligro, activa inmediatamente el circuito de seguridad, lo que provoca el bloqueo de la máquina.



En esencia, la cortina de luz actúa como un sensor de presencia que monitorea la zona de peligro (Cortinas de Seguridad Keyence México, 2024). La ubicación de la cortina de luz será en la abertura del resguardo, el cual es el único acceso a la zona de peligro de la máquina.

Por otro lado, el dispositivo de seguridad se certifica con la norma ISO 13849-1, la cual proporciona requisitos para la seguridad de la maquinaria y la IEC 61508 que es una norma de seguridad funcional para sistemas de control eléctricos, electrónicos y electrónicos programables y, además, proporciona un marco para lograr un nivel específico de seguridad. Asimismo, se necesitaría una lámina de policarbonato de 3 mm y ranuras en T de 3 mm como se muestra en la tabla 24.

**Tabla 24**

*Costos y recursos asociados a la propuesta 2*

Especificación del material	Imagen	Precio por unidad	Cantidad	Total
Receiver/Transmitter 6.3" Light Beam Height for Light Beam Safety Barrier Switch		\$1990.80	1	\$1990.80

Especificación del material	Imagen	Precio por unidad	Cantidad	Total
Lámina de policarbonato (600 x 600 x 3) mm		\$ 30.67	1	\$ 30.67
Ranurado de 3 mm en T (600 x 4 x 4) mm		\$ 18.38	2	\$ 36.76
<b>Total</b>				\$ 2058.23

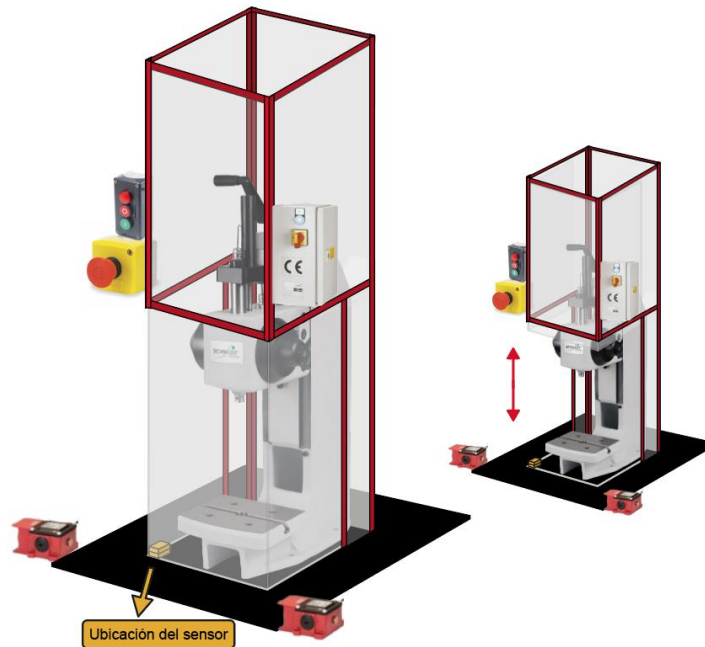
### 4.3 Alternativa de solución 3

Finalmente, en la alternativa 3 se propone rediseñar todo el resguardo móvil perimetral que se encuentra instalado actualmente, como se muestra en la figura 24. Se plantea colocar una barrera que rodee la máquina de manera similar a la actual, con la diferencia de que esta estaría más cerca de la máquina y se le agrega una apertura en la parte frontal y en los laterales, de esta manera, el espacio de intervención queda libre hacia el frente y hacia los lados.

El resguardo de la máquina actualmente opera bajo un sistema de accionamiento automático, descendiendo la puerta de protección de forma sincronizada con el inicio del ciclo de trabajo, activado mediante el sistema de mando de dos manos, esta configuración garantiza la seguridad, ya que la barrera física se encuentre en posición de protección antes de que se inicie cualquier operación de corte. La propuesta presentada conserva este principio, asegurando que la barrera permanezca en posición elevada hasta el momento preciso en que se requiere la protección física, es decir, durante el proceso de corte del material biológico.

**Figura 24**

Diseño 3 de salvaguardas para la Schmidth Press Leaflet cutting



En esta propuesta se requieren láminas de policarbonato de 3 mm, correderas de riel y ranurados en T de 3 mm y un dispositivo de seguridad magnético de interruptor sin contacto el cual se coloca de manera estratégica para operar la máquina en función de la posición de la puerta. En posición abierta, se bloquea la máquina lo que impide el funcionamiento, al cerrar la puerta se desbloquea la máquina, de manera que la máquina va a trabajar solamente cuando la puerta está cerrada.

Los materiales presentan las mismas características de las propuestas anteriores, utilizando láminas de policarbonato, corredera de riel que permite guiar el movimiento lineal a lo largo de un perfil en T, brindando un movimiento preciso y resistente, su material de aluminio le da resistencia y durabilidad (McMaster-Carr, 2024), además, se marca en la base una línea que indique la posición en ajuste perfecto de la puerta para control de fallos. En la tabla 25 se detallan los costos y recursos.

**Tabla 25**

*Costos y recursos asociados a la propuesta 3*

Especificación del material	Imagen	Precio por unidad	Cantidad	Total
Corredera de riel de marco con ranura en T (530) mm altura		\$ 80.00	4	\$ 320.00
Lámina de policarbonato (600 x 600 x 3) mm		\$ 30.67	4	\$ 122.68
Ranurado de 3 mm en T (600 x 4 x 4) mm		\$ 18.38	6	\$ 110.28
OMRON - D40A Non-Contact Door Switch		\$ 177.91	1	\$ 177.91
<b>Total</b>				<b>\$ 730.87</b>

#### **4.4 Matriz de criterios de comparación para la selección de la alternativa de solución de cada una de las máquinas**

A continuación, se muestran los criterios tomados en cuenta para la selección de la alternativa de solución con mayor factibilidad.

##### **Tabla 26**

*Matriz de criterios de comparación de la Schmidth Press Leaflet cutting*

Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
<b>Requisitos legales con los que cumple</b>	<p>Cumple totalmente con los requisitos legales aplicables, tanto los de cumplimiento obligatorio como los voluntarios. El diseño cumple con la ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas, el dispositivo de seguridad cumple con los estándares de la norma ISO/EN ISO 13849-1 que establece requisitos para la evaluación y reducción de riesgos en relación con la seguridad funcional de las máquinas, la IEC/EN 61508 que proporciona un marco para la gestión de la seguridad funcional para sistemas eléctricos, electrónicos y/o programables y la IEC/EN 60947-5-3 la cual se relaciona con los dispositivos de control de seguridad asociados con las máquinas.</p>	3	<p>Cumple totalmente con los requisitos legales aplicables, tanto los de cumplimiento obligatorio como los voluntarios El diseño cumple con la ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas, el dispositivo de seguridad cumple con los estándares de la norma ISO 13849-1 la cual proporciona requisitos para la seguridad de la maquinaria y la IEC 61508 que es una norma de seguridad funcional para sistemas de control eléctricos, electrónicos y electrónicos programables y proporciona un marco para lograr un nivel específico de seguridad.</p>	3	<p>Cumple totalmente con los requisitos legales aplicables, tanto los de cumplimiento obligatorio como los voluntarios. El diseño cumple con la ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas, el dispositivo de seguridad cumple con los estándares de la norma ISO/EN ISO 13849-1 que establece requisitos para la evaluación y reducción de riesgos en relación con la seguridad funcional de las máquinas, la IEC/EN 61508 que proporciona un marco para la gestión de la seguridad funcional para sistemas eléctricos, electrónicos y/o programables y la IEC/EN 60947-5-3 la cual se relaciona con los dispositivos de control de seguridad asociados con las máquinas.</p>	3

Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
<b>Factibilidad de implementación</b>	Se cuenta completamente con la disponibilidad de recursos para implementar la propuesta. El cambio en las salvaguardas de la máquina es pequeño en comparación a las otras propuestas.	3	Se cuenta completamente con la disponibilidad de recursos para implementar la propuesta. Implica un cambio intermedio en comparación a las otras propuestas y la salvaguarda actual.	2	Se cuenta completamente con la disponibilidad de recursos para implementar la propuesta. Implica un cambio grande en comparación a las otras propuestas y la salvaguarda actual.	1
<b>Salud y seguridad</b>	La reducción de los riesgos ocupacionales relacionados es poca. La salvaguarda proporciona una cobertura frontal y lateral, mas no en la parte posterior de la zona de operación de la máquina, adicionalmente, se le agrega un dispositivo de seguridad que detiene la máquina automáticamente en el momento en que se abre la salvaguarda, por lo que reduce los riesgos de atrapamiento de forma efectiva.	1	Elimina parcialmente los riesgos ocupacionales relacionados. La salvaguarda proporciona una cobertura frontal y lateral, mas no en la parte posterior de la zona de operación de la máquina, adicionalmente, se le agrega un dispositivo de seguridad que detiene la máquina automáticamente en el momento en que se abre la salvaguarda, por lo que reduce los riesgos de atrapamiento de forma efectiva.	2	Elimina completamente los riesgos ocupacionales relacionados. La salvaguarda proporciona una cobertura perimetral en la zona de operación de la máquina, adicionalmente, se le agrega un dispositivo de seguridad que detiene la máquina automáticamente en el momento en que se abre la salvaguarda, por lo que reduce los riesgos de atrapamiento de forma efectiva. Adicionalmente, la abertura del área de	3

Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
					intervención incluye los laterales, proporcionando mayor espacio y seguridad.	

Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
<b>Aspectos culturales y sociales</b>	Contribuye parcialmente al desarrollo de una cultura de salud y seguridad en el trabajo. Esta alternativa permite a los trabajadores llevar a cabo sus labores de manera significativamente más segura, al garantizar que todos los riesgos estén mitigados por la salvaguarda y supervisados mediante el dispositivo de seguridad.	2	Contribuye parcialmente al desarrollo de una cultura de salud y seguridad en el trabajo. Esta alternativa permite a los trabajadores llevar a cabo sus labores de manera significativamente más segura, al garantizar que todos los riesgos estén mitigados por la salvaguarda y supervisados mediante el dispositivo de seguridad.	2	Contribuye plenamente al desarrollo de una cultura de salud y seguridad en el trabajo. Esta alternativa permite a los trabajadores llevar a cabo sus labores de manera significativamente más segura, al garantizar que todos los riesgos estén mitigados por la salvaguarda y supervisados mediante el dispositivo de seguridad. No queda una barrera física por lo que la manipulación de la máquina es más directa.	3
<b>Impacto ambiental</b>	Tiene un mediano impacto ambiental gracias a la alta calidad de los materiales y su larga vida útil, sin embargo, deben traerse materiales del exterior del país. El acero inoxidable tiene una vida útil de más de 50 años, es altamente	2	Tiene un bajo impacto ambiental gracias a la alta calidad de los materiales y su larga vida útil, sin embargo, deben traerse materiales del exterior del país. El acero inoxidable tiene una vida útil de más de 50 años, es altamente	3	Tiene un mediano impacto ambiental gracias a la alta calidad de los materiales y su larga vida útil, sin embargo, deben traerse materiales del exterior del país. El acero inoxidable tiene una vida útil de más de 50 años, es altamente	2

Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
	resistente a la corrosión y completamente reciclable sin perder sus propiedades, lo que lo convierte en uno de los materiales más reciclados y sostenibles. Por otro lado, el policarbonato tiene una vida útil de 10 a 20 años, especialmente en exteriores, donde puede verse afectado por la exposición a los rayos UV, pero también es reciclable, aunque su proceso es más complejo.		resistente a la corrosión y completamente reciclable sin perder sus propiedades, lo que lo convierte en uno de los materiales más reciclados y sostenibles. Por otro lado, el policarbonato tiene una vida útil de 10 a 20 años, especialmente en exteriores, donde puede verse afectado por la exposición a los rayos UV, pero también es reciclable, aunque su proceso es más complejo. Requiere menos material, en comparación de las otras propuestas.		resistente a la corrosión y completamente reciclable sin perder sus propiedades, lo que lo convierte en uno de los materiales más reciclados y sostenibles. Por otro lado, el policarbonato tiene una vida útil de 10 a 20 años, especialmente en exteriores, donde puede verse afectado por la exposición a los rayos UV, pero también es reciclable, aunque su proceso es más complejo.	
<b>Factores económicos</b>	La solución presenta un costo bajo	3	La solución presenta un costo alto	1	La solución presenta un costo bajo	2

Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
<b>Asociación con los ODS</b>	<p>La propuesta cumple con los siguientes objetivos:</p> <p><b>ODS 8 - Trabajo decente y crecimiento económico:</b> Al incorporar dispositivos de seguridad y un diseño que protege a los operadores, la salvaguarda promueve condiciones laborales seguras, reduciendo el riesgo de accidentes y mejorando la calidad del entorno de trabajo.</p> <p><b>ODS 9 - Industria, innovación e infraestructura:</b> El diseño utiliza materiales avanzados como el acero inoxidable AISI 304 y policarbonato, lo</p>	3	<p>La propuesta cumple con los siguientes objetivos:</p> <p><b>ODS 8 - Trabajo decente y crecimiento económico:</b> Al incorporar dispositivos de seguridad y un diseño que protege a los operadores, la salvaguarda promueve condiciones laborales seguras, reduciendo el riesgo de accidentes y mejorando la calidad del entorno de trabajo.</p> <p><b>ODS 9 - Industria, innovación e infraestructura:</b> El diseño utiliza materiales avanzados como el acero inoxidable AISI 304 y policarbonato, lo</p>	3	<p>La propuesta cumple con los siguientes objetivos:</p> <p><b>ODS 8 - Trabajo decente y crecimiento económico:</b> Al incorporar dispositivos de seguridad y un diseño que protege a los operadores, la salvaguarda promueve condiciones laborales seguras, reduciendo el riesgo de accidentes y mejorando la calidad del entorno de trabajo.</p> <p><b>ODS 9 - Industria, innovación e infraestructura:</b> El diseño utiliza materiales avanzados como el acero inoxidable AISI 304 y policarbonato, lo</p>	3

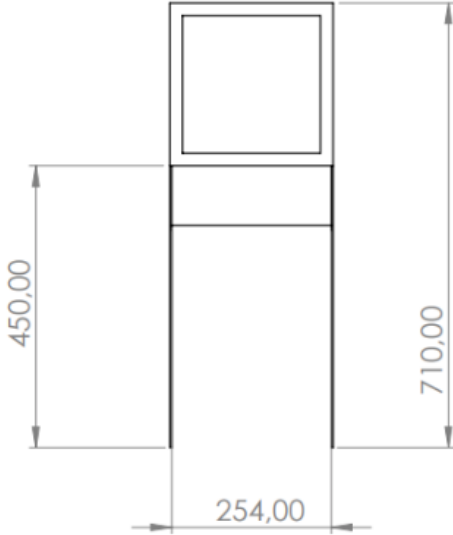
Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación	Justificación	Puntuación
	<p>que fomenta la innovación en la infraestructura industrial, garantizando durabilidad, resistencia y eficiencia en la protección de maquinaria.</p> <p><b>ODS 12 - Producción y consumo responsables:</b> Al emplear materiales reciclables como el acero inoxidable y el policarbonato, se promueve una gestión sostenible de los recursos. Además, el uso de interruptores de seguridad que cumplen con normativas internacionales contribuye a la eficiencia y sostenibilidad del sistema productivo.</p>		<p>que fomenta la innovación en la infraestructura industrial, garantizando durabilidad, resistencia y eficiencia en la protección de maquinaria.</p> <p><b>ODS 12 - Producción y consumo responsables:</b> Al emplear materiales reciclables como el acero inoxidable y el policarbonato, se promueve una gestión sostenible de los recursos. Además, el uso de interruptores de seguridad que cumplen con normativas internacionales contribuye a la eficiencia y sostenibilidad del sistema productivo.</p>		<p>que fomenta la innovación en la infraestructura industrial, garantizando durabilidad, resistencia y eficiencia en la protección de maquinaria.</p> <p><b>ODS 12 - Producción y consumo responsables:</b> Al emplear materiales reciclables como el acero inoxidable y el policarbonato, se promueve una gestión sostenible de los recursos. Además, el uso de interruptores de seguridad que cumplen con normativas internacionales contribuye a la eficiencia y sostenibilidad del sistema productivo.</p>	
<b>Total</b>	<b>17</b>		<b>16</b>		<b>17</b>	

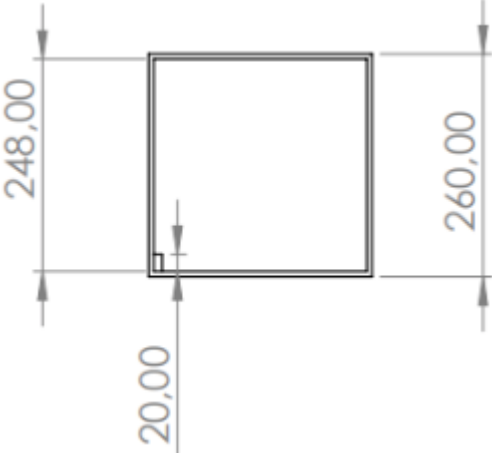
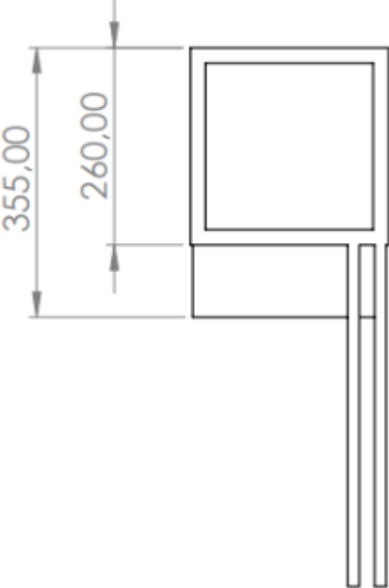
#### 4.5 Diseño de la alternativa seleccionada


Según los resultados obtenidos en la tabla 27 las alternativas 1 y 3 obtuvieron el mismo puntaje, sin embargo, se considera que la alternativa 3 permite un mejor acceso al área de intervención en el diseño del resguardo, por lo que se selecciona el diseño de la alternativa 3. La tabla 27 muestra el diseño de la alternativa realizado en herramienta SOLIDWORKS®, las medidas (en mm) y el detalle de las salvaguardas.

**Tabla 27**

*Diseño de la alternativa seleccionada para la Schmidth Press Leaflet cutting*

Vistas	Diseño
Vista frontal	 <p>The drawing shows a front view of a rectangular component. It consists of a main rectangular body with a smaller rectangular section on top. The main body has a width of 254,00 mm and a height of 450,00 mm. The total height of the component, including the top section, is 710,00 mm. The top section is a square-like shape with a height of approximately 160,00 mm.</p>

Vistas	Diseño
<p data-bbox="264 488 447 516"><b>Vista superior</b></p>	
<p data-bbox="279 1032 432 1060"><b>Vista lateral</b></p>	

Vistas	Diseño
Vista isométrica	 An isometric drawing of a 3D object. It consists of a cube with a rectangular prism attached to its bottom face. The cube is drawn in a perspective view, with the front and side faces visible. The rectangular prism is attached to the bottom face of the cube, extending downwards. The lines of the object are drawn in a dark red color. The object is centered in the design area.

## **5. Validación de las alternativas de solución seleccionadas**

A continuación, se procederá a validar las alternativas de solución aplicando nuevamente la matriz de comprobación de seguridad en maquinaria, este paso se ejecuta con el propósito de demostrar que los diseños de las salvaguardas cumplen con todos los requisitos establecidos por la normativa, garantizando así su seguridad, posteriormente, se aplicará la herramienta HAZOP para verificar que, con la implementación de las nuevas salvaguardas, el riesgo identificado inicialmente se controle y reduzca significativamente. Finalmente, se documentará en una bitácora la validación realizada por la asesora industrial de la empresa, quien certificará la efectividad de las salvaguardas implementadas.

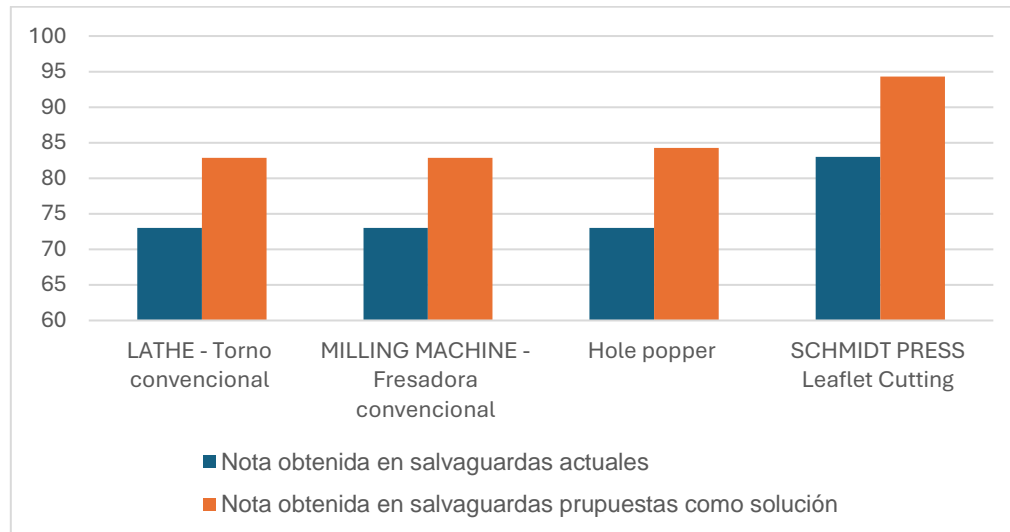
### **5.1 Matriz de comprobación de seguridad en maquinaria mediante el diseño de salvaguardas basado en la UNE-EN ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo. (ISO 12100:2010).**

Una vez seleccionadas las soluciones, se realizó una nueva evaluación de las salvaguardas propuestas, utilizando la misma matriz de criterios basado en la UNE-EN ISO 12100:2012 que se utilizó en la evaluación inicial. El objetivo de esta reevaluación fue determinar el impacto de las modificaciones realizadas y verificar si se ha logrado una mejora significativa en el nivel de seguridad de la máquina.

En el Apéndice P se encuentran las evaluaciones completas de cada una de las salvaguardas implementadas para las cuatro máquinas, en la figura 25 se muestra un resumen y comparación de dichos resultados.

**Figura 25**

*Comparación de resultados obtenidos con la matriz de comprobación de seguridad en maquinaria antes y después de las alternativas de solución seleccionadas*



En el caso del torno convencional o *Lathe* hay un aumento de diez puntos entre las dos evaluaciones, ya que, con la nueva propuesta manipular la máquina para realizar el trabajo es accesible, a su vez que se protege al trabajador impidiendo el acceso a la zona de peligro, es decir, no es fácil eludir las salvaguardas. Por otro lado, la fresadora convencional o *Milling Machine* presenta un aumento de diez puntos entre la primera y segunda evaluación, presentando mejoría en el acceso al punto de peligro de la máquina, pues con el resguardo móvil anterior el acceso era sencillo, con esta nueva propuesta el acceso es complejo o casi nulo, obligando al operario a quitar el resguardo móvil para acceder al punto de peligro y realizar la intervención menor, bloqueando la máquina en el proceso.

Ahora bien, en la *Hole Popper* la mejoría es de once puntos, de igual manera se diseñó el resguardo móvil para que este no sea fácil de eludir y no sea posible el acceso a la zona de peligro mientras la máquina opera, dando protección al trabajador. Finalmente, con la *Schmidt Press Leaflet Cutting* se obtuvo un aumento de once puntos mejorando en diversos aspectos como es la incorporación de una línea guía en la base de la puerta de seguridad que garantiza un correcto posicionamiento del resguardo visualmente verificable por el operador. Esta mejora en la visualización de los elementos de seguridad no solo aumenta la protección del operador, sino que también optimiza el proceso productivo.

Asimismo, al igual que en las otras propuestas, la *Schmidt Press Leaflet Cutting* carece de un sistema de control de fallos en el mando de la máquina, es decir, no cuenta con un sistema automático que avise o indique un fallo en las salvaguardas, sin embargo, la máquina tiene un programa mensual de mantenimiento que incluye la revisión de las salvaguardas por lo que este aspecto se cubre con el mantenimiento. Por otro lado, en las cuatro máquinas los resguardos no tienen sistema de protección sensible, pero esto se compensa impidiendo el acceso a la zona de peligro y bloqueando la máquina al hacerlo, asimismo, el resguardo propuesto no tiene dispositivo de retención mecánica, sin embargo, tiene sistema de retención eléctrica que bloquea la máquina por completo.

Si bien es cierto se logra mejorar las condiciones de seguridad, en el torno convencional o *Lathe* y en la fresadora convencional o *Milling Machine* hay aspectos como el hecho de que la zona que se interviene tenga aristas cortantes, ángulos agudos, partes salientes que representan un peligro que deben solucionarse interviniendo directamente la máquina en las partes que lo requiera. Además, no presenta un sistema de control de fallos que avise o indique un fallo en las salvaguardas, por lo que se recomienda realizar mantenimientos preventivos a estas.

Por último, no es posible disipar la energía almacenada de las máquinas en una emergencia ni presenta mecanismos que permitan liberar a la persona sin desbloquear el paro de emergencia en caso de que ocurra un incidente, esto debido a que se requiere una configuración exhaustiva directamente en el sistema de mando de las máquinas. Algunos aspectos relevantes para alcanzar una puntuación de seguridad de 90 o más utilizando esta herramienta, y por ende mejorar la seguridad de las máquinas, quedaron fuera del alcance de este proyecto, se recomienda una investigación más profunda en futuras iniciativas.

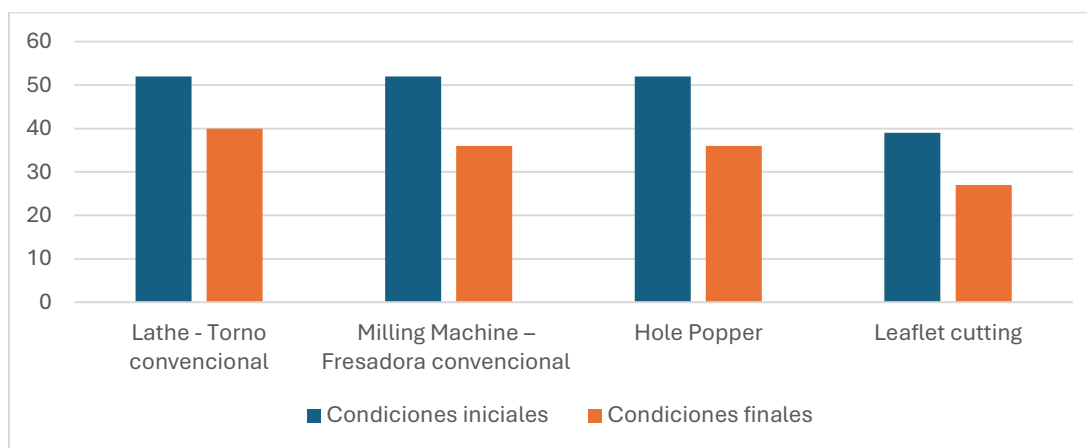
## **5.2 HAZOP**

La herramienta HAZOP se utilizó como un método de validación para las alternativas de solución seleccionadas, con el objetivo de justificar la reducción del riesgo al comparar el nivel de riesgo inicial con las salvaguardas actuales frente al nivel de riesgo final obtenido tras la implementación de las salvaguardas propuestas en el nuevo diseño. La estructura de esta herramienta puede observarse en el Apéndice F. Ahora bien, a continuación, se presenta un resumen de los resultados obtenidos tras la evaluación de riesgos final, el cual se enfoca específicamente en la variable del HAZOP que aborda el sistema de seguridad, el cual incluye el análisis de fallos en las salvaguardas.

Se decidió limitar el análisis a esta sección particular del HAZOP, dado que es la única que considera directamente la efectividad de las salvaguardas propuestas. Las otras variables del HAZOP evalúan criterios adicionales, que también son importantes al considerar intervenciones menores, sin embargo, en este momento, el enfoque está dirigido exclusivamente a las salvaguardas. En el Apéndice Q, se puede observar el caso completo, donde se detalla la puntuación final otorgada a las alternativas de solución en función de las nuevas salvaguardas propuestas, en comparación con las salvaguardas actuales.

**Figura 26**

*Evaluación de riesgos final de la variable sistemas de seguridad de la herramienta HAZOP*



Como se puede observar en el gráfico anterior, los resultados obtenidos muestran una reducción significativa en el nivel de riesgo, disminuyendo en al menos 10 puntos o más para cada una de las máquinas tras la implementación de los nuevos diseños de salvaguardas. Este descenso se debe principalmente a que, en la evaluación inicial de riesgos, la posibilidad de eludir las salvaguardas era elevada, lo que facilitaba el contacto con partes móviles de las máquinas, lo cual representaba un alto riesgo mecánico, por lo que, durante el rediseño de las salvaguardas, se puso un énfasis particular en estas áreas de riesgo identificadas, asegurando que las nuevas salvaguardas fueran más efectivas para prevenir el contacto accidental, lo cual se evidencia que se logró.

Por otra parte, en la evaluación final de riesgos, se detectó que el diseño previo era deficiente, ya que no evitaba completamente el contacto con las partes operativas de las máquinas, lo que exponía a los trabajadores a peligros significativos, por ello, los nuevos diseños se centraron en eliminar la posibilidad de que los operarios puedan acceder

fácilmente a las zonas de riesgo. En conclusión, al aplicar nuevamente la herramienta de evaluación de riesgos, se pudo validar que las nuevas salvaguardas lograron controlar y reducir significativamente el nivel de riesgo, garantizando una forma de trabajo más segura.

### 5.3 Aprobación de la asesora industrial

A continuación, se presenta la bitácora de la reunión realizada con la asesora industrial y el profesor tutor, en la que se presentó a la asesora industrial los diseños de las salvaguardas que se han propuesto para las máquinas seleccionadas.

**Tabla 28**

*Bitácora de la reunión con la asesora industrial para la validación de las alternativas de solución diseñadas*

<b>Fecha</b>	17 de octubre del 2024		
<b>Hora de inicio</b>	11:00 a. m.		
<b>Hora de finalización</b>	11:30 a. m.		
<b>Lugar</b>	Reunión virtual vía Microsoft Teams		
<b>Asistentes</b>	Profesor tutor: Carlos Mata Asesora industrial: Gabriela Ulate Estudiante: Yuliana Masís Estudiante: Julieth Retana		
<b>Objetivo de la reunión</b>	Revisión de las alternativas de solución seleccionadas para las salvaguardas de las máquinas y su posterior validación		
<b>Temas tratados</b>			
<b>No.</b>	<b>Tema</b>	<b>Descripción</b>	<b>Responsable</b>
1	Introducción y apertura	Las estudiantes introducen el objetivo de la reunión, que consiste en revisar y validar las alternativas de salvaguardas para las máquinas en cuestión.	Julieth Retana Yuliana Masís
2	Presentación de las alternativas de solución	Se presentaron las alternativas de diseño de salvaguardas para las máquinas, detallando los aspectos técnicos, normativos y las características de seguridad de cada alternativa.	Julieth Retana Yuliana Masís
3	Observaciones de la asesora industrial	La asesora industrial proporcionó observaciones positivas respecto a las alternativas de solución y menciona que estas son coherentes y aplicables a las necesidades de la parte productiva y, además, asegura la protección de los usuarios.	Asesora industrial

<b>Fecha</b>	17 de octubre del 2024		
<b>Hora de inicio</b>	11:00 a. m.		
<b>Hora de finalización</b>	11:30 a. m.		
<b>Lugar</b>	Reunión virtual vía Microsoft Teams		
<b>Asistentes</b>	Profesor tutor: Carlos Mata Asesora industrial: Gabriela Ulate Estudiante: Yuliana Masís Estudiante: Julieth Retana		
<b>Objetivo de la reunión</b>	Revisión de las alternativas de solución seleccionadas para las salvaguardas de las máquinas y su posterior validación		
<b>Temas tratados</b>			
<b>No.</b>	<b>Tema</b>	<b>Descripción</b>	<b>Responsable</b>
4	Validación de alternativas	La asesora industrial valida las cuatro alternativas de solución de diseño de salvaguardas presentadas para la <i>Lathe</i> o Torno convencional, la <i>Milling Machine</i> o fresadora convencional, la <i>Hole Popper</i> y la <i>Leaflet Cutting</i> , dando su aprobación en tanto a la propuesta de esta.	Asesora industrial
5	Conclusión por parte del profesor tutor	El profesor concluye agradeciendo a la asesora industrial por sus comentarios y validación a las propuestas de solución planteadas por parte de las estudiantes.	Profesor tutor

Como se puede observar en la bitácora anterior, la asesora industrial proporcionó diversas observaciones, además, ella afirmó que las soluciones propuestas son adecuadas, válidas y coherentes para las máquinas seleccionadas, asimismo, considera que estos diseños mejorarán significativamente la protección de los trabajadores en comparación con las medidas de seguridad actuales implementadas en las máquinas. Como conclusión de esta reunión, se logró validar las alternativas de solución presentadas, basadas en la opinión de la ingeniera responsable tanto del estándar de salvaguardas en maquinaria como de energías peligrosas de la empresa.

## **B. Controles administrativos**

En relación con los controles administrativos, se está proponiendo un programa específico para las intervenciones menores, así como procedimientos para dichas intervenciones. Aunque los procedimientos forman parte del programa, no se incluirán dentro de su estructura principal, ya que se seguirá la metodología habitual de la empresa para la creación de programas, esto implica que el programa y los procedimientos se presentarán por separado, asimismo, siguiendo esta misma línea, la numeración de las

tablas y de las secciones va a cambiar según el formato de la empresa, de igual forma, los colores se ajustarán para alinearse con el diseño corporativo. Dejando en claro lo anterior, a continuación, se muestran los procedimientos para las intervenciones menores, seguido del programa.

## 1. Procedimientos de intervenciones menores

Con el propósito de complementar el programa de procedimientos para intervenciones menores, en esta sección se detallan los procedimientos específicos, que describen el paso a paso de cómo realizar intervenciones menores en cada una de las máquinas registradas en la planta. A continuación, se presenta una tabla que enumera todas las máquinas de la planta que requieren procedimientos de intervenciones menores, mientras que, en el Apéndice R, se incluye el detalle de cada procedimiento.

**Tabla 29**

*Población de máquinas que requieren de procedimiento de intervenciones menores*

<b>Nombre de la máquina</b>	<b>Intervención menor</b>
<i>Cnc vertical fryer</i>	Cambio de herramienta en el <i>setup</i> y cambio de mesa
<i>CNC HAAS</i>	Cambiar pieza que se desea cortar o grabar. - <i>Setup</i> - Cambio de lote o modelo a cortar/grabar.
<i>Wire EDM</i>	Calzar la pieza - tomar los orígenes de la pieza. Cambiar el hilo, lo manipulan y es un hilo que es filoso.
<i>Lathe</i> o Torno convencional	Cambio de pieza y de cuchilla en una pieza que rueda.
<i>Milling Machine</i> o fresadora convencional	Cambio de herramienta de corte en el husillo, el cual gira.
Centro de Mecanizado Romi	Cambio de herramienta que corta o graba en el portaherramientas.
<i>ILT 1500 Laser Welder</i>	Cambio de <i>fixture</i> .
<i>Schmidt Press Leaflet Cutting</i>	Cambio de die para cambio de modelo.
<i>Hole popper</i>	Cambio de herramienta eléctrica.
<i>Suture Crimp Press Station</i>	Empuje de abrazadera negra.
<i>Anchor Shaft Lug Bond Fixture</i>	Cambio de <i>fixture</i> .
<i>Nissen Automatization cell</i>	Cambio de <i>heading</i> y purga de resina.
Bomba	Colocación de la maguera en la bomba.
<i>MTS</i>	Remover <i>gripper</i> y pines.
<i>Marker Band Swager</i>	Retirar el dado dependiendo de la unidad.
<i>Blockwise Band Swager</i>	Cambiar el dado, según la necesidad del modelo del producto.

## **2. Programa**

A continuación, se presenta el programa de intervenciones menores para el control de la liberación de energías peligrosas. Es importante destacar que este programa incluye herramientas esenciales como la matriz RACI, el diagrama de Gantt, y el plan de capacitación específico para el entrenamiento de técnicos y operarios que llevarán a cabo intervenciones menores.

**PROPUESTA DE UN PROGRAMA  
DE CONTROL DE ENERGÍAS  
PELIGROSAS PARA EL  
CUMPLIMIENTO DEL ESTÁNDAR  
CORPORATIVO T23 EN MÁQUINAS  
QUE REQUIEREN INTERVENCIONES  
MENORES DURANTE ACTIVIDADES  
REGULARES DE PRODUCCIÓN EN UNA  
EMPRESA DE DISPOSITIVOS MÉDICOS  
DE COSTA RICA**

---

**ELABORADOR POR:  
JULIETH RETANA  
YULIANA MASÍS**



## Índice de contenido

1. PROPÓSITO .....	154
2. ALCANCE .....	154
3. REFERENCIAS .....	154
4. RESPONSABILIDADES .....	154
5. ACTIVIDADES Y ASIGNACIÓN DE RECURSOS .....	156
6. DEFINICIONES .....	159
7. PROCEDIMIENTO .....	161
7.1 Instrucciones generales .....	161
7.2 Procedimientos generales de intervenciones menores .....	161
7.3 Máquinas o equipos a los que se les aplican las intervenciones menores .....	165
8. INSPECCIÓN PERIÓDICA.....	179
9. CAPACITACIÓN.....	181
9.1 Introducción .....	181
9.2 Análisis de necesidades de capacitación.....	181
9.3 Diseño e implementación de la capacitación.....	185
10. Comunicación.....	189
11. Mejora continua del programa .....	189
11.1 Evaluación.....	189
11.2 Mejora .....	193
11.3 Control de cambios .....	195
12. Cronograma .....	197
13. Presupuesto .....	198
14. Conclusiones.....	199
15. Recomendaciones.....	200

### Índice de tablas

Tabla 1. Matriz RACI del programa de intervenciones menores.....	153
Tabla 2. Frecuencia en la que ocurre el peligro.....	174
Tabla 3. <i>Severidad o consecuencia en caso de que se manifieste el riesgo</i> .....	174
Tabla 4. <i>Nivel de riesgo según la puntuación de frecuencia y de consecuencia seleccionada</i> .....	175
Tabla 5. <i>Nivel de riesgo y tolerancia</i> .....	176
Tabla 6. <i>Plan para la implementación de la capacitación</i> .....	185
Tabla 7. <i>Cronograma para la implementación del programa</i> .....	197
Tabla 8. <i>Presupuesto requerido para la implementación del programa</i> .....	199

### Índice de figuras

Figura 1. Proceso de control de cambios del programa .....	196
--	-----

## 1. PROPÓSITO

Este programa, basado en la OSHCON: Control de Energía Peligrosa Bloqueo y Etiquetado – Programa de trabajo; establece los requisitos mínimos para realizar intervenciones menores y asegurar el control de la intervención de las máquinas o equipos energizados como parte integral de la producción y, además, asegurar que los empleados estén protegidos contra la activación, puesta en marcha o liberación inesperadas de energía almacenada cuando se realiza la intervención menor.

## 2. ALCANCE

Este programa aplica a todos los empleados internos y autorizados para utilizar las máquinas a las cuales se les identificaron tareas de intervención menor en donde la activación inesperada, arranque o liberación de energía almacenada generen un riesgo para el personal al ejecutar el procedimiento de intervenciones menores.

## 3. REFERENCIAS

A continuación, se muestran los documentos de referencia para el programa de intervenciones menores.

Documento	Descripción
OSHA 29CFR 1910.147	Control de energías peligrosas
ISO 12100:2010	Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo.
86139	Programa de control de energía peligrosa de la empresa de dispositivos médicos

## 4. RESPONSABILIDADES

A continuación, se muestran las responsabilidades de los involucrados en el programa, las cuales se deben de ejecutar con el fin de planificar la puesta en marcha del programa.

Función o Título	Responsabilidad
Alta gerencia (AG)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Apoyar la implementación y administración del programa de intervenciones menores.</li><li>• Brindar los insumos necesarios para el cumplimiento del programa.</li><li>• Aprobar el programa y el presupuesto necesario para su implementación.</li></ul>

Función o Título	Responsabilidad
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitorear la efectividad y progreso del programa.</li> </ul>
Departamento de Salud y Seguridad Ambiental (EHS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementa, dirige, administra y guía el programa de intervenciones menores mediante la implementación de controles ingenieriles y administrativos.</li> <li>• Brindan asesoría y aclara dudas a todos los involucrados en la aplicación de intervenciones menores.</li> <li>• Recibe sugerencias para la mejora continua del programa.</li> <li>• Actualiza los entrenamientos de intervenciones menores según sea necesario.</li> <li>• Asegura que los requisitos de este programa se implementan y que las revisiones se están llevando a cabo según sea necesario.</li> <li>• Comunica sobre el programa de intervenciones menores y sus requisitos a todos los involucrados.</li> </ul>
Designado o Supervisores/Gerentes (DSG)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se asegura que los operarios utilicen los procedimientos de intervenciones menores específicos para cada equipo.</li> <li>• Se asegura que las inspecciones de los procedimientos, la efectividad y el uso de los procedimientos de intervenciones menores se verifiquen al menos una vez al año.</li> <li>• Guía y aportan en la implementación del programa.</li> <li>• Concientizar a los trabajadores acerca de la importancia de los temas que abarca el programa.</li> </ul>
Departamento de Mantenimiento (DM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realiza revisiones periódicas a las máquinas o equipos a los que se les aplican intervenciones menores.</li> <li>• Asegura que las herramientas y equipos estén disponibles y en buenas condiciones para realizar las intervenciones menores de manera segura.</li> </ul>
Técnicos y/o operarios (TO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumple estrictamente con los procedimientos de intervenciones menores.</li> <li>• Verifica que las salvaguardas estén en buenas condiciones y de no ser así realiza el reporte inmediato.</li> <li>• Informa de cualquier anomalía que se presente durante la aplicación de intervenciones menores.</li> <li>• Asiste y participa en las capacitaciones sobre intervenciones menores.</li> <li>• Reporta cualquier anomalía que interfiera con la correcta implementación del programa.</li> </ul>

## 5. ACTIVIDADES Y ASIGNACIÓN DE RECURSOS

A continuación, se muestra la matriz RACI que contempla la planificación llevada a cabo para la puesta en marcha del programa.

**Tabla 1**

*Matriz RACI del programa de intervenciones menores*

Leyenda	R	Responsable	AG	Alta gerencia	
	A	Aprobador	EHS	Departamento de Salud y Seguridad Ambiental	
	C	Consultado	DSG	Designado o Supervisores/Gerentes	
	I	Interesado	DM	Departamento de mantenimiento	
Actividades / Procesos	Involucrados				
	AG	EHS	DSG	DM	TO
Revisión y aprobación del programa					
Revisar que el programa de intervenciones menores cumpla con lo requerido por la empresa en temas de salud y seguridad.	A	R	C		I
Aprobación de procedimientos específicos de intervenciones menores para cada equipo.	A	R	C	C	I
Aprobar la implementación del programa de intervenciones menores.	A	R	C		I
Implementación					
Gestión de los recursos necesarios para la implementación del programa.	A	R	I		I
Revisión y aprobación del presupuesto.	A	C	I		

<b>Leyenda</b>	R	Responsable	AG	Alta gerencia	
	A	Aprobador	EHS	Departamento de Salud y Seguridad Ambiental	
	C	Consultado	DSG	Designado o Supervisores/Gerentes	
	I	Interesado	DM	Departamento de mantenimiento	
TO			Técnicos y/o operarios		
<b>Actividades / Procesos</b>	<b>Involucrados</b>				
	<b>AG</b>	<b>EHS</b>	<b>DSG</b>	<b>DM</b>	<b>TO</b>
Implementar los controles ingenieriles y administrativos necesarios para llevar a cabo el programa.	A	R	C	C	I
Informar y comunicar sobre la implementación del programa.	I	R	I		I
Crear una cultura de seguridad y prevención de riesgos durante la aplicación de las intervenciones menores.	A	R	I		I
Supervisar que se lleven a cabo las actividades del programa.	I	R	C		I
Realizar capacitaciones en temas de intervenciones menores.	A	R	C	I	I
Supervisión del cumplimiento de procedimientos	I	C	R	I	I
Comunicar sobre hallazgos del programa.	I	R	C	C	C
Implementar el programa de intervenciones menores.	A	R	C	I	I
<b>Seguimiento del programa</b>					
Revisar y actualizar el programa.	I	R	C		I
Darle seguimiento a la implementación de los controles y a su efectividad.	I	R	C		I

<b>Leyenda</b>	R	Responsable	AG	Alta gerencia	
	A	Aprobador	EHS	Departamento de Salud y Seguridad Ambiental	
	C	Consultado	DSG	Designado o Supervisores/Gerentes	
	I	Interesado	DM	Departamento de mantenimiento	
TO			Técnicos y/o operarios		
<b>Actividades / Procesos</b>	<b>Involucrados</b>				
	<b>AG</b>	<b>EHS</b>	<b>DSG</b>	<b>DM</b>	<b>TO</b>
Llevar control de la asistencia a los entrenamientos sobre intervenciones menores.		R	I		
Realización de inspecciones anuales.		R	C		I
Monitoreo de la correcta ejecución de las intervenciones menores.		C	R		I
Comunicación y seguimiento del estado del programa.		R	C		I
Reporte de incidentes durante intervenciones menores.		R	C	I	R
<b>Mejora continua</b>					
Evaluación de incidentes y análisis de la efectividad del programa.		R	C	C	I
Actualización de procedimientos según mejoras identificadas.	A	R	C	C	I
Retroalimentación.		R	C	C	I
Actualización de capacitaciones.		R	C	C	I
Implementación de mejoras a los procedimientos y controles.	A	R	C	I	I

## 6. DEFINICIONES

A continuación, se muestran las definiciones necesarias para el entendimiento integral del programa.

<b>Término</b>	<b>Definición</b>
<b>Dispositivos Human-Machine Interface (HMI)</b>	Los dispositivos HMI son interfaces que permiten la interacción entre un ser humano y una máquina, facilitando el control y monitoreo de procesos industriales.
<b>Dispositivo de Enclavamiento</b>	El enclavamiento es un sistema de seguridad que evita que una máquina o equipo entre en funcionamiento bajo ciertas condiciones peligrosas.
<b>Fuente de energías peligrosas</b>	Cualquier fuente de energía eléctrica, mecánica, hidráulica, neumática, química o térmica, gravedad u otra fuente de energía que pueda causar lesiones al personal.
<b><i>Hazard and Operability Study</i> (HAZOP)</b>	El HAZOP es una metodología sistemática utilizada para identificar riesgos y problemas de operatividad en los procesos industriales.
<b>Intervenciones Menores</b>	Actividades que tiene lugar durante las operaciones normales de producción y que son rutinarias, repetitivas e integrales para el uso del equipo para producción.  Los ejemplos pueden incluir, entre otros, la eliminación de atascos, los ajustes/ cambios de herramientas. Normalmente, estas actividades son de corta duración.
<b>Mantenimiento</b>	Actividades en el lugar de trabajo como la construcción, instalación, configuración, ajuste, inspección, modificación y mantenimiento y/o reparación de máquinas o equipos.
<b>Máquinas</b>	Cualquier equipo, aparato, instrumento, herramienta o sistema, fijo o móvil, que utilice energía mecánica, hidráulica, neumática, eléctrica, química, térmica o radiactiva, y que esté diseñado para realizar una función específica en el proceso de fabricación, embalaje, esterilización o cualquier otra operación relacionada con la producción de la empresa.
<b>Medidas de Seguridad</b>	Métodos implementados para mitigar el riesgo de lesiones de los empleados por energía peligrosa o arranque de equipos.

Término	Definición
	Los ejemplos pueden incluir herramientas, dispositivos remotos como colgantes o controles de avance, barreras protectoras entrelazadas, desconexiones locales, interruptores de control o dispositivos HMI bajo el control exclusivo del empleado que realiza una intervención menor o equipo de protección personal.
<b>Peligros Mecánicos</b>	Fuente potencial de daño o lesión causada por el movimiento de partes de una máquina, equipo o herramienta. Estos peligros pueden surgir de diversas formas y pueden provocar diferentes lesiones, desde cortes y amputaciones hasta atrapamientos y contusiones.
<b>Rutinario, repetitivo e Integral</b>	Una tarea o actividad que: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ocurre como una parte normal del proceso de producción.</li> <li>• Es esencial para el proceso de producción y facilita directamente el propósito previsto del equipo.</li> <li>• Se repite regularmente como parte de los procedimientos establecidos</li> </ul>
<b>Salvaguardas</b>	Un conjunto de resguardos o dispositivos diseñados para prevenir el contacto o el acceso a una zona peligrosa de una máquina o proceso, o equipo giratorio/recíproco. Un protector también puede ser diseñado para contener materiales potencialmente perjudiciales (por ejemplo, virutas de metal de alta velocidad, chispas calientes, salpicaduras) que se emiten por la fuerza como parte del proceso de la máquina.
<b>Zona de peligro</b>	Área alrededor o dentro de una máquina donde una persona podría entrar en contacto con una parte peligrosa y sufrir lesiones. Esta zona puede incluir puntos de pellizco, áreas de corte, zonas de aplastamiento, o cualquier otro lugar donde exista un riesgo mecánico.
<b>Bloqueo y etiquetado (LOTO)</b>	<i>Lockout &amp; Tagout</i> (LOTO) o en español, bloqueo y etiquetado, se refiere a prácticas y procedimientos específicos para proteger a los empleados contra el arranque inesperado de máquinas y equipos, o la liberación de energía peligrosa a la hora de intervenirlos

## **7. PROCEDIMIENTO**

A continuación, se muestran las instrucciones para poder llevar a cabo los procedimientos de las intervenciones menores.

### **7.1 Instrucciones generales**

Este programa de intervenciones menores ha establecido procedimientos de control de riesgos, dispositivos de protección, medidas de seguridad adecuadas, capacitación de empleados e inspecciones periódicas. Este programa asegura que, antes de realizar la intervención menor se implementen controles adecuados para poder realizar las mismas garantizando el control de la liberación de energía peligrosa que pueda accionar de forma involuntaria el funcionamiento de la máquina. Asimismo, cabe recalcar que las medidas de control durante las intervenciones menores serán acatadas por los técnicos u operarios que requieran realizar el ajuste, para ello, seguirán los procedimientos específicos de cada equipo, ahora bien, antes de que cualquier empleado realice una intervención menor, se debe asegurar que:

- Las salvaguardas (resguardos, sensores, etc.) estén activos y funcionando correctamente para proteger al operario o técnico durante la intervención.
- El procedimiento para la realización de la intervención menor se encuentra a mano y en buenas condiciones, asegurando que es claro su entendimiento.

Cabe recalcar que se toman en cuenta las acciones disciplinarias, es decir, por el incumplimiento de los procedimientos de seguridad durante las intervenciones menores, incluyendo la no utilización de las protecciones o controles alternativos necesarios, será considerado una falta grave de seguridad y podría resultar en acciones disciplinarias, incluyendo el despido. El retiro no autorizado de una protección o la realización de una intervención menor sin seguir los procedimientos establecidos está estrictamente prohibido.

### **7.2 Procedimientos generales de intervenciones menores**

Los trabajadores pueden realizar intervenciones menores siempre que exista un sistema para brindar protección efectiva. Ese sistema incluirá procedimientos de intervenciones menores documentados que:

- Defina las tareas específicas que se permiten realizar con el procedimiento.
- Incluya instrucciones paso a paso con fotografías o diagramas específicos del equipo que identifiquen las medidas de seguridad e instrucciones para su uso adecuado.
- Incluya la provisión de al menos dos medidas de seguridad independientes para evitar lesiones por energía peligrosa y arranque inesperado del equipo.
- Incluya una disposición para que cada empleado involucrado en la tarea mantenga el control de al menos una medida de seguridad.
- Están aprobados por el personal adecuado. Esta revisión debe ser completada por EHS, Ingeniería y el Propietario del Equipo.
- Capacitación para todos los empleados correspondientes sobre procedimientos de intervenciones menores aplicables.
- Una selección de medidas de seguridad basadas en una evaluación de riesgos del equipo, la fiabilidad del control y el peligro.

A continuación, se muestra una propuesta de plantilla del documento para la recolección de la información que indique los pasos para hacer intervenciones menores a una máquina de manera segura. Esta plantilla se propone con el fin de normar el formato de los procedimientos de las intervenciones menores de todas las máquinas nuevas que ingresen y requieran este procedimiento.

INTERVENCIONES MENORES	
Nombre real de la máquina	Versión #

Imagen	Equipo	Ubicación	Alcance del procedimiento
(Imagen de la máquina)	Nombre y activo de la máquina	Área específica	Tarea de intervención menor
<b>EPP requerido</b>			
<b>Herramientas/Materiales</b>			
<b>Tipos</b>			

RECORDATORIOS DE SEGURIDAD			
Rutinario, integral y repetitivo		Salvaguardas requeridas	Interfaz hombre-máquina (HMI)
Las tareas de intervenciones menores deben ser: Rutinaria Parte integral de la producción Repetitiva Normalmente de corta duración (menos de 5 minutos) <b>Si no es así, se requiere LOTO.</b>	<b>Rutina:</b> Ocurre como una parte normal de un proceso de producción.	Para proteger a los empleados de energías peligrosas: 1. Se debe aplicar un mínimo de dos (2) salvaguardas independientes (dispositivos de seguridad). 2. Al menos una (1) salvaguarda debe estar bajo <b>el control exclusivo</b> de la persona que realiza la tarea de Intervención Menor.	Para ser considerados una salvaguarda, los dispositivos HMI deben estar bajo el control exclusivo del empleado que realiza una intervención menor.
	<b>Integral:</b> Es esencial para el proceso de producción y facilita directamente el propósito previsto del equipo.		
	<b>Repetitivo:</b> Se repite regularmente como parte de los procedimientos establecidos.		

Paso	Acción	Fotos/Diagramas
1.		
2.		
3.		
Salvaguardas		
1.	<b>Salvaguarda:</b>	
2.	<b>Salvaguarda que controla el operador:</b>	

Registro de revisión	Nombre (en letra de imprenta)	Firma	Fecha	Comentarios
Rep. EHS				
Rep. Ingeniería				
Rep. Gerencia				

	Fecha	Revisión/Comentarios
<b>Registro de cambios</b>		

### **7.3 Máquinas o equipos a los que se les aplican las intervenciones menores**

En relación con las máquinas a las que se les pueden aplicar intervenciones menores, existen dos escenarios principales que deben ser considerados. El primer caso ocurre cuando, al ingresar una máquina a la planta, se aplica la evaluación de riesgos inicial para equipos o *Equipment Review form* (EIE), la que cual identifica que el equipo permite la realización de intervenciones menores de forma segura, en este escenario, se procede a incluir en el inventario a la máquina, y a partir de ahí se desarrolla un procedimiento específico para ejecutar dichas intervenciones, siguiendo las normativas de seguridad correspondientes.

El segundo escenario se presenta cuando una máquina que ingresa a la planta requiere intervenciones menores, pero durante el EIE se detecta que no cuenta con las salvaguardas necesarias, como lo exige la OSHA 29CFR 1910.147. En este caso, es imperativo implementar las salvaguardas requeridas antes de permitir cualquier intervención menor en el equipo. Para lograr con éxito este diseño, se requiere de una serie de evaluaciones de riesgos y revisión normativa aplicable. A continuación, se detallan las acciones a cumplir, según los dos escenarios planteados anteriormente, para poder identificar las máquinas que requieren de dicho procedimiento.

#### **7.3.1 Identificación de las máquinas a las que les aplican intervenciones menores**

Cuando una nueva máquina ingresa a la planta, se reubica o se modifican sus condiciones de uso, es obligatorio que el supervisor del área solicite la aprobación del departamento de EHS antes de iniciar su operación, para dar la aprobación, el departamento de EHS realiza una evaluación de riesgos inicial o, por sus siglas, EIE para asegurar que la máquina cumpla con los requisitos de seguridad. Actualmente, esta evaluación no contempla la identificación de intervenciones menores en una máquina, por lo tanto, se propone incluir un apartado específico en la evaluación de riesgos que permita determinar si es necesario aplicar intervenciones, esta adición asegurará un control adecuado de los riesgos desde el inicio de la operación del equipo.

Es importante destacar que este apartado se refiere exclusivamente a la incorporación de la sección sobre intervenciones menores dentro del EIE., en consecuencia, este apartado se limita a abordar específicamente las intervenciones menores, mientras que los datos

generales, tales como el nombre del evaluador, la fecha, el turno y otros detalles relevantes, ya están contemplados en el formulario estándar de evaluación. A continuación, se puede observar el detalle de la sección.

Intervenciones menores		
Aspecto por evaluar	Marque con "x"	Respuesta
Para cambiar alguna pieza de la máquina, realizar un ajuste o corrección. ¿Debe de intervenirla? Es decir, introducir alguna parte de su cuerpo en la máquina mientras esta sigue energizada.		Sí
		No
		No aplica
En caso de responder que sí a la pregunta anterior. ¿Es esta acción rutinaria, repetitiva e integral?		Sí
		No
		No aplica
En caso de responder que sí a la pregunta anterior, indique cuál es la frecuencia específica de esta intervención.		Al menos una vez al día
		Al menos tres veces por semana
		Al menos una vez a la semana
		No aplica
Indique el tiempo estimado de la realización de la intervención menor.		Menos de un minuto
		Uno a dos minutos
		Tres a cuatro minutos
		Más de cuatro minutos
		No aplica
Indique los peligros a los que se expone el colaborador durante la intervención menor a la máquina.		Aplastamiento
		Corte o amputación
		Cizallamiento
		Atrapamiento
		Golpes o impactos
		Proyección de partículas
		Contacto con energía eléctrica
		Quemaduras por calor o frío
		Emisión de radiaciones
	Otro:	
Identificación de salvaguardas		
Aspecto por evaluar	Marque con "x"	Respuesta
		Guardas

<b>Indique todas las salvaguardas que posee la máquina.</b>		Dispositivos de enclavamiento
		Barreras de protección
		Cortinas de luz de seguridad
		Sensores de proximidad
		Dispositivos de parada de emergencia
		Controles a dos manos
		Resguardos automáticos
		Barreras fotoeléctricas
		Protectores de presión
		Resguardos de enclavamiento con bloqueo
		Controles de velocidad segura
		Escudos físicos
		Otro:
<b>¿Tiene el colaborador el control de al menos una salvaguarda?</b>		Sí ¿Cuál?:
		No
		No aplica
<b>¿Protegen las guardas del peligro identificado, además, se encuentran funcionando sin ningún tipo de fallo y no son fáciles de eludir?</b>		Sí
		No
		No aplica

Si según el resultado del formulario anterior, se concluye que a la máquina sí se le puede aplicar una intervención menor y, además, posee las dos salvaguardas requeridas según la normativa, se deben de seguir los siguientes pasos:

- a) **Reporte de la máquina:** Reportar la existencia de la máquina y registrarla en el inventario de intervenciones menores.
- b) **Creación del procedimiento:** Desarrollo de un procedimiento de intervención menor específico para la máquina.
- c) **Validación del procedimiento:** El procedimiento creado es sometido a una revisión técnica con el supervisor de área, ingeniero de área y el representante de EHS del área, para garantizar su viabilidad y seguridad durante la realización de los procedimientos menores.

- d) Recolección de firmas:** Se obtienen las firmas necesarias de las partes responsables una vez se ha validado el documento.
- e) Comunicación del procedimiento:** Una vez el procedimiento este completo, se comunica la existencia del nuevo procedimiento a todos los responsables del área donde se va a operar la máquina.
- f) Capacitación:** Se lleva a cabo la capacitación de los colaboradores que estarán encargados de realizar las intervenciones menores.
- g) Entrega del procedimiento:** Finalmente, el procedimiento se distribuye a los operarios, y se colocan copias en las áreas de trabajo donde se aplicarán las intervenciones menores, para asegurar su accesibilidad y consulta continua.

### **7.3.2 Diseño de salvaguardas para que se permita aplicar intervenciones menores a una máquina**

En el caso de que, tras aplicar el cuestionario de la sección anterior, se determine que la máquina es apta para intervenciones menores, pero no cumple con la existencia de las dos salvaguardas requeridas por la OSHA 29CFR 1910.147 para permitir dichas intervenciones, será necesario proceder con el diseño de las salvaguardas correspondientes. Para este diseño, se pueden utilizar dos herramientas clave a manera de guía: primero, una matriz de comprobación de seguridad en maquinaria mediante el diseño de salvaguardas y posteriormente una evaluación de riesgos.

#### **a) Matriz de comprobación de seguridad en maquinaria mediante el diseño de salvaguardas**

La primera herramienta se basa en la UNE-EN ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo. (ISO 12100:2010). Consiste en una matriz basada en los criterios establecidos por dicha norma y su propósito principal es facilitar, en primer lugar, la evaluación de la máquina para identificar qué salvaguardas o requisitos de seguridad necesarios para un diseño seguro no se encuentran implementados, de acuerdo con los lineamientos que establece la norma, posteriormente, esta matriz sirve como una guía estructurada para el diseño de las

salvaguardas requeridas, proporcionando una referencia clara y sistemática para la implementación de medidas de protección eficaces. Cabe recalcar que la matriz asigna una puntuación a cada pregunta y mediante un criterio profesional se debe de puntuar la misma de acuerdo con la referencia asignada y a las condiciones de seguridad en tanto al diseño de la máquina. La herramienta se detalla a continuación.

<b>Nombre de la máquina</b>				
<b>Activo de la máquina</b>				
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>				
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>				
<b>Persona que realiza la inspección:</b>				
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>				
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Se utiliza la máquina según lo previsto por el fabricante?			3	
¿La intervención menor requiere esfuerzo físico?			1	
¿Está en buenas condiciones el interruptor de encendido/apagado?			1	
¿Todos los elementos del control de mando están etiquetados de forma clara y fácil de entender?			1	
<b>Elementos relacionados con la zona de peligro</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Existe visibilidad directa a las zonas de peligro?			2	
¿La zona de peligro están bien iluminadas?			2	
¿La zona que se interviene está provista de aristas cortantes, ángulos agudos, partes salientes que representen un peligro?			3	
¿Se garantiza que no haya personas presentes en la zona de peligro de la máquina?			1	
¿Existe un acceso seguro a todos los puntos necesarios para los trabajos de intervención menor?			1	
¿Están ubicados los elementos de control fuera de las zonas de peligro?			3	

<b>Nombre de la máquina</b>				
<b>Activo de la máquina</b>				
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>				
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>				
<b>Persona que realiza la inspección:</b>				
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>				
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
Los botones de inicio no deben poder accionarse desde dentro de la zona de peligro.				
¿El operador tiene conocimiento de todas las zonas peligrosas de la máquina?			3	
<b>Elementos relacionados con las salvaguardas</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Están los dispositivos de protección diseñados de manera que no puedan eludirse fácilmente?			3	
Si la máquina tiene salvaguardas ¿están sujetas a inspecciones periódicas y/o mantenimiento preventivo por parte de una persona cualificada?			1	
¿Se especifican el tipo, el alcance, los requisitos y el calendario de las inspecciones de las salvaguardas (por ejemplo, en el plan de inspección y mantenimiento)?			1	
¿Están documentadas las inspecciones y/o mantenimientos?				
Los registros deben proporcionar al menos información sobre 1. Identificación de la máquina, 2. Fecha de inspección, 3. norma técnica u otra referencia para la inspección, 4. Alcance de la inspección, 5. resultado de la inspección, 6. plazo hasta la próxima inspección periódica, 7. nombre y firma del inspector y de la empresa a la que pertenece.			1	
¿Se han corregido deficiencias identificadas en las salvaguardas y se ha documentado?			2	
¿Las salvaguardas poseen dispositivo de enclavamiento con bloqueo?			2	

<b>Nombre de la máquina</b>				
<b>Activo de la máquina</b>				
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>				
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>				
<b>Persona que realiza la inspección:</b>				
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>				
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Las salvaguardas o resguardos impiden completamente el acceso a las zonas peligrosas de la máquina?			1	
Si hay varios controles para arrancar la máquina en diferentes lugares:			1	
¿Se proporcionan enclavamientos que garantizan que el arranque solo sea posible desde un elemento de control?			1	
¿Las salvaguardas tienen equipo de protección sensible, SPE?			1	
Equipo para detectar personas o partes de personas que genera una señal de bloqueo para el sistema de mando con el fin de reducir el riesgo para las personas detectadas.			1	
¿Las salvaguardas tienen dispositivo de retención mecánica?			2	
Dispositivo cuya función es insertar en un mecanismo, un obstáculo mecánico (por ejemplo, cuña, pasador, bloque, calce) capaz de oponerse, en base a su resistencia a cualquier movimiento peligroso.			2	
¿Poseen las salvaguardas un dispositivo limitador?			2	
Dispositivo que impide que una máquina o condición(es) peligrosa(s) de una máquina sobrepase(n) un límite establecido (límite de desplazamiento, límite de presión, límite de momento de carga, etc.).			2	
¿Se puede observar fácilmente, por parte del operario(a), si una salvaguarda fue puesta correctamente para garantizar la seguridad que provee?			2	

<b>Nombre de la máquina</b>				
<b>Activo de la máquina</b>				
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>				
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>				
<b>Persona que realiza la inspección:</b>				
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>				
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Se detienen todos los movimientos peligrosos al abrir el dispositivo de protección o mover la salvaguarda?			3	
¿Se evita un arranque automático después de colocar la salvaguarda?				
La máquina solo se puede poner en marcha cuando la salvaguarda está cerrada y se presiona conscientemente el botón START. Son posibles excepciones si no existe ningún riesgo asociado con el arranque automático (máquinas muy pequeñas sin áreas accesibles).			3	
¿Tiene la máquina sistema de control de fallos que avise o indique un fallo en las salvaguardas?			1	
En las máquinas con control de dos mandos ¿Está garantizado que el control de dos manos solo puede ser operado por dos manos?			3	
¿Se detienen los movimientos peligrosos al soltar un elemento operativo del mando a dos manos?			1	
¿La fuerza de accionamiento de los mandos para realizar la intervención menor, es adecuada para evitar un peligro mecánico?			1	
<b>Elementos relacionados al botón de paro de emergencia.</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Está en buenas condiciones el botón de paro de emergencia? Botón rojo con fondo amarillo y etiqueta con el nombre en español.			1	
¿Es fácil y rápido acceder al botón de paro de emergencia en la posición que se			3	

<b>Nombre de la máquina</b>				
<b>Activo de la máquina</b>				
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>				
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>				
<b>Persona que realiza la inspección:</b>				
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>				
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
requiere para realizar la intervención menor?				
¿El botón de paro de emergencia suspende los movimientos peligrosos de la máquina abruptamente?			2	
Al activar el paro de emergencia ¿se generan otros peligros asociados?			2	
Después de activar el paro de emergencia, ¿es posible reiniciar la máquina inmediatamente después de desbloquear el botón de paro de emergencia?			3	
La máquina no debe poder arrancarse mientras se presiona el paro de emergencia. Un reinicio solo puede ser posible si el paro de emergencia está desbloqueado y se presiona el botón de inicio.				
¿El botón de paro de emergencia desactiva todos los movimientos de la máquina? Verificar si el paro de emergencia para todos los movimientos o hay varios paros para diferentes secciones de la máquina.			1	
¿Para disipar la energía almacenada de la máquina en una emergencia, es suficiente con activar el botón de paro de emergencia?			1	
Al activar el paro de emergencia y en caso de que una persona quede atrapada ¿existen mecanismos que permitan liberar a la persona sin desbloquear el paro de emergencia?			3	
<b>Resultado de la inspección:</b>				
<b>Fecha de la próxima inspección:</b>				

**b) Evaluación de riesgos**

La segunda herramienta se basa en el método de análisis de riesgos y operatividad (HAZOP). Su objetivo es evaluar el nivel de riesgo que presenta la máquina en ausencia de las dos salvaguardas requeridas por la norma. Este análisis no solo permite identificar los riesgos asociados, sino que también actúa como una guía para determinar los puntos específicos que requieren protección y seleccionar el tipo de salvaguarda más adecuada según los riesgos identificados, la utilización de esta herramienta proporciona un enfoque sistemático para priorizar las áreas de intervención, evaluando la severidad y probabilidad de los riesgos operacionales. La metodología, los criterios de puntuación y los cuadros de evaluación necesarios para su aplicación se detallan a continuación.

**Tabla 2**

*Frecuencia en la que ocurre el peligro*

Frecuencias	
Puntuación	Probabilidades
1	Casi imposible
2	Muy improbable
3	Improbable
4	Posible que ocurra
5	Continuamente / Posible que ocurra muchas veces

**Tabla 3**

*Severidad o consecuencia en caso de que se manifieste el riesgo*

Severidad / Consecuencias					
Categoría		Entorno humano	Infraestructura y medios	Medio ambiente	Negocio
5	Muy alto	Accidente fatal o efecto a largo plazo	Daño a la propiedad mayor a \$1,000,000	Impacto ambiental catastrófico (daños ambientales generalizados irreparables o reparables a largo plazo (años))	Prensa nacional e internacional
					Perturbación pública significativa
4	Alto	Accidente severo con lesiones incurables	Daño a la propiedad entre \$500,000 a \$1,000,000	Impacto ambiental mayor (daño ambiental reparable a mediano plazo, limpieza en	Medios de comunicación nacional y local

Severidad / Consecuencias					
Categoría		Entorno humano	Infraestructura y medios	Medio ambiente	Negocio
				un periodo de semanas/meses)	Perturbación pública baja
3	Medio	Accidente con pérdida de días laborales	Daño a la propiedad entre \$125,000 a \$500,000	Impacto ambiental medio (daño ambiental reparable a corto plazo, limpieza en un periodo de días/semanas)	Atención de medios locales Denuncias públicas
2	Bajo	Accidente con tratamiento de primeros auxilios	Daño a la propiedad entre \$3,000 a \$125,000	Impacto ambiental menor (pequeño daño ambiental sin consecuencias, limitado al lugar)	Ninguna atención de medios locales Denuncias públicas
1	Muy bajo	Sin lesiones	Daño a la propiedad menor a \$3,000	Sin impacto ambiental	Sin impacto sobre la imagen de la organización

**Tabla 4**

*Nivel de riesgo según la puntuación de frecuencia y de consecuencia seleccionada*

Matriz			Frecuencia				
			Casi imposible	Muy improbable	Improbable	Posible que ocurra	Continuamente / Posible que ocurra muchas veces
			1	2	3	4	5
Consecuencias	Muy alto	5	5	10	15	20	25
	Alto	4	4	8	12	16	20
	Medio	3	3	6	9	12	15
	Bajo	2	2	4	6	8	10
	Muy bajo	1	1	2	3	4	5

**Tabla 5**

*Nivel de riesgo y tolerancia*

Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo	Acciones
<b>Extremo</b>	<b>Inaceptable</b>	Riesgo intolerable Este riesgo solo será aceptado en circunstancias extraordinarias y con aprobación de autoridad competente
<b>Alto</b>	<b>No deseado</b>	Tomar las medidas de mitigación factibles para reducir el riesgo
<b>Moderado</b>	<b>Tolerable</b>	Tolerable bajo aprobación del comité de seguridad
<b>Bajo</b>	<b>Aceptable</b>	No es necesario tomar medidas correctivas

Finalmente, a continuación, se muestra el documento de recopilación de información que se puede utilizar para llevar a cabo el HAZOP y llevar el registro de estos.

<b>Fecha</b>		<b>Lugar</b>	
<b>Nombre del equipo</b>		<b>Proceso</b>	
<b>Turno</b>		<b>Tiempo de la intervención menor</b>	
<b>Aplicado por</b>			
<b>Jefe de estudio</b>			
<b>Líder facilitador</b>			
<b>Equipo Técnico</b>			
<b>Secretario Técnico</b>			

**Diagrama para la identificación de nodos**

**Evaluación de riesgos**

Palabra Guía	Falla o desviación	Causas	Consecuencias		Controles existentes (salvuardas)	Riesgo			
			Descripción	Tipo		Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo

Una vez que se hayan identificado los riesgos y aplicado la matriz, se podrá determinar el tipo de salvaguarda más adecuado para la máquina. Una vez seleccionada la salvaguarda óptima, será necesario tomar en cuenta los siguientes pasos:

- a) Presentar la propuesta al ingeniero responsable del área para su revisión, la alternativa deberá ser aprobada tanto por el ingeniero como por el supervisor del área, considerando no solo los aspectos técnicos, sino también el presupuesto asociado a su implementación.
- b) Una vez aprobado el presupuesto será necesario cotizar la creación del resguardo, ya sea con el proveedor de la máquina en cuestión o con el taller de la empresa, que dependiendo de la magnitud del resguardo pueden realizar la confección.
- c) Finalmente, una vez se apruebe la confección de las salvaguardas será necesario modificar el procedimiento de trabajo de acuerdo con la nueva configuración de la máquina.

## **8. INSPECCIÓN PERIÓDICA**

Se llevará a cabo una inspección anual de los procedimientos de intervenciones menores tal y como lo aborda el programa de LOTO de la empresa, además, deberán ser específicos de cada equipo para evaluar la efectividad de los procedimientos y corregir cualquier desviación o fallas identificadas. La inspección anual será realizada por el representante de EHS de cada una de las áreas de la empresa en conjunto con un ingeniero de manufactura o técnico de mantenimiento y será responsabilidad el empleado de EHS de informar al representante del portafolio de seguridad de la empresa sobre cualquier anomalía encontrada durante la inspección.

Además, se certificará que se han realizado las inspecciones periódicas. Cualquier cambio realizado a un procedimiento de intervenciones menores deberá documentarse para mantener los procedimientos actualizados.

FORMULARIO DE INSPECCIÓN DE INTERVENCIONES MENORES	
Nombre real de la máquina	Versión #

Imagen	Equipo	Ubicación	Alcance del procedimiento
(Imagen de la máquina)	Nombre y activo de la máquina	Área específica	Tarea de intervención menor
<b>EPP requerido</b>			
<b>Herramientas / Materiales</b>			
<b>Tipos de energía</b>			

Requerimiento	Cumplimiento
La tarea es rutinaria	
La tarea es parte integral de producción	
La tarea es repetitiva	
La tarea es de corta duración, menos de cinco minutos	
La máquina posee al menos dos salvaguardas	
Una de las salvaguardas está bajo el control del operario	
Los pasos de la intervención menor no han cambiado	
Las salvaguardas se encuentran en el mismo estado del momento en que se hizo la última inspección	
Las fotografías del procedimiento están actualizadas	
El procedimiento fue revisado por los tres responsables, EHS, ingeniería, gerencia del departamento.	
Se registraron los cambios de la última versión	

**Observaciones:**

--

## **9. CAPACITACIÓN**

A continuación, se presenta el plan de capacitación basado en la UNE-ISO 10015:2020 Gestión de la calidad. Directrices para la gestión de la competencia y el desarrollo de las personas.

### **9.1 Introducción**

A continuación, se muestran los elementos introductorios del programa.

#### **9.1.2 Objetivo general**

Desarrollar en los colaboradores las competencias necesarias para realizar intervenciones menores de manera segura y eficiente, garantizando que conozcan los peligros a los que se exponen y los controles que los protegen, a fin de minimizar riesgos laborales y garantizar la continuidad de las operaciones.

#### **9.1.3 Alcance**

Esta capacitación aplica a todos los empleados que manipulan máquinas a las cuales se les identificaron tareas de intervención menor o que se ven afectados por la intervención, en donde la activación inesperada, arranque o liberación de energía almacenada generen un riesgo para el personal al ejecutar el procedimiento de intervenciones menores.

### **9.2 Análisis de necesidades de capacitación**

Es importantes identificar las brechas existentes entre las competencias actuales de los trabajadores y las competencias requeridas para desempeñar sus funciones de manera efectiva, por lo que se identifican las competencias que se requieren, se capacita al personal y evalúa la adquisición del conocimiento.

Los trabajadores involucrados recibirán entrenamiento anual sobre los aspectos generales del programa de intervenciones menores y cada vez que este se actualice. Este entrenamiento incluirá lo siguiente:

- Instrucción sobre el propósito y uso de los procedimientos de intervenciones menores y los requisitos del procedimiento que se aplican a sus tareas de trabajo.

- El reconocimiento de las fuentes de energía peligrosas aplicables, el tipo y la magnitud de la energía disponible en el lugar de trabajo, y los métodos y medios necesarios para controlar o aislar la energía peligrosa.

### **9.2.2 Identificación de las competencias requeridas**

La realización de intervenciones menores requiere de un nivel de competencia tanto técnica como conductual, el desarrollo de habilidades es fundamental para garantizar la seguridad de los trabajadores, prevenir accidentes y proteger las instalaciones. Al contar con los conocimientos y las aptitudes necesarias, los empleados podrán identificar y controlar los riesgos asociados a estas tareas, minimizando así la probabilidad de que ocurran incidentes.

#### **a) Competencias Técnicas**

- Conocimiento de las máquinas: se pretende que los trabajadores comprendan las características técnicas básicas y funcionamiento de las máquinas a las que se les realizan las intervenciones.
- Identificación de peligros y evaluación de riesgos: se busca que los trabajadores sean capaces de reconocer los peligros asociados a las intervenciones menores y evaluar los riesgos potenciales.
- Aplicación de medidas de control: se requiere que los trabajadores conozcan las medidas de control de riesgos que tiene cada máquina, como el uso de las salvaguardas.
- Conocimiento de procedimientos: los empleados deben estar familiarizados con los procedimientos específicos para realizar intervenciones menores.
- Normativa y estándares de seguridad: es fundamental que los trabajadores conozcan de dónde proviene el requerimiento de la normativa de intervenciones menores, así como los estándares aplicables.

#### **b) Competencias Conductuales**

- Seguimiento de instrucciones: los trabajadores deben ser capaces de seguir las instrucciones y paso a paso establecidos en los procedimientos de intervenciones menores.
- Proactividad: se espera que los trabajadores identifiquen y reporten condiciones o actos inseguros.

- Responsabilidad: los trabajadores deben asumir la responsabilidad por su propia seguridad y la de sus compañeros de trabajo cuando corresponda.

### **c) Evaluación de la Capacitación**

Será necesario capacitar al personal cada vez que:

- Las máquinas existentes se modifican, presentando potenciales peligros.
- Se incorpora una máquina nueva con peligros distintos a las máquinas existentes.
- Se modifica el control de la energía y/o de las salvaguardas.
- Se identifican anomalías en el proceso de aplicación de los procedimientos de intervenciones menores.
- Se actualice el procedimiento de intervenciones menores.

Para evaluar las necesidades de conocimiento y posterior a la capacitación validar la efectividad de esta se realiza una evaluación, a modo de verificar la comprensión de la información adquirida por el personal.

1. Explique en sus propias palabras, ¿cuál es la función de un resguardo o dispositivo de seguridad?

---

2. ¿Cuál de las siguientes características NO es esencial para que una tarea sea considerada una intervención menor?

a) Rutinaria

b) Integral

c) Compleja

d) Repetitiva

3. ¿Cuál es el objetivo principal de las salvaguardas en las intervenciones menores?

a) Aumentar la producción.

b) Proteger a los empleados de energías peligrosas.

- c) Reducir los costos de mantenimiento.
  - d) Simplificar los procesos de producción.
4. ¿Cuántas salvaguardas independientes (dispositivos de seguridad) debe tener la máquina, como mínimo, para realizar una intervención menor de manera segura?
- a) 1
  - b) 2
  - c) 3
  - d) Depende del tipo de equipo
5. Para proteger a los empleados de energías peligrosas:
- Se debe aplicar un mínimo de dos (2) salvaguardas independientes (dispositivos de seguridad).
  - Al menos una (1) salvaguarda debe estar bajo el control exclusivo de la persona que realiza la tarea de Intervención Menor.

El texto anterior es:

- a) Verdadero.
  - b) Falso.
6. ¿La nueva disposición es un requerimiento de cual estándar de EHS?
- a) Control de químicos.
  - b) Bloqueo y etiquetado (LOTO).
  - c) Contratistas.
  - d) Gestión de residuos.
7. ¿Cuál de las siguientes NO es una salvaguarda?
- a) Botón del paro de emergencia.
  - b) Botón de encendido y apagado.
  - c) Mando de dos manos.
  - d) Puerta de seguridad.

### 9.3 Diseño e implementación de la capacitación

A continuación, se muestran las estrategias de planificación, ejecución y seguimiento para el desarrollo de la capacitación en temas de intervenciones menores.

#### 9.3.1 Planificación y ejecución

A continuación, se muestra la planificación para le ejecución de las capacitaciones para la aplicación de intervenciones menores.

**Tabla 6**

*Plan para la implementación de la capacitación*

Tema	Objetivos de aprendizaje	Contenidos	Recursos	Metodología	Duración	Personal que debe participar	Encargado de la capacitación
Inducción al programa de intervenciones menores.	Conocer y comprender los objetivos del programa, así como el contenido de este.	Explicar los componentes del programa y dar a conocer las responsabilidades de los involucrados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sala.</li> <li>• Computadora.</li> <li>• Presentación.</li> <li>• Proyector.</li> <li>• Lista de asistencia.</li> </ul>	Sesión presencial teórica.	1 hora.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operarios.</li> <li>• Técnicos.</li> <li>• Supervisor de área.</li> </ul>	Departamento de EHS.
Qué son las intervenciones menores y su origen	Comprender el concepto de intervenciones menores, cuando se aplican y como llevarlas a cabo de manera segura.	Definición de intervenciones menores, cuál es su origen y cuando es posible aplicarlas,	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sala.</li> <li>• Computadora.</li> <li>• Presentación.</li> <li>• Proyector.</li> <li>• Lista de asistencia.</li> </ul>	Sesión presencial teórica.	30 minutos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operarios.</li> <li>• Técnicos.</li> <li>• Supervisor de área.</li> </ul>	Departamento de EHS.

Tema	Objetivos de aprendizaje	Contenidos	Recursos	Metodología	Duración	Personal que debe participar	Encargado de la capacitación
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Manual de procedimientos de intervenciones menores.</li> </ul>				
Energías peligrosas y su relación con las intervenciones menores.	Comprender los tipos de energías peligrosas con las que operan las máquinas de la empresa, así como los mecanismos para el control de estas y como esto se relaciona con las intervenciones menores.	Energías peligrosas, métodos de control de energías peligrosas y su relación con las intervenciones menores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sala.</li> <li>Computadora.</li> <li>Presentación.</li> <li>Proyector.</li> <li>Lista de asistencia.</li> <li>Videos explicativos.</li> </ul>	Sesión presencial teórica.	30 minutos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operarios.</li> <li>Técnicos.</li> <li>Supervisor de área.</li> </ul>	Departamento de EHS.
Identificación de peligros y control de riesgos mediante la implementación de salvaguardas.	Identificar los peligros presentes durante la realización de intervenciones menores, así como el control de riesgos mediante la implementación de salvaguardas, así como sus tipos y funciones.	<p>Metodologías para la identificación de riesgos y tipos de salvaguardas y su función.</p> <p>Exposición de casos reales de incidentes con maquinaria.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sala.</li> <li>Computadora.</li> <li>Presentación.</li> <li>Proyector.</li> <li>Lista de asistencia.</li> </ul>	Sesión presencial teórica.	2 horas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operarios.</li> <li>Técnicos.</li> <li>Supervisor de área.</li> </ul>	Departamento de EHS.

Tema	Objetivos de aprendizaje	Contenidos	Recursos	Metodología	Duración	Personal que debe participar	Encargado de la capacitación
Procedimientos de intervenciones menores.	Asegurar que los operarios y/o técnicos conozcan los procedimientos de intervenciones menores de las máquinas que operan.	Procedimientos de intervenciones menores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sala.</li> <li>• Computadora.</li> <li>• Presentación.</li> <li>• Proyector.</li> <li>• Lista de asistencia.</li> <li>• Procedimientos de intervenciones menores.</li> </ul>	Sesión presencial teórica.	2 horas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operarios.</li> <li>• Técnicos.</li> <li>• Supervisor de área.</li> </ul>	Departamento de EHS.
Normativa aplicable y requisitos de seguridad.	Conocer la normativa vigente y los requisitos de seguridad que rigen las intervenciones menores, así como el diseño de salvaguardas.	Resumen de lo requerido por la norma OSHA 29 CFR 1910.147 y la ISO 12100:2010 Seguridad de las máquinas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sala.</li> <li>• Computadora.</li> <li>• Presentación.</li> <li>• Proyector.</li> <li>• Lista de asistencia.</li> </ul>	Sesión presencial teórica.	30 minutos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supervisor de área.</li> </ul>	Departamento de EHS.

### 9.3.2 Seguimiento

Para el seguimiento de las capacitaciones, se implementará un registro de asistencia que permitirá documentar detalladamente a los empleados capacitados, incluyendo la fecha exacta en la que recibieron la formación, este registro es fundamental para gestionar adecuadamente las fechas de renovación de las capacitaciones, permitiendo un control eficiente del plan de capacitación para intervenciones menores. El formato que se utilizará para el registro de asistencia se basa en el registro normado que la empresa ya tiene en uso. A continuación, se presenta el documento para el registro de asistencia.

Registro de asistencia al entrenamiento				
<b>Fecha de entrenamiento:</b>		<b>Método de entrenamiento:</b>	<input type="checkbox"/> Dirigido por instructor <input type="checkbox"/> Demostración	
<b>Razón del entrenamiento</b>	<b>Descripción del entrenamiento</b>			
<input type="checkbox"/> Capacitación para documentos nuevos / actualizados	<b>Documento #</b>	<b>Título del documento</b>	<b>Versión</b>	
<input type="checkbox"/> CAPA / NCMR / Observación / Otro número de referencia	<b>Número:</b>			
<input type="checkbox"/> Entrenamiento general	<b>Descripción general del entrenamiento</b>			
Información del aprendiz				
N°	Número de empleado	Nombre impreso	Firma	Fecha de firma
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

9				
10				
<b>Información del entrenador</b>				
<b>Número de empleado</b>	<b>Nombre impreso</b>	<b>Firma</b>	<b>Fecha</b>	

## 10. Comunicación

El punto inicial de comunicación a los empleados será en la inducción general realizada al comienzo del contrato de cada empleado en la empresa, a su vez, cada máquina nueva que llegue a la empresa o cada máquina a la que se realicen cambios y estos provoquen variaciones en el funcionamiento de esta, se realizará nuevamente la evaluación de seguridad de EHS tomando en cuenta el aspecto de intervenciones menores. Todo cambio o variación en el funcionamiento de la máquina deberá ser informado al departamento de EHS, supervisor del área donde se encuentra la máquina y operarios, documentando el cambio en el paso a paso del procedimiento de intervenciones menores.

A su vez, es posible utilizar los espacios de EHS en las reuniones diarias de los departamentos de producción para informar al personal sobre temas relacionados con intervenciones, además de correos y otros canales de comunicación con el personal.

## 11. Mejora continua del programa

A continuación, se muestran los elementos involucrados en la gestión de la mejora continua para este programa.

### 11.1 Evaluación

Seguidamente, se presentan los lineamientos generales para evaluar la efectividad del programa de intervenciones menores, con el objetivo de medir el grado de implementación de las actividades propuestas y su capacidad para cumplir con los objetivos de seguridad y eficiencia.

#### 11.1.1 Indicadores de seguimiento para medir el nivel de implementación del programa

El seguimiento para medir el nivel de implementación del programa se realizará a través de una serie de indicadores específicos, los cuales serán evaluados y reportados de manera mensual, los mismos se presentan a continuación, así como el informe final para el reporte.

- **Cantidad de máquinas que requieren intervenciones menores identificadas**

El propósito de este indicador es llevar un registro detallado de las máquinas a las que se les puede aplicar intervenciones menores, ya sea porque cumplen automáticamente con los requisitos, es decir, cuentan con las dos salvaguardas necesarias, o porque, tras realizar el EIE se concluyó que es posible realizar la intervención menor, aunque aún requieran el diseño de las salvaguardas. Este indicador recopila ambas situaciones, diferenciando claramente entre las máquinas que ya cumplen y aquellas que requieren intervención, cabe destacar que este indicador es meramente cuantitativo y no involucra el uso de fórmulas, limitándose a un conteo de las máquinas en cada categoría.

- **Control de peligros identificados**

El objetivo de este indicador es medir la efectividad en el control de los peligros identificados durante las intervenciones menores, por lo que, este indicador evalúa la relación entre los peligros identificados y los peligros que han sido controlados, ya sea porque la máquina en cuestión cuenta con las salvaguardas necesarias, o porque se implementaron salvaguardas adicionales, las cuales se plantearon a través del análisis de riesgos con herramientas como HAZOP y la matriz de salvaguardas, tal como se describe en la sección 7.3.2.

Es importante señalar que, aunque la normativa exige un mínimo de dos salvaguardas, esto no limita la posibilidad de diseñar e implementar más salvaguardas si el tipo de máquina o proceso de trabajo lo requiere para garantizar la seguridad completa de los trabajadores. A continuación, se presenta la fórmula que será utilizada para calcular y medir este indicador.

$$\text{Control de peligros identificados} = \frac{\text{Peligros controlados}}{\text{Peligros identificados}} \times 100 \quad 1$$

En conclusión, este indicador permitirá evaluar la efectividad del programa en el control de los riesgos asociados a las intervenciones menores, ya que, cuanto mayor sea el número

de riesgos controlados según lo indicado por el resultado de este indicador, mayor será la efectividad del programa en garantizar la seguridad durante las intervenciones menores, por lo que el objetivo es obtener un resultado del 100 %.

- **Implementación de capacitaciones**

El objetivo de este indicador es medir la cantidad de empleados que realizan intervenciones menores y que han recibido capacitación específica para realizar dichas intervenciones de forma segura. Los datos para este indicador se obtendrán de dos fuentes, la primera el registro de asistencia a las sesiones de capacitación y la segunda, serían los datos proporcionados por el supervisor del área, que identificarán el número total de empleados que realizan intervenciones menores. El cálculo de este indicador se realizará mediante la comparación entre ambos conjuntos de datos, asegurando así un control efectivo sobre la capacitación del personal involucrado en las intervenciones menores.

$$\text{Capacitación} = \frac{\text{Personal capacitado}}{\text{Personal que realiza intervenciones menores}} \times 100 \quad 2$$

Este indicador tiene como objetivo medir la efectividad del programa en términos de que los involucrados en la realización de intervenciones menores, tengan el conocimiento necesario para llevarlas a cabo de forma segura. En resumen, se busca evaluar la cantidad de empleados que se están formando, al medir la proporción de empleados capacitados en comparación con aquellos expuestos, por lo que el objetivo es obtener un resultado del 100 %.

- **Aprobación de capacitaciones**

Este indicador tiene como propósito evaluar cuántos de los empleados capacitados están aprobando la evaluación descrita en la sección 9.4. Su objetivo no es solo medir la impartición de la capacitación, sino también verificar que los empleados comprendan correctamente los contenidos y sean capaces de aplicar los procedimientos de manera segura y efectiva durante las intervenciones menores. Este análisis permitirá determinar si la capacitación está logrando su objetivo de garantizar que los trabajadores adquieran las competencias necesarias para ejecutar los procedimientos de forma segura, minimizando los

riesgos asociados, por lo que el objetivo es obtener un resultado del 100 %. La fórmula para calcular este indicador se presenta a continuación.

$$\text{Aprobación de capacitaciones} = \frac{\text{Trabajadores que aprueban la evaluación}}{\text{Trabajadores capacitados}} \times 100 \quad 3$$

- **Indicador de cumplimiento de las responsabilidades de los involucrados en el programa**

Este indicador tiene como objetivo medir el cumplimiento de las responsabilidades asignadas según lo establecido en las secciones 4 y 5 del programa. El propósito es evaluar la efectividad del programa en relación con la asignación y ejecución de responsabilidades específicas, asegurando que cada una de las partes involucradas esté cumpliendo con sus funciones conforme a lo estipulado, por lo que el objetivo es obtener un resultado del 100 %. De esta manera, se podrá determinar si el programa está funcionando de manera eficiente y si las responsabilidades asignadas están siendo ejecutadas según lo planeado.

$$\text{Cumplimiento de responsabilidades} = \frac{\text{Responsabilidades cumplidas}}{\text{Responsabilidades asignadas}} \times 100 \quad 4$$

Finalmente, es fundamental llevar un registro detallado de todos los indicadores y garantizar una comunicación efectiva de los mismos. Los indicadores serán evaluados de manera mensual, y su difusión puede realizarse tanto por medio de correos electrónicos, dirigidos a los supervisores de las áreas, como a través de reuniones grupales cuando sea necesario y factible, además, es esencial que durante este proceso de comunicación se mantenga una apertura para recibir retroalimentación, por tanto, cada vez que se compartan los resultados, se debe dejar claro que cualquier oportunidad de mejora identificada por los técnicos y operarios encargados de las intervenciones menores o los supervisores de área será bien recibida. Esta retroalimentación debe ser registrada, se le debe dar seguimiento y validarse para determinar si es viable implementar las correcciones necesarias, finalmente, se presenta el formato que se utilizará para el registro de los indicadores y que también servirá como medio para comunicar los resultados.

Indicadores de seguimiento para medir el nivel de implementación del programa

<b>Realizado por:</b>	<b>Última fecha de actualización:</b>	<b>Área/Departamento:</b>
-----------------------	---------------------------------------	---------------------------

<b>Indicador</b>	<b>Resultado</b>	<b>Meta</b>	<b>Comentarios</b>
Cantidad de máquinas que requieren intervenciones menores identificadas		No aplica	
Control de peligros identificados		100 %	
Implementación de capacitaciones		100 %	
Aprobación de capacitaciones		100 %	
Indicador de cumplimiento de las responsabilidades de los involucrados en el programa		100 %	

Firma de quien reporta:
Firma de quien recibe:

## 11.2 Mejora

Con respecto a la mejora continua, es importante destacar que este programa abarca la totalidad de las máquinas a las que se les deben realizar intervenciones menores, sin embargo, a medida que la empresa adquiera nuevas máquinas, puede surgir la necesidad de incluirlas en el programa si requieren la aplicación de intervenciones menores, por lo tanto, el objetivo es que, mediante la utilización de la herramienta descrita en la sección 7.3.1 y la adopción del ciclo Planear, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA), se logre integrar todas las futuras máquinas que puedan requerir este tipo de intervenciones. A continuación, se describen los pasos del ciclo PHVA para su correcta implementación y asegurar la mejora continua del programa.

### 11.2.1 Planear

Esta etapa se centra en el inicio del proceso de planificación, donde se establecen los objetivos y se identifican los procesos necesarios para alcanzar los resultados esperados. En esta fase, se realiza la identificación de las máquinas que requieren intervenciones menores o que aplican dentro del programa, asimismo, se llevan a cabo las evaluaciones de riesgo, utilizando herramientas como el HAZOP y la matriz de salvaguardas, tal como se describe en

la sección 7.3.1, de igual forma, durante esta etapa, también se definen los indicadores de desempeño para medir la efectividad del programa, así como los controles necesarios para garantizar la correcta ejecución del proceso. En resumen, esta fase es fundamental para la planificación de las acciones a implementar en relación con las máquinas y el programa de intervenciones menores, estableciendo las bases para las fases posteriores.

### **11.2.2 Hacer**

Esta etapa se centra en la ejecución de todo lo planificado previamente. En este punto, se implementan las alternativas de solución planteadas, es decir, la puesta en marcha de los controles de ingeniería y administrativos, esto abarca el diseño de las salvaguardas necesarias, la creación de los procedimientos para la ejecución de intervenciones menores, y el desarrollo del proceso completo de validación, además, durante esta fase, se realiza la capacitación correspondiente para garantizar que el personal esté debidamente preparado para llevar a cabo las intervenciones de manera segura y eficiente. En resumen, esta etapa implica la materialización de lo planificado, asegurando que todas las acciones se implementen según lo establecido en el programa.

### **11.2.3 Verificar**

Esta etapa se enfoca en la verificación y seguimiento a través de los indicadores definidos previamente, los cuales permiten medir el cumplimiento y efectividad de los procesos implementados en el marco del programa. Su objetivo es proporcionar una evaluación cuantitativa del grado en que se están alcanzando los objetivos del programa, además, en esta fase se debe proceder a la comunicación de los resultados obtenidos, asegurando que todas las partes involucradas estén informadas del desempeño y de cualquier ajuste que pueda ser necesario para la mejora continua del programa.

### **11.2.4 Actuar**

Finalmente, una vez se hayan realizado las verificaciones y mediciones, y se tenga una visión clara sobre la efectividad del programa según los indicadores establecidos, es crucial actuar, es decir, si los indicadores muestran que el programa no está siendo completamente efectivo o que hay áreas que requieren refuerzo, se deben tomar las decisiones necesarias para realizar las mejoras correspondientes. Es importante destacar que este es un ciclo

continuo; es decir, los pasos no concluyen aquí, ya que, después de actuar, el ciclo debe repetirse para asegurar una mejora continua a lo largo del tiempo. En resumen, esta etapa se enfoca en tomar acción en función de los resultados obtenidos y centrar los esfuerzos en las áreas que requieren mejora, garantizando que el programa evolucione y se optimice de manera constante.

### **11.3 Control de cambios**

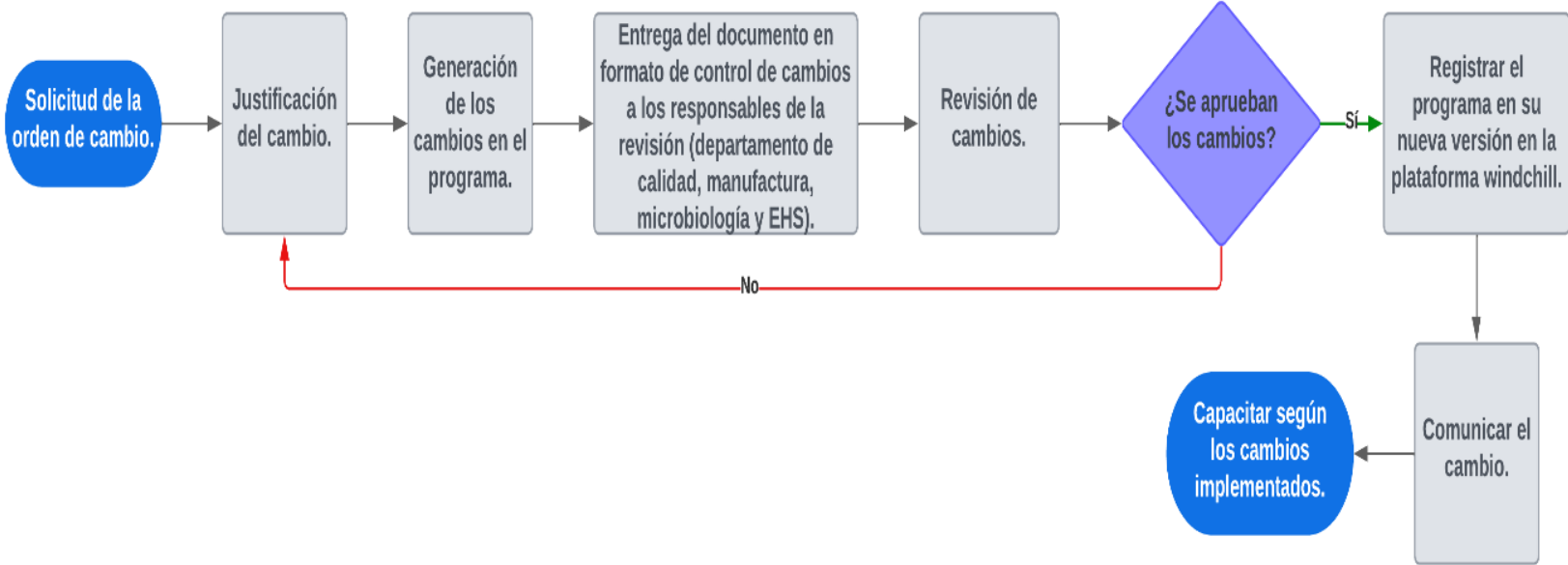
Para gestionar el control de cambios del programa, se utilizará la plataforma *Windchill*, que es la herramienta designada para recopilar y gestionar documentos controlados, así como para administrar los cambios en documentos. Este sistema permite asegurar que todas las modificaciones se realicen de manera formal y organizada, siguiendo un procedimiento claro y estructurado.

En este caso específico, el proceso comienza con la solicitud de un cambio, el cual debe incluir una orden de cambio generada en la plataforma, esta orden debe estar respaldada por la documentación necesaria que justifique el cambio propuesto, permitiendo que los responsables o afectados comprendan la razón detrás de la modificación. Una vez justificado el cambio, los mismos deben ser revisados por todas las áreas y partes afectadas, seguidamente, si la modificación es aprobada, el documento actualizado se carga en la plataforma bajo el control de versión correspondiente, por ejemplo, si el documento actual se encuentra en la versión "A", al introducirse un cambio, se actualizará a la versión "B", y así sucesivamente conforme se realicen nuevas modificaciones.

Tras la aprobación, es fundamental comunicar los cambios a todas las personas involucradas, además, se debe de brindar la capacitación del personal para garantizar que todos los empleados comprendan y apliquen correctamente las nuevas modificaciones del programa. Finalmente, para mayor claridad, se presenta un diagrama de flujo que detalla de manera visual el procedimiento de control de cambios en la plataforma *Windchill*, desde la solicitud inicial hasta la implementación final del cambio.

**Figura 1**

*Proceso de control de cambios del programa*



## 12. Cronograma

Se presenta en un diagrama de Gantt las actividades involucradas en la implementación del programa.

**Tabla 7**

*Cronograma para la implementación del programa*

Actividad	Estado	Mes											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Presentación del programa	Pendiente												
Aprobación del programa por la gerencia de departamento de EHS	Pendiente												
Realización de cambios en caso de ser necesario	Pendiente												
Aprobación del presupuesto de implementación	Pendiente												
Comunicación del programa a las partes interesadas	Pendiente												

Actividad	Estado	Mes											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Compra de insumos para la aplicación de los controles ingenieriles y administrativos	Pendiente												
Puesta en marcha de los controles administrativos	Pendiente												
Puesta en marcha de los controles ingenieriles	Pendiente												
Capacitación del personal	Pendiente												
Mejora continua programa	Pendiente												

### 13. Presupuesto

A continuación, se presenta el presupuesto necesario para la ejecución del programa, el cual se divide en dos rubros principales: la implementación de los controles de ingeniería y la implementación del programa en sí. En cuanto a la implementación del programa, es importante destacar que los salarios considerados se basan en los salarios mínimos del 2024, según lo establecido por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, además, se han contemplado las 6,5 horas mensuales de capacitación, que incluyen tanto el tiempo del ingeniero responsable de impartir la capacitación, como el de los técnicos, supervisores y operarios que participarán en las sesiones, asimismo, para las soluciones de carácter ingenieril, se ha añadido el 13% correspondiente al Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA) correspondiente, asegurando una estimación completa y ajustada a la normativa fiscal vigente. A continuación, se muestra el detalle.

**Tabla 8***Presupuesto requerido para la implementación del programa*

Rubro	Aspecto	Costo	Costo + IVA
<b>Alternativas de solución ingenieriles</b>	Diseño de salvaguardas del <i>Lathe</i> - Torno convencional	\$ 1 295,88	\$ 1 464,34
	Diseño de salvaguardas de la <i>Milling Machine</i> - Fresadora convencional	\$ 365,37	\$ 412,87
	Diseño de salvaguardas de la <i>Hole Popper</i>	\$ 2 118,09	\$ 2 393,44
	Diseño de salvaguardas de la <i>Leaflet cutting</i>	\$ 730,87	\$ 825,88
	<b>Total</b>	<b>\$ 4 510,21</b>	<b>\$ 5 096,54</b>
<b>Implementación del programa</b>	Servicios profesionales por brindar la capacitación	\$ 57,63	No aplica
	Tiempo de capacitación de los técnicos	\$ 38,55	No aplica
	Tiempo de capacitación de los operarios	\$ 27,46	No aplica
	Tiempo de capacitación de los supervisores	\$ 57,63	No aplica
	<b>Total</b>	<b>\$ 181,27</b>	No aplica
<b>Total</b>		<b>\$</b>	<b>5 277,81</b>

Como se puede observar, el costo total de implementación sería de \$ 5 277,81. Es importante dejar en claro, que este presupuesto toma en cuenta únicamente los diseños de las cuatro máquinas anteriormente mencionadas, sin embargo, conforme se identifiquen nuevas máquinas que requieran intervenciones menores y que, además, requieran el diseño de salvaguardas, este presupuesto deberá de ajustarse, ya que, implicará una mayor inversión debido a los diseños que sean necesarios implementar.

#### 14. Conclusiones

- La matriz de criterios de comparación para la selección de la alternativa de solución de cada una de las máquinas permitió verificar que las propuestas de solución

cumplen con los requisitos mínimos en cuanto a aspectos legales, seguridad y salud, aspectos culturales y económicos para su implementación.

- Con la aplicación de la matriz Guía para implementación de salvaguardas según la UNE-EN ISO 12100:2012 y la herramienta HAZOP para validar las propuestas de solución, se refleja que hay una mejoría en las salvaguardas y reducción de riesgos, sin embargo, existen aspectos fuera del alcance de este proyecto, que impiden una mejoría más significativa.
- Las propuestas planteadas satisfacen, en su mayoría, las necesidades reconocidas en el análisis de la situación actual de las máquinas.
- Este proyecto atiende al menos tres Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos por las Naciones Unidas y de los cuales Costa Rica, y por ende la empresa, forma parte.
- La actualización del programa de loto de la empresa, referente a intervenciones menores, aborda requisitos y normativas tanto de Loto como de *Machine Guarding*, por lo que deben trabajarse en conjunto los tres para los cambios o ajuste que se realicen y puedan involucrar otros.

## **15. Recomendaciones**

- Se recomienda mantener una comunicación constante entre todos los involucrados en la implementación del programa para asegurar su cumplimiento de manera eficiente y conforme a las responsabilidades asignadas y el cronograma establecido.
- Se recomienda llevar un control continuo tanto de las salvaguardas implementadas, como de los procedimientos de intervención menor, para garantizar que cumplen con su objetivo de reducir o controlar los riesgos presentes, además, este control también permitirá identificar posibles áreas de mejora para optimizar la seguridad.
- Se sugiere implementar un sistema de retroalimentación, donde tanto técnicos, como operarios y supervisores puedan brindar comentarios sobre el programa y los procedimientos de intervenciones menores, ya que esto permitirá evaluar que las salvaguardas funcionan según lo previsto, garantizando la seguridad sin afectar la operatividad de las máquinas, y que permita detectar posibles mejoras.

- Es recomendable contar con un plan de mantenimiento específico para las salvaguardas, ya que actualmente existe un plan de mantenimiento general de las máquinas, en el que se incluyen las salvaguardas, pero estas no se inspeccionan a profundidad, por lo que, el objetivo es que este plan sea específico para las salvaguardas, además, que esté documentado y cuente con una periodicidad definida, para asegurar que las salvaguardas continúan funcionando de manera óptima.
- Se recomienda verificar las protecciones necesarias antes de adquirir una máquina, es decir, lo ideal es que las salvaguardas sean especificadas al proveedor antes de la compra, para que la máquina llegue a la planta con las protecciones necesarias.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

Acosta, S. D. (2022). *Desarrollo de sistema Scada para control Lototo (lock out, tag out, try out) automatizado en la protección de energías peligrosas*. [Proyecto aplicado].

Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/48116>

Allen – Bradley. (2018). *Interruptor de seguridad con bloqueo TLSZR/L-GD2*.

[https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/440g-in016\\_es-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/440g-in016_es-p.pdf)

Allen-Bradley. (2024). *Interruptores de seguridad con bloqueo Atlas 5* | Rockwell Automation.

<https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/hardware/allen-bradley/safety-products/safety-sensors/safety-interlock-switches/guard-locking-switches/440g-atlas-5.html>

Allen-Bradley. (2024). *Interruptores de seguridad con bloqueo TLS-GD2 Rockwell*

*Automation*. <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/hardware/allen-bradley/safety-products/safety-sensors/safety-interlock-switches/guard-locking-switches/440g-tls-gd2.html>

ATS Machine Safety Solutions. (2024). *Milling Machine Chip Guard (Head-Mount) for*

*Bridgeport & More*. <https://atssafety.com/collections/milling-machine-guard/products/milling-machine-safety-guard-head-mount-guard>

Chaymae. (2023, 9 mayo). *Propiedades del policarbonato maquinaria industrial* |

Polimertecnic. Polimertecnic. <https://www.polimertecnic.com/propiedades-del-policarbonato/>

Cortinas de seguridad | keyence México. (2024).

<https://www.keyence.com.mx/products/safety/light-curtain/#:~:text=Las%20cortinas%20de%20luz%20de,%2C%20SIL3%2C%20Category4%20y%20PLe.>

Delpla, V., Kenné, J., & Hof, L. A. (2023). Integration of operational lockout/tagout in a joint production and maintenance policy of a smart production system. *International Journal of Production Economics*, 263, 108925. 10.1016/

Dźwiarek, M. (2022). Application of lockout/tagout procedures in production systems of Industry 4.0. *Journal of Konbin*, 52(3), 137–148. <https://doi-org.ezproxy.itcr.ac.cr/10.2478/jok-2022-0028>

Empresa de dispositivos médicos. (2024) Empresa de dispositivos médicos.

Grainer. (2024). Butt Hinge: Stainless Steel, Full Mortise.

<https://www.grainger.com/product/BEST-Butt-Hinge-Stainless-Steel-5GJG7>

Haghighi, A., Chinniah, Y., & Jocelyn, S. (2019, enero). Literature review on the incentives and solutions for the bypassing of guards and protective devices on machinery. *Science Direct*.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092575351830479X?via%3Dihub>

Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (2016). Salud y seguridad en el trabajo.

Requisitos para la elaboración de programas de salud y seguridad en el trabajo. (INTE 31 09 09: 2016).

Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (2016). *Seguridad de las máquinas.*

*Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos. Principios para el diseño y la*

*selección*. (INTE/ISO 14119:2016). [https://erp.inteco.org/en\\_US/shop/inte-iso-14119-2016-seguridad-de-las-maquinas-dispositivos-de-enclavamiento-asociados-a-resguardos-principios-para-el-diseno-y-la-seleccion-634?product=634#attr=](https://erp.inteco.org/en_US/shop/inte-iso-14119-2016-seguridad-de-las-maquinas-dispositivos-de-enclavamiento-asociados-a-resguardos-principios-para-el-diseno-y-la-seleccion-634?product=634#attr=)

Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (2016). *Seguridad de las máquinas.*

*Resguardos. Requisitos generales para el diseño y construcción de resguardos fijos y móviles*. (INTE/ISO 14120:2016). [https://erp.inteco.org/en\\_US/shop/inte-iso-14120-2016-seguridad-de-las-maquinas-resguardos-requisitos-generales-para-el-diseno-y-construccion-de-resguardos-fijos-y-moviles-1181?product=1181#attr=](https://erp.inteco.org/en_US/shop/inte-iso-14120-2016-seguridad-de-las-maquinas-resguardos-requisitos-generales-para-el-diseno-y-construccion-de-resguardos-fijos-y-moviles-1181?product=1181#attr=)

International Standardization Organization (ISO). (2012). Seguridad de las máquinas.

Principios generales para el diseño, evaluación de riesgo y reducción del riesgo.

Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). <https://plataforma-aenormas-aenor-com.ezproxy.itcr.ac.cr/pdf/UNE/N0049405>

Jiuzhou. (2024). *304 Stainless Steel Plate-Jiuzhou Metal*. <https://www.jiuzhou-metal.com/stainless-steel-plates/304.html>

Karimi, B., Burlet-Vienney, D., Chinniah, Y., & Aucourt, B. (2019). Hazardous energy control on machinery: Understanding the use of alternative methods to lockout. *Safety Science*, 118, 519-529. 10.1016/j.ssci.2019.06.003

Longarini, C. (2011). La Matriz RACI, una herramienta para organizar tareas en la empresa. Fecha de consulta, 10, 08-15.

Lork Industrias. (2024). *Plancha policarbonato*.

[https://www.lorkindustrias.com/prod\\_plasticos\\_policarbonato\\_esp.html](https://www.lorkindustrias.com/prod_plasticos_policarbonato_esp.html)

Mantel, S. (2019). *Fundamentals of Machine Guarding*. *Professional Safety*, 64(12), 47.

<https://web-p-ebSCOhost-com.ezproxy.itcr.ac.cr/ehost/detail/detail?vid=2&sid=d50cbbc4-1a6a-4f19-b15d44488936d7af%40redis&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZI#AN=140077530&db=asn>

McMaster-Carr. (2024). <https://www.mcmaster.com/products/~t-slotted-framing-rails-4/?s=canal+t>

McMaster-Carr. (2024). <https://www.mcmaster.com/products/drawer-slides/miniature-pass-through-drawer-slides/>

Occupational Safety and Health Administration [OSHA]. (2011). 1910.147 - *The control of hazardous energy (lockout/tagout)*. OSHA. <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.147>

Occupational Safety and Health Administration [OSHA]. (2022). 4170 - *Prácticas recomendadas para programas de seguridad y salud*. OSHA. <https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA4170.pdf>

Occupational Safety and Health Administration. [OSHA]. (2023). *Identifying Hazard Control Options: The Hierarchy of Controls*.

Omron. (2024). D40A. <https://industrial.omron.es/es/products/d40a>

Omron. (2024). Omron D40A-1C5 Datasheet. <https://doi.org/English>

Organización Internacional de Normalización. (2009). *Gestión del riesgo Técnicas de apreciación del riesgo (ISO 31010)*. <https://plataforma-aenormas-aenor.com.ezproxy.itcr.ac.cr/standard/UNE/N0047287>

Organización Internacional de Normalización. [ISO]. (2010). 12100. *Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo*. <https://plataforma-aenormas-aenor-com.ezproxy.itcr.ac.cr/standard/UNE/N0049405>

Organización Internacional del Trabajo, OIT. (2013). Seguridad y salud en la utilización de la maquinaria.  
[https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@ed\\_protect/@protrav/@safework/documents/normativeinstrument/wcms\\_164658.pdf](https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@ed_protect/@protrav/@safework/documents/normativeinstrument/wcms_164658.pdf)

Pastor, R. (2011). Planificación y programación de operaciones. *Revista Perspectivas*, (28), 7-32.

SCHMERSAL (2024). *Sensor magnético de Seguridad BNS 260- Schmersal*. ACE Schmersal Eletroeletrônica Industrial Ltda. <https://www.schmersal-latam.com/seguridad-industrial/sensor-magnetico-de-seguridad-bns-260>

Sellador de poliuretano Polycenter. (2024). <https://polycenter.cr/sellador.html>

SICK Sensor Intelligence. (2024). *Cortinas fotoeléctricas de seguridad: deTec*.  
<https://www.sick.com/mx/es/catalog/productos/safety/cortinas-fotoelectricas-de-seguridad/detec/univ-detec4-kit-2100-mm-14-mm-w-led/p/p664383>

Soporte universal para fijación a taladro/fresadora. (s. f.). AQD Industrial Product.  
[https://www.industrialproduct.es/protecciones-para-maquina-herramienta/soporte-universal-para-fijacion-taladro-fresadora.html?\\_gl=1\\*hss082\\*\\_up\\*MQ..\\*\\_ga\\*MTQzOTE3NDIxOS4xNzI2OTM4MTkz\\*\\_ga\\_4CHY49P1KQ\\*MTcyNjkzODE5My4xLjEuMTcyNjkzODI1MS4wLjAuMA](https://www.industrialproduct.es/protecciones-para-maquina-herramienta/soporte-universal-para-fijacion-taladro-fresadora.html?_gl=1*hss082*_up*MQ..*_ga*MTQzOTE3NDIxOS4xNzI2OTM4MTkz*_ga_4CHY49P1KQ*MTcyNjkzODE5My4xLjEuMTcyNjkzODI1MS4wLjAuMA).

Telemecanique Sensors. (2024).

<https://telemecaniquesensors.com/es/es/product/reference/XCMH2102L1Terrazas>

Telemecanique. (2024). *XCKJ10511 - Limit switch, XC Standard, XCKJ, thermoplastic roller lever, 1NC+1 NO, snap action, Pg13.*

<https://telemecaniquesensors.com/es/es/product/reference/XCKJ10511#drawings>

Telemecanique. (2024). *XCKJ567H29 - Limit switch, XC Standard, XCKJ, steel roller plunger reinforced, 1NC+1 NO, slow, M20*

<https://telemecaniquesensors.com/es/es/product/reference/XCKJ567H29>

THK. (2024). *Conjunto de deslizamiento.* <https://www.thk.com/?q=mexico/node/7510>

THK. (2024). *Riel deslizante.* <https://www.thk.com/?q=us/node/5211>

Tremblay, J., & Gauthier, F. (2018). Safety of machinery in hospitals: An exploratory study in the province of Quebec, Canada. *Safety Science*, 103, 207-217.

10.1016/j.ssci.2017.08.018

WEG - Productos. (2024). WEG. [https://www.weg.net/catalog/weg/AR/es/Seguridad-de-](https://www.weg.net/catalog/weg/AR/es/Seguridad-de-M%C3%A1quinas%2C-Sensores-Industriales-y-Fuentes-de-Alimentaci%C3%B3n/Seguridad-de-M%C3%A1quinas/Interruptores-de-Seguridad-con-Enclavamiento/Llaves-de-enclavamiento/p/MKT_WDC_GLOBAL_SAFETY_LINE_INTERLOCK_SWITCHES)

[M%C3%A1quinas%2C-Sensores-Industriales-y-Fuentes-de-](https://www.weg.net/catalog/weg/AR/es/Seguridad-de-M%C3%A1quinas%2C-Sensores-Industriales-y-Fuentes-de-Alimentaci%C3%B3n/Seguridad-de-M%C3%A1quinas/Interruptores-de-Seguridad-con-Enclavamiento/Llaves-de-enclavamiento/p/MKT_WDC_GLOBAL_SAFETY_LINE_INTERLOCK_SWITCHES)

[Alimentaci%C3%B3n/Seguridad-de-M%C3%A1quinas/Interruptores-de-Seguridad-](https://www.weg.net/catalog/weg/AR/es/Seguridad-de-M%C3%A1quinas%2C-Sensores-Industriales-y-Fuentes-de-Alimentaci%C3%B3n/Seguridad-de-M%C3%A1quinas/Interruptores-de-Seguridad-con-Enclavamiento/Llaves-de-enclavamiento/p/MKT_WDC_GLOBAL_SAFETY_LINE_INTERLOCK_SWITCHES)

[con-Enclavamiento/Llaves-de-](https://www.weg.net/catalog/weg/AR/es/Seguridad-de-M%C3%A1quinas%2C-Sensores-Industriales-y-Fuentes-de-Alimentaci%C3%B3n/Seguridad-de-M%C3%A1quinas/Interruptores-de-Seguridad-con-Enclavamiento/Llaves-de-enclavamiento/p/MKT_WDC_GLOBAL_SAFETY_LINE_INTERLOCK_SWITCHES)

[enclavamiento/p/MKT\\_WDC\\_GLOBAL\\_SAFETY\\_LINE\\_INTERLOCK\\_SWITCHES](https://www.weg.net/catalog/weg/AR/es/Seguridad-de-M%C3%A1quinas%2C-Sensores-Industriales-y-Fuentes-de-Alimentaci%C3%B3n/Seguridad-de-M%C3%A1quinas/Interruptores-de-Seguridad-con-Enclavamiento/Llaves-de-enclavamiento/p/MKT_WDC_GLOBAL_SAFETY_LINE_INTERLOCK_SWITCHES)

Zandanel, A. E. (2022). *Introducción a la física. la energía: transformaciones, transferencias y su aprovechamiento: (2 ed.)*. Editorial Maipue.

<https://elibro.net/es/ereader/itcr/210491?page=10>

## VII. APÉNDICES

### Apéndice A. Árbol del problema.



**Apéndice B.** Entrevista semiestructurada con los ingenieros de área y operarios que realizan intervenciones menores.

## Intervenciones Menores

El propósito de esta entrevista es recopilar información de todas las máquinas a las cuales se les aplican intervenciones menores para entender el proceso los procedimientos, las posibles áreas de riesgo, y posteriormente, implementar medidas de seguridad para proteger a los trabajadores y cumplir con la actualización del T23 Control de energías peligrosas.

Section 1

...

### Datos generales

#### 1. Persona que acompaña

- Supervisor(a)
- Operari(a)
- Ingeniero(a)
- Técnico de mantenimiento
- Other

#### 2. Turno \*

- A
- B
- C
- Comprimido
- Administrativo

3. Nombre de la máquina: \*

Enter your answer

4. Ubicación de la máquina: \*

Enter your answer

5. Activo de la máquina: \*

Enter your answer

6. ¿Se encuentran en el área máquinas a las cuales se les apliquen intervenciones menores?  
\*

Sí

No

7. ¿Se le realiza mantenimiento preventivo a la máquina?

Sí

No

8. ¿Con qué frecuencia se le realiza el mantenimiento preventivo a la máquina?

Enter your answer

## Intervenciones menores

9. Describa el tipo de intervención menor que se le aplica. \*

Enter your answer

10. ¿Cuántas personas se requieren para aplicar la intervención menor? \*

Enter your answer

11. ¿En cuáles turnos se aplica la intervención menor? \*

A

B

C

Comprimido

Administrativo

12. ¿Es rutinaria? \*

Sí

No

13. ¿Con cuánta frecuencia se realiza? \*

- Al menos una vez al día.
- Al menos 3 veces por semana.
- Una vez a la semana.
- Menos de una vez por semana.

14. Fuentes de energía que alimentan la máquina \*

- Eléctrica
- Neumática
- Química
- Mecánica
- Térmica
- Gravedad
- Hidráulica
- Other

15. Tiempo estimado de duración de la intervención menor (minutos).

Enter your answer

16. ¿Considera que existen peligros a la hora de aplicar la intervención? \*

- Sí
- No

17. ¿Cuáles otros peligros identifica?

Enter your answer

18. ¿Alguna vez ha sufrido un incidente relacionado a la intervención menor? \*

Sí

No

19. Incidentes relacionados a la intervención menor.

Enter your answer

20. ¿Cuántas máquinas a las que se les aplique la misma intervención, hay en el área? \*

Enter your answer

### Section 3

## Salvaguardas

21. ¿Cuáles salvaguardas tiene la máquina? \*

Enter your answer

22. ¿Tiene el operario(a) el control de al menos una salvaguarda? \*

Enter your answer

23. ¿Considera que las salvaguardas le protegen del peligro mecánico presente? \*

Enter your answer

**Apéndice C.** Matriz de comprobación de seguridad en maquinaria mediante el diseño de salvaguardas basado en la UNE-EN ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo. (ISO 12100:2010).

<b>Nombre de la máquina</b>					
<b>Activo de la máquina</b>					
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>					
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>					
<b>Persona que realiza la inspección:</b>					
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>					
<b>Elementos Generales</b>		<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Se utiliza la máquina según lo previsto por el fabricante?				3	
¿La intervención menor requiere esfuerzo físico?				1	
¿Está en buenas condiciones el interruptor de encendido/apagado?				1	
¿Todos los elementos del control de mando están etiquetados de forma clara y fácil de entender?				1	
<b>Elementos relacionados con la zona de peligro</b>		<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Existe visibilidad directa a las zonas de peligro?				2	
¿La zona de peligro están bien iluminadas?				2	
¿La zona que se interviene está provista de aristas cortantes, ángulos agudos, partes salientes que representen un peligro?				3	
¿Se garantiza que no haya personas presentes en la zona de peligro de la máquina?				1	
¿Existe un acceso seguro a todos los puntos necesarios para los trabajos de intervención menor?				1	


¿Están ubicados los elementos de control fuera de las zonas de peligro? Los botones de inicio no deben poder accionarse desde dentro de la zona de peligro.			3	
¿El operador tiene conocimiento de todas las zonas peligrosas de la máquina?			3	
<b>Elementos relacionados con las salvaguardas</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Están los dispositivos de protección diseñados de manera que no puedan eludirse fácilmente?			3	
Si la máquina tiene salvaguardas ¿están sujetas a inspecciones periódicas y/o mantenimiento preventivo por parte de una persona cualificada?			1	
¿Se especifican el tipo, el alcance, los requisitos y el calendario de las inspecciones de las salvaguardas (por ejemplo, en el plan de inspección y mantenimiento)?			1	
¿Están documentadas las inspecciones y/o mantenimientos? Los registros deben proporcionar al menos información sobre 1. Identificación de la máquina, 2. Fecha de inspección, 3. norma técnica u otra referencia para la inspección, 4. Alcance de la inspección, 5. resultado de la inspección, 6. plazo hasta la próxima inspección periódica, 7. nombre y firma del inspector y de la empresa a la que pertenece.			1	
¿Se han corregido deficiencias identificadas en las salvaguardas y se ha documentado?			2	
¿Las salvaguardas poseen dispositivo de enclavamiento con bloqueo?			2	
¿Las salvaguardas o resguardos impiden completamente el acceso a las zonas peligrosas de la máquina?			1	
Si hay varios controles para arrancar la máquina en diferentes lugares: ¿Se proporcionan enclavamientos que garantizan que el arranque solo sea posible desde un elemento de control?			1	
¿Las salvaguardas tienen equipo de protección sensible, SPE? Equipo para detectar personas o partes de personas que genera una señal de bloqueo para el sistema de mando con el fin de reducir el riesgo para las personas detectadas.			1	

¿Las salvaguardas tienen dispositivo de retención mecánica? Dispositivo cuya función es insertar en un mecanismo, un obstáculo mecánico (por ejemplo, cuña, pasador, bloque, calce) capaz de oponerse, en base a su resistencia a cualquier movimiento peligroso.			2	
¿Poseen las salvaguardas un dispositivo limitador? Dispositivo que impide que una máquina o condición(es) peligrosa(s) de una máquina sobrepase(n) un límite establecido (límite de desplazamiento, límite de presión, límite de momento de carga, etc.).			2	
¿Se puede observar fácilmente, por parte del operario(a), si una salvaguarda fue puesta correctamente para garantizar la seguridad que provee?			2	
¿Se detienen todos los movimientos peligrosos al abrir el dispositivo de protección o mover la salvaguarda?			3	
¿Se evita un arranque automático después de colocar la salvaguarda? La máquina solo se puede poner en marcha cuando la salvaguarda está cerrada y se presiona conscientemente el botón START. Son posibles excepciones si no existe ningún riesgo asociado con el arranque automático (máquinas muy pequeñas sin áreas accesibles).			3	
¿Tiene la máquina sistema de control de fallos que avise o indique un fallo en las salvaguardas?			1	
En las máquinas con control de dos mandos ¿Está garantizado que el control de dos manos solo puede ser operado por dos manos?			3	
¿Se detienen los movimientos peligrosos al soltar un elemento operativo del mando a dos manos?			1	
¿La fuerza de accionamiento de los mandos para realizar la intervención menor, es adecuada para evitar un peligro mecánico?			1	
<b>Elementos relacionados al botón de paro de emergencia.</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Está en buenas condiciones el botón de paro de emergencia? Botón rojo con fondo amarillo y etiqueta con el nombre en español.			1	
¿Es fácil y rápido acceder al botón de paro de emergencia en la posición que se requiere para realizar la intervención menor?			3	
¿El botón de paro de emergencia suspende los movimientos peligrosos de la máquina abruptamente?			2	

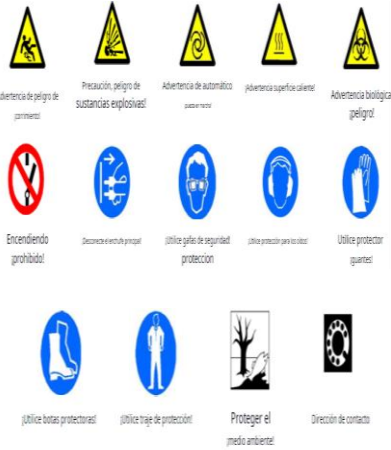
Al activar el paro de emergencia ¿se generan otros peligros asociados?			2	
Después de activar el paro de emergencia, ¿es posible reiniciar la máquina inmediatamente después de desbloquear el botón de paro de emergencia? La máquina no debe poder arrancarse mientras se presiona el paro de emergencia. Un reinicio solo puede ser posible si el paro de emergencia está desbloqueado y se presiona el botón de inicio.			3	
¿El botón de paro de emergencia desactiva todos los movimientos de la máquina? Verificar si el paro de emergencia para todos los movimientos o hay varios paros para diferentes secciones de la máquina.			1	
¿Para disipar la energía almacenada de la máquina en una emergencia, es suficiente con activar el botón de paro de emergencia?			1	
Al activar el paro de emergencia y en caso de que una persona quede atrapada ¿existen mecanismos que permitan liberar a la persona sin desbloquear el paro de emergencia?			3	
<b>Resultado de la inspección:</b>			68	0
<b>Fecha de la próxima inspección:</b>				

**Apéndice D.** Matriz de comprobación de conocimiento basada en el manual de uso de la máquina.

**1. Matriz de comprobación de conocimiento del Lathe – Torno convencional**

		Máquina		Fecha	
		Torno convencional / LATHE			
Aplicado a				Modelo de la máquina	
Años de experiencia del usuario				Año de fabricación	
Formación del usuario				Marca	
				Aplicado por	
Sección	Pregunta	Respuesta		Respuesta correcta según el manual	Observaciones
		Acierta	Desacierta		

**Seguridad**

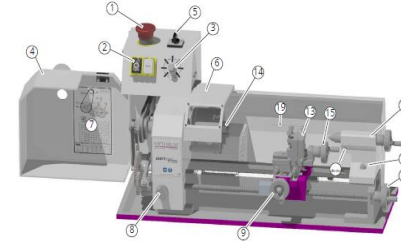
<p>¿Conoce y sabe interpretar los pictogramas de seguridad que posee la máquina?</p>			 <p>Advertencia de peligro de paramec Precaución, peligro de sustancias explosivas Advertencia de automático sucesivo Peligro de superficies calientes Advertencia biológica (peligro)</p> <p>Encendido prohibido Desconecte en esta posición Utilice gafas de seguridad protección Ponga presión para asentar Utilice protector guantes</p> <p>Utilice botas protectoras Utilice traje de protección Proteger el medio ambiente Dirección de contacto</p>	
<p>¿Puede identificar los dispositivos de seguridad que de la máquina?</p>			<p>Botón de paro de emergencia. Cubierta protectora con interruptor de seguridad. Protección del plato de torno con interruptor de posición. Dispositivo de enclavamiento. Llave del portabrocas del torno.</p>	
<p>¿Sabe cómo usar el botón de parada de emergencia?</p>			<p>Al tocar el dispositivo de parada de emergencia, se activa una parada de emergencia. Después de accionar el interruptor, gírelo hacia la derecha para reiniciar el torno.</p>	

			<p><b>Evite prácticas laborales de riesgo:</b></p> <p>Asegúrese de que su trabajo no ponga en peligro a nadie. Sujete firmemente la pieza de trabajo antes de activar el torno.</p> <p>Para sujetar piezas de trabajo, utilice únicamente la llave especial para portabrocas suministrada. Tenga cuidado con la apertura máxima del portabrocas.</p> <p>Use gafas de seguridad.</p> <p>No retire las virutas giratorias con la mano. Utilice un gancho para virutas y / o un cepillo de mano para quitar las virutas que se mueven.</p> <p>Sujete la herramienta de torneado a la altura correcta y con el menor voladizo posible.</p> <p>Apague el torno antes de medir la pieza de trabajo.</p> <p>No trabaje en el torno, si su concentración se reduce, por ejemplo, porque estás tomando medicación.</p> <p>Permanezca en el torno hasta que todos los movimientos se hayan detenido por completo.</p> <p>Utilice el equipo de protección personal prescrito. Asegúrese de usar un traje de trabajo que le quede bien y, si es necesario, una redecilla.</p>	
	¿Conoce los procedimientos de verificación de seguridad de la máquina?			
	¿Conoce y utiliza el equipo de protección personal (EPP) indicado?		Guantes anticorte, lentes y protección auditiva.	

## Manejo de la máquina

¿Conoce los 19 elementos de control e indicación de la máquina?

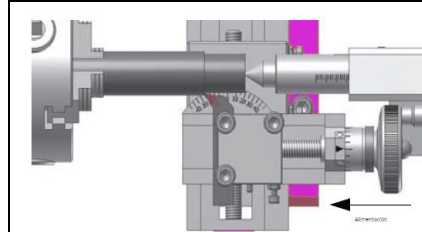
### 5.2 Elementos de control e indicación



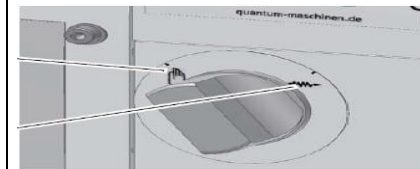
Pos.	Designación	Pos.	Designación
1	Botón de parada de emergencia	2	Indicador de nivel de aceite
3	Ajuste de velocidad	4	para la funda protectora del cabezal
5	Control de dirección de rotación	6	Protección de modo de trabajo
7	Control de velocidad y modo de alimentación	8	Medidor de nivel de aceite
9	Control de avance del eje	10	Control de avance
13	Protección de modo de trabajo	14	Módulo de trabajo
15	Control de avance del eje	16	Módulo de control de modo de trabajo
17	Control de modo de trabajo	18	Volante de inercia
19	Control de modo de trabajo		

	<p>¿Sabe cómo ajustar la velocidad de la máquina?</p>		<p>Ajuste la velocidad con el potenciómetro. Para utilizar otro rango de velocidad, debe cambiar la posición de la correa trapezoidal en las poleas.</p> <p>Cambiar el rango de velocidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Desenchufe el enchufe a prueba de golpes de la red.</li> <li>- Abra la tapa protectora de la culata del husillo.</li> <li>- Aflojar el tornillo Allen de la polea tensora.</li> <li>- Levante la correa trapezoidal a la posición correspondiente.</li> <li>- Girar la polea con la mano para facilitar el posicionamiento sobre el otro diámetro de polea.</li> </ul> <p>Asegúrese de que la correa síncrona no se tuerza.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maneje la correa trapezoidal con cuidado. No se debe dañar ni estirar demasiado.</li> <li>- Empuje la polea tensora hacia arriba para tensar la correa trapezoidal.</li> <li>- Montar la polea tensora.</li> <li>- Se ha alcanzado la tensión correcta de la correa trapezoidal, cuando todavía puede doblarla aproximadamente 3 mm con el dedo índice.</li> </ul>	
--	---	--	---	--

¿Puede seleccionar el giro recto o la alimentación automática de la máquina?



Imq. 5-4: Gráfico: Giro recto




Imq. 5-5: Activando el interruptor


	<p>¿Sabe cómo realizar los cambios de marcha a la máquina?</p>		<p>Desenchufe el enchufe a prueba de golpes de la red.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Abra la tapa protectora de la culata del husillo. Reprimición</li> <li>- Abra el tornillo de apriete del cuadrante de tornillo cambio de marcha y retire la correa trapezoidal.</li> </ul> <p>Cambio de marcha cuadrante</p> <p>Img. 5-10: Cambiar cuadrante de marcha</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Engranaje de alimentación</li> <li>- Sustituya la marcha de cambio "Z1 / Z2" por la marcha de cambio con la combinación de dientes Z1 = 15; Z2 = 20</li> <li>- Sustituya la marcha de cambio "L" por la marcha de cambio de 20 dientes.</li> <li>- Empuje la combinación de cambio de marcha "Z1 / Z2" y "L" en el cuadrante juntos para que se puedan girar fácilmente.</li> <li>- Apriete la correa trapezoidal y apriete el tornillo de apriete del cuadrante.</li> <li>- Se ha alcanzado la tensión correcta de la correa trapezoidal, cuando todavía puede doblarla aproximadamente 3 mm con el dedo índice.</li> </ul>	
--	--	--	--	--

<b>Operación</b>	¿Comprende los principios básicos del torneado, como el torneado longitudinal, el refrentado y el roscado?			El torneado longitudinal es la operación en la que la herramienta de corte se desplaza paralela al eje de rotación para reducir el diámetro de la pieza a lo largo de su longitud, creando superficies cilíndricas. El refrentado implica el movimiento de la herramienta de corte perpendicular al eje para mecanizar o alisar las caras de los extremos de la pieza, obteniendo superficies planas. El roscado, por su parte, consiste en cortar una rosca helicoidal en la superficie exterior o interior de la pieza ajustando la relación entre el avance de la herramienta y la rotación de la pieza para obtener el paso deseado de la rosca.	
	¿Sabe cómo seleccionar las herramientas de corte adecuadas para diferentes tipos de operaciones de torneado?			Portaherramientas para torneado y refrentado con ángulo de filo de 95 °  Plaquita intercambiable con un ángulo de punta de 80 ° seleccionamos un metal duro recubierto HC M15 / K10 como material de corte. Con esta herramienta se puede realizar aproximadamente el 75% de todo el trabajo de torno en el diámetro exterior.	

	¿Puede calcular la velocidad de corte adecuada para un material y diámetro de pieza de trabajo específicos?		<p>Velocidad de corte: <math>V_c</math> (m / min)  Profundidad de corte: <math>a_p</math> (mm)  Avance: <math>f</math> (mm / rev)</p> <p><b>Velocidad cortante:</b>  Para obtener la velocidad para los ajustes de la máquina de las velocidades de corte seleccionadas, se debe aplicar la siguiente fórmula:</p> $n = \frac{V_c - 1000}{d - 3 - 14}$ <p>Velocidad: <math>n</math> (1 / min)</p>	
	¿Sabe cómo identificar las causas comunes de fallos en el torno?		<p>Superficie de la pieza de trabajo demasiado rugosa.  La pieza de trabajo se vuelve cónica.  El torno está parlotando.  El centro se calienta.  La herramienta tiene una vida útil corta.  Desgaste del flanco demasiado alto.  El filo se rompe.  El hilo cortado está mal.</p>	
<b>Total</b>				
<b>Nota</b>				

## 2. Matriz de comprobación de conocimiento de la fresado convencional

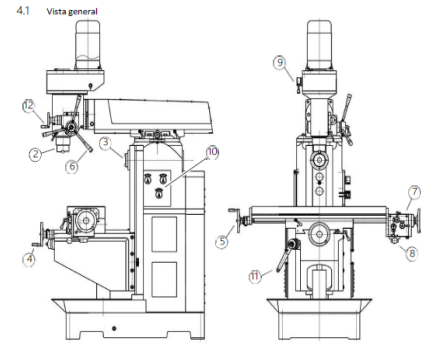
	Máquina	Fecha			
	Fresadora Milling machine	Modelo de la máquina			
		Año de fabricación			
Aplicado a		Marca			
Años de experiencia del usuario		Aplicado por			
Formación del usuario					
Sección	Pregunta	Respuesta		Respuesta correcta según el manual	Observaciones
		Acierta	Desacierta		

<b>Seguridad</b>	¿Conoce y sabe interpretar los pictogramas de seguridad que posee la máquina?	
	¿Puede identificar los dispositivos de seguridad que de la máquina?	<p>Un interruptor principal bloqueable.  Un botón de PARO de EMERGENCIA.  Dispositivo protección separadora en el husillo vertical.</p>
	¿Sabe cómo usar el botón de parada de emergencia?	<p>Gire el botón del pulsador hacia la derecha para reiniciar la máquina después de haber pulsado el pulsador. Después, apague el interruptor principal y vuelva a encenderlo.</p>

	<p>¿Conoce los procedimientos de verificación de seguridad de la máquina?</p>		<p>Compruebe la máquina fresadora al menos una vez por desplazamiento. Informe inmediatamente a la persona responsable de cualquier daño, defecto o cambio en sus funciones operativas. Compruebe todos los dispositivos de seguridad:  Al inicio de cada desplazamiento (con la máquina parada).  Una vez a la semana (con la máquina en funcionamiento).  Después de cada trabajo de mantenimiento y reparación.  Compruebe que las señales de prohibición, advertencia e información y las etiquetas de la máquina son legibles (límpielas si fuese necesario) y están completas.</p>	
	<p>¿Conoce y utiliza el equipo de protección personal (EPP) indicado?</p>		<p>Casco, guantes, calzado de seguridad y protección auditiva.</p>	

**Manejo de la máquina**

¿Puede identificar todos los componentes de funcionamiento de la fresadora y explicar su función?



Pos.	Denominación	Artículo	Denominación
	Panel de control con DRO	7	Engranaje avance mesa eje X
2	Husillo fresado vertical	8	Palanca embrague avance mesa
3	Husillo fresado horizontal	9	Engranaje husillo fresado vertical
4	Volante eje Y para mesa transversal	10	Engranaje husillo fresado horizontal
5	Avance palanca acoplamiento eje Y	11	Manivela de mano ajuste altura mesa de fresado
6	Palanca casquillo husillo vertical	12	Avance a baja velocidad eje hueco

¿Conoce las especificaciones técnicas de la fresadora?

Potencia, velocidad, avance

¿Comprende los principios de funcionamiento de la fresadora?

Corte, avance, refrigeración

<b>Operación</b>	¿Puede realizar el montaje de la fresadora de forma segura?		<p>Montaje sin anclajes Se debe realizar colocando una base firme, en cada soporte de los puntos de nivelación, entre los fundamentos y el pie de la máquina.</p> <p>Montaje anclado Utilice el montaje anclado para conseguir una conexión firme a la estructura. El montaje anclado siempre es adecuado si el objetivo es mecanizar piezas grandes hasta la máxima capacidad de la máquina de perforado-fresado. La máquina fresadora está sujeta al suelo con cuatro tornillos de anclaje DIN 529 M12 x 320 a través del pie de la máquina.</p>	
	¿Sabe cómo seleccionar la herramienta de corte adecuada para cada material y operación?		<p>Fresa simple y fresas de mango [m/min], Fresas liberadas [m/min], Cabezal cortador con SS [m/min] y Cabezal cortador con HM [m/min]</p>	

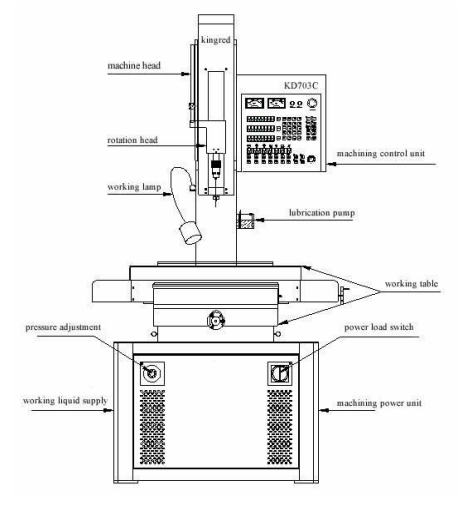
	¿Puede ajustar correctamente la velocidad de corte y el avance?			<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Diámetro herramienta [mm] fresa de mango, fresa helicoidal</th> <th>Acero 10 - 25 m/min</th> <th>Hierro fundido gris 10 - 22 m/min</th> <th>Aleación Al endurecido 150 - 350 m/min</th> </tr> <tr> <th colspan="3">Velocidad [rpm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>35</td><td>91 - 227</td><td>91 - 200</td><td>1364 - 3183</td></tr> <tr><td>40</td><td>80 - 199</td><td>80 - 175</td><td>1194 - 2785</td></tr> <tr><td>45</td><td>71 - 177</td><td>71 - 156</td><td>1061 - 2476</td></tr> <tr><td>50</td><td>64 - 159</td><td>64 - 140</td><td>955 - 2228</td></tr> <tr><td>55</td><td>58 - 145</td><td>58 - 127</td><td>868 - 2025</td></tr> <tr><td>60</td><td>53 - 133</td><td>53 - 117</td><td>796 - 1857</td></tr> <tr><td>65</td><td>49 - 122</td><td>49 - 108</td><td>735 - 1714</td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Diámetro herramienta [mm] Fresas customizadas</th> <th>Acero 15 - 24 m/min</th> <th>Hierro fundido gris 10 - 20 m/min</th> <th>Aleación Al endurecido 150 - 250 m/min</th> </tr> <tr> <th colspan="3">Velocidad[rpm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>4</td><td>1194 - 1911</td><td>796 - 1592</td><td>11937 - 19894</td></tr> <tr><td>5</td><td>955 - 1529</td><td>637 - 1274</td><td>9549 - 15916</td></tr> <tr><td>6</td><td>796 - 1274</td><td>531 - 1062</td><td>7958 - 13263</td></tr> <tr><td>8</td><td>597 - 955</td><td>398 - 796</td><td>5968 - 9947</td></tr> <tr><td>10</td><td>478 - 764</td><td>318 - 637</td><td>4775 - 7958</td></tr> <tr><td>12</td><td>398 - 637</td><td>265 - 531</td><td>3979 - 6631</td></tr> <tr><td>14</td><td>341 - 546</td><td>227 - 455</td><td>3410 - 5684</td></tr> <tr><td>16</td><td>299 - 478</td><td>199 - 398</td><td>2984 - 4974</td></tr> </tbody> </table>	Diámetro herramienta [mm] fresa de mango, fresa helicoidal	Acero 10 - 25 m/min	Hierro fundido gris 10 - 22 m/min	Aleación Al endurecido 150 - 350 m/min	Velocidad [rpm]			35	91 - 227	91 - 200	1364 - 3183	40	80 - 199	80 - 175	1194 - 2785	45	71 - 177	71 - 156	1061 - 2476	50	64 - 159	64 - 140	955 - 2228	55	58 - 145	58 - 127	868 - 2025	60	53 - 133	53 - 117	796 - 1857	65	49 - 122	49 - 108	735 - 1714	Diámetro herramienta [mm] Fresas customizadas	Acero 15 - 24 m/min	Hierro fundido gris 10 - 20 m/min	Aleación Al endurecido 150 - 250 m/min	Velocidad[rpm]			4	1194 - 1911	796 - 1592	11937 - 19894	5	955 - 1529	637 - 1274	9549 - 15916	6	796 - 1274	531 - 1062	7958 - 13263	8	597 - 955	398 - 796	5968 - 9947	10	478 - 764	318 - 637	4775 - 7958	12	398 - 637	265 - 531	3979 - 6631	14	341 - 546	227 - 455	3410 - 5684	16	299 - 478	199 - 398	2984 - 4974	
	Diámetro herramienta [mm] fresa de mango, fresa helicoidal	Acero 10 - 25 m/min	Hierro fundido gris 10 - 22 m/min	Aleación Al endurecido 150 - 350 m/min																																																																											
		Velocidad [rpm]																																																																													
	35	91 - 227	91 - 200	1364 - 3183																																																																											
40	80 - 199	80 - 175	1194 - 2785																																																																												
45	71 - 177	71 - 156	1061 - 2476																																																																												
50	64 - 159	64 - 140	955 - 2228																																																																												
55	58 - 145	58 - 127	868 - 2025																																																																												
60	53 - 133	53 - 117	796 - 1857																																																																												
65	49 - 122	49 - 108	735 - 1714																																																																												
Diámetro herramienta [mm] Fresas customizadas	Acero 15 - 24 m/min	Hierro fundido gris 10 - 20 m/min	Aleación Al endurecido 150 - 250 m/min																																																																												
	Velocidad[rpm]																																																																														
4	1194 - 1911	796 - 1592	11937 - 19894																																																																												
5	955 - 1529	637 - 1274	9549 - 15916																																																																												
6	796 - 1274	531 - 1062	7958 - 13263																																																																												
8	597 - 955	398 - 796	5968 - 9947																																																																												
10	478 - 764	318 - 637	4775 - 7958																																																																												
12	398 - 637	265 - 531	3979 - 6631																																																																												
14	341 - 546	227 - 455	3410 - 5684																																																																												
16	299 - 478	199 - 398	2984 - 4974																																																																												
	¿Realiza correctamente las operaciones de fresado?			Planeado, ranurado, taladrado																																																																											
	¿Puede identificar las causas más comunes de problemas en la fresadora?			Ruido durante el trabajo, Herramienta "quemada", La broca se mueve, el orificio no es circular, Herramienta descentrada o "arqueada", Imposible insertar cono de agarre en el manguito del husillo, El motor no se enciende, Sobrecalentamiento del motor y falta de potencia, Precisión de trabajo deficiente, sobrecalentamiento del rodamiento del husillo, El eje repiquetea sobre la superficie de piezas rugosas																																																																											
	¿Sabe cómo solucionar problemas básicos?			Herramienta atascada, vibraciones																																																																											
	<b>Total</b>																																																																														
	<b>Nota</b>																																																																														

### 3. Matriz de comprobación de conocimiento de la Hole Popper

	Máquina	Fecha	
	Hole Popper	Modelo de la máquina	
		Año de fabricación	
Aplicado a		Marca	
Años de experiencia del usuario		Aplicado por	
Formación del usuario			


  

Sección	Pregunta	Respuesta		Respuesta correcta según el manual	Observaciones
		Acierta	Desacierta		
Seguridad	¿Identifica los peligros específicos de la máquina?			Chispas, humos, atrapamiento y eléctrico	
	¿Sabe cómo usar el botón de parada de emergencia?			Presionarlo en caso de emergencia	

	¿Conoce y utiliza el equipo de protección personal (EPP) indicado?			Gafas de seguridad, guantes y botas de seguridad.	
<b>Manejo de la máquina</b>	¿Puede identificar todos los componentes de funcionamiento de la máquina y explicar su función?				
	¿Conoce las especificaciones técnicas de la máquina?			Potencia, velocidad de descarga, precisión.	
	¿Comprende los principios de funcionamiento de la máquina?			Erosión eléctrica, dieléctrico	


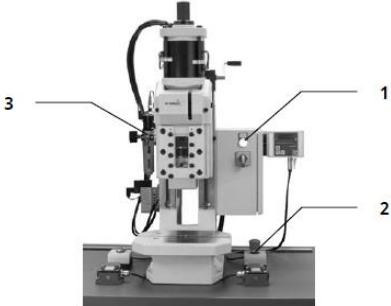
				<p>a. Elegir electrodo de buena calidad, no demasiado curvado.</p> <p>b. Asegúrese de que el agujero del electrodo no está atascado. (especialmente para el diámetro inferior a <math>\Phi 0.5\text{MM}</math>).</p> <p>Conductividad eléctrica del material a trabajar, la dureza, el tipo de acabado deseado, la tolerancia dimensional y las características del dieléctrico (viscosidad, conductividad, punto de inflamación).</p>	
<b>Operación</b>	¿Sabe cómo seleccionar el electrodo y el dieléctrico adecuados para cada material y operación?				
	¿Puede ajustar correctamente los parámetros para realizar los agujeros?			Voltaje, frecuencia, tiempo de pulso	
	¿Realiza correctamente las operaciones de electroerosión?			Perforación	
	¿Puede identificar las causas más comunes de problemas en la máquina?			Electrodo roto, cortocircuito	
	¿Sabe cómo solucionar problemas básicos?			Atascado, error con el electro	
<b>Total</b>					
<b>Nota</b>					

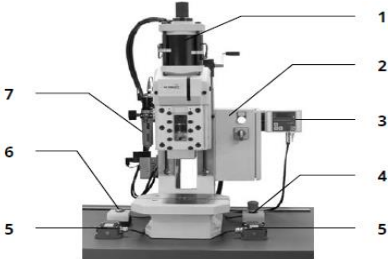
#### 4. Matriz de comprobación de conocimiento de la *Schmidh Press Leaflet Cutting*


	Máquina	Fecha	
	Schmidh Press Leaflet Cutting	Modelo de la máquina	
		Año de fabricación	
Aplicado a		Marca	
Años de experiencia del usuario		Aplicado por	
Formación del usuario			

Sección	Pregunta	Respuesta		Respuesta correcta según el manual	Observaciones
		Acierta	Desacierta		
Seguridad	¿Identifica los peligros específicos de la máquina?			Atrapamiento y corte	
	¿Cuáles son los EPP (Equipos de Protección Personal) obligatorios al operar la prensa?			Guantes de nitrilo	

<p>¿Sabe cómo usar y cuál es la función del botón de parada de emergencia?</p>			<p>Presionarlo en caso de emergencia para detener todos los elementos de la máquina</p>	
<p>¿Conoce y sabe interpretar los pictogramas de seguridad que posee la máquina?</p>				
<p>¿Conoce cuáles son los usos designados a la máquina para garantizar que su operación sea segura?</p>			<p>Ensambla, remachado, engarce, vinculación, formando, prensado, resplandeciente y puñetazos</p>	
<p>¿Puede identificar todos los dispositivos de seguridad de la prensa?</p>			 <p>Figura 1-1: Sistema de prensa con SafetyModule</p> <p>1 Indicador de estado operativo    2 Botón de parada de emergencia</p> <p>3 Bloque de seguridad neumático</p>	

<b>Manejo de la máquina</b>	¿Puede identificar todos los elementos del sistema de prensa con el módulo de seguridad?			 <p>Figura 2-1: Sistema de prensa con SafetyModule</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 Prensa</li> <li>2 Módulo de seguridad</li> <li>3 Control de presión 70</li> <li>4 Botón de parada de emergencia</li> <li>5 Botón de inicio de dos manos</li> <li>6 Botón de reconocimiento</li> <li>7 Bloque neumático</li> </ul>	
	¿Cómo se enciende la prensa?			Encienda el interruptor de energía en el frente del controlador. Espere a que la pantalla táctil de la caja de control se encienda y muestre los botones rojo y verde. Presione el botón verde en la pantalla táctil para configurar el equipo listo para trabajar.	
<b>Operación</b>	¿Qué tipo de material puede procesarse en esta prensa?			Tejido bobino	

<p>¿Puede identificar todos los elementos operativos de la unidad de control?</p>				 <p><b>Figura 4-1: Elementos operativos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 Pantalla de 7 segmentos</li> <li>2 Indicador de estado operativo</li> <li>3 Interruptor accionado por leve</li> <li>4 Teclado</li> <li>5 Indicador de senso de control del accionamiento</li> </ul>	
	<p>¿Cómo se verifica la alineación de las herramientas antes de comenzar a operar la prensa?</p>			<p>Debe verificar que la pieza no se mueva, es decir, quede totalmente ajustada en el husillo.</p>	
<p><b>Total</b></p>					
<p><b>Nota</b></p>					

**Apéndice E.** Matriz para la identificación de peligros basado en la UNE-EN ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas.

Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo. (ISO 12100:2010).

No mbr e de la máq uina	Acti vo de la máq uina	Esta do de la máq uina	Descrip ción de la Interven ción Menor (etapa de funcionamiento - tarea Interven ciones menore s durante el funciona miento )	Fue ntes de ener gía de la máq uina	Modo de mand o en el que se realiza la interv enció n menor o prese ntes en la máqui na	Tie mpo de dura ción de la tare a (min )	¿Acce sa el operar io(a) a las zonas peligr osas de la máqui na durant e la interv enció n menor ?	¿Debe n quitars e salvag uardas para realiza r la interv ención menor ?	¿Pued e restrin girse el acces o a las zonas peligr osas para realiza r la interv enció n menor ?	Determ inación de los límites de utilizaci ón de la máquin a.	Peligr o mecá nico identi ficado	Ubica ción del peligr o identi ficado	Evalu ación del riesg o (segú n la matri z HAZ OP)	Medi da de Cont rol exist ente para cada peli gro	Frecue ncia del manten imiento preventivo	Observ aciones

**Apéndice F.** Método de análisis de riesgos y de operatividad (HAZOP).

**Tabla 1**

*Probabilidades de la manifestación de riesgos*

Frecuencias	
Puntuación	Probabilidades
1	Casi imposible
2	Muy improbable
3	Improbable
4	Posible que ocurra
5	Continuamente / Posible que ocurra muchas veces

**Tabla 2**

*Severidad y/o consecuencia del riesgo*

Severidad / Consecuencias					
Categoría		Entorno humano	Infraestructura y medios	Medio ambiente	Negocio
5	Muy alto	Accidente fatal o efecto a largo plazo	Daño a la propiedad mayor a \$1,000,000	Impacto ambiental catastrófico (daños ambientales generalizados irreparables o reparables a largo plazo (años))	Prensa nacional e internacional Perturbación pública significativa
4	Alto	Accidente severo con lesiones incurables	Daño a la propiedad entre \$500,000 a \$1,000,000	Impacto ambiental mayor (daño ambiental reparable a mediano plazo, limpieza en un periodo de semanas/meses)	Medios de comunicación nacional y local Perturbación pública baja
3	Medio	Accidente con pérdida de días laborales	Daño a la propiedad entre \$125,000 a \$500,000	Impacto ambiental medio (daño ambiental reparable a corto plazo, limpieza en un periodo de días/semanas)	Atención de medios locales Denuncias públicas
2	Bajo	Accidente con tratamiento de primeros auxilios	Daño a la propiedad entre \$3,000 a \$125,000	Impacto ambiental menor (pequeño daño ambiental sin consecuencias, limitado al lugar)	Ninguna atención de medios locales Denuncias públicas

Severidad / Consecuencias					
Categoría		Entorno humano	Infraestructura y medios	Medio ambiente	Negocio
1	Muy bajo	Sin lesiones	Daño a la propiedad menor a \$3,000	Sin impacto ambiental	Sin impacto sobre la imagen de la organización

**Tabla 3**

*Nivel de riesgo*

Matriz			Frecuencia				
			Casi imposible	Muy improbable	Improbable	Posible que ocurra	Continuamente / Posible que ocurra muchas veces
			1	2	3	4	5
Consecuencias	Muy alto	5	5	10	15	20	25
	Alto	4	4	8	12	16	20
	Medio	3	3	6	9	12	15
	Bajo	2	2	4	6	8	10
	Muy bajo	1	1	2	3	4	5

**Tabla 4***Clasificación del nivel de riesgo y acciones por tomar*

Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo	Acciones
<b>Extremo</b>	<b>Inaceptable</b>	Riesgo intolerable Este riesgo solo será aceptado en circunstancias extraordinarias y con aprobación de autoridad competente
<b>Alto</b>	<b>No deseado</b>	Tomar las medidas de mitigación factibles para reducir el riesgo
<b>Moderado</b>	<b>Tolerable</b>	Tolerable bajo aprobación del comité de seguridad
<b>Bajo</b>	<b>Aceptable</b>	No es necesario tomar medidas correctivas

A continuación, se muestra el documento de recopilación de información que se pretende utilizar para llevar a cabo el HAZOP.

<b>Fecha</b>		<b>Lugar</b>	
<b>Nombre del equipo</b>		<b>Proceso</b>	
<b>Turno</b>		<b>Tiempo de la intervención menor</b>	
<b>Aplicado por</b>			
<b>Jefe de estudio</b>			
<b>Líder facilitador</b>			
<b>Equipo Técnico</b>			
<b>Secretario Técnico</b>			
<b>Diagrama para la identificación de nodos</b>			

**Evaluación de riesgos inicial**

Palabra Guía	Falla o desviación	Causas	Consecuencias		Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
			Descripción	Tipo		Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo

Evaluación de riesgos final para la validación de las alternativas de solución seleccionadas

Palabra Guía	Falla o desviación	Causas	Consecuencias		Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
			Descripción	Tipo		Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo

**Apéndice G.** Matriz de criterios de comparación para la selección de la alternativa de solución de cada una de las máquinas.

**Tabla 5**

*Justificación detallada del cumplimiento de aspectos relevantes para cada alternativa de solución planteada*

Criterios	Alternativa de solución 1		Alternativa de solución 2		Alternativa de solución 3	
	Justificación n	Puntuación n	Justificación n	Puntuación n	Justificación n	Puntuación n
Requisitos legales con los que cumple						
Factibilidad de implementación						
Salud y seguridad						
Aspectos culturales y sociales						
Impacto ambiental						
Factores económicos						
Asociación con los ODS						
<b>Total</b>						

**Apéndice H.** Matriz de comprobación de requisitos del programa de control de energías peligrosas de la OSHCON: Control de Energía Peligrosa Bloqueo y Etiquetado – Programa de trabajo.

Requisito	Cumple	No cumple
Información general		
Propósito		
Alcance		
Definiciones		
Responsabilidades		
Procedimiento de intervenciones menores		
Inspecciones periódicas de la aplicación de intervenciones menores		
Comunicación		
Capacitación		
Cronograma		
Presupuesto		
Validación de los controles		
Conclusiones		
Recomendaciones		



**Apéndice J. Matriz RACI**

<b>Leyenda</b>	R	Responsable	AG	Alta gerencia	
	A	Aprobador	EHS	Departamento de Salud y Seguridad Ambiental	
	C	Consultado	DSG	Designado o Supervisores/Gerentes	
	I	Interesado	DM	Departamento de mantenimiento	
			TO	Técnicos y/o operarios	
<b>Actividades / Procesos</b>	<b>Involucrados</b>				

**Apéndice K. Plan de capacitación basado en la UNE-ISO 10015:2020 Gestión de la calidad.**  
*Directrices para la gestión de la competencia y el desarrollo de las personas.*

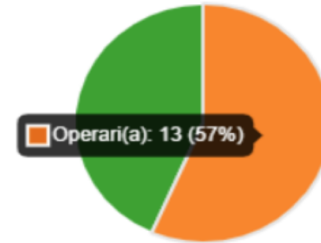
Apartado	Secciones	Cumple	
		Sí	No
<b>1. Introducción</b>	Objetivo general		
	Alcance		
<b>2. Análisis de necesidades de capacitación</b>	Identificación de las competencias requeridas		
<b>3. Diseño de la capacitación</b>	Tema		
	Objetivos de aprendizaje		
	Contenidos		
	Recursos		
	Metodologías		
	Duración		
	Personal que debe participar		
	Encargado de la capacitación		
	Seguimiento		
<b>4. Evaluación de la capacitación</b>	Resultados		
<b>5. Mejora continua</b>	Análisis de resultados		
	Acción correctiva		

**Apéndice L.** Respuestas de la entrevista semiestructurada con los ingenieros de área y operarios que realizan intervenciones menores.

1. Persona que acompaña

[More Details](#)

<span style="color: blue;">●</span> Supervisor(a)	0
<span style="color: orange;">●</span> Operari(a)	13
<span style="color: green;">●</span> Ingeniero(a)	10
<span style="color: red;">●</span> Técnico de mantenimiento	0
<span style="color: purple;">●</span> Other	0



2. Turno

[More Details](#)

[Insights](#)

<span style="color: blue;">●</span> A	8
<span style="color: orange;">●</span> B	0
<span style="color: green;">●</span> C	0
<span style="color: red;">●</span> Comprimido	7
<span style="color: purple;">●</span> Administrativo	1



3. Nombre de la máquina:

[More Details](#)

[Insights](#)

16  
Responses

Latest Responses  
 "BLOCKWISE BAND SWAGER"  
 "MARKER BAND SWAGER"  
 "MTS"

2 respondents (12%) answered **Cnc vertical fryer** for this question.



4. Ubicación de la máquina:

[More Details](#)

[Insights](#)

16

Responses

5. Activo de la máquina:

[More Details](#)

16

Responses

Latest Responses

"90103201"

"90229858"

"90693220"

6. ¿Se encuentran en el área máquinas a las cuales se les apliquen intervenciones menores?

[More Details](#)

[Insights](#)

<span style="color: blue;">●</span> Sí	16
<span style="color: orange;">●</span> No	0



7. ¿Se le realiza mantenimiento preventivo a la máquina?

[More Details](#)

[Insights](#)

<span style="color: blue;">●</span> Sí	16
<span style="color: orange;">●</span> No	0



8. ¿Con qué frecuencia se le realiza el mantenimiento preventivo a la máquina?

16

Responses

Latest Responses

"Anualmente"

"Anualmente"

"Anualmente"

9. Describa el tipo de intervención menor que se le aplica.

[More Details](#)

[Insights](#)

16  
Responses

Latest Responses

"Cambiar el dado, según la necesidad del modelo del producto "

"Retirar el dado dependiendo del la unidad "

"Remover gripper y pines"

8 respondents (47%) answered **puerta** for this question.



10. ¿Cuántas personas se requieren para aplicar la intervención menor?

[More Details](#)

16  
Responses

Latest Responses

"1"

"1"

"1"

11. ¿En cuáles turnos se aplica la intervención menor?

[More Details](#)

<span style="color: blue;">●</span> A	7
<span style="color: orange;">●</span> B	7
<span style="color: green;">●</span> C	7
<span style="color: red;">●</span> Comprimido	7
<span style="color: purple;">●</span> Administrativo	1



### 12. ¿Es rutinaria?

[More Details](#)

[Insights](#)

● Sí	16
● No	0



### 13. ¿Con cuánta frecuencia se realiza?

[More Details](#)

[Insights](#)

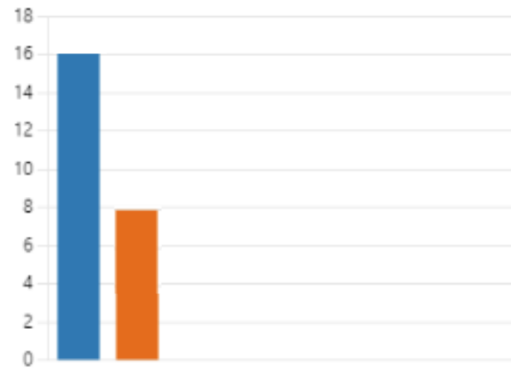
● Al menos una vez al día.	13
● Al menos 3 veces por semana.	3
● Una vez a la semana.	0
● Menos de una vez por semana.	0



### 14. Fuentes de energía que alimentan la máquina

[More Details](#)

● Eléctrica	16
● Neumática	8
● Química	0
● Mecánica	0
● Térmica	0
● Gravedad	0
● Hidráulica	0
● Other	0



15. Tiempo estimado de duración de la intervención menor (minutos).

16

Responses

Latest Responses

16. ¿Considera que existen peligros a la hora de aplicar la intervención?

[More Details](#)

[Insights](#)

<span style="color: blue;">●</span> Sí	5
<span style="color: orange;">●</span> No	11



17. ¿Cuáles otros peligros identifica?

[More Details](#)

[Insights](#)

16

Responses

Latest Responses

*"Puede sufrir atrapamiento"*

*"Puede sufrir atrapamiento"*

4 respondents (50%) answered **atrapamiento** for this question.



18. ¿Alguna vez ha sufrido un incidente relacionado a la intervención menor?

[More Details](#)

● Sí	0
● No	16



19. Incidentes relacionados a la intervención menor.

[More Details](#)

16  
Responses

Latest Responses

"N/A"

"N/A"

"N/A"

20. ¿Cuántas máquinas a las que se les aplique la misma intervención, hay en el área?

[More Details](#)

16  
Responses

Latest Responses

"4"

"2"

"1"

21. ¿Cuáles salvaguardas tiene la máquina?

[More Details](#)

[Insights](#)

16  
Responses

Latest Responses

"Resguardo con sensor y paro de emergencia"

"Resguardo con Sensor de pausa (HMI) y paro de emergencia"

"Paro de emergencia"

15 respondents (88%) answered **paro** for this question.



22. ¿Tiene el operario(a) el control de al menos una salvaguarda?

[More Details](#)

[Insights](#)

16  
Responses

Latest Responses

"Paro de emergencia"

"Paro de emergencia"

"Paro de emergencia"

14 respondents (82%) answered **paro** for this question.

si **paro** **emergencia**  
botón

23. ¿Considera que las salvaguardas le protegen del peligro mecánico presente?

[More Details](#)

16  
Responses

Latest Responses

"Si"

"No"

"No"

**Tabla 6***Especificación del paso a paso de los procedimientos menores obtenidos en la entrevista*

Nombre de la máquina	Paso a paso de la intervención menor
Cnc vertical fryer	<p><b>Ubicación:</b> Taller</p> <p><b>Acompañante:</b> operario</p> <p><b>Turno:</b> comprimido</p> <p><b>Intervención menor:</b> Cambio de herramienta en el setup.</p> <p><b>Personas necesarias para la tarea:</b> una.</p> <p><b>Cantidad de máquinas:</b> una.</p> <p><b>Fuente de energía:</b> Eléctrica; Neumática;</p> <p><b>Frecuencia de mantenimiento:</b> anual.</p> <p><b>Rutinaria:</b> Sí</p> <p><b>Frecuencia:</b> Al menos una vez al día.</p> <p><b>Duración:</b> 1 min</p> <p><b>Peligros:</b> no.</p> <p><b>Incidentes:</b> no.</p> <p><b>Salvaguardas:</b> Puertas con dispositivo de enclavamiento y paro de emergencia, en computadora y en handle.</p> <p><b>Control sobre la salvaguarda:</b> sí.</p> <p><b>Eficiencia de la salvaguarda:</b> sí.</p> <p><b>Pasos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aliste la herramienta a colocar.</li> <li>• Acerque la mesa de trabajo a la puerta.</li> <li>• Abra las puertas.</li> <li>• Sujete la herramienta a quitar en todo momento y presione el botón para desajustarla.</li> <li>• Guarde la herramienta que cambió y coloque la nueva.</li> <li>• Con la llave de prensa, abra las mordazas.</li> <li>• Coloque la nueva pieza y cierre las mordazas con la llave.</li> <li>• Cierre las puertas y continúe.</li> </ul>

Nombre de la máquina	Paso a paso de la intervención menor
CNC HAAS	<p><b>Ubicación:</b> Taller</p> <p><b>Acompañante:</b> operario</p> <p><b>Turno:</b> comprimido</p> <p><b>Intervención menor:</b> Cambiar pieza que se desea cortar o grabar. - Setup - Cambio de lote o modelo a cortar/grabar.</p> <p><b>Personas necesarias para la tarea:</b> una.</p> <p><b>Cantidad de máquinas:</b> una.</p> <p><b>Fuente de energía:</b> Eléctrica; Neumática;</p> <p><b>Frecuencia de mantenimiento:</b> anual.</p> <p><b>Rutinaria:</b> Sí</p> <p><b>Frecuencia:</b> Al menos una vez al día.</p> <p><b>Duración:</b> 1 min</p> <p><b>Peligros:</b> no.</p> <p><b>Incidentes:</b> no.</p> <p><b>Salvaguardas:</b> Resguardo móvil con dispositivo de enclavamiento y paro de emergencia.</p> <p><b>Control sobre la salvaguarda:</b> sí.</p> <p><b>Eficiencia de la salvaguarda:</b> sí.</p> <p><b>Pasos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Espere a que termine el ciclo y la máquina se detenga. Abra las puertas y Coloque el origen en la computadora.</li> <li>• Coloque la pieza en la base.</li> <li>• Cierre las puertas completamente.</li> <li>• Coloque la altura de la pieza con la computadora.</li> <li>• Si es necesario, cambie la herramienta de corte o grabado, sacando el soporte, colocándolo en la prensa manual y volviendo a poner la herramienta dentro de la máquina.</li> <li>• Alinee el cabezal con la pieza de manera manual con el handle.</li> <li>• Cierre las puertas y continúe con el trabajo.</li> </ul>

Nombre de la máquina	Paso a paso de la intervención menor
Lathe o torno convencional	<p><b>Ubicación:</b> Taller  <b>Acompañante:</b> operario  <b>Turno:</b> comprimido  <b>Intervención menor:</b> Cambio de pieza y de cuchilla en una pieza que rueda.  <b>Personas necesarias para la tarea:</b> una.  <b>Cantidad de máquinas:</b> una.  <b>Fuente de energía:</b> Eléctrica;  <b>Frecuencia de mantenimiento:</b> anual.  <b>Rutinaria:</b> Sí  <b>Frecuencia:</b> Al menos una vez al día.  <b>Duración:</b> 1 min  <b>Peligros:</b> no.  <b>Incidentes:</b> no.  <b>Salvavidas:</b> dispositivo de enclavamiento de guarda frontal y paro de emergencia.  <b>Control sobre la salvaguarda:</b> sí.  <b>Eficiencia de la salvaguarda:</b> sí.  <b>Pasos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Levante el resguardo móvil.</li> <li>• Corra el cabezal móvil para realizar el cambio.</li> <li>• Sostenga la herramienta de corte con una mano, con la otra mano desajuste la herramienta de corte con la herramienta de ajuste y quítela.</li> <li>• Coloque la nueva herramienta de corte y ténsela con la herramienta ajuste.</li> <li>• Desajuste el shock con la herramienta de ajuste mientras sostiene la pieza a cortar, una vez esté suelta, retírela.</li> <li>• Coloque la nueva pieza, preñe el shock, debe quedar bien ajustado para evitar que la pieza se desprenda.</li> <li>• Mueva el cabezal a su lugar y coloque el resguardo móvil.</li> </ul>
Milling Machine o fresadora convencional	<p><b>Ubicación:</b> Taller  <b>Acompañante:</b> operario  <b>Turno:</b> comprimido  <b>Intervención menor:</b> Cambio de herramienta de corte en el husillo, el cual gira.  <b>Personas necesarias para la tarea:</b> una.  <b>Cantidad de máquinas:</b> una.  <b>Fuente de energía:</b> Eléctrica;  <b>Frecuencia de mantenimiento:</b> anual.  <b>Rutinaria:</b> Sí  <b>Frecuencia:</b> Al menos 3 veces por semana.  <b>Duración:</b> 1 min  <b>Peligros:</b> no.  <b>Incidentes:</b> no.  <b>Salvavidas:</b> dispositivo de enclavamiento en guarda frontal y paro de emergencias.  <b>Control sobre la salvaguarda:</b> sí.  <b>Eficiencia de la salvaguarda:</b> sí.  <b>Pasos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Retire los resguardos móviles de seguridad.</li> <li>• Desajuste el husillo con la llave.</li> <li>• Quite la herramienta de corte, si se requiere, mueva la mesa.</li> <li>• Coloque la nueva herramienta de corte y ajuste el husillo.</li> <li>• Cierre resguardos móviles y continúe con el trabajo.</li> </ul>

Nombre de la máquina	Paso a paso de la intervención menor
Wire EDM	<p><b>Ubicación:</b> Taller</p> <p><b>Acompañante:</b> operario</p> <p><b>Turno:</b> comprimido</p> <p><b>Intervención menor:</b> Calzar la pieza - tomar los orígenes de la pieza, cambiar el hilo.</p> <p><b>Personas necesarias para la tarea:</b> una.</p> <p><b>Fuente de energía:</b> Eléctrica; Neumática;</p> <p><b>Cantidad de máquinas:</b> una.</p> <p><b>Frecuencia de mantenimiento:</b> anual.</p> <p><b>Rutinaria:</b> Sí</p> <p><b>Frecuencia:</b> Al menos 3 veces por semana.</p> <p><b>Duración:</b> 1 min</p> <p><b>Peligros:</b> no.</p> <p><b>Incidentes:</b> no.</p> <p><b>Salvaguardas:</b> Botón de bloqueo para cambio del hilo y paro de emergencia.</p> <p><b>Control sobre la salvaguarda:</b> sí.</p> <p><b>Eficiencia de la salvaguarda:</b> sí.</p> <p><b>Pasos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Espere a que termine el ciclo y la máquina se detenga, espere a que baje el nivel del agua.</li> <li>• Abra la compuerta del área de rodillos levantándola.</li> <li>• Presione el botón de bloqueo de los rodillos.</li> <li>• Gire el rollo para sacar el hilo del canal de rodillos.</li> <li>• Desajuste el rollo del hilo, girando la tuerca y retire el rollo.</li> <li>• Coloque el nuevo rollo de hilo.</li> <li>• Ajuste el rollo girando la tuerca.</li> <li>• Coloque el hilo en el primer rodillo y siga la guía de colocación del hilo (the wire path).</li> <li>• Con ayuda del rodillo guía, mueva el hilo entre los demás rodillos para bajarlo a la mesa de trabajo.</li> <li>• Cierre la compuerta del área de rodillos, la de los rodillos de la mesa y la de la mesa de trabajo.</li> <li>• Con la computadora tense el hilo.</li> <li>• Para alinear el hilo, abra la compuerta de la mesa de trabajo.</li> <li>• Conecte el alineador al interruptor de la máquina y coloque el alineador cerca del hilo.</li> <li>• Cierre las compuertas.</li> <li>• Verifique en la computadora la señal verde claro que indica que se está trabajando en la alineación del hilo.</li> <li>• No meta las manos a la máquina si esta opción está activa, puede haber energía eléctrica entre el hilo y el alineador.</li> <li>• Una vez terminada la alineación el indicador se pone de un color verde más oscuro, retire el alineador y continúe con el trabajo.</li> </ul>

Nombre de la máquina	Paso a paso de la intervención menor
Centro de mecanizado ROMI	<p><b>Ubicación:</b> Taller</p> <p><b>Acompañante:</b> operario</p> <p><b>Turno:</b> comprimido</p> <p><b>Intervención menor:</b> Cambio de herramienta que corta o graba en el portaherramientas.</p> <p><b>Personas necesarias para la tarea:</b> una.</p> <p><b>Fuente de energía:</b> Eléctrica; Neumática;</p> <p><b>Cantidad de máquinas:</b> una.</p> <p><b>Frecuencia de mantenimiento:</b> anual.</p> <p><b>Rutinaria:</b> Sí</p> <p><b>Frecuencia:</b> Al menos una vez al día.</p> <p><b>Duración:</b> 1 min</p> <p><b>Peligros:</b> no.</p> <p><b>Incidentes:</b> no.</p> <p><b>Salvaguardas:</b> Puertas con dispositivo de enclavamiento y paro de emergencia, en computadora y en handle.</p> <p><b>Control sobre la salvaguarda:</b> sí.</p> <p><b>Eficiencia de la salvaguarda:</b> sí.</p> <p><b>Pasos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Espere a que termine el ciclo y la máquina se detenga.</li> <li>• Acerque la mesa y el cabezal a la puerta.</li> <li>• Presione el botón para abrir la puerta y ábrala.</li> <li>• Con una llave abra las muelas de la mesa de trabajo.</li> <li>• Con una llave allen, desajuste y retire las muelas.</li> <li>• Coloque las nuevas muelas, ajustándolas con la llave allen.</li> <li>• Coloque la nueva pieza a cortar.</li> <li>• Si es necesario, mida las dimensiones de la pieza con el pie de rey o calibrador.</li> <li>• Para el cambio de la herramienta de corte.</li> <li>• Presione el botón para soltar la herramienta a cambiar, la luz del botón debe estar encendida.</li> <li>• Coloque la herramienta de corte nueva, presionando el botón que se ajuste.</li> <li>• Cierre las puertas y continúe con el trabajo.</li> </ul>

Nombre de la máquina	Paso a paso de la intervención menor
<p>ILT 1500 Laser Welder</p>	<p><b>Ubicación:</b> EP  <b>Acompañante:</b> Ingeniero(a);  <b>Turno:</b> A  <b>Intervención menor:</b> Cambio de fixture.  <b>Personas necesarias para la tarea:</b> una.  <b>Cantidad de máquinas:</b> una.  <b>Fuente de energía:</b> Eléctrica; Neumática;  <b>Frecuencia de mantenimiento:</b> mensual y semestral.  <b>Rutinaria:</b> Sí  <b>Frecuencia:</b> Al menos una vez al día.  <b>Duración:</b> 1 min  <b>Peligros:</b> Sí, El part clamp se mueve muy rápido, puede generar atrapamiento o peligro.  <b>Incidentes:</b> no.  <b>Salvaguardas:</b> Puerta con dispositivo de enclavamiento y Paro de emergencia.  <b>Control sobre la salvaguarda:</b> sí.  <b>Eficiencia de la salvaguarda:</b> sí.  <b>Pasos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Espere a que la máquina se detenga y se abra la puerta de seguridad.</li> <li>• Deslice el part clamp hacia la derecha con una mano, con la otra mano retire el fixture.</li> <li>• Coloque el fixture nuevo, calzándolo en los orificios, mientras mantiene sujeto el part clamp.</li> <li>• Quite la mano con la que colocó el fixture y luego suelte el part clamp.</li> <li>• Tenga el en cuenta que el part clamp puede moverse rápidamente hacia la izquierda y provocar un golpe o pellizco, controle el movimiento para evitarlo.</li> </ul>
<p>Schmidt Press Leaflet Cutting</p>	<p><b>Ubicación:</b> SH  <b>Acompañante:</b> Ingeniero(a); Operario(a)  <b>Turno:</b> A  <b>Intervención menor:</b> Cambio de die para cambio de modelo.  <b>Personas necesarias para la tarea:</b> una.  <b>Cantidad de máquinas:</b> una.  <b>Fuente de energía:</b> Eléctrica; Neumática;  <b>Frecuencia de mantenimiento:</b> mensual y semestral.  <b>Rutinaria:</b> Sí  <b>Frecuencia:</b> Al menos una vez al día.  <b>Duración:</b> 1 min  <b>Peligros:</b> no.  <b>Incidentes:</b> Sí, Se puede mover la pieza y golpear las manos del operario o generar atrapamiento.  <b>Salvaguardas:</b> Mando de dos manos, resguardo móvil y paro de emergencia.  <b>Control sobre la salvaguarda:</b> sí.  <b>Eficiencia de la salvaguarda:</b> sí.  <b>Pasos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Espere a que la máquina se detenga y se abra la puerta de seguridad.</li> <li>• Desajuste los tornillos, levante un poco el die y quítelo.</li> <li>• Coloque el die nuevo, empújelo ligeramente hacia arriba.</li> <li>• Ajuste los tornillos para que el die quede bien sujeto.</li> <li>• Continúe con la producción.</li> </ul>

Nombre de la máquina	Paso a paso de la intervención menor
Hole popper	<p><b>Ubicación:</b> Taller  <b>Acompañante:</b> operario  <b>Turno:</b> comprimido  <b>Intervención menor:</b> Cambio de herramienta eléctrica o electrodo.  <b>Personas necesarias para la tarea:</b> una.  <b>Cantidad de máquinas:</b> una.  <b>Fuente de energía:</b> Eléctrica;  <b>Frecuencia de mantenimiento:</b> anual.  <b>Rutinaria:</b> Sí  <b>Frecuencia:</b> Al menos 3 veces por semana.  <b>Duración:</b> 1 min  <b>Peligros:</b> no.  <b>Incidentes:</b> no.  <b>Salvaguardas:</b> puerta y paro de emergencia.  <b>Control sobre la salvaguarda:</b> sí.  <b>Eficiencia de la salvaguarda:</b> sí.  <b>Pasos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Espere a que la máquina se detenga y abra la puerta levantando el pin de cierre.</li> <li>• Proceda a desajustar el shock girándolo y saque el electrodo.</li> <li>• Coloque el nuevo electrodo, ajuste el shock y continúe con las operaciones.</li> </ul>
Suture crimp press station	<p><b>Ubicación:</b> EP  <b>Acompañante:</b> Ingeniero(a); Operario(a)  <b>Turno:</b> A  <b>Intervención menor:</b> Cambio de fixture.  <b>Personas necesarias para la tarea:</b> una.  <b>Cantidad de máquinas:</b> una.  <b>Fuente de energía:</b> Eléctrica; Neumática;  <b>Frecuencia de mantenimiento:</b> mensual y semestral.  <b>Rutinaria:</b> Sí  <b>Frecuencia:</b> Al menos una vez al día.  <b>Duración:</b> 1 min  <b>Peligros:</b> no.  <b>Incidentes:</b> no.  <b>Salvaguardas:</b> Cortina de Luz, mando de dos manos y paro de emergencia.  <b>Control sobre la salvaguarda:</b> sí.  <b>Eficiencia de la salvaguarda:</b> sí.  <b>Pasos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Espere a que la máquina se detenga y se abra la puerta de seguridad.</li> <li>• Cambie la pieza en los troqueles</li> <li>• Desbloquee los sensores de la cortina de seguridad, tocando los botones de desbloqueo.</li> <li>• Continúe con el trabajo.</li> </ul>

Nombre de la máquina	Paso a paso de la intervención menor
Anchor shaft lug bond fixture	<p><b>Ubicación:</b> EP  <b>Acompañante:</b> Ingeniero(a); Operario(a)  <b>Turno:</b> A  <b>Intervención menor:</b> Eliminar exceso de adhesivo.  <b>Personas necesarias para la tarea:</b> una.  <b>Cantidad de máquinas:</b> una.  <b>Fuente de energía:</b> Eléctrica;  <b>Frecuencia de mantenimiento:</b> mensual y semestral.  <b>Rutinaria:</b> Sí  <b>Frecuencia:</b> Al menos una vez al día.  <b>Duración:</b> 1 min  <b>Peligros:</b> Sí, Si la tapa se levanta la luz UV se puede encender  <b>Incidentes:</b> no.  <b>Salvaguardas:</b> Un resguardo móvil y dispositivo de enclavamiento.  <b>Control sobre la salvaguarda:</b> sí.  <b>Eficiencia de la salvaguarda:</b> sí.  <b>Pasos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Espere a que termine el tóner, luego, proceda a levantar la tapa, limpie el exceso de adhesivo.</li> <li>• Proceda a cerrar la tapa y continúe el procedimiento.</li> </ul>
Nissen Automatization cell	<p><b>Ubicación:</b> EP  <b>Acompañante:</b> Ingeniero(a); Operario(a)  <b>Turno:</b> A  <b>Intervención menor:</b> Cambio de heading y purga de resina.  <b>Personas necesarias para la tarea:</b> una.  <b>Cantidad de máquinas:</b> una.  <b>Fuente de energía:</b> Eléctrica;  <b>Frecuencia de mantenimiento:</b> mensual y semestral.  <b>Rutinaria:</b> Sí  <b>Frecuencia:</b> Al menos una vez al día.  <b>Duración:</b> 1 min  <b>Peligros:</b> no.  <b>Incidentes:</b> no.  <b>Salvaguardas:</b> Resguardo móvil con dispositivo de enclavamiento y paro de emergencia  <b>Control sobre la salvaguarda:</b> sí.  <b>Eficiencia de la salvaguarda:</b> sí.  <b>Pasos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Con la llave allen desajuste el tornillo y proceda a colocar el heading. Una vez colocado ajústelo de tal forma que el heading quede presionado.</li> <li>• Con la pinza quite el exceso de resina del cañón.</li> <li>• Para el inicio de la primera purga, coloque un plato de aluminio debajo del cañón.</li> <li>• Baje la compuerta interna y proceda a cerrar la externa</li> <li>• Una vez finalizada la primera purga, retire con ayuda de la pinza el plato de aluminio.</li> <li>• Para realizar la segunda purga, coloque dos toallas en la salida del cañón.</li> <li>• Retire las toallas con la resina.</li> </ul>

Nombre de la máquina	Paso a paso de la intervención menor
Bomba	<p><b>Ubicación:</b> SH  <b>Acompañante:</b> Ingeniero(a); Operario(a)  <b>Turno:</b> A  <b>Intervención menor:</b> Colocación de la manguera en la bomba.  <b>Frecuencia de mantenimiento:</b> mensual y semestral.  <b>Personas necesarias para la tarea:</b> una.  <b>Cantidad de máquinas:</b> una.  <b>Fuente de energía:</b> Eléctrica;  <b>Frecuencia de mantenimiento:</b> mensual y semestral.  <b>Rutinaria:</b> Sí  <b>Frecuencia:</b> Al menos una vez al día.  <b>Duración:</b> 1 min  <b>Peligros:</b> no.  <b>Incidentes:</b> no.  <b>Salvaguardas:</b> dispositivo de enclavamiento y salvaguarda  <b>Control sobre la salvaguarda:</b> sí.  <b>Eficiencia de la salvaguarda:</b> sí.  <b>Pasos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegúrese de que el equipo se encuentre apagado</li> <li>• Proceda a retirar los pines.</li> <li>• Remueva el seguro.</li> <li>• Desajuste y retire los tornillos.</li> <li>• Remueva la tapa.</li> <li>• Coloque la manguera, de tal manera que se ajuste al rotor.</li> <li>• Asegure la manguera a ambos extremos.</li> <li>• Proceda a colocar la tapa, tornillos y pines, de forma que vuelva a su estado inicial. Continúe con las operaciones.</li> </ul>
MTS	<p><b>Ubicación:</b> SH  <b>Acompañante:</b> Ingeniero(a);  <b>Turno:</b> Administrativo  <b>Intervención menor:</b> Remover gripper y pines.  <b>Personas necesarias para la tarea:</b> una.  <b>Fuente de energía:</b> Eléctrica; Neumática;  <b>Cantidad de máquinas:</b> una.  <b>Frecuencia de mantenimiento:</b> mensual y semestral.  <b>Rutinaria:</b> Sí  <b>Frecuencia:</b> Al menos una vez al día.  <b>Duración:</b> 1 min  <b>Peligros:</b> no.  <b>Incidentes:</b> no.  <b>Salvaguardas:</b> Resguardo móvil y paro de emergencia.  <b>Control sobre la salvaguarda:</b> sí.  <b>Eficiencia de la salvaguarda:</b> sí.  <b>Pasos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegurar que los gripper estén abiertos y sin flujo de aire, para esto verificar que el switch marque a la izquierda. De igual forma, verifique que el flujo de aire se haya ido del pedal.</li> <li>• Proceda a remover los pines.</li> <li>• Proceda a quitar los gripper y a colocar los nuevos.</li> </ul>

Nombre de la máquina	Paso a paso de la intervención menor
Marker band swager	<p><b>Ubicación:</b> EP  <b>Acompañante:</b> Ingeniero(a); Operario(a)  <b>Turno:</b> A  <b>Intervención menor:</b> Retirar el dado dependiendo de la unidad.  <b>Personas necesarias para la tarea:</b> una.  <b>Cantidad de máquinas:</b> una.  <b>Fuente de energía:</b> Eléctrica;  <b>Frecuencia de mantenimiento:</b> mensual y semestral.  <b>Rutinaria:</b> Sí  <b>Frecuencia:</b> Al menos una vez al día.  <b>Duración:</b> 1 min  <b>Peligros:</b> Sí, Puede sufrir atrapamiento  <b>Incidentes:</b> no.  <b>Salvaguardas:</b> Resguardo móvil con dispositivo de enclavamiento de pausa (HMI) y paro de emergencia  <b>Control sobre la salvaguarda:</b> sí.  <b>Eficiencia de la salvaguarda:</b> sí.  <b>Pasos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mueva la prensa, de tal forma que permita el espacio para retirar la tapa.</li> <li>• Desajuste el tornillo con la llave Allen para poder retirar el dado.</li> <li>• Retire el dado y coloque el nuevo.</li> <li>• Proceda a colocar nuevamente el resguardo móvil y continúe con las operaciones.</li> </ul>
Blockwise Band Swager	<p><b>Ubicación:</b> EP  <b>Acompañante:</b> Ingeniero(a); Operario(a)  <b>Turno:</b> A  <b>Intervención menor:</b> Cambiar el dado, según la necesidad del modelo del producto.  <b>Personas necesarias para la tarea:</b> una.  <b>Fuente de energía:</b> Eléctrica;  <b>Cantidad de máquinas:</b> una.  <b>Frecuencia de mantenimiento:</b> mensual y semestral.  <b>Rutinaria:</b> Sí  <b>Frecuencia:</b> Al menos una vez al día.  <b>Duración:</b> 1 min  <b>Peligros:</b> Sí, Puede sufrir atrapamiento  <b>Incidentes:</b> no.  <b>Salvaguardas:</b> Resguardo móvil con dispositivo de enclavamiento y paro de emergencia  <b>Control sobre la salvaguarda:</b> sí.  <b>Eficiencia de la salvaguarda:</b> sí.  <b>Pasos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajuste la distancia y el tope del recorrido, luego, proceda a retirar el resguardo.</li> <li>• Desajuste el tornillo con la llave Allen para poder retirar el dado.</li> <li>• Retire el dado y coloque el nuevo.</li> <li>• Proceda a colocar nuevamente el resguardo y continúe con las operaciones.</li> </ul>

**Apéndice M.** Respuestas de la matriz de comprobación de seguridad en maquinaria mediante el diseño de salvaguardas basado en la UNE-EN ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo. (ISO 12100:2010).

**1. Respuestas obtenidas con la matriz de comprobación de seguridad en maquinaria del Lathe - torno convencional.**

<b>Nombre de la máquina</b>	LATHE - Torno convencional			
<b>Activo de la máquina</b>	195058			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	27-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Se utiliza la máquina según lo previsto por el fabricante?	Sí	N/A	3	3
¿La intervención menor requiere esfuerzo físico?	No	N/A	1	1
¿Está en buenas condiciones el interruptor de encendido/apagado?	Sí	N/A	1	1
¿Todos los elementos del control de mando están etiquetados de forma clara y fácil de entender?	No	N/A	1	0
<b>Elementos relacionados con la zona de peligro</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Existe visibilidad directa a las zonas de peligro?	Sí	N/A	2	2
¿La zona de peligro están bien iluminadas?	Sí	N/A	2	2

<b>Nombre de la máquina</b>	LATHE - Torno convencional			
<b>Activo de la máquina</b>	195058			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	27-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿La zona que se interviene está provista de aristas cortantes, ángulos agudos, partes salientes que representen un peligro?	No	N/A	3	0
¿Se garantiza que no haya personas presentes en la zona de peligro de la máquina?	Sí	N/A	1	1
¿Existe un acceso seguro a todos los puntos necesarios para los trabajos de intervención menor?	Sí	N/A	1	1
¿Están ubicados los elementos de control fuera de las zonas de peligro? Los botones de inicio no deben poder accionarse desde dentro de la zona de peligro.	Sí	N/A	3	3
¿El operador tiene conocimiento de todas las zonas peligrosas de la máquina?	Sí	N/A	3	3
<b>Elementos relacionados con las salvaguardas</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Están los dispositivos de protección diseñados de manera que no puedan eludirse fácilmente?	No	N/A	3	0
Si la máquina tiene salvaguardas ¿están sujetas a inspecciones periódicas y/o mantenimiento preventivo por parte de una persona cualificada?	No	Una vez al año se realiza un mantenimiento general, no específico ni a las salvaguardas	3	0

<b>Nombre de la máquina</b>	LATHE - Torno convencional			
<b>Activo de la máquina</b>	195058			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	27-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Se especifican el tipo, el alcance, los requisitos y el calendario de las inspecciones de las salvaguardas (por ejemplo, en el plan de inspección y mantenimiento)?	Sí	N/A	1	1
¿Están documentadas las inspecciones y/o mantenimientos? Los registros deben proporcionar al menos información sobre 1. Identificación de la máquina, 2. Fecha de inspección, 3. norma técnica u otra referencia para la inspección, 4. Alcance de la inspección, 5. resultado de la inspección, 6. plazo hasta la próxima inspección periódica, 7. nombre y firma del inspector y de la empresa a la que pertenece.	Sí	N/A	1	1
¿Se han corregido deficiencias identificadas en las salvaguardas y se ha documentado?	No	N/A	2	2
¿Las salvaguardas poseen dispositivo de enclavamiento con bloqueo?	Sí	N/A	2	2
¿Las salvaguardas o resguardos impiden completamente el acceso a las zonas peligrosas de la máquina?	No	N/A	1	0
Si hay varios controles para arrancar la máquina en diferentes lugares: ¿Se proporcionan enclavamientos que garantizan que el arranque solo sea posible desde un elemento de control?	Sí	N/A	1	1

<b>Nombre de la máquina</b>	LATHE - Torno convencional			
<b>Activo de la máquina</b>	195058			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	27-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Las salvaguardas tienen equipo de protección sensible, SPE? Equipo para detectar personas o partes de personas que genera una señal de bloqueo para el sistema de mando con el fin de reducir el riesgo para las personas detectadas.	No	N/A	1	0
¿Las salvaguardas tienen dispositivo de retención mecánica? Dispositivo cuya función es insertar en un mecanismo, un obstáculo mecánico (por ejemplo, cuña, pasador, bloque, calce) capaz de oponerse, en base a su resistencia a cualquier movimiento peligroso.	No	N/A	2	0
¿Poseen las salvaguardas un dispositivo limitador? Dispositivo que impide que una máquina o condición(es) peligrosa(s) de una máquina sobrepase(n) un límite establecido (límite de desplazamiento, límite de presión, límite de momento de carga, etc.).	N/A	N/A	2	2
¿Se puede observar fácilmente, por parte del operario(a), si una salvaguarda fue puesta correctamente para garantizar la seguridad que provee?	Sí	N/A	2	2
¿Se detienen todos los movimientos peligrosos al abrir el dispositivo de protección o mover la salvaguarda?	Sí	N/A	3	3

<b>Nombre de la máquina</b>	LATHE - Torno convencional			
<b>Activo de la máquina</b>	195058			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	27-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Se evita un arranque automático después de colocar la salvaguarda? La máquina solo se puede poner en marcha cuando la salvaguarda está cerrada y se presiona conscientemente el botón START. Son posibles excepciones si no existe ningún riesgo asociado con el arranque automático (máquinas muy pequeñas sin áreas accesibles).	Sí	N/A	3	3
¿Tiene la máquina sistema de control de fallos que avise o indique un fallo en las salvaguardas?	No	N/A	1	0
En las máquinas con control de dos mandos ¿Está garantizado que el control de dos manos solo puede ser operado por dos manos?	N/A	N/A	3	3
¿Se detienen los movimientos peligrosos al soltar un elemento operativo del mando a dos manos?	N/A	N/A	1	1
¿La fuerza de accionamiento de los mandos para realizar la intervención menor, es adecuada para evitar un peligro mecánico?	N/A	N/A	1	1
<b>Elementos relacionados al botón de paro de emergencia.</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Está en buenas condiciones el botón de paro de emergencia? Botón rojo con fondo amarillo y etiqueta con el nombre en español.	Sí	N/A	1	1
¿Es fácil y rápido acceder al botón de paro de emergencia en la posición que se requiere para realizar la intervención menor?	Sí	N/A	3	3

<b>Nombre de la máquina</b>	LATHE - Torno convencional			
<b>Activo de la máquina</b>	195058			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	27-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿El botón de paro de emergencia suspende los movimientos peligrosos de la máquina abruptamente?	Sí	N/A	2	2
Al activar el paro de emergencia ¿se generan otros peligros asociados?	No	N/A	2	2
Después de activar el paro de emergencia, ¿es posible reiniciar la máquina inmediatamente después de desbloquear el botón de paro de emergencia? La máquina no debe poder arrancarse mientras se presiona el paro de emergencia. Un reinicio solo puede ser posible si el paro de emergencia está desbloqueado y se presiona el botón de inicio.	No	N/A	3	3
¿El botón de paro de emergencia desactiva todos los movimientos de la máquina? Verificar si el paro de emergencia para todos los movimientos o hay varios paros para diferentes secciones de la máquina.	Sí	N/A	1	1
¿Para disipar la energía almacenada de la máquina en una emergencia, es suficiente con activar el botón de paro de emergencia?	No	N/A	1	0
Al activar el paro de emergencia y en caso de que una persona quede atrapada ¿existen mecanismos que permitan liberar a la persona sin desbloquear el paro de emergencia?	No	N/A	3	0
<b>Resultado de la inspección:</b>	<b>73</b>		<b>70</b>	<b>51</b>
<b>Fecha de la próxima inspección:</b>	<b>Por definir</b>			

**2. Respuestas obtenidas con la matriz de comprobación de seguridad en maquinaria de la *Milling Machine* o Fresadora convencional.**

<b>Nombre de la máquina</b>	Milling Machine - Fresadora convencional			
<b>Activo de la máquina</b>	195055			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	27-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Se utiliza la máquina según lo previsto por el fabricante?	Sí	N/A	3	3
¿La intervención menor requiere esfuerzo físico?	No	N/A	1	1
¿Está en buenas condiciones el interruptor de encendido/apagado?	Sí	N/A	1	1
¿Todos los elementos del control de mando están etiquetados de forma clara y fácil de entender?	No	N/A	1	0
<b>Elementos relacionados con la zona de peligro</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Existe visibilidad directa a las zonas de peligro?	Sí	N/A	2	2
¿La zona de peligro están bien iluminadas?	Sí	N/A	2	2
¿La zona que se interviene está provista de aristas cortantes, ángulos agudos, partes salientes que representen un peligro?	No	N/A	3	0
¿Se garantiza que no haya personas presentes en la zona de peligro de la máquina?	Sí	N/A	1	1
¿Existe un acceso seguro a todos los puntos necesarios para los trabajos de intervención menor?	Sí	N/A	1	1

<b>Nombre de la máquina</b>	Milling Machine - Fresadora convencional			
<b>Activo de la máquina</b>	195055			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	27-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Están ubicados los elementos de control fuera de las zonas de peligro? Los botones de inicio no deben poder accionarse desde dentro de la zona de peligro.	Sí	N/A	3	3
¿El operador tiene conocimiento de todas las zonas peligrosas de la máquina?	Sí	N/A	3	3
<b>Elementos relacionados con las salvaguardas</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Están los dispositivos de protección diseñados de manera que no puedan eludirse fácilmente?	No	N/A	3	0
Si la máquina tiene salvaguardas ¿están sujetas a inspecciones periódicas y/o mantenimiento preventivo por parte de una persona cualificada?	No	Una vez al año se realiza un mantenimiento general, no específico ni a las salvaguardas	3	0
¿Se especifican el tipo, el alcance, los requisitos y el calendario de las inspecciones de las salvaguardas (por ejemplo, en el plan de inspección y mantenimiento)?	Sí	N/A	1	1

<b>Nombre de la máquina</b>	Milling Machine - Fresadora convencional			
<b>Activo de la máquina</b>	195055			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	27-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Están documentadas las inspecciones y/o mantenimientos? Los registros deben proporcionar al menos información sobre 1. Identificación de la máquina, 2. Fecha de inspección, 3. norma técnica u otra referencia para la inspección, 4. Alcance de la inspección, 5. resultado de la inspección, 6. plazo hasta la próxima inspección periódica, 7. nombre y firma del inspector y de la empresa a la que pertenece.	Sí	N/A	1	1
¿Se han corregido deficiencias identificadas en las salvaguardas y se ha documentado?	No	N/A	2	2
¿Las salvaguardas poseen dispositivo de enclavamiento con bloqueo?	Sí	N/A	2	2
¿Las salvaguardas o resguardos impiden completamente el acceso a las zonas peligrosas de la máquina?	No	N/A	1	0
Si hay varios controles para arrancar la máquina en diferentes lugares: ¿Se proporcionan enclavamientos que garantizan que el arranque solo sea posible desde un elemento de control?	Sí	N/A	1	1
¿Las salvaguardas tienen equipo de protección sensible, SPE? Equipo para detectar personas o partes de personas que genera una señal de bloqueo para el sistema de mando con el fin de reducir el riesgo para las personas detectadas.	No	N/A	1	0

<b>Nombre de la máquina</b>	Milling Machine - Fresadora convencional			
<b>Activo de la máquina</b>	195055			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	27-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Las salvaguardas tienen dispositivo de retención mecánica? Dispositivo cuya función es insertar en un mecanismo, un obstáculo mecánico (por ejemplo, cuña, pasador, bloque, calce) capaz de oponerse, en base a su resistencia a cualquier movimiento peligroso.	No	N/A	2	0
¿Poseen las salvaguardas un dispositivo limitador? Dispositivo que impide que una máquina o condición(es) peligrosa(s) de una máquina sobrepase(n) un límite establecido (límite de desplazamiento, límite de presión, límite de momento de carga, etc.).	N/A	N/A	2	2
¿Se puede observar fácilmente, por parte del operario(a), si una salvaguarda fue puesta correctamente para garantizar la seguridad que provee?	Sí	N/A	2	2
¿Se detienen todos los movimientos peligrosos al abrir el dispositivo de protección o mover la salvaguarda?	Sí	N/A	3	3
¿Se evita un arranque automático después de colocar la salvaguarda? La máquina solo se puede poner en marcha cuando la salvaguarda está cerrada y se presiona conscientemente el botón START. Son posibles excepciones si no existe ningún riesgo asociado con el arranque automático (máquinas muy pequeñas sin áreas accesibles).	Sí	N/A	3	3
¿Tiene la máquina sistema de control de fallos que avise o indique un fallo en las salvaguardas?	No	N/A	1	0

<b>Nombre de la máquina</b>	Milling Machine - Fresadora convencional			
<b>Activo de la máquina</b>	195055			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	27-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
En las máquinas con control de dos mandos ¿Está garantizado que el control de dos manos solo puede ser operado por dos manos?	N/A	N/A	3	3
¿Se detienen los movimientos peligrosos al soltar un elemento operativo del mando a dos manos?	N/A	N/A	1	1
¿La fuerza de accionamiento de los mandos para realizar la intervención menor, es adecuada para evitar un peligro mecánico?	N/A	N/A	1	1
<b>Elementos relacionados al botón de paro de emergencia.</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Está en buenas condiciones el botón de paro de emergencia? Botón rojo con fondo amarillo y etiqueta con el nombre en español.	Sí	N/A	1	1
¿Es fácil y rápido acceder al botón de paro de emergencia en la posición que se requiere para realizar la intervención menor?	Sí	N/A	3	3
¿El botón de paro de emergencia suspende los movimientos peligrosos de la máquina abruptamente?	Sí	N/A	2	2
Al activar el paro de emergencia ¿se generan otros peligros asociados?	No	N/A	2	2
Después de activar el paro de emergencia, ¿es posible reiniciar la máquina inmediatamente después de desbloquear el botón de paro de emergencia? La máquina no debe poder arrancarse mientras se presiona el paro de	No	N/A	3	3

<b>Nombre de la máquina</b>	Milling Machine - Fresadora convencional			
<b>Activo de la máquina</b>	195055			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	27-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
emergencia. Un reinicio solo puede ser posible si el paro de emergencia está desbloqueado y se presiona el botón de inicio.				
¿El botón de paro de emergencia desactiva todos los movimientos de la máquina? Verificar si el paro de emergencia para todos los movimientos o hay varios paros para diferentes secciones de la máquina.	Sí	N/A	1	1
¿Para disipar la energía almacenada de la máquina en una emergencia, es suficiente con activar el botón de paro de emergencia?	No	N/A	1	0
Al activar el paro de emergencia y en caso de que una persona quede atrapada ¿existen mecanismos que permitan liberar a la persona sin desbloquear el paro de emergencia?	No	N/A	3	0
<b>Resultado de la inspección:</b>	<b>73</b>		70	51
<b>Fecha de la próxima inspección:</b>	<b>Por definir</b>			

### 3. Respuestas obtenidas con la matriz de comprobación de seguridad en maquinaria de la *Hole Popper*

<b>Nombre de la máquina</b>	Hole popper			
<b>Activo de la máquina</b>	299048			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	27-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Se utiliza la máquina según lo previsto por el fabricante?	Sí	N/A	3	3
¿La intervención menor requiere esfuerzo físico?	No	N/A	1	1
¿Está en buenas condiciones el interruptor de encendido/apagado?	Sí	N/A	1	1
¿Todos los elementos del control de mando están etiquetados de forma clara y fácil de entender?	No	N/A	1	0
<b>Elementos relacionados con la zona de peligro</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Existe visibilidad directa a las zonas de peligro?	Sí	N/A	2	2
¿La zona de peligro están bien iluminadas?	Sí	N/A	2	2
¿La zona que se interviene está provista de aristas cortantes, ángulos agudos, partes salientes que representen un peligro?	Sí	N/A	3	3
¿Se garantiza que no haya personas presentes en la zona de peligro de la máquina?	Sí	N/A	1	1
¿Existe un acceso seguro a todos los puntos necesarios para los trabajos de intervención menor?	Sí	N/A	1	1
¿Están ubicados los elementos de control fuera de las zonas de peligro? Los botones de inicio no deben poder accionarse desde dentro de la zona de peligro.	Sí	N/A	3	3
¿El operador tiene conocimiento de todas las zonas peligrosas de la máquina?	Sí	N/A	3	3
<b>Elementos relacionados con las salvaguardas</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>

<b>Nombre de la máquina</b>	Hole popper			
<b>Activo de la máquina</b>	299048			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	27-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Están los dispositivos de protección diseñados de manera que no puedan eludirse fácilmente?	No	N/A	3	0
Si la máquina tiene salvaguardas ¿están sujetas a inspecciones periódicas y/o mantenimiento preventivo por parte de una persona cualificada?	No	N/A	3	0
¿Se especifican el tipo, el alcance, los requisitos y el calendario de las inspecciones de las salvaguardas (por ejemplo, en el plan de inspección y mantenimiento)?	No	Una vez al año se realiza un mantenimiento general, no específico ni a las salvaguardas	1	0
¿Están documentadas las inspecciones y/o mantenimientos? Los registros deben proporcionar al menos información sobre 1. Identificación de la máquina, 2. Fecha de inspección, 3. norma técnica u otra referencia para la inspección, 4. Alcance de la inspección, 5. resultado de la inspección, 6. plazo hasta la próxima inspección periódica, 7. nombre y firma del inspector y de la empresa a la que pertenece.	Sí	N/A	1	1
¿Se han corregido deficiencias identificadas en las salvaguardas y se ha documentado?	No	N/A	2	2
¿Las salvaguardas poseen dispositivo de enclavamiento con bloqueo?	No	N/A	2	0
¿Las salvaguardas o resguardos impiden completamente el acceso a las zonas peligrosas de la máquina?	No	N/A	1	0

<b>Nombre de la máquina</b>	Hole popper			
<b>Activo de la máquina</b>	299048			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	27-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
Si hay varios controles para arrancar la máquina en diferentes lugares: ¿Se proporcionan enclavamientos que garantizan que el arranque solo sea posible desde un elemento de control?	N/A	N/A	1	1
¿Las salvaguardas tienen equipo de protección sensible, SPE? Equipo para detectar personas o partes de personas que genera una señal de bloqueo para el sistema de mando con el fin de reducir el riesgo para las personas detectadas.	No	N/A	1	0
¿Las salvaguardas tienen dispositivo de retención mecánica? Dispositivo cuya función es insertar en un mecanismo, un obstáculo mecánico (por ejemplo, cuña, pasador, bloque, calce) capaz de oponerse, en base a su resistencia a cualquier movimiento peligroso.	Sí	N/A	2	2
¿Poseen las salvaguardas un dispositivo limitador? Dispositivo que impide que una máquina o condición(es) peligrosa(s) de una máquina sobrepase(n) un límite establecido (límite de desplazamiento, límite de presión, límite de momento de carga, etc.).	N/A	N/A	2	2
¿Se puede observar fácilmente, por parte del operario(a), si una salvaguarda fue puesta correctamente para garantizar la seguridad que provee?	Sí	N/A	2	2
¿Se detienen todos los movimientos peligrosos al abrir el dispositivo de protección o mover la salvaguarda?	Sí	N/A	3	3

<b>Nombre de la máquina</b>	Hole popper			
<b>Activo de la máquina</b>	299048			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	27-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Se evita un arranque automático después de colocar la salvaguarda? La máquina solo se puede poner en marcha cuando la salvaguarda está cerrada y se presiona conscientemente el botón START. Son posibles excepciones si no existe ningún riesgo asociado con el arranque automático (máquinas muy pequeñas sin áreas accesibles).	Sí	N/A	3	3
¿Tiene la máquina sistema de control de fallos que avise o indique un fallo en las salvaguardas?	Sí	N/A	1	1
En las máquinas con control de dos mandos ¿Está garantizado que el control de dos manos solo puede ser operado por dos manos?	N/A	N/A	3	3
¿Se detienen los movimientos peligrosos al soltar un elemento operativo del mando a dos manos?	N/A	N/A	1	1
¿La fuerza de accionamiento de los mandos para realizar la intervención menor, es adecuada para evitar un peligro mecánico?	N/A	N/A	1	1
<b>Elementos relacionados al botón de paro de emergencia.</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Está en buenas condiciones el botón de paro de emergencia? Botón rojo con fondo amarillo y etiqueta con el nombre en español.	Sí	N/A	1	1
¿Es fácil y rápido acceder al botón de paro de emergencia en la posición que se requiere para realizar la intervención menor?	No	N/A	3	0
¿El botón de paro de emergencia suspende los movimientos peligrosos de la máquina abruptamente?	Sí	N/A	2	2
Al activar el paro de emergencia ¿se generan otros peligros asociados?	No	N/A	2	2

<b>Nombre de la máquina</b>	Hole popper			
<b>Activo de la máquina</b>	299048			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	27-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
Después de activar el paro de emergencia, ¿es posible reiniciar la máquina inmediatamente después de desbloquear el botón de paro de emergencia? La máquina no debe poder arrancarse mientras se presiona el paro de emergencia. Un reinicio solo puede ser posible si el paro de emergencia está desbloqueado y se presiona el botón de inicio.	No	N/A	3	3
¿El botón de paro de emergencia desactiva todos los movimientos de la máquina? Verificar si el paro de emergencia para todos los movimientos o hay varios paros para diferentes secciones de la máquina.	Sí	N/A	1	1
¿Para disipar la energía almacenada de la máquina en una emergencia, es suficiente con activar el botón de paro de emergencia?	No	N/A	1	0
Al activar el paro de emergencia y en caso de que una persona quede atrapada ¿existen mecanismos que permitan liberar a la persona sin desbloquear el paro de emergencia?	No	N/A	3	0
<b>Resultado de la inspección:</b>	<b>73</b>		70	51
<b>Fecha de la próxima inspección:</b>	<b>Por definir</b>			

4. Respuestas obtenidas con la matriz de comprobación de seguridad en maquinaria de la *Schmidt Press Leaflet Cutting*

<b>Nombre de la máquina</b>	Schmidt Press Leaflet Cutting			
<b>Activo de la máquina</b>	90069419			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	28-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	SH			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Técnico de mantenimiento			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Se utiliza la máquina según lo previsto por el fabricante?	Sí	N/A	3	3
¿La intervención menor requiere esfuerzo físico?	Sí	N/A	1	1
¿Está en buenas condiciones el interruptor de encendido/apagado?	Sí	Se le da mantenimiento cada mes y seis meses	1	1
¿Todos los elementos del control de mando están etiquetados de forma clara y fácil de entender?	Sí	N/A	1	1
<b>Elementos relacionados con la zona de peligro</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Existe visibilidad directa a las zonas de peligro?	Sí	N/A	2	2
¿La zona de peligro están bien iluminadas?	Sí	N/A	2	2
¿La zona que se interviene está provista de aristas cortantes, ángulos agudos, partes salientes que representen un peligro?	No	El acceso es incómodo	3	3
¿Se garantiza que no haya personas presentes en la zona de peligro de la máquina?	Sí	N/A	1	1
¿Existe un acceso seguro a todos los puntos necesarios para los trabajos de intervención menor?	Sí	N/A	1	1

<b>Nombre de la máquina</b>	Schmidt Press Leaflet Cutting			
<b>Activo de la máquina</b>	90069419			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	28-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	SH			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Técnico de mantenimiento			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Están ubicados los elementos de control fuera de las zonas de peligro? Los botones de inicio no deben poder accionarse desde dentro de la zona de peligro.	Sí	N/A	3	3
¿El operador tiene conocimiento de todas las zonas peligrosas de la máquina?	Sí	N/A	3	3
<b>Elementos relacionados con las salvaguardas</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Están los dispositivos de protección diseñados de manera que no puedan eludirse fácilmente?	Sí	N/A	3	3
Si la máquina tiene salvaguardas ¿están sujetas a inspecciones periódicas y/o mantenimiento preventivo por parte de una persona cualificada?	Sí	Seis meses	3	3
¿Se especifican el tipo, el alcance, los requisitos y el calendario de las inspecciones de las salvaguardas (por ejemplo, en el plan de inspección y mantenimiento)?	Sí	N/A	1	1
¿Están documentadas las inspecciones y/o mantenimientos? Los registros deben proporcionar al menos información sobre 1. Identificación de la máquina, 2. Fecha de inspección, 3. norma técnica u otra referencia para la inspección, 4. Alcance de la inspección, 5. resultado de la inspección, 6. plazo hasta la próxima inspección periódica, 7. nombre y firma del inspector y de la empresa a la que pertenece.	Sí	N/A	1	1
¿Se han corregido deficiencias identificadas en las salvaguardas y se ha documentado?	Sí	N/A	2	0
¿Las salvaguardas poseen dispositivo de enclavamiento con bloqueo?	Sí	N/A	2	2


<b>Nombre de la máquina</b>	Schmidt Press Leaflet Cutting			
<b>Activo de la máquina</b>	90069419			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	28-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	SH			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Técnico de mantenimiento			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Las salvaguardas o resguardos impiden completamente el acceso a las zonas peligrosas de la máquina?	Sí	N/A	1	2
Si hay varios controles para arrancar la máquina en diferentes lugares: ¿Se proporcionan enclavamientos que garantizan que el arranque solo sea posible desde un elemento de control?	N/A	N/A	1	1
¿Las salvaguardas tienen equipo de protección sensible, SPE? Equipo para detectar personas o partes de personas que genera una señal de bloqueo para el sistema de mando con el fin de reducir el riesgo para las personas detectadas.	No	N/A	1	0
¿Las salvaguardas tienen dispositivo de retención mecánica? Dispositivo cuya función es insertar en un mecanismo, un obstáculo mecánico (por ejemplo, cuña, pasador, bloque, calce) capaz de oponerse, en base a su resistencia a cualquier movimiento peligroso.	No	N/A	2	0
¿Poseen las salvaguardas un dispositivo limitador? Dispositivo que impide que una máquina o condición(es) peligrosa(s) de una máquina sobrepase(n) un límite establecido (límite de desplazamiento, límite de presión, límite de momento de carga, etc.).	Sí	N/A	2	2
¿Se puede observar fácilmente, por parte del operario(a), si una salvaguarda fue puesta correctamente para garantizar la seguridad que provee?	No	N/A	2	0
¿Se detienen todos los movimientos peligrosos al abrir el dispositivo de protección o mover la salvaguarda?	Sí	N/A	3	3

<b>Nombre de la máquina</b>	Schmidt Press Leaflet Cutting			
<b>Activo de la máquina</b>	90069419			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	28-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	SH			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Técnico de mantenimiento			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Se evita un arranque automático después de colocar la salvaguarda? La máquina solo se puede poner en marcha cuando la salvaguarda está cerrada y se presiona conscientemente el botón START. Son posibles excepciones si no existe ningún riesgo asociado con el arranque automático (máquinas muy pequeñas sin áreas accesibles).	Sí	N/A	3	3
¿Tiene la máquina sistema de control de fallos que avise o indique un fallo en las salvaguardas?	No	N/A	1	0
En las máquinas con control de dos mandos ¿Está garantizado que el control de dos manos solo puede ser operado por dos manos?	Sí	N/A	3	3
¿Se detienen los movimientos peligrosos al soltar un elemento operativo del mando a dos manos?	Sí	N/A	1	1
¿La fuerza de accionamiento de los mandos, es adecuada para evitar un peligro mecánico?	Sí	N/A	1	1
<b>Elementos relacionados al botón de paro de emergencia.</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Está en buenas condiciones el botón de paro de emergencia? Botón rojo con fondo amarillo y etiqueta con el nombre en español.	Sí	N/A	1	1
¿Es fácil y rápido acceder al botón de paro de emergencia en la posición que se requiere para realizar la intervención menor?	Sí	N/A	3	3
¿El botón de paro de emergencia suspende los movimientos peligrosos de la máquina abruptamente?	No	N/A	2	0

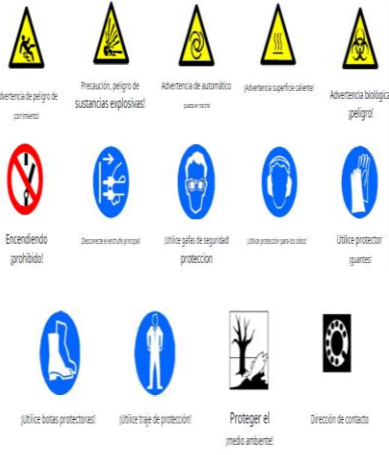
<b>Nombre de la máquina</b>	Schmidt Press Leaflet Cutting			
<b>Activo de la máquina</b>	90069419			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	28-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	SH			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Técnico de mantenimiento			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
Al activar el paro de emergencia ¿se generan otros peligros asociados?	Sí	La puerta de la máquina se suelta y cae, puede generar golpes	2	0
Después de activar el paro de emergencia, ¿es posible reiniciar la máquina inmediatamente después de desbloquear el botón de paro de emergencia? La máquina no debe poder arrancarse mientras se presiona el paro de emergencia. Un reinicio solo puede ser posible si el paro de emergencia está desbloqueado y se presiona el botón de inicio.	No	N/A	3	3
¿El botón de paro de emergencia desactiva todos los movimientos de la máquina? Verificar si el paro de emergencia para todos los movimientos o hay varios paros para diferentes secciones de la máquina.	Sí	N/A	1	1
¿Para disipar la energía almacenada de la máquina en una emergencia, es suficiente con activar el botón de paro de emergencia?	No	N/A	1	0
Al activar el paro de emergencia y en caso de que una persona quede atrapada ¿existen mecanismos que permitan liberar a la persona sin desbloquear el paro de emergencia?	Sí	N/A	3	3
<b>Resultado de la inspección:</b>	<b>83</b>		70	58
<b>Fecha de la próxima inspección:</b>	<b>Por definir</b>			

**Apéndice N.** Respuestas obtenidas con las matrices de comprobación de conocimiento basada en el manual de uso de la máquina.

**1. Respuestas obtenidas con la matriz de comprobación de conocimiento del Lathe - Torno convencional**

		<b>Máquina</b>  <b>Torno convencional / LATHE</b>		<b>Fecha</b>		20-ago-24
<b>Aplicado a</b>		Técnico mecánico de precisión		<b>Modelo de la máquina</b>		Fel - 1440hg
<b>Años de experiencia del usuario</b>		20		<b>Año de fabricación</b>		2013
<b>Formación del usuario</b>		Industria médica, farmacéutica e industrial		<b>Marca</b>		ACRA
				<b>Aplicado por</b>		Julieth Retana Yuliana Masís
Sección	Pregunta	Respuesta		Respuesta correcta según el manual	Observaciones	
		Acierta	Desacierta			

**Seguridad**

<p>¿Conoce y sabe interpretar los pictogramas de seguridad que posee la máquina?</p>		<p>X</p>		
<p>¿Puede identificar los dispositivos de seguridad que de la máquina?</p>		<p>X</p>	<p>Botón de paro de emergencia. Cubierta protectora con interruptor de seguridad. Protección del plato de torno con interruptor de posición. Dispositivo de enclavamiento Llave del portabrocas del torno.</p>	<p>No menciona el paro de emergencia y menciona que el dispositivo de enclavamiento falla en ocasiones</p>
<p>¿Sabe cómo usar el botón de parada de emergencia?</p>	<p>X</p>		<p>Al tocar el dispositivo de parada de emergencia, se activa una parada de emergencia. Después de accionar el interruptor, gírelo hacia la derecha para reiniciar el torno.</p>	

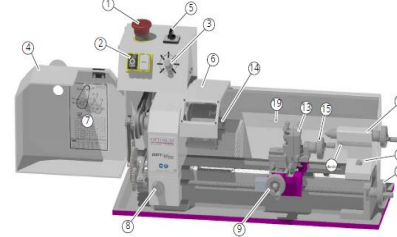
<p>¿Conoce los procedimientos de verificación de seguridad de la máquina?</p>	<p>X</p>	<p><b>Evite prácticas laborales de riesgo:</b>  Asegúrese de que su trabajo no ponga en peligro a nadie. Sujete firmemente la pieza de trabajo antes de activar el torno.  Para sujetar piezas de trabajo, utilice únicamente la llave especial para portabrocas suministrada. Tenga cuidado con la apertura máxima del portabrocas.  Use gafas de seguridad.  No retire las virutas giratorias con la mano. Utilice un gancho para virutas y / o un cepillo de mano para quitar las virutas que se mueven.  Sujete la herramienta de torneado a la altura correcta y con el menor voladizo posible.  Apague el torno antes de medir la pieza de trabajo.  No trabaje en el torno, si su concentración se reduce, por ejemplo, porque estás tomando medicación.  Permanezca en el torno hasta que todos los movimientos se hayan detenido por completo.  Utilice el equipo de protección personal prescrito. Asegúrese de usar un traje de trabajo que le quede bien y, si es necesario, una redecilla.</p>	
<p>¿Conoce y utiliza el equipo de protección personal (EPP) indicado?</p>	<p>X</p>	<p>Guantes anticorte, lentes y protección auditiva.</p>	

**Manejo de la máquina**

¿Conoce los 19 elementos de control e indicación de la máquina?

X

**5.2 Elementos de control e indicación**



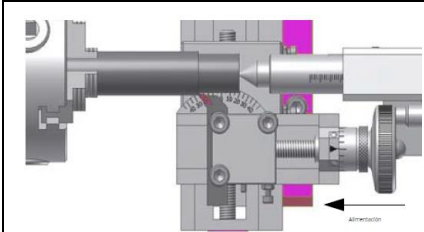
Pos.	Designación	Pos.	Designación
1	Botón de parada de emergencia	2	Indicador de nivel de aceite
3	Ajuste de velocidad	4	para la funda protectora del cabezal
5	Control de dirección de rotación	6	Protección de modo de trabajo
7	Control de velocidad y avance de alimentación	8	Medidor de avance de eje de avance
9	Control de avance de eje de avance	10	Control de avance
13	Protección de modo de trabajo	14	Módulo de trabajo
15	Control de avance de eje de avance	16	Módulo de control de avance de eje de avance
17	Control de avance de eje de avance	18	Botón de avance de eje de avance
19	Control de avance de eje de avance		

No menciona una gran parte de los elementos de control

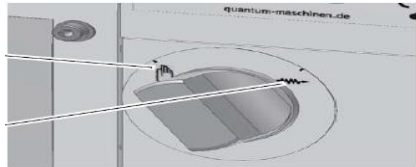
	<p>¿Sabe cómo ajustar la velocidad de la máquina?</p>	<p>X</p>	<p>Ajuste la velocidad con el potenciómetro. Para utilizar otro rango de velocidad, debe cambiar la posición de la correa trapezoidal en las poleas.</p> <p>Cambiar el rango de velocidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Desenchufe el enchufe a prueba de golpes de la red.</li> <li>- Abra la tapa protectora de la culata del husillo.</li> <li>- Aflojar el tornillo Allen de la polea tensora.</li> <li>- Levante la correa trapezoidal a la posición correspondiente.</li> <li>- Girar la polea con la mano para facilitar el posicionamiento sobre el otro diámetro de polea.</li> </ul> <p>Asegúrese de que la correa síncrona no se tuerza.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maneje la correa trapezoidal con cuidado. No se debe dañar ni estirar demasiado.</li> <li>- Empuje la polea tensora hacia arriba para tensar la correa trapezoidal.</li> <li>- Montar la polea tensora.</li> <li>- Se ha alcanzado la tensión correcta de la correa trapezoidal, cuando todavía puede doblarla aproximadamente 3 mm con el dedo índice.</li> </ul>	
--	---	----------	---	--

¿Puede seleccionar el giro recto o la alimentación automática de la máquina?

X



Imq. 5-4: Gráfico: Giro recto




Imq. 5-5: Activando el interruptor

	<p>¿Sabe cómo realizar los cambios de marcha a la máquina?</p>	<p>X</p>	<p>Desenchufe el enchufe a prueba de golpes de la red.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Abra la tapa protectora de la culata del husillo. Reprimición</li> <li>- Abra el tornillo de apriete del cuadrante de tornillo cambio de marcha y retire la correa trapezoidal.</li> </ul> <p>Cambio de marcha cuadrante</p> <p>Img. 5-10: Cambiar cuadrante de marcha</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Engranaje de alimentación</li> <li>- Sustituya la marcha de cambio "Z1 / Z2" por la marcha de cambio con la combinación de dientes Z1 = 15; Z2 = 20</li> <li>- Sustituya la marcha de cambio "L" por la marcha de cambio de 20 dientes.</li> <li>- Empuje la combinación de cambio de marcha "Z1 / Z2" y "L" en el cuadrante juntos para que se puedan girar fácilmente.</li> <li>- Apriete la correa trapezoidal y apriete el tornillo de apriete del cuadrante.</li> <li>- Se ha alcanzado la tensión correcta de la correa trapezoidal, cuando todavía puede doblarla aproximadamente 3 mm con el dedo índice.</li> </ul>	
--	--	----------	--	--

<b>Operación</b>	¿Comprende los principios básicos del torneado, como el torneado longitudinal, el refrentado y el roscado?	X	El torneado longitudinal es la operación en la que la herramienta de corte se desplaza paralela al eje de rotación para reducir el diámetro de la pieza a lo largo de su longitud, creando superficies cilíndricas. El refrentado implica el movimiento de la herramienta de corte perpendicular al eje para mecanizar o alisar las caras de los extremos de la pieza, obteniendo superficies planas. El roscado, por su parte, consiste en cortar una rosca helicoidal en la superficie exterior o interior de la pieza ajustando la relación entre el avance de la herramienta y la rotación de la pieza para obtener el paso deseado de la rosca.
	¿Sabe cómo seleccionar las herramientas de corte adecuadas para diferentes tipos de operaciones de torneado?	X	Portaherramientas para torneado y refrentado con ángulo de filo de 95 °  Plaquita intercambiable con un ángulo de punta de 80 ° seleccionamos un metal duro recubierto HC M15 / K10 como material de corte. Con esta herramienta se puede realizar aproximadamente el 75% de todo el trabajo de torno en el diámetro exterior.

	¿Puede calcular la velocidad de corte adecuada para un material y diámetro de pieza de trabajo específicos?		X	<p>Velocidad de corte: <math>V_c</math> (m / min)  Profundidad de corte: <math>a_p</math> (mm)  Avance: <math>f</math> (mm / rev)</p> <p><b>Velocidad cortante:</b>  Para obtener la velocidad para los ajustes de la máquina de las velocidades de corte seleccionadas, se debe aplicar la siguiente fórmula:</p> $n = \frac{V_c - 1000}{d - 3 - 14}$ <p>Velocidad: <math>n</math> (1 / min)</p>	Lo hace por criterio basado en la experiencia
	¿Sabe cómo identificar las causas comunes de fallos en el torno?		X	<p>Superficie de la pieza de trabajo demasiado rugosa.  La pieza de trabajo se vuelve cónica.  El torno está parlotando.  El centro se calienta.  La herramienta tiene una vida útil corta.  Desgaste del flanco demasiado alto.  El filo se rompe.  El hilo cortado está mal.</p>	No menciona una gran parte de los criterios
<b>Total</b>		8	5		
<b>Nota</b>		61,54			

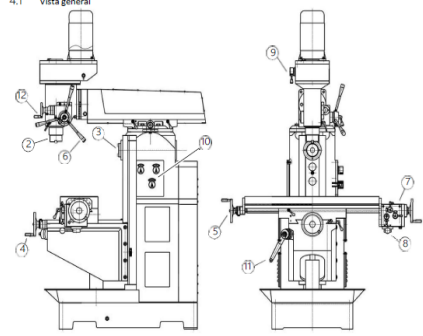
## 2. Respuestas obtenidas con la matriz de comprobación de conocimiento de la fresado convencional

	<b>Máquina</b>				
	<b>Fresadora Milling machine</b>				
<b>Aplicado a</b>	Técnico mecánico de precisión	<b>Fecha</b>	20-ago-24		
<b>Años de experiencia del usuario</b>	20	<b>Modelo de la máquina</b>	RFC-2v		
<b>Formación del usuario</b>	Industria médica, farmacéutica e industrial	<b>Año de fabricación</b>	2013		
		<b>Marca</b>	Frejoth		
		<b>Aplicado por</b>	Julieth Retana Yuliana Masís		
Sección	Pregunta	Respuesta		Respuesta correcta según el manual	Observaciones
		Acierta	Desacierta		

<b>Seguridad</b>	¿Conoce y sabe interpretar los pictogramas de seguridad que posee la máquina?		X	
	¿Puede identificar los dispositivos de seguridad que de la máquina?	X		Un interruptor principal bloqueable. Un botón de PARO de EMERGENCIA. Dispositivo protección separadora en el husillo vertical.
	¿Sabe cómo usar el botón de parada de emergencia?	X		Gire el botón del pulsador hacia la derecha para reiniciar la máquina después de haber pulsado el pulsador. Después, apague el interruptor principal y vuelva a encenderlo.

			X	<p>Compruebe la máquina fresadora al menos una vez por desplazamiento. Informe inmediatamente a la persona responsable de cualquier daño, defecto o cambio en sus funciones operativas. Compruebe todos los dispositivos de seguridad:</p> <p>Al inicio de cada desplazamiento (con la máquina parada).</p> <p>Una vez a la semana (con la máquina en funcionamiento).</p> <p>Después de cada trabajo de mantenimiento y reparación.</p> <p>Compruebe que las señales de prohibición, advertencia e información y las etiquetas de la máquina son legibles (límpielas si fuese necesario) y están completas.</p>	No menciona una gran parte de los procedimientos de verificación
	¿Conoce los procedimientos de verificación de seguridad de la máquina?				
	¿Conoce y utiliza el equipo de protección personal (EPP) indicado?	X		Casco, guantes, calzado de seguridad y protección auditiva.	


**Manejo de la máquina**

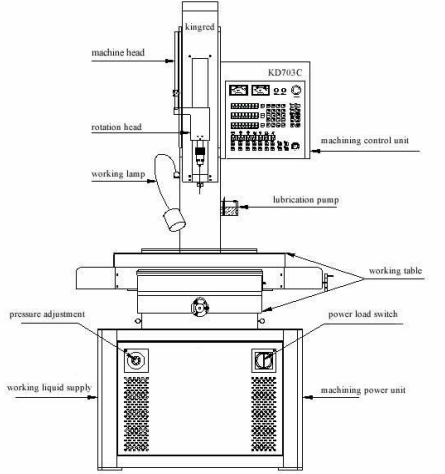
<p>¿Puede identificar todos los componentes de funcionamiento de la fresadora y explicar su función?</p>	<p>X</p>		<p>4.1 Vista general</p>  <table border="1" data-bbox="1102 625 1533 763"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>Denominación</th> <th>Artículo</th> <th>Denominación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>Panel de control con DRO</td> <td>7</td> <td>Engranaje avance mesa eje X</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Husillo fresado vertical</td> <td>8</td> <td>Palanca embrague avance mesa</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Husillo fresado horizontal</td> <td>9</td> <td>Engranaje husillo fresado vertical</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Volante eje Y para mesa transversal</td> <td>10</td> <td>Engranaje husillo fresado horizontal</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Avance palanca acoplamiento eje Y</td> <td>11</td> <td>Manivela de mano ajuste altura mesa de fresado</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Palanca casquillo husillo vertical</td> <td>12</td> <td>Avance a baja velocidad eje hueco</td> </tr> </tbody> </table>	Pos.	Denominación	Artículo	Denominación		Panel de control con DRO	7	Engranaje avance mesa eje X	2	Husillo fresado vertical	8	Palanca embrague avance mesa	3	Husillo fresado horizontal	9	Engranaje husillo fresado vertical	4	Volante eje Y para mesa transversal	10	Engranaje husillo fresado horizontal	5	Avance palanca acoplamiento eje Y	11	Manivela de mano ajuste altura mesa de fresado	6	Palanca casquillo husillo vertical	12	Avance a baja velocidad eje hueco	
Pos.	Denominación	Artículo	Denominación																													
	Panel de control con DRO	7	Engranaje avance mesa eje X																													
2	Husillo fresado vertical	8	Palanca embrague avance mesa																													
3	Husillo fresado horizontal	9	Engranaje husillo fresado vertical																													
4	Volante eje Y para mesa transversal	10	Engranaje husillo fresado horizontal																													
5	Avance palanca acoplamiento eje Y	11	Manivela de mano ajuste altura mesa de fresado																													
6	Palanca casquillo husillo vertical	12	Avance a baja velocidad eje hueco																													
<p>¿Conoce las especificaciones técnicas de la fresadora?</p>	<p>X</p>		<p>Potencia, velocidad, avance</p>																													
<p>¿Comprende los principios de funcionamiento de la fresadora?</p>	<p>X</p>		<p>Corte, avance, refrigeración</p>																													

<b>Operación</b>	¿Puede realizar el montaje de la fresadora de forma segura?		X	<p>Montaje sin anclajes Se debe realizar colocando una base firme, en cada soporte de los puntos de nivelación, entre los fundamentos y el pie de la máquina.</p> <p>Montaje anclado Utilice el montaje anclado para conseguir una conexión firme a la estructura. El montaje anclado siempre es adecuado si el objetivo es mecanizar piezas grandes hasta la máxima capacidad de la máquina de perforado-fresado. La máquina fresadora está sujeta al suelo con cuatro tornillos de anclaje DIN 529 M12 x 320 a través del pie de la máquina.</p>	
	¿Sabe cómo seleccionar la herramienta de corte adecuada para cada material y operación?		X	<p>Fresa simple y fresas de mango [m/min], Fresas liberadas [m/min], Cabezal cortador con SS [m/min] y Cabezal cortador con HM [m/min]</p>	

				<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Diámetro herramienta [mm] fresa de mango, fresa helicoidal</th> <th>Acero 10 - 25 m/min</th> <th>Hierro fundido gris10 - 22 m/min</th> <th>Aleación Al endurecido 150 - 350 m/min</th> </tr> <tr> <th colspan="3">Velocidad [rpm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>35</td><td>91 - 227</td><td>91 - 200</td><td>1364 - 3183</td></tr> <tr><td>40</td><td>80 - 199</td><td>80 - 175</td><td>1194 - 2785</td></tr> <tr><td>45</td><td>71 - 177</td><td>71 - 156</td><td>1061 - 2476</td></tr> <tr><td>50</td><td>64 - 159</td><td>64 - 140</td><td>955 - 2228</td></tr> <tr><td>55</td><td>58 - 145</td><td>58 - 127</td><td>868 - 2025</td></tr> <tr><td>60</td><td>53 - 133</td><td>53 - 117</td><td>796 - 1857</td></tr> <tr><td>65</td><td>49 - 122</td><td>49 - 108</td><td>735 - 1714</td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Diámetro herramienta [mm] Fresas customizadas</th> <th>Acero 15 - 24 m/min</th> <th>Hierro fundido gris 10 - 20 m/min</th> <th>Aleación Al endurecido 150 - 250 m/min</th> </tr> <tr> <th colspan="3">Velocidad[rpm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>4</td><td>1194 - 1911</td><td>796 - 1592</td><td>11937 - 19894</td></tr> <tr><td>5</td><td>955 - 1529</td><td>637 - 1274</td><td>9549 - 15916</td></tr> <tr><td>6</td><td>796 - 1274</td><td>531 - 1062</td><td>7958 - 13263</td></tr> <tr><td>8</td><td>597 - 955</td><td>398 - 796</td><td>5968 - 9947</td></tr> <tr><td>10</td><td>478 - 764</td><td>318 - 637</td><td>4775 - 7958</td></tr> <tr><td>12</td><td>398 - 637</td><td>265 - 531</td><td>3979 - 6631</td></tr> <tr><td>14</td><td>341 - 546</td><td>227 - 455</td><td>3410 - 5684</td></tr> <tr><td>16</td><td>299 - 478</td><td>199 - 398</td><td>2984 - 4974</td></tr> </tbody> </table>	Diámetro herramienta [mm] fresa de mango, fresa helicoidal	Acero 10 - 25 m/min	Hierro fundido gris10 - 22 m/min	Aleación Al endurecido 150 - 350 m/min	Velocidad [rpm]			35	91 - 227	91 - 200	1364 - 3183	40	80 - 199	80 - 175	1194 - 2785	45	71 - 177	71 - 156	1061 - 2476	50	64 - 159	64 - 140	955 - 2228	55	58 - 145	58 - 127	868 - 2025	60	53 - 133	53 - 117	796 - 1857	65	49 - 122	49 - 108	735 - 1714	Diámetro herramienta [mm] Fresas customizadas	Acero 15 - 24 m/min	Hierro fundido gris 10 - 20 m/min	Aleación Al endurecido 150 - 250 m/min	Velocidad[rpm]			4	1194 - 1911	796 - 1592	11937 - 19894	5	955 - 1529	637 - 1274	9549 - 15916	6	796 - 1274	531 - 1062	7958 - 13263	8	597 - 955	398 - 796	5968 - 9947	10	478 - 764	318 - 637	4775 - 7958	12	398 - 637	265 - 531	3979 - 6631	14	341 - 546	227 - 455	3410 - 5684	16	299 - 478	199 - 398	2984 - 4974	Lo hace basado en criterio por experiencia
Diámetro herramienta [mm] fresa de mango, fresa helicoidal	Acero 10 - 25 m/min	Hierro fundido gris10 - 22 m/min	Aleación Al endurecido 150 - 350 m/min																																																																												
	Velocidad [rpm]																																																																														
35	91 - 227	91 - 200	1364 - 3183																																																																												
40	80 - 199	80 - 175	1194 - 2785																																																																												
45	71 - 177	71 - 156	1061 - 2476																																																																												
50	64 - 159	64 - 140	955 - 2228																																																																												
55	58 - 145	58 - 127	868 - 2025																																																																												
60	53 - 133	53 - 117	796 - 1857																																																																												
65	49 - 122	49 - 108	735 - 1714																																																																												
Diámetro herramienta [mm] Fresas customizadas	Acero 15 - 24 m/min	Hierro fundido gris 10 - 20 m/min	Aleación Al endurecido 150 - 250 m/min																																																																												
	Velocidad[rpm]																																																																														
4	1194 - 1911	796 - 1592	11937 - 19894																																																																												
5	955 - 1529	637 - 1274	9549 - 15916																																																																												
6	796 - 1274	531 - 1062	7958 - 13263																																																																												
8	597 - 955	398 - 796	5968 - 9947																																																																												
10	478 - 764	318 - 637	4775 - 7958																																																																												
12	398 - 637	265 - 531	3979 - 6631																																																																												
14	341 - 546	227 - 455	3410 - 5684																																																																												
16	299 - 478	199 - 398	2984 - 4974																																																																												
	¿Puede ajustar correctamente la velocidad de corte y el avance?	X																																																																													
	¿Realiza correctamente las operaciones de fresado?	X		Planeado, ranurado, taladrado																																																																											
	¿Puede identificar las causas más comunes de problemas en la fresadora?	X		Ruido durante el trabajo, Herramienta "quemada", La broca se mueve, el orificio no es circular, Herramienta descentrada o "arqueada", Imposible insertar cono de agarre en el manguito del husillo, El motor no se enciende, Sobrecalentamiento del motor y falta de potencia, Precisión de trabajo deficiente, sobrecalentamiento del rodamiento del husillo, El eje repiquetea sobre la superficie de piezas rugosas																																																																											
	¿Sabe cómo solucionar problemas básicos?	X		Herramienta atascada, vibraciones																																																																											
<b>Total</b>		9	5																																																																												
<b>Nota</b>		64,29																																																																													


### 3. Respuestas obtenidas con la matriz de comprobación de conocimiento de la Hole Popper

	Máquina			Fecha	20-ago-24
	Hole Popper			Modelo de la máquina	H32C
				Año de fabricación	No se identifica
				Marca	Chmer
				Aplicado por	Julieth Retana Yuliana Masís
Aplicado a	Técnico mecánico de precisión				
Años de experiencia del usuario	20				
Formación del usuario	Técnico del INA Vocacional				
Sección	Pregunta	Respuesta		Respuesta correcta según el manual	Observaciones
		Acierta	Desacierta		
Seguridad	¿Identifica los peligros específicos de la máquina?	X		Chispas, humos, atrapamiento y eléctrico	
	¿Sabe cómo usar el botón de parada de emergencia?	X		Presionarlo en caso de emergencia	

	¿Conoce y utiliza el equipo de protección personal (EPP) indicado?	X		Gafas de seguridad, guantes y botas de seguridad.	
<b>Manejo de la máquina</b>	¿Puede identificar todos los componentes de funcionamiento de la máquina y explicar su función?	X			
	¿Conoce las especificaciones técnicas de la máquina?	X		Potencia, velocidad de descarga, precisión.	
	¿Comprende los principios de funcionamiento de la máquina?	X		Erosión eléctrica, dieléctrico	


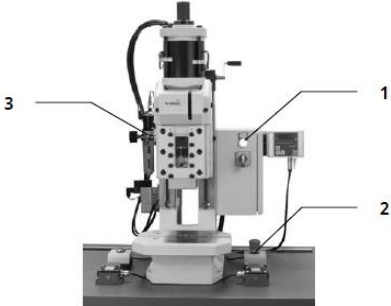
<b>Operación</b>	¿Sabe cómo seleccionar el electrodo y el dieléctrico adecuados para cada material y operación?	X		a. Elegir electrodo de buena calidad, no demasiado curvado. b. Asegúrese de que el agujero del electrodo no está atascado. (especialmente para el diámetro inferior a $\Phi 0.5\text{MM}$ ).  Conductividad eléctrica del material a trabajar, la dureza, el tipo de acabado deseado, la tolerancia dimensional y las características del dieléctrico (viscosidad, conductividad, punto de inflamación).	
	¿Puede ajustar correctamente los parámetros para realizar los agujeros?	X		Voltaje, frecuencia, tiempo de pulso	
	¿Realiza correctamente las operaciones de electroerosión?	X		Perforación	
	¿Puede identificar las causas más comunes de problemas en la máquina?	X		Electrodo roto, cortocircuito	
	¿Sabe cómo solucionar problemas básicos?	X		Atascado, error con el electro	
<b>Total</b>		11	0		
<b>Nota</b>		100,00			

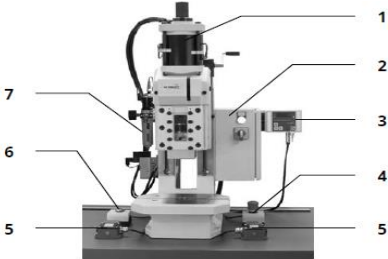
#### 4. Respuestas obtenidas con la matriz de comprobación de conocimiento de la *Schmidth Press Leaflet Cutting*


	<b>Máquina</b>	<b>Fecha</b>	30-ago-24
	<b>Schmidth Press Leaflet Cutting</b>	<b>Modelo de la máquina</b>	PressControl 75
		<b>Año de fabricación</b>	No se identifica
<b>Aplicado a</b>	Operaria	<b>Marca</b>	SCHMIDT
<b>Años de experiencia del usuario</b>	1 año	<b>Aplicado por</b>	Julieth Retana Yuliana Masís
<b>Formación del usuario</b>	Recibe un entrenamiento dentro de la empresa acerca del uso de la máquina, el cual dura una semana		

Sección	Pregunta	Respuesta		Respuesta correcta según el manual	Observaciones
		Acierta	Desacierta		
Seguridad	¿Identifica los peligros específicos de la máquina?		X	Atrapamiento y corte	
	¿Cuáles son los EPP (Equipos de Protección Personal) obligatorios al operar la prensa?	X		Guantes de nitrilo	

¿Sabe cómo usar y cuál es la función del botón de parada de emergencia?	X		Presionarlo en caso de emergencia para detener todos los elementos de la máquina	
¿Conoce y sabe interpretar los pictogramas de seguridad que posee la máquina?	X			
¿Conoce cuáles son los usos designados a la máquina para garantizar que su operación sea segura?	X		Ensambla, remachado, engarce, vinculación, formando, prensado, resplandeciente y puñetazos	
¿Puede identificar todos los dispositivos de seguridad de la prensa?		X	 <p data-bbox="1119 1024 1516 1089"> <b>Figura 1-1: Sistema de prensa con SafetyModule</b>  1 Indicador de estado operativo    2 Botón de parada de emergencia  3 Bloque de seguridad neumático </p>	No identifica el bloqueo de seguridad neumático.

<b>Manejo de la máquina</b>	¿Puede identificar todos los elementos del sistema de prensa con el módulo de seguridad?		X	 <p>Figura 2-1: Sistema de prensa con SafetyModule</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 Prensa</li> <li>2 Módulo de seguridad</li> <li>3 Control de presión 70</li> <li>4 Botón de parada de emergencia</li> <li>5 Botón de inicio de dos manos</li> <li>6 Botón de reconocimiento</li> <li>7 Bloque neumático</li> </ul>
	¿Cómo se enciende la prensa?		X	Encienda el interruptor de energía en el frente del controlador. Espere a que la pantalla táctil de la caja de control se encienda y muestre los botones rojo y verde. Presione el botón verde en la pantalla táctil para configurar el equipo listo para trabajar.
<b>Operación</b>	¿Qué tipo de material puede procesarse en esta prensa?		X	Tejido bobino

	<p>¿Puede identificar todos los elementos operativos de la unidad de control?</p>	<p>X</p>		 <p>Figura 4-1: Elementos operativos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 Pantalla de 7 segmentos</li> <li>2 Indicador de estado operativo</li> <li>3 Interruptor accionado por llave</li> <li>4 Teclado</li> <li>5 Indicador de senso de control del accionamiento</li> </ul>	
	<p>¿Cómo se verifica la alineación de las herramientas antes de comenzar a operar la prensa?</p>	<p>X</p>		<p>Debe verificar que la pieza no se mueva, es decir, quede totalmente ajustada en el husillo.</p>	
<p><b>Total</b></p>	<p>8</p>		<p>3</p>		
<p><b>Nota</b></p>	<p>72,73</p>				

**Apéndice Ñ.** Respuestas de la matriz para la identificación de peligros basado en la UNE-EN ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo. (ISO 12100:2010).

Nombre de la máquina	Activo de la máquina	Estado de la máquina	Descripción de la Intervención Menor (etapa de funcionamiento o -tarea Intervenciones menores durante el funcionamiento)	Fuentes de energía de la máquina	Modo de mando en el que se realiza la intervención menor o presentes en la máquina	Tiempo de duración de la tarea (min)	¿Accesa el operario(a) a las zonas peligrosas de la máquina durante la intervención menor?	¿Debe quitarse salvaguardas para realizar la intervención menor?	¿Puede restringirse el acceso a las zonas peligrosas para realizar la intervención menor?	Determinación de los límites de utilización de la máquina.	Peligro mecánico identificado	Ubicación del peligro identificado	Evaluación del riesgo (según la matriz HAZOP)	Medida de Control existente para cada peligro	Frecuencia del mantenimiento preventivo	Observaciones
LATH E - Torno convencional	195058	Función prevista (la máquina funciona normalmente)	Cambio de pieza y de cuchilla en una pieza que rueda	Eléctrica	Cambio de proceso de fabricación	Un minuto	Sí	Sí	No	Experiencia del usuario (a) (operario, técnico, ingeniero)	Corte o seccionamiento, arrastre o atrapamiento, pinchazo o perforación, Proyec	Cabezal fijo y móvil		Resguardo y paro de emergencia	Anual	Curso del INA técnico medio

Nombre de la máquina	Activo de la máquina	Estado de la máquina	Descripción de la Intervención Menor (etapa de funcionamiento - tarea Intervenciones menores durante el funcionamiento)	Fuentes de energía de la máquina	Modo de mando en el que se realiza la intervención menor o presentes en la máquina	Tiempo de duración de la tarea (min)	¿Accesa el operario(a) a las zonas peligrosas de la máquina durante la intervención menor?	¿Deben quitarse salvaguardas para realizar la intervención menor?	¿Puede restringirse el acceso a las zonas peligrosas para realizar la intervención menor?	Determinación de los límites de utilización de la máquina.	Peligro mecánico identificado	Ubicación del peligro identificado	Evaluación del riesgo (según la matriz HAZOP)	Medida de Control existente para cada peligro	Frecuencia del mantenimiento preventivo	Observaciones
											ción de fragmentos o partículas					
MILLING MACHINE - Fresadora convencional	195055	Función prevista (la máquina funciona normal)	Cambio de herramienta de corte en el husillo, el cual gira	Eléctrica	Cambio de proceso de fabricación	Un minuto	Sí	Sí	No	Experiencia del usuario (a) (operario, técnico,	Corte o seccionamiento, pinchazo o perforación, Choques contra	Cabezal y mesa de trabajo		Resguardo y paro de emergencia	Anual	Curso del INA técnico medio

Nombre de la máquina	Activo de la máquina	Estado de la máquina	Descripción de la Intervención Menor (etapa de funcionamiento - tarea Intervenciones menores durante el funcionamiento)	Fuentes de energía de la máquina	Modo de mando en el que se realiza la intervención menor o presentes en la máquina	Tiempo de duración de la tarea (min)	¿Accesa el operario(a) a las zonas peligrosas de la máquina durante la intervención menor?	¿Deben quitarse salvaguardas para realizar la intervención menor?	¿Puede restringirse el acceso a las zonas peligrosas para realizar la intervención menor?	Determinación de los límites de utilización de la máquina.	Peligro mecánico identificado	Ubicación del peligro identificado	Evaluación del riesgo (según la matriz HAZOP)	Medida de Control existente para cada peligro	Frecuencia del mantenimiento preventivo	Observaciones
		lmente )								ingeniero)	objetos móviles , Proyección de fragmentos o partículas					
SCH MIDT PRES	90069419	Función prevista	Cambio de die para	Neumática	Cambio de proceso	Un min	Sí	Sí	No	Límites en el	Aplastamiento Corte o	Área de		Resguardo y	Mensual	Capacitación inicial

Nombre de la máquina	Activo de la máquina	Estado de la máquina	Descripción de la Intervención Menor (etapa de funcionamiento - tarea Intervenciones menores durante el funcionamiento)	Fuentes de energía de la máquina	Modo de mando en el que se realiza la intervención menor o presentes en la máquina	Tiempo de duración de la tarea (min)	¿Accesa el operario(a) a las zonas peligrosas de la máquina durante la intervención menor?	¿Deben quitarse salvaguardas para realizar la intervención menor?	¿Puede restringirse el acceso a las zonas peligrosas para realizar la intervención menor?	Determinación de los límites de utilización de la máquina.	Peligro mecánico identificado	Ubicación del peligro identificado	Evaluación del riesgo (según la matriz HAZOP)	Medida de Control existente para cada peligro	Frecuencia del mantenimiento preventivo	Observaciones
S Leaflet Cutting		a (la máquina funciona normalmente)	cambio de modelo. Energía hidráulica	Eléctrica	so de fabricación	aprox				espacio	seccionamiento Arrastre o atrapamiento Impacto o golpe Choques contra objetos móviles	proceso		paro de emergencia		en planta

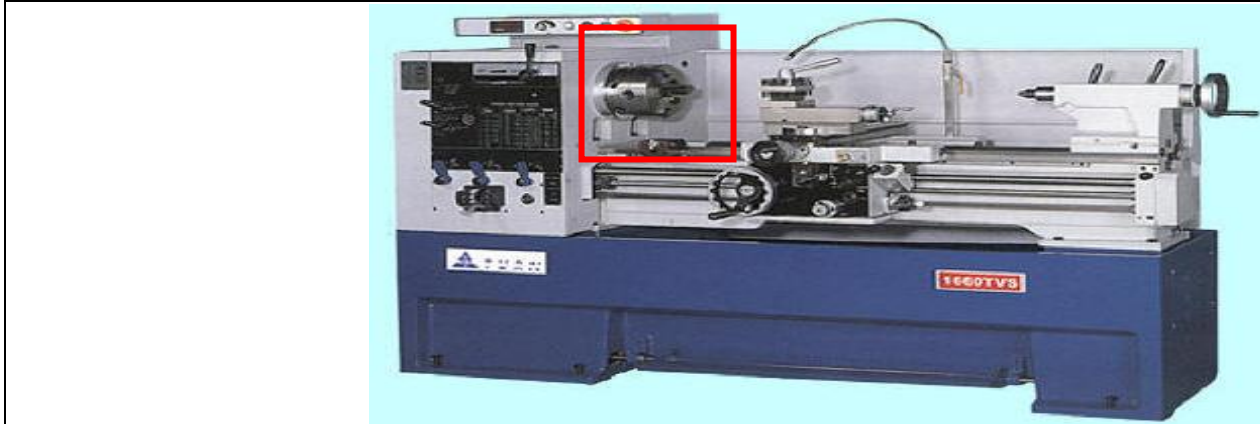
Nombre de la máquina	Activo de la máquina	Estado de la máquina	Descripción de la Intervención Menor (etapa de funcionamiento - tarea Intervenciones menores durante el funcionamiento)	Fuentes de energía de la máquina	Modo de mando en el que se realiza la intervención menor o presentes en la máquina	Tiempo de duración de la tarea (min)	¿Accesa el operario(a) a las zonas peligrosas de la máquina durante la intervención menor?	¿Deben quitarse salvaguardas para realizar la intervención menor?	¿Puede restringirse el acceso a las zonas peligrosas para realizar la intervención menor?	Determinación de los límites de utilización de la máquina.	Peligro mecánico identificado	Ubicación del peligro identificado	Evaluación del riesgo (según la matriz HAZOP)	Medida de Control existente para cada peligro	Frecuencia del mantenimiento preventivo	Observaciones
Hole popper	299048	Función prevista (la máquina funciona normalmente)	Cambio de herramienta eléctrica (electrodo)	Eléctrica	Cambio de proceso de fabricación	Un minuto	Sí	Sí	No	Experiencia del usuario (a) (operario, técnico, ingeniero)	Arrastre o atrapamiento	Mesa de trabajo		No hay, solo paro de emergencia	Anual	Los técnicos no se capacitaron externamente para el uso de la máquina, complementan con la capacitación inicial

Nombre de la máquina	Activo de la máquina	Estado de la máquina	Descripción de la Intervención Menor (etapa de funcionamiento - tarea Intervenciones menores durante el funcionamiento)	Fuentes de energía de la máquina	Modo de mando en el que se realiza la intervención menor o presentes en la máquina	Tiempo de duración de la tarea (min)	¿Accesa el operario(a) a las zonas peligrosas de la máquina durante la intervención menor?	¿Deben quitarse salvaguardas para realizar la intervención menor?	¿Puede restringirse el acceso a las zonas peligrosas para realizar la intervención menor?	Determinación de los límites de utilización de la máquina.	Peligro mecánico identificado	Ubicación del peligro identificado	Evaluación del riesgo (según la matriz HAZOP)	Medida de Control existente para cada peligro	Frecuencia del mantenimiento preventivo	Observaciones
																en planta

**Apéndice O.** Resultado del método de análisis de riesgos y de operatividad (HAZOP).

**1. Lathe - Torno convencional**

<b>Fecha</b>	26-ago-24	<b>Lugar</b>	Taller
<b>Nombre del equipo</b>	Lathe - Torno convencional	<b>Proceso</b>	Cambio de pieza y de cuchilla en el husillo
<b>Turno</b>	B	<b>Tiempo de la intervención menor</b>	Aproximadamente 1 minuto
<b>Aplicado por</b>	Julieth Retana Yuliana Masís		
<b>Jefe de estudio</b>	Supervisor de área		
<b>Líder facilitador</b>	Especialistas de seguridad III		
<b>Equipo Técnico</b>	Técnico de mecánica de precisión 1 Técnico de mecánica de precisión 2		
<b>Secretario Técnico</b>	Julieth Retana Yuliana Masís		
<b>Identificación del nodo</b>			



**Tabla 7**

*HAZOP para el Lathe - Torno convencional*

**Evaluación de riesgos inicial**

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
Más	Energía eléctrica	Generación inesperada de un cortocircuito	Sobrecarga eléctrica	Puede generar incendios, explosiones, activación inesperada de la operación del equipo.	No tiene	4	2	8	Tolerable

Evaluación de riesgos inicial

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Impactos físicos a los cables	Fallas inesperadas en el control del funcionamiento del equipo.	No tiene	4	3	12	No deseado
			Intrusos en el circuito, como tornillos o herramientas	Bloqueos de mecanismos lo que puede dificultar el funcionamiento del equipo.	No tiene	4	2	8	Tolerable
			Desastres naturales como temblores / terremotos	Desplazamiento, desconexión y daños físicos al sistema eléctrico, incluyendo la afección a los cables, lo que puede provocar fallas eléctricas.	Luego de un desastre natural se revisa el cableado eléctrico antes de iniciar operaciones nuevamente, para asegurar que todo el equipo se encuentra en orden	3	4	12	No deseado

Evaluación de riesgos inicial

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
Diferente de	Modo de operación	Activación accidental de la máquina	Mantenimiento deficiente o nulo	Fallo en el modo de operación esperado de la máquina, lo que puede provocar la activación del mandril del torno materializándose en riesgos mecánicos como atrapamiento y corte	Se le da mantenimiento al equipo de forma semestral	4	2	8	Tolerable
			Contacto accidental con botones o palancas de control que no estén asegurados o bloqueados	Arranque inesperado y movimientos incontrolados en el mandril del torno	La palanca de activación del mandril del torno se encuentra alejada del mismo, lo que lleva a que, en caso de activarse accidentalmente, el usuario no corra el riesgo de introducir alguna parte del cuerpo en el equipo	4	1	4	Tolerable

Evaluación de riesgos inicial

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
	Intervención humana	Operación incorrecta de la máquina	Capacitación deficiente	No conocer los procedimientos de seguridad establecidos, así como el modo de uso de la máquina, lo que se puede materializar en riesgos como atrapamiento y corte	Todos los contratados son técnicos de mecánica de precisión certificados y la empresa los capacita en procedimientos de seguridad	4	3	12	No deseado
			Distracciones	Introducción errónea de parámetros, olvidar utilizar EPP y omitir pasos establecidos en el manual de uso lo cual se puede materializar en riesgos como atrapamiento y corte	No tiene	4	3	12	No deseado

Evaluación de riesgos inicial

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
Defectuoso	Sistemas de seguridad	Fallo de las salvaguardas	Posibilidad de eludir la salvaguarda	Entrar en contacto con el mandril del torno, lo que puede generar el atrapamiento y corte	No tiene	4	3	12	No deseado
			Mantenimiento deficiente o nulo	Fallo en el funcionamiento de las salvaguardas, lo que puede generar la posibilidad de entrar en contacto con el mandril del torno	Se le da mantenimiento al equipo de forma semestral	4	4	16	No deseado
			Diseño deficiente de las salvaguardas	La estructura y/o funcionamiento de la salvaguarda no impiden el contacto con las partes móviles, lo que puede provocar entrar en contacto fácilmente con los puntos de	No tiene	4	3	12	No deseado

Evaluación de riesgos inicial

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvuardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
				operación del equipo					
			No se desactivan todos los movimientos peligrosos de la máquina	Al pulsar el paro de emergencia no se desactivan todos los movimientos peligrosos o de forma manual se pueden activar otros	Paro de emergencia	4	3	12	No deseado

## 2. Milling Machine - Fresadora convencional

<b>Fecha</b>	26-ago-24	<b>Lugar</b>	Taller
<b>Nombre del equipo</b>	Milling Machine - Fresadora convencional	<b>Proceso</b>	Cambio de pieza y herramienta en el husillo
<b>Turno</b>	B	<b>Tiempo de la intervención menor</b>	Aproximadamente 1 minuto
<b>Aplicado por</b>	Julieth Retana Yuliana Masís		
<b>Jefe de estudio</b>	Supervisor de área		
<b>Líder facilitador</b>	Especialistas de seguridad III		
<b>Equipo Técnico</b>	Técnico de mecánica de precisión 1 Técnico de mecánica de precisión 2		
<b>Secretario Técnico</b>	Julieth Retana Yuliana Masís		

Diagrama para la identificación de nodos



**Tabla 8**

*HAZOP para la Milling Machine - fresadora convencional*

**Evaluación de riesgos inicial**

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
Más	Energía eléctrica	Generación inesperada de un cortocircuito	Sobrecarga eléctrica	Puede generar incendios, explosiones, activación inesperada de la operación del equipo.	No tiene	4	2	8	Tolerable
			Impactos físicos a los cables	Fallas inesperadas en el control del funcionamiento del equipo.	No tiene	4	3	12	No deseado
			Intrusos en el circuito, como tornillos o herramientas	Bloqueos de mecanismos lo que puede dificultar el funcionamiento del equipo.	No tiene	4	2	8	Tolerable
			Desastres naturales como temblores / terremotos	Desplazamiento, desconexión y daños físicos al sistema eléctrico, incluyendo la afección a los cables, lo que	Luego de un desastre natural se revisa el cableado eléctrico antes de iniciar operaciones	3	4	12	No deseado

Evaluación de riesgos inicial

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
				puede provocar fallas eléctricas	nuevamente, para asegurar que todo el equipo se encuentra en orden				
Diferente de	Modo de operación	Activación accidental de la máquina	Mantenimiento o deficiente o nulo	Fallo en el modo de operación esperado de la máquina, lo que puede provocar la activación del husillo materializándose en riesgos mecánicos como atrapamiento y corte	Se le da mantenimiento al equipo de forma semestral	4	2	8	Tolerable

Evaluación de riesgos inicial

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Contacto accidental con botones o palancas de control que no estén asegurados o bloqueados	Arranque inesperado y movimientos incontrolados en el husillo	La palanca de activación de la fresadora se encuentra alejada del mismo, lo que lleva a que, en caso de activarse accidentalmente, el usuario no corra el riesgo de introducir alguna parte del cuerpo en el equipo	4	1	4	Tolerable
	Intervención humana	Operación incorrecta de la máquina	Capacitación deficiente	No conocer los procedimientos de seguridad establecidos, así como el modo de uso de la máquina, lo que se puede materializar en riesgos como atrapamiento y corte	Todos los contratados son técnicos de mecánica de precisión certificados y la empresa los capacita en procedimientos de seguridad	4	3	12	No deseado

Evaluación de riesgos inicial

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Distracciones	Introducción errónea de parámetros, olvidar utilizar EPP y omitir pasos establecidos en el manual de uso lo cual se puede materializar en riesgos como atrapamiento y corte	No tiene	4	3	12	No deseado
Defectuoso	Sistemas de seguridad	Fallo de las salvaguardas	Posibilidad de eludir la salvaguarda	Entrar en contacto con el husillo, lo que puede generar el atrapamiento y corte	No tiene	4	3	12	No deseado
			Mantenimiento deficiente o nulo	Fallo en el funcionamiento de las salvaguardas, lo que puede generar la posibilidad de entrar en contacto con el husillo	Se le da mantenimiento al equipo de forma semestral	4	4	16	No deseado

Evaluación de riesgos inicial

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Diseño deficiente de las salvaguardas	La estructura y/o funcionamiento de la salvaguarda no impiden el contacto con las partes móviles, lo que puede provocar entrar en contacto fácilmente con los puntos de operación del equipo	No tiene	4	3	12	No deseado
			No se desactivan todos los movimientos peligrosos de la máquina	Al pulsar el paro de emergencia no se desactivan todos los movimientos peligrosos o de forma manual se pueden activar otros	Paro de emergencia	4	3	12	No deseado

### 3. Hole Popper

<b>Fecha</b>	26-ago-24	<b>Lugar</b>	Taller
<b>Nombre del equipo</b>	Hole Popper	<b>Proceso</b>	Cambio de electrodo
<b>Turno</b>	B	<b>Tiempo de la intervención menor</b>	Aproximadamente 2 minutos
<b>Aplicado por</b>	Julieth Retana Yuliana Masís		
<b>Jefe de estudio</b>	Supervisor de área		
<b>Líder facilitador</b>	Especialistas de seguridad III		
<b>Equipo Técnico</b>	Técnico de mecánica de precisión 1 Técnico de mecánica de precisión 2		
<b>Secretario Técnico</b>	Julieth Retana Yuliana Masís		

**Diagrama para la identificación de nodos**



**Tabla 9**

*HAZOP para la Hole Popper*

**Evaluación de riesgos inicial**

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
Más	Energía eléctrica	Generación inesperada de un cortocircuito	Sobrecarga eléctrica	Puede generar incendios, explosiones, activación inesperada de la operación del equipo.	No tiene	4	2	8	Tolerable
			Impactos físicos a los cables	Fallas inesperadas en el control del funcionamiento del equipo.	No tiene	4	3	12	No deseado
			Intrusos en el circuito, como	Bloqueos de mecanismos lo que puede	No tiene	4	2	8	Tolerable

Evaluación de riesgos inicial

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			tornillos o herramientas	dificultar el funcionamiento del equipo.					
			Desastres naturales como temblores / terremotos	Desplazamiento, desconexión y daños físicos al sistema eléctrico, incluyendo la afección a los cables, lo que puede provocar fallas eléctricas	Luego de un desastre natural se revisa el cableado eléctrico antes de iniciar operaciones nuevamente, para asegurar que todo el equipo se encuentra en orden	3	4	12	No deseado
Diferente de	Modo de operación	Activación accidental de la máquina	Mantenimiento o deficiente o nulo	Fallo en el modo de operación esperado de la máquina, lo que puede provocar la liberación de energía durante la colocación del electrodo, lo que puede generar electrocución o perforación	Se le da mantenimiento o al equipo de forma semestral	4	2	8	Tolerable

Evaluación de riesgos inicial

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Contacto accidental con botones o palancas de control que no estén asegurados o bloqueados	Activación inesperada del equipo	El mecanismo de activación de la hola Popper se encuentra alejado del electrodo, lo que lleva a que el usuario no corra el riesgo de entrar en contacto con el mismo	4	1	4	Tolerable
	Intervención humana	Operación incorrecta de la máquina	Capacitación deficiente	No conocer los procedimientos de seguridad establecidos, así como el modo de uso de la máquina, lo que puede generar electrocución o perforación	Todos los contratados son técnicos de mecánica de precisión certificados y la empresa los capacita en procedimientos de seguridad	4	3	12	No deseado

Evaluación de riesgos inicial

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguadas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Distracciones	Introducción errónea de parámetros, olvidar utilizar EPP y omitir pasos establecidos en el manual de uso, lo que puede generar electrocución o perforación	No tiene	4	3	12	No deseado
Defectuoso	Sistemas de seguridad	Fallo de las salvaguardas	Posibilidad de eludir la salvaguarda	Entrar en contacto con el electrodo, lo que puede generar electrocución o perforación	No tiene	4	4	16	No deseado
			Mantenimiento deficiente o nulo	Fallo en el funcionamiento de las salvaguardas, lo que puede generar electrocución o perforación	Se le da mantenimiento al equipo de forma semestral	4	4	16	No deseado

Evaluación de riesgos inicial

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Diseño deficiente de las salvaguardas	La estructura y/o funcionamiento de la salvaguarda no impiden el contacto con las partes móviles, lo que puede provocar entrar en contacto fácilmente con los puntos de operación del equipo	No tiene	4	3	12	No deseado
			No se desactivan todos los movimientos peligrosos de la máquina	Al pulsar el paro de emergencia no se desactivan todos los movimientos peligrosos o de forma manual se pueden activar otros	Paro de emergencia	4	2	8	Tolerable

#### 4. *Schmidth Press* Leaflet cutting

<b>Fecha</b>	28-ago-24	<b>Lugar</b>	SH - Válvulas
<b>Nombre del equipo</b>	<i>Schmidth Press</i> Leaflet cutting	<b>Proceso</b>	Cambio de die
<b>Turno</b>	A	<b>Tiempo de la intervención menor</b>	Aproximadamente 3 minutos
<b>Aplicado por</b>	Julieth Retana Yuliana Masís		
<b>Jefe de estudio</b>	Supervisor de área		
<b>Líder facilitador</b>	Especialistas de seguridad III		
<b>Equipo Técnico</b>	Operario 1 Operario 2		
<b>Secretario Técnico</b>	Julieth Retana Yuliana Masís		

#### Diagrama para la identificación de nodos



**Tabla 10**

*HAZOP para la Schmidth Press Leaflet cutting*

**Evaluación de riesgos inicial**

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
Más	Energía eléctrica y neumática	Generación inesperada de un cortocircuito	Sobrecarga eléctrica	Puede generar incendios, explosiones, activación inesperada de la operación del equipo.	No tiene	4	2	8	Tolerable
			Los cables entran en contacto con químicos como el alcohol y glutaraldehído o lo que puede generar deterioro	Fallas inesperadas en el control del funcionamiento del equipo.	No tiene	3	5	15	No deseado

Evaluación de riesgos inicial

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Desastres naturales como temblores / terremotos	Desplazamiento, desconexión y daños físicos al sistema de energía de la máquina, incluyendo la afección a los cables, lo que puede provocar fallas eléctricas	Luego de un desastre natural se revisa el cableado eléctrico antes de iniciar operaciones nuevamente, para asegurar que todo el equipo se encuentra en orden	3	4	12	No deseado
Diferente de	Modo de operación	Activación accidental de la máquina	Mantenimiento deficiente o nulo	Fallo en el modo de operación esperado de la máquina, lo que puede provocar la activación de la prensa materializándose en riesgos mecánicos como atrapamiento	Se hace un mantenimiento mensual y otro semestral de mayor profundidad	3	3	9	Tolerable
			Errores en el software de control	Funcionamiento errado de la máquina, lo que puede	Ninguno	3	3	9	Tolerable

Evaluación de riesgos inicial

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
				ocasionar la activación de movimiento.					
			Contacto accidental con botones o palancas de control que no estén asegurados o bloqueados	Arranque inesperado y movimientos incontrolados en la prensa	Control a dos mandos	3	3	9	Tolerable
	Intervención humana	Operación incorrecta de la máquina	Capacitación deficiente	No conocer los procedimientos de seguridad establecidos, así como el modo de uso de la máquina, lo que se puede materializar en riesgos como atrapamiento	Se realiza una capacitación inicial y se les capacita de forma periódica en aspectos de seguridad	3	3	9	Tolerable

Evaluación de riesgos inicial

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Distracciones	Introducción errónea de parámetros, olvidar utilizar EPP y omitir pasos establecidos en el manual de uso lo cual se puede materializar en riesgos como atrapamiento y corte	Supervisión continua	3	3	9	Tolerable
Defectuoso	Sistemas de seguridad	Fallo de las salvaguardas	Posibilidad de eludir la salvaguarda	Entrar en contacto la prensa, lo que puede generar el atrapamiento	Ninguno	3	4	12	No deseado
			Mantenimiento deficiente o nulo	Fallo en el funcionamiento de las salvaguardas, lo que puede generar la posibilidad de entrar en contacto con el mandril del torno	Se hace un mantenimiento mensual y otro semestral de mayor profundidad	3	3	9	Tolerable

Evaluación de riesgos inicial

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvuardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Diseño deficiente de las salvuardas	La estructura y/o funcionamiento de la salvuarda no impiden el contacto con las partes móviles, lo que puede provocar entrar en contacto fácilmente con los puntos de operación del equipo	Ninguno	3	3	9	Tolerable
			No se desactivan todos los movimientos peligrosos de la máquina	Al pulsar el paro de emergencia no se desactivan todos los movimientos peligrosos o de forma manual se pueden activar otros	Paro de emergencia	3	3	9	Tolerable

**Apéndice P.** Método de validación mediante la matriz de comprobación de seguridad en maquinaria mediante el diseño de salvaguardas basado en la UNE-EN ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo. (ISO 12100:2010).

### 1. Lathe – Torno convencional

**Tabla 11**

*Matriz de validación de seguridad en maquinaria para el Lathe - Torno convencional*

<b>Nombre de la máquina</b>	LATHE - Torno convencional			
<b>Activo de la máquina</b>	195058			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	30-sep-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Se utiliza la máquina según lo previsto por el fabricante?	Sí	N/A	3	3
¿La intervención menor requiere esfuerzo físico?	No	N/A	1	1
¿Está en buenas condiciones el interruptor de encendido/apagado?	Sí	N/A	1	1
¿Todos los elementos del control de mando están etiquetados de forma clara y fácil de entender?	No	N/A	1	0
<b>Elementos relacionados con la zona de peligro</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Existe visibilidad directa a las zonas de peligro?	Sí	N/A	2	2
¿La zona de peligro están bien iluminadas?	Sí	N/A	2	2
¿La zona que se interviene está provista de aristas cortantes, ángulos agudos, partes salientes que representen un peligro?	No	N/A	3	3

<b>Nombre de la máquina</b>	LATHE - Torno convencional			
<b>Activo de la máquina</b>	195058			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	30-sep-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Se garantiza que no haya personas presentes en la zona de peligro de la máquina?	Sí	N/A	1	1
¿Existe un acceso seguro a todos los puntos necesarios para los trabajos de intervención menor?	Sí	N/A	1	1
¿Están ubicados los elementos de control fuera de las zonas de peligro? Los botones de inicio no deben poder accionarse desde dentro de la zona de peligro.	Sí	N/A	3	3
¿El operador tiene conocimiento de todas las zonas peligrosas de la máquina?	Sí	N/A	3	3
<b>Elementos relacionados con las salvaguardas</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Están los dispositivos de protección diseñados de manera que no puedan eludirse fácilmente?	Sí	N/A	3	3
Si la máquina tiene salvaguardas ¿están sujetas a inspecciones periódicas y/o mantenimiento preventivo por parte de una persona cualificada?	Sí	Una vez al año se realiza un mantenimiento general, no específico ni a las salvaguardas	3	0
¿Se especifican el tipo, el alcance, los requisitos y el calendario de las inspecciones de las salvaguardas (por ejemplo, en el plan de inspección y mantenimiento)?	Sí	N/A	1	1

<b>Nombre de la máquina</b>	LATHE - Torno convencional			
<b>Activo de la máquina</b>	195058			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	30-sep-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Están documentadas las inspecciones y/o mantenimientos? Los registros deben proporcionar al menos información sobre 1. Identificación de la máquina, 2. Fecha de inspección, 3. norma técnica u otra referencia para la inspección, 4. Alcance de la inspección, 5. resultado de la inspección, 6. plazo hasta la próxima inspección periódica, 7. nombre y firma del inspector y de la empresa a la que pertenece.	Sí	N/A	1	1
¿Se han corregido deficiencias identificadas en las salvaguardas y se ha documentado?	No	N/A	2	2
¿Las salvaguardas poseen dispositivo de enclavamiento con bloqueo?	Sí	N/A	2	2
¿Las salvaguardas o resguardos impiden completamente el acceso a las zonas peligrosas de la máquina?	Sí	N/A	1	1
Si hay varios controles para arrancar la máquina en diferentes lugares: ¿Se proporcionan enclavamientos que garantizan que el arranque solo sea posible desde un elemento de control?	Sí	N/A	1	1
¿Las salvaguardas tienen equipo de protección sensible, SPE? Equipo para detectar personas o partes de personas que genera una señal de bloqueo para el sistema de mando con el fin de reducir el riesgo para las personas detectadas.	Sí	N/A	1	0
¿Las salvaguardas tienen dispositivo de retención mecánica? Dispositivo cuya función es insertar en un mecanismo, un obstáculo mecánico (por ejemplo, cuña, pasador, bloque, calce) capaz de oponerse, en base a su resistencia a cualquier movimiento peligroso.	No	N/A	2	0

<b>Nombre de la máquina</b>	LATHE - Torno convencional			
<b>Activo de la máquina</b>	195058			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	30-sep-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Poseen las salvaguardas un dispositivo limitador? Dispositivo que impide que una máquina o condición(es) peligrosa(s) de una máquina sobrepase(n) un límite establecido (límite de desplazamiento, límite de presión, límite de momento de carga, etc.).	N/A	N/A	2	2
¿Se puede observar fácilmente, por parte del operario(a), si una salvaguarda fue puesta correctamente para garantizar la seguridad que provee?	Sí	N/A	2	2
¿Se detienen todos los movimientos peligrosos al abrir el dispositivo de protección o mover la salvaguarda?	Sí	N/A	3	3
¿Se evita un arranque automático después de colocar la salvaguarda? La máquina solo se puede poner en marcha cuando la salvaguarda está cerrada y se presiona conscientemente el botón START. Son posibles excepciones si no existe ningún riesgo asociado con el arranque automático (máquinas muy pequeñas sin áreas accesibles).	Sí	N/A	3	3
¿Tiene la máquina sistema de control de fallos que avise o indique un fallo en las salvaguardas?	No	N/A	1	0
En las máquinas con control de dos mandos ¿Está garantizado que el control de dos manos solo puede ser operado por dos manos?	N/A	N/A	3	3
¿Se detienen los movimientos peligrosos al soltar un elemento operativo del mando a dos manos?	N/A	N/A	1	1
¿La fuerza de accionamiento de los mandos para realizar la intervención menor, es adecuada para evitar un peligro mecánico?	N/A	N/A	1	1
<b>Elementos relacionados al botón de paro de emergencia.</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>

<b>Nombre de la máquina</b>	LATHE - Torno convencional			
<b>Activo de la máquina</b>	195058			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	30-sep-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Está en buenas condiciones el botón de paro de emergencia? Botón rojo con fondo amarillo y etiqueta con el nombre en español.	Sí	N/A	1	1
¿Es fácil y rápido acceder al botón de paro de emergencia en la posición que se requiere para realizar la intervención menor?	Sí	N/A	3	3
¿El botón de paro de emergencia suspende los movimientos peligrosos de la máquina abruptamente?	Sí	N/A	2	2
Al activar el paro de emergencia ¿se generan otros peligros asociados?	No	N/A	2	2
Después de activar el paro de emergencia, ¿es posible reiniciar la máquina inmediatamente después de desbloquear el botón de paro de emergencia? La máquina no debe poder arrancarse mientras se presiona el paro de emergencia. Un reinicio solo puede ser posible si el paro de emergencia está desbloqueado y se presiona el botón de inicio.	No	N/A	3	3
¿El botón de paro de emergencia desactiva todos los movimientos de la máquina? Verificar si el paro de emergencia para todos los movimientos o hay varios paros para diferentes secciones de la máquina.	Sí	N/A	1	1
¿Para disipar la energía almacenada de la máquina en una emergencia, es suficiente con activar el botón de paro de emergencia?	No	N/A	1	0
Al activar el paro de emergencia y en caso de que una persona quede atrapada ¿existen mecanismos que permitan liberar a la persona sin desbloquear el paro de emergencia?	No	N/A	3	0

<b>Nombre de la máquina</b>	LATHE - Torno convencional			
<b>Activo de la máquina</b>	195058			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	30-sep-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
<b>Resultado de la inspección:</b>	83		70	58

## 2. Milling Machine – fresadora convencional

**Tabla 12**

Matriz de validación de seguridad en maquinaria para Milling Machine – fresadora convencional

<b>Nombre de la máquina</b>	MILLING MACHINE - Fresadora convencional			
<b>Activo de la máquina</b>	195055			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	30-sep-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Se utiliza la máquina según lo previsto por el fabricante?	Sí	N/A	3	3
¿La intervención menor requiere esfuerzo físico?	No	N/A	1	1
¿Está en buenas condiciones el interruptor de encendido/apagado?	Sí	N/A	1	1
¿Todos los elementos del control de mando están etiquetados de forma clara y fácil de entender?	No	N/A	1	0
<b>Elementos relacionados con la zona de peligro</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Existe visibilidad directa a las zonas de peligro?	Sí	N/A	2	2
¿La zona de peligro están bien iluminadas?	Sí	N/A	2	2
¿La zona que se interviene está provista de aristas cortantes, ángulos agudos, partes salientes que representen un peligro?	No	N/A	3	0
¿Se garantiza que no haya personas presentes en la zona de peligro de la máquina?	Sí	N/A	1	1
¿Existe un acceso seguro a todos los puntos necesarios para los trabajos de intervención menor?	Sí	N/A	1	1
¿Están ubicados los elementos de control fuera de las zonas de peligro? Los botones de inicio no deben poder accionarse desde dentro de la zona de peligro.	Sí	N/A	3	3

<b>Nombre de la máquina</b>	MILLING MACHINE - Fresadora convencional			
<b>Activo de la máquina</b>	195055			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	30-sep-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿El operador tiene conocimiento de todas las zonas peligrosas de la máquina?	Sí	N/A	3	3
<b>Elementos relacionados con las salvaguardas</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Están los dispositivos de protección diseñados de manera que no puedan eludirse fácilmente?	Sí	N/A	3	3
Si la máquina tiene salvaguardas ¿están sujetas a inspecciones periódicas y/o mantenimiento preventivo por parte de una persona cualificada?	No	Una vez al año se realiza un mantenimiento general, no específico ni a las salvaguardas	3	0
¿Se especifican el tipo, el alcance, los requisitos y el calendario de las inspecciones de las salvaguardas (por ejemplo, en el plan de inspección y mantenimiento)?	Sí	N/A	1	1
¿Están documentadas las inspecciones y/o mantenimientos? Los registros deben proporcionar al menos información sobre 1. Identificación de la máquina, 2. Fecha de inspección, 3. norma técnica u otra referencia para la inspección, 4. Alcance de la inspección, 5. resultado de la inspección, 6. plazo hasta la próxima inspección periódica, 7. nombre y firma del inspector y de la empresa a la que pertenece.	Sí	N/A	1	1
¿Se han corregido deficiencias identificadas en las salvaguardas y se ha documentado?	No	N/A	2	2

<b>Nombre de la máquina</b>	MILLING MACHINE - Fresadora convencional			
<b>Activo de la máquina</b>	195055			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	30-sep-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Las salvaguardas poseen dispositivo de enclavamiento con bloqueo?	Sí	N/A	2	2
<b>¿Las salvaguardas o resguardos impiden completamente el acceso a las zonas peligrosas de la máquina?</b>	Sí	N/A	1	1
Si hay varios controles para arrancar la máquina en diferentes lugares: ¿Se proporcionan enclavamientos que garantizan que el arranque solo sea posible desde un elemento de control?	Sí	N/A	1	1
<b>¿Las salvaguardas tienen equipo de protección sensible, SPE? Equipo para detectar personas o partes de personas que genera una señal de bloqueo para el sistema de mando con el fin de reducir el riesgo para las personas detectadas.</b>	N/A	N/A	1	1
<b>¿Las salvaguardas tienen dispositivo de retención mecánica? Dispositivo cuya función es insertar en un mecanismo, un obstáculo mecánico (por ejemplo, cuña, pasador, bloque, calce) capaz de oponerse, en base a su resistencia a cualquier movimiento peligroso.</b>	N/A	N/A	2	2
¿Poseen las salvaguardas un dispositivo limitador? Dispositivo que impide que una máquina o condición(es) peligrosa(s) de una máquina sobrepase(n) un límite establecido (límite de desplazamiento, límite de presión, límite de momento de carga, etc.).	N/A	N/A	2	2
¿Se puede observar fácilmente, por parte del operario(a), si una salvaguarda fue puesta correctamente para garantizar la seguridad que provee?	Sí	N/A	2	2

<b>Nombre de la máquina</b>	MILLING MACHINE - Fresadora convencional			
<b>Activo de la máquina</b>	195055			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	30-sep-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Se detienen todos los movimientos peligrosos al abrir el dispositivo de protección o mover la salvaguarda?	Sí	N/A	3	3
¿Se evita un arranque automático después de colocar la salvaguarda? La máquina solo se puede poner en marcha cuando la salvaguarda está cerrada y se presiona conscientemente el botón START. Son posibles excepciones si no existe ningún riesgo asociado con el arranque automático (máquinas muy pequeñas sin áreas accesibles).	Sí	N/A	3	3
<b>¿Tiene la máquina sistema de control de fallos que avise o indique un fallo en las salvaguardas?</b>	No	N/A	1	0
En las máquinas con control de dos mandos ¿Está garantizado que el control de dos manos solo puede ser operado por dos manos?	N/A	N/A	3	3
¿Se detienen los movimientos peligrosos al soltar un elemento operativo del mando a dos manos?	N/A	N/A	1	1
¿La fuerza de accionamiento de los mandos para realizar la intervención menor, es adecuada para evitar un peligro mecánico?	N/A	N/A	1	1
<b>Elementos relacionados al botón de paro de emergencia.</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Está en buenas condiciones el botón de paro de emergencia? Botón rojo con fondo amarillo y etiqueta con el nombre en español.	Sí	N/A	1	1
¿Es fácil y rápido acceder al botón de paro de emergencia en la posición que se requiere para realizar la intervención menor?	Sí	N/A	3	3
¿El botón de paro de emergencia suspende los movimientos peligrosos de la máquina abruptamente?	Sí	N/A	2	2

<b>Nombre de la máquina</b>	MILLING MACHINE - Fresadora convencional			
<b>Activo de la máquina</b>	195055			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	30-sep-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
Al activar el paro de emergencia ¿se generan otros peligros asociados?	No	N/A	2	2
Después de activar el paro de emergencia, ¿es posible reiniciar la máquina inmediatamente después de desbloquear el botón de paro de emergencia? La máquina no debe poder arrancarse mientras se presiona el paro de emergencia. Un reinicio solo puede ser posible si el paro de emergencia está desbloqueado y se presiona el botón de inicio.	No	N/A	3	3
¿El botón de paro de emergencia desactiva todos los movimientos de la máquina? Verificar si el paro de emergencia para todos los movimientos o hay varios paros para diferentes secciones de la máquina.	Sí	N/A	1	1
¿Para disipar la energía almacenada de la máquina en una emergencia, es suficiente con activar el botón de paro de emergencia?	No	N/A	1	0
Al activar el paro de emergencia y en caso de que una persona quede atrapada ¿existen mecanismos que permitan liberar a la persona sin desbloquear el paro de emergencia?	No	N/A	3	0
<b>Resultado de la inspección:</b>	83		70	58

### 3. Hole Popper

**Tabla 13**

*Matriz de validación de seguridad en maquinaria para la Hole Popper*

<b>Nombre de la máquina</b>	Hole popper			
<b>Activo de la máquina</b>	299048			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	27-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Se utiliza la máquina según lo previsto por el fabricante?	Sí	N/A	3	3
¿La intervención menor requiere esfuerzo físico?	No	N/A	1	1
¿Está en buenas condiciones el interruptor de encendido/apagado?	Sí	N/A	1	1
¿Todos los elementos del control de mando están etiquetados de forma clara y fácil de entender?	Sí	N/A	1	1
<b>Elementos relacionados con la zona de peligro</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Existe visibilidad directa a las zonas de peligro?	Sí	N/A	2	2
¿La zona de peligro están bien iluminadas?	Sí	N/A	2	2
¿La zona que se interviene está provista de aristas cortantes, ángulos agudos, partes salientes que representen un peligro?	Sí	N/A	3	3
¿Se garantiza que no haya personas presentes en la zona de peligro de la máquina?	Sí	N/A	1	1
¿Existe un acceso seguro a todos los puntos necesarios para los trabajos de intervención menor?	Sí	N/A	1	1
¿Están ubicados los elementos de control fuera de las zonas de peligro? Los botones de inicio no deben poder accionarse desde dentro de la zona de peligro.	Sí	N/A	3	3
¿El operador tiene conocimiento de todas las zonas peligrosas de la máquina?	Sí	N/A	3	3

<b>Nombre de la máquina</b>	Hole popper			
<b>Activo de la máquina</b>	299048			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	27-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
<b>Elementos relacionados con las salvaguardas</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Están los dispositivos de protección diseñados de manera que no puedan eludirse fácilmente?	Sí	N/A	3	3
Si la máquina tiene salvaguardas ¿están sujetas a inspecciones periódicas y/o mantenimiento preventivo por parte de una persona cualificada?	No	N/A	3	0
¿Se especifican el tipo, el alcance, los requisitos y el calendario de las inspecciones de las salvaguardas (por ejemplo, en el plan de inspección y mantenimiento)?	No	Una vez al año se realiza un mantenimiento general, no específico ni a las salvaguardas	1	0
¿Están documentadas las inspecciones y/o mantenimientos? Los registros deben proporcionar al menos información sobre 1. Identificación de la máquina, 2. Fecha de inspección, 3. norma técnica u otra referencia para la inspección, 4. Alcance de la inspección, 5. resultado de la inspección, 6. plazo hasta la próxima inspección periódica, 7. nombre y firma del inspector y de la empresa a la que pertenece.	Sí	N/A	1	1
¿Se han corregido deficiencias identificadas en las salvaguardas y se ha documentado?	No	N/A	2	2
¿Las salvaguardas poseen dispositivo de enclavamiento con bloqueo?	Sí	N/A	2	2
¿Las salvaguardas o resguardos impiden completamente el acceso a las zonas peligrosas de la máquina?	Sí	N/A	1	1

<b>Nombre de la máquina</b>	Hole popper			
<b>Activo de la máquina</b>	299048			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	27-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
Si hay varios controles para arrancar la máquina en diferentes lugares: ¿Se proporcionan enclavamientos que garantizan que el arranque solo sea posible desde un elemento de control?	N/A	N/A	1	1
¿Las salvaguardas tienen equipo de protección sensible, SPE? Equipo para detectar personas o partes de personas que genera una señal de bloqueo para el sistema de mando con el fin de reducir el riesgo para las personas detectadas.	No	N/A	1	0
¿Las salvaguardas tienen dispositivo de retención mecánica? Dispositivo cuya función es insertar en un mecanismo, un obstáculo mecánico (por ejemplo, cuña, pasador, bloque, calce) capaz de oponerse, en base a su resistencia a cualquier movimiento peligroso.	Sí	N/A	2	2
¿Poseen las salvaguardas un dispositivo limitador? Dispositivo que impide que una máquina o condición(es) peligrosa(s) de una máquina sobrepase(n) un límite establecido (límite de desplazamiento, límite de presión, límite de momento de carga, etc.).	N/A	N/A	2	2
¿Se puede observar fácilmente, por parte del operario(a), si una salvaguarda fue puesta correctamente para garantizar la seguridad que provee?	Sí	N/A	2	2
¿Se detienen todos los movimientos peligrosos al abrir el dispositivo de protección o mover la salvaguarda?	Sí	N/A	3	3
¿Se evita un arranque automático después de colocar la salvaguarda? La máquina solo se puede poner en marcha cuando la salvaguarda está cerrada y se presiona conscientemente el botón START. Son posibles excepciones si no existe ningún riesgo asociado con el arranque automático (máquinas muy pequeñas sin áreas accesibles).	Sí	N/A	3	3

<b>Nombre de la máquina</b>	Hole popper			
<b>Activo de la máquina</b>	299048			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	27-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Tiene la máquina sistema de control de fallos que avise o indique un fallo en las salvaguardas?	Sí	N/A	1	1
En las máquinas con control de dos mandos ¿Está garantizado que el control de dos manos solo puede ser operado por dos manos?	N/A	N/A	3	3
¿Se detienen los movimientos peligrosos al soltar un elemento operativo del mando a dos manos?	N/A	N/A	1	1
¿La fuerza de accionamiento de los mandos para realizar la intervención menor, es adecuada para evitar un peligro mecánico?	N/A	N/A	1	1
<b>Elementos relacionados al botón de paro de emergencia.</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Está en buenas condiciones el botón de paro de emergencia? Botón rojo con fondo amarillo y etiqueta con el nombre en español.	Sí	N/A	1	1
¿Es fácil y rápido acceder al botón de paro de emergencia en la posición que se requiere para realizar la intervención menor?	Sí	N/A	3	1
¿El botón de paro de emergencia suspende los movimientos peligrosos de la máquina abruptamente?	Sí	N/A	2	2
Al activar el paro de emergencia ¿se generan otros peligros asociados?	No	N/A	2	2
Después de activar el paro de emergencia, ¿es posible reiniciar la máquina inmediatamente después de desbloquear el botón de paro de emergencia? La máquina no debe poder arrancarse mientras se presiona el paro de emergencia. Un reinicio solo puede ser posible si el paro de emergencia está desbloqueado y se presiona el botón de inicio.	No	N/A	3	3

<b>Nombre de la máquina</b>	Hole popper			
<b>Activo de la máquina</b>	299048			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	27-ago-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	Taller			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Supervisor			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿El botón de paro de emergencia desactiva todos los movimientos de la máquina? Verificar si el paro de emergencia para todos los movimientos o hay varios paros para diferentes secciones de la máquina.	Sí	N/A	1	1
¿Para disipar la energía almacenada de la máquina en una emergencia, es suficiente con activar el botón de paro de emergencia?	No	N/A	1	0
Al activar el paro de emergencia y en caso de que una persona quede atrapada ¿existen mecanismos que permitan liberar a la persona sin desbloquear el paro de emergencia?	No	N/A	3	0
<b>Resultado de la inspección:</b>	84		70	59

#### 4. Schmidt Press Leaflet Cutting

Tabla 14

Matriz de validación de seguridad en maquinaria para la Schmidt Press Leaflet Cutting

<b>Nombre de la máquina</b>	SCHMIDT PRESS Leaflet Cutting			
<b>Activo de la máquina</b>	90069419			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	30-sep-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	SH			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Técnico de mantenimiento			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Se utiliza la máquina según lo previsto por el fabricante?	Sí	N/A	3	3
¿La intervención menor requiere esfuerzo físico?	Sí	N/A	1	1
¿Está en buenas condiciones el interruptor de encendido/apagado?	Sí	Se le da mantenimiento cada mes y seis meses	1	1
¿Todos los elementos del control de mando están etiquetados de forma clara y fácil de entender?	Sí	N/A	1	1
<b>Elementos relacionados con la zona de peligro</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Existe visibilidad directa a las zonas de peligro?	Sí	N/A	2	2
¿La zona de peligro están bien iluminadas?	Sí	N/A	2	2
¿La zona que se interviene está provista de aristas cortantes, ángulos agudos, partes salientes que representen un peligro?	No	El acceso es incómodo	3	3
¿Se garantiza que no haya personas presentes en la zona de peligro de la máquina?	Sí	N/A	1	1
¿Existe un acceso seguro a todos los puntos necesarios para los trabajos de intervención menor?	Sí	N/A	1	1

<b>Nombre de la máquina</b>	SCHMIDT PRESS Leaflet Cutting			
<b>Activo de la máquina</b>	90069419			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	30-sep-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	SH			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Técnico de mantenimiento			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Están ubicados los elementos de control fuera de las zonas de peligro? Los botones de inicio no deben poder accionarse desde dentro de la zona de peligro.	Sí	N/A	3	3
¿El operador tiene conocimiento de todas las zonas peligrosas de la máquina?	Sí	N/A	3	3
<b>Elementos relacionados con las salvaguardas</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Están los dispositivos de protección diseñados de manera que no puedan eludirse fácilmente?	Sí	N/A	3	3
Si la máquina tiene salvaguardas ¿están sujetas a inspecciones periódicas y/o mantenimiento preventivo por parte de una persona cualificada?	Sí	Seis meses	3	3
¿Se especifican el tipo, el alcance, los requisitos y el calendario de las inspecciones de las salvaguardas (por ejemplo, en el plan de inspección y mantenimiento)?	Sí	N/A	1	1
¿Están documentadas las inspecciones y/o mantenimientos? Los registros deben proporcionar al menos información sobre 1. Identificación de la máquina, 2. Fecha de inspección, 3. norma técnica u otra referencia para la inspección, 4. Alcance de la inspección, 5. resultado de la inspección, 6. plazo hasta la próxima inspección periódica, 7. nombre y firma del inspector y de la empresa a la que pertenece.	Sí	N/A	1	1
¿Se han corregido deficiencias identificadas en las salvaguardas y se ha documentado?	Sí	N/A	2	2
¿Las salvaguardas poseen dispositivo de enclavamiento con bloqueo?	Sí	N/A	2	2

<b>Nombre de la máquina</b>	SCHMIDT PRESS Leaflet Cutting			
<b>Activo de la máquina</b>	90069419			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	30-sep-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	SH			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Técnico de mantenimiento			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Las salvaguardas o resguardos impiden completamente el acceso a las zonas peligrosas de la máquina?	Sí	N/A	1	2
Si hay varios controles para arrancar la máquina en diferentes lugares: ¿Se proporcionan enclavamientos que garantizan que el arranque solo sea posible desde un elemento de control?	N/A	N/A	1	1
¿Las salvaguardas tienen equipo de protección sensible, SPE? Equipo para detectar personas o partes de personas que genera una señal de bloqueo para el sistema de mando con el fin de reducir el riesgo para las personas detectadas.	No	N/A	1	0
¿Las salvaguardas tienen dispositivo de retención mecánica? Dispositivo cuya función es insertar en un mecanismo, un obstáculo mecánico (por ejemplo, cuña, pasador, bloque, calce) capaz de oponerse, en base a su resistencia a cualquier movimiento peligroso.	No	N/A	2	0
¿Poseen las salvaguardas un dispositivo limitador? Dispositivo que impide que una máquina o condición(es) peligrosa(s) de una máquina sobrepase(n) un límite establecido (límite de desplazamiento, límite de presión, límite de momento de carga, etc.).	Sí	N/A	2	2
<b>¿Se puede observar fácilmente, por parte del operario(a), si una salvaguarda fue puesta correctamente para garantizar la seguridad que provee?</b>	Sí	N/A	2	2
¿Se detienen todos los movimientos peligrosos al abrir el dispositivo de protección o mover la salvaguarda?	Sí	N/A	3	3

<b>Nombre de la máquina</b>	SCHMIDT PRESS Leaflet Cutting			
<b>Activo de la máquina</b>	90069419			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	30-sep-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	SH			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Técnico de mantenimiento			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Se evita un arranque automático después de colocar la salvaguarda? La máquina solo se puede poner en marcha cuando la salvaguarda está cerrada y se presiona conscientemente el botón START. Son posibles excepciones si no existe ningún riesgo asociado con el arranque automático (máquinas muy pequeñas sin áreas accesibles).	Sí	N/A	3	3
<b>¿Tiene la máquina sistema de control de fallos que avise o indique un fallo en las salvaguardas?</b>	No	N/A	1	0
En las máquinas con control de dos mandos ¿Está garantizado que el control de dos manos solo puede ser operado por dos manos?	Sí	N/A	3	3
¿Se detienen los movimientos peligrosos al soltar un elemento operativo del mando a dos manos?	Sí	N/A	1	1
¿La fuerza de accionamiento de los mandos, es adecuada para evitar un peligro mecánico?	Sí	N/A	1	1
<b>Elementos relacionados al botón de paro de emergencia.</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
¿Está en buenas condiciones el botón de paro de emergencia? Botón rojo con fondo amarillo y etiqueta con el nombre en español.	Sí	N/A	1	1
¿Es fácil y rápido acceder al botón de paro de emergencia en la posición que se requiere para realizar la intervención menor?	Sí	N/A	3	3
¿El botón de paro de emergencia suspende los movimientos peligrosos de la máquina abruptamente?	Sí	N/A	2	2

<b>Nombre de la máquina</b>	SCHMIDT PRESS Leaflet Cutting			
<b>Activo de la máquina</b>	90069419			
<b>Fecha de inspección de las salvaguardas de a máquina:</b>	30-sep-24			
<b>Área donde se ubica la máquina:</b>	SH			
<b>Persona que realiza la inspección:</b>	Yuliana Masís y Julieth Retana			
<b>Persona que acompaña la inspección (persona experta en el funcionamiento de la máquina):</b>	Técnico de mantenimiento			
<b>Elementos Generales</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Puntos Obtenidos</b>
Al activar el paro de emergencia ¿se generan otros peligros asociados?	No	La puerta de la máquina se suelta y cae, puede generar golpes	2	2
Después de activar el paro de emergencia, ¿es posible reiniciar la máquina inmediatamente después de desbloquear el botón de paro de emergencia? La máquina no debe poder arrancarse mientras se presiona el paro de emergencia. Un reinicio solo puede ser posible si el paro de emergencia está desbloqueado y se presiona el botón de inicio.	No	N/A	3	3
¿El botón de paro de emergencia desactiva todos los movimientos de la máquina? Verificar si el paro de emergencia para todos los movimientos o hay varios paros para diferentes secciones de la máquina.	Sí	N/A	1	1
¿Para disipar la energía almacenada de la máquina en una emergencia, es suficiente con activar el botón de paro de emergencia?	No	N/A	1	0
Al activar el paro de emergencia y en caso de que una persona quede atrapada ¿existen mecanismos que permitan liberar a la persona sin desbloquear el paro de emergencia?	Sí	N/A	3	3
<b>Resultado de la inspección:</b>	94		70	66

**Apéndice Q.** Resultado de la validación de las propuestas de solución mediante el método de análisis de riesgos y de operatividad (HAZOP).

**5. Lathe – Torno convencional**

**Tabla 15**

*HAZOP de validación para el Lathe - Torno convencional*

Evaluación de riesgos final (validación)									
Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
Más	Energía eléctrica	Generación inesperada de un cortocircuito	Sobrecarga eléctrica	Puede generar incendios, explosiones, activación inesperada de la operación del equipo.	No tiene	4	2	8	Tolerable
			Impactos físicos a los cables	Fallas inesperadas en el control del funcionamiento del equipo.	No tiene	4	3	12	No deseado
			Intrusos en el circuito, como tornillos o herramientas	Bloqueos de mecanismos lo que puede dificultar el funcionamiento del equipo.	No tiene	4	2	8	Tolerable

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Desastres naturales como temblores / terremotos	Desplazamiento, desconexión y daños físicos al sistema eléctrico, incluyendo la afección a los cables, lo que puede provocar fallas eléctricas.	Luego de un desastre natural se revisa el cableado eléctrico antes de iniciar operaciones nuevamente, para asegurar que todo el equipo se encuentra en orden	3	4	12	No deseado
Diferente de	Modo de operación	Activación accidental de la máquina	Mantenimiento deficiente o nulo	Fallo en el modo de operación esperado de la máquina, lo que puede provocar la activación del mandril del torno materializándose en riesgos mecánicos como atrapamiento y corte	Se le da mantenimiento al equipo de forma semestral	4	2	8	Tolerable

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Contacto accidental con botones o palancas de control que no estén asegurados o bloqueados	Arranque inesperado y movimientos incontrolados en el mandril del torno	La palanca de activación del mandril del torno se encuentra alejada del mismo, lo que lleva a que, en caso de activarse accidentalmente, el usuario no corra el riesgo de introducir alguna parte del cuerpo en el equipo	4	1	4	Tolerable
	Intervención humana	Operación incorrecta de la máquina	Capacitación deficiente	No conocer los procedimientos de seguridad establecidos, así como el modo de uso de la máquina, lo que se puede materializar en riesgos como atrapamiento y corte	Todos los contratados son técnicos de mecánica de precisión certificados y la empresa los capacita en procedimientos de seguridad	4	3	12	No deseado

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Distracciones	Introducción errónea de parámetros, olvidar utilizar EPP y omitir pasos establecidos en el manual de uso lo cual se puede materializar en riesgos como atrapamiento y corte	No tiene	4	3	12	No deseado
Defectuoso	Sistemas de seguridad	Fallo de las salvaguardas	Posibilidad de eludir la salvaguarda	Entrar en contacto con el mandril del torno, lo que puede generar el atrapamiento y corte	Salvaguarda perimetral con dispositivo de enclavamiento de seguridad incluido.	4	2	8	Tolerable
			Mantenimiento deficiente o nulo	Fallo en el funcionamiento de las salvaguardas, lo que puede generar la posibilidad de entrar en contacto con el	Se le da mantenimiento al equipo de forma semestral	4	4	16	No deseado

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvuardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
				mandril del torno					
			Diseño deficiente de las salvuardas	La estructura y/o funcionamiento de la salvaguarda no impiden el contacto con las partes móviles, lo que puede provocar entrar en contacto fácilmente con los puntos de operación del equipo	El diseño de la salvaguarda asegura la cobertura de las partes móviles que representan un riesgo mecánico.	4	1	4	Tolerable
			No se desactivan todos los movimientos peligrosos de la máquina	Al pulsar el paro de emergencia no se desactivan todos los movimientos peligrosos o de forma manual se pueden activar otros	Paro de emergencia	4	3	12	No deseado

## 6. Milling Machine – Fresadora convencional

### Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
Más	Energía eléctrica	Generación inesperada de un cortocircuito	Sobrecarga eléctrica	Puede generar incendios, explosiones, activación inesperada de la operación del equipo.	No tiene	4	2	8	Tolerable
			Impactos físicos a los cables	Fallas inesperadas en el control del funcionamiento del equipo.	No tiene	4	3	12	No deseado
			Intrusos en el circuito, como tornillos o herramientas	Bloqueos de mecanismos lo que puede dificultar el funcionamiento del equipo.	No tiene	4	2	8	Tolerable

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Desastres naturales como temblores / terremotos	Desplazamiento, desconexión y daños físicos al sistema eléctrico, incluyendo la afección a los cables, lo que puede provocar fallas eléctricas	Luego de un desastre natural se revisa el cableado eléctrico antes de iniciar operaciones nuevamente, para asegurar que todo el equipo se encuentra en orden	3	4	12	No deseado

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
Diferente de	Modo de operación	Activación accidental de la máquina	Mantenimiento deficiente o nulo	Fallo en el modo de operación esperado de la máquina, lo que puede provocar la activación del husillo materializándose en riesgos mecánicos como atrapamiento y corte	Se le da mantenimiento al equipo de forma semestral	4	2	8	Tolerable

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Contacto accidental con botones o palancas de control que no estén asegurados o bloqueados	Arranque inesperado y movimientos incontrolados en el husillo	La palanca de activación de la fresadora se encuentra alejada del mismo, lo que lleva a que, en caso de activarse accidentalmente, el usuario no corra el riesgo de introducir alguna parte del cuerpo en el equipo	4	1	4	Tolerable

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
	Intervención humana	Operación incorrecta de la máquina	Capacitación deficiente	No conocer los procedimientos de seguridad establecidos, así como el modo de uso de la máquina, lo que se puede materializar en riesgos como atrapamiento y corte	Todos los contratados son técnicos de mecánica de precisión certificados y la empresa los capacita en procedimientos de seguridad	4	3	12	No deseado

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Distracciones	Introducción errónea de parámetros, olvidar utilizar EPP y omitir pasos establecidos en el manual de uso lo cual se puede materializar en riesgos como atrapamiento y corte	No tiene	4	3	12	No deseado
Defectuoso	Sistemas de seguridad	Fallo de las salvaguardas	Posibilidad de eludir la salvaguarda	Entrar en contacto con el husillo, lo que puede generar el atrapamiento y corte	No tiene	4	1	4	Tolerable

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Mantenimiento deficiente o nulo	Fallo en el funcionamiento de las salvaguardas, lo que puede generar la posibilidad de entrar en contacto con el husillo	Se le da mantenimiento al equipo de forma semestral	4	4	16	No deseado
			Diseño deficiente de las salvaguardas	La estructura y/o funcionamiento de la salvaguarda no impiden el contacto con las partes móviles, lo que puede provocar entrar en contacto fácilmente con los puntos de operación del equipo	No tiene	4	1	4	Tolerable

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvuardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			No se desactivan todos los movimientos peligrosos de la máquina	Al pulsar el paro de emergencia no se desactivan todos los movimientos peligrosos o de forma manual se pueden activar otros	Paro de emergencia	4	3	12	No deseado

## 7. Holpe Popper

### Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
Más	Energía eléctrica	Generación inesperada de un cortocircuito	Sobrecarga eléctrica	Puede generar incendios, explosiones, activación inesperada de la operación del equipo.	No tiene	4	2	8	Tolerable
			Impactos físicos a los cables	Fallas inesperadas en el control del funcionamiento del equipo.	No tiene	4	3	12	No deseado
			Intrusos en el circuito, como tornillos o herramientas	Bloqueos de mecanismos lo que puede dificultar el funcionamiento del equipo.	No tiene	4	2	8	Tolerable

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Desastres naturales como temblores / terremotos	Desplazamiento, desconexión y daños físicos al sistema eléctrico, incluyendo la afección a los cables, lo que puede provocar fallas eléctricas	Luego de un desastre natural se revisa el cableado eléctrico antes de iniciar operaciones nuevamente, para asegurar que todo el equipo se encuentra en orden	3	4	12	No deseado

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
Diferente de	Modo de operación	Activación accidental de la máquina	Mantenimiento o deficiente o nulo	Fallo en el modo de operación esperado de la máquina, lo que puede provocar la liberación de energía durante la colocación del electrodo, lo que puede generar electrocución o perforación	Se le da mantenimiento al equipo de forma semestral	4	2	8	Tolerable

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Contacto accidental con botones o palancas de control que no estén asegurados o bloqueados	Activación inesperada del equipo	El mecanismo de activación de la hule Popper se encuentra alejado del electrodo, lo que lleva a que el usuario no corra el riesgo de entrar en contacto con el mismo	4	1	4	Tolerable

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
	Intervención humana	Operación incorrecta de la máquina	Capacitación deficiente	No conocer los procedimientos de seguridad establecidos, así como el modo de uso de la máquina, lo que puede generar electrocución o perforación	Todos los contratados son técnicos de mecánica de precisión certificados y la empresa los capacita en procedimientos de seguridad	4	3	12	No deseado

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguadas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Distracciones	Introducción errónea de parámetros, olvidar utilizar EPP y omitir pasos establecidos en el manual de uso, lo que puede generar electrocución o perforación	No tiene	4	3	12	No deseado
Defectuoso	Sistemas de seguridad	Fallo de las salvaguardas	Posibilidad de eludir la salvaguarda	Entrar en contacto con el electrodo, lo que puede generar electrocución o perforación	Salvaguarda perimetral con dispositivo de enclavamiento de seguridad incluido.	4	2	8	Tolerable

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Mantenimiento o deficiente o nulo	Fallo en el funcionamiento de las salvaguardas, lo que puede generar electrocución o perforación	Se le da mantenimiento al equipo de forma semestral	4	4	16	No deseado

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Diseño deficiente de las salvaguardas	La estructura y/o funcionamiento de la salvaguarda no impiden el contacto con las partes móviles, lo que puede provocar entrar en contacto fácilmente con los puntos de operación del equipo	El diseño de la salvaguarda asegura la cobertura de las partes móviles que representan un riesgo mecánico.	4	1	4	Tolerable

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvuardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			No se desactivan todos los movimientos peligrosos de la máquina	Al pulsar el paro de emergencia no se desactivan todos los movimientos peligrosos o de forma manual se pueden activar otros	Paro de emergencia	4	2	8	Tolerable

### 8. Leaflet cutting

#### Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
Más	Energía eléctrica y neumática	Generación inesperada de un cortocircuito	Sobrecarga eléctrica	Puede generar incendios, explosiones, activación inesperada de la operación del equipo.	No tiene	4	2	8	Tolerable
			Los cables entran en contacto con químicos como el alcohol y glutaraldehído o lo que puede generar deterioro	Fallas inesperadas en el control del funcionamiento del equipo.	No tiene	3	5	15	No deseado

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Desastres naturales como temblores / terremotos	Desplazamiento, desconexión y daños físicos al sistema de energía de la máquina, incluyendo la afección a los cables, lo que puede provocar fallas eléctricas	Luego de un desastre natural se revisa el cableado eléctrico antes de iniciar operaciones nuevamente, para asegurar que todo el equipo se encuentra en orden	3	4	12	No deseado

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
Diferente de	Modo de operación	Activación accidental de la máquina	Mantenimiento deficiente o nulo	Fallo en el modo de operación esperado de la máquina, lo que puede provocar la activación de la prensa materializándose en riesgos mecánicos como atrapamiento	Se hace un mantenimiento mensual y otro semestral de mayor profundidad	3	3	9	Tolerable
			Errores en el software de control	Funcionamiento errado de la máquina, lo que puede ocasionar la activación de movimiento.	Ninguno	3	3	9	Tolerable

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Contacto accidental con botones o palancas de control que no estén asegurados o bloqueados	Arranque inesperado y movimientos incontrolados en la prensa	Control a dos mandos	3	3	9	Tolerable
	Intervención humana	Operación incorrecta de la máquina	Capacitación deficiente	No conocer los procedimientos de seguridad establecidos, así como el modo de uso de la máquina, lo que se puede materializar en riesgos como atrapamiento	Se realiza una capacitación inicial y se les capacita de forma periódica en aspectos de seguridad	3	3	9	Tolerable

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Distracciones	Introducción errónea de parámetros, olvidar utilizar EPP y omitir pasos establecidos en el manual de uso lo cual se puede materializar en riesgos como atrapamiento y corte	Supervisión continua	3	3	9	Tolerable
Defectuoso	Sistemas de seguridad	Fallo de las salvaguardas	Posibilidad de eludir la salvaguarda	Entrar en contacto la prensa, lo que puede generar el atrapamiento	Ninguno	2	4	8	No deseado

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvuardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Mantenimiento deficiente o nulo	Fallo en el funcionamiento de las salvuardas, lo que puede generar la posibilidad de entrar en contacto con el mandril del torno	Se hace un mantenimiento mensual y otro semestral de mayor profundidad	3	3	9	Tolerable

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvaguardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			Diseño deficiente de las salvaguardas	La estructura y/o funcionamiento de la salvaguarda no impiden el contacto con las partes móviles, lo que puede provocar entrar en contacto fácilmente con los puntos de operación del equipo	Ninguno	1	1	1	Aceptable

Evaluación de riesgos final (validación)

Palabra Guía	Variable	Falla o desviación	Causas	Consecuencias	Controles existentes (salvuardas)	Riesgo			
						Consecuencia	Frecuencia	Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo
			No se desactivan todos los movimientos peligrosos de la máquina	Al pulsar el paro de emergencia no se desactivan todos los movimientos peligrosos o de forma manual se pueden activar otros	Paro de emergencia	3	3	9	Tolerable

**Apéndice R.** Procedimientos de intervenciones menores.

**1. CNC VERTICAL FRYER**

INTERVENCIONES MENORES DE HERRAMIENTAS / PROCEDIMIENTO DE SERVICIO	
CNC VERTICAL FRYER	Versión #1

Equipo	Ubicación	Alcance del procedimiento
CNC VERTICAL FRYER / 246454	Taller	Setup
EPP requerido	Guantes de nitrilo (por el <i>coolant</i> ), lentes de seguridad y zapatos de seguridad.	
Herramientas/Materiales	Indicador	

RECORDATORIOS DE SEGURIDAD		
Rutinario, integral y repetitivo	Salvaguardas requeridas	Interfaz hombre-máquina (HMI)
<p>Las tareas menores de intervención deben ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rutina</li> <li>• Parte integral de la producción</li> <li>• Repetitivo</li> <li>• Normalmente de corta duración</li> </ul> <p><b>Si no es así, se requiere LOTO.</b></p>	<p>Para proteger a los empleados de energías peligrosas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se debe aplicar un mínimo de dos (2) salvaguardas independientes (dispositivos de seguridad).</li> <li>2. Al menos una (1) salvaguarda debe estar bajo <b>el control exclusivo</b> de la persona que realiza la tarea de Intervención Menor.</li> </ol>	<p>Para ser considerados una salvaguarda, los dispositivos HMI deben estar bajo el control exclusivo del empleado que realiza una intervención menor.</p>
<p><b>Rutina:</b> Ocurre como una parte normal de un proceso de producción.</p>		
<p><b>Integral:</b> Es esencial para el proceso de producción y facilita directamente el propósito previsto del equipo.</p>		
<p><b>Repetitivo:</b> Se repite regularmente como parte de los procedimientos establecidos.</p>		

Paso	Acción
1.	Aliste la herramienta a colocar. Acerque la mesa de trabajo a la puerta. Abra las puertas.
2.	Sujete la herramienta a quitar en todo momento y presione el botón para desajustarla. Guarde de la herramienta que cambió y coloque la nueva.
3.	Con la llave de prensa, abra las mordazas. Coloque la nueva pieza y cierre las mordazas con la llave. Cierre las puertas y continúe.
SALVAGUARDAS	
1.	<b>Salvaguarda:</b> Puertas de seguridad con dispositivo de enclavamiento.
2.	<b>Salvaguarda que controla el operador:</b> botón de paro de emergencia.

Registro de revisión	Nombre (en letra de imprenta)	Firma	Fecha	Comentarios
Rep. EHS	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>			
Rep. Ingeniería				
Rep. Gerencia				

Registro de cambios	Fecha	Revisión/Comentarios
	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>	

## 2.CNC HAAS

<b>INTERVENCIONES MENORES DE HERRAMIENTAS / PROCEDIMIENTO DE SERVICIO</b>	
<i>CNC HAAS</i>	<b>Versión #1</b>

Equipo	Ubicación	Alcance del procedimiento
CNC HAAS / 269358	Taller	Cambio de pieza que se desea cortar o grabar. – <i>Setup</i> , Cambio de lote o modelo a cortar/grabar
<b>EPP requerido</b>	Guantes de nitrilo (por el <i>coolant</i> ), lentes de seguridad y zapatos de seguridad.	
<b>Herramientas/Materiales</b>	Llave para abrir la prensa o base donde se coloca la pieza.	

RECORDATORIOS DE SEGURIDAD		
Rutinario, integral y repetitivo	Salvaguardas requeridas	Interfaz hombre-máquina (HMI)
<p>Las tareas menores de intervención deben ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rutina</li> <li>• Parte integral de la producción</li> <li>• Repetitivo</li> <li>• Normalmente de corta duración</li> </ul> <p><b>Si no es así, se requiere LOTO.</b></p>	<p><b>Rutina:</b> Ocurre como una parte normal de un proceso de producción.</p> <hr/> <p><b>Integral:</b> Es esencial para el proceso de producción y facilita directamente el propósito previsto del equipo.</p> <hr/> <p><b>Repetitivo:</b> Se repite regularmente como parte de los procedimientos establecidos.</p>	<p>Para proteger a los empleados de energías peligrosas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se debe aplicar un mínimo de dos (2) salvaguardas independientes (dispositivos de seguridad).</li> <li>2. Al menos una (1) salvaguarda debe estar bajo <b>el control exclusivo</b> de la persona que realiza la tarea de Intervención Menor.</li> </ol>
		<p>Para ser considerados una salvaguarda, los dispositivos HMI deben estar bajo el control exclusivo del empleado que realiza una intervención menor.</p>

Paso	Acción
1.	Espera a que termine el ciclo y la máquina se detenga. Abra las puertas y Coloque el origen en la computadora.
2.	Coloque la pieza en la base.
3.	Cierre las puertas completamente.
4.	Coloque la altura de la pieza con la computadora.
5.	Si es necesario, cambie la herramienta de corte o grabado, sacando el soporte, colocandolo en la prensa manual y volviendo a poner la herramienta dentro de la máquina.
6.	Alinee el cabezal con la pieza de manera manual con el handle.
7.	Cierre las puertas y continúe con el trabajo.
SALVAGUARDAS	
1.	<b>Salvaguarda:</b> Resguardo móvil con dispositivo de enclavamiento. Se bloquea la maquina si las puertas están abiertas. La máquina puede moverse manualmente con el handle, se mueve la base y el cabezal y puede liberar Coolant a presión. Aunque las puertas estén abiertas la punta del cabezal, la pieza que corta y graba, no puede girar.
2.	<b>Salvaguarda que controla el operador:</b> HMI No se puede accionar la máquina de otra manera que no sea por la computadora. La computadora no inicia el corte o grabado si las puertas están abiertas.

Registro de revisión	Nombre (en letra de imprenta)	Firma	Fecha	Comentarios
Rep. EHS	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>			
Rep. Ingeniería				
Rep. Gerencia				

Fecha	Revisión/Comentarios

<b>Registro de cambios</b>	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>	

### 3. Wire EDM

INTERVENCIONES MENORES DE HERRAMIENTAS / PROCEDIMIENTO DE SERVICIO	
Wire EDM	Versión #1

Equipo	Ubicación	Alcance del procedimiento
Wire EMD / 299050	Taller	Cambio del hilo de corte y alineado del hilo.
<b>EPP requerido</b>	Guantes de nitrilo (por el <i>coolant</i> ), lentes de seguridad y zapatos de seguridad.	
<b>Herramientas/Materiales</b>	N/A	

RECORDATORIOS DE SEGURIDAD			
Rutinario, integral y repetitivo		Salvaguardas requeridas	Interfaz hombre-máquina (HMI)
<p>Las tareas menores de intervención deben ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rutina</li> <li>• Parte integral de la producción</li> <li>• Repetitivo</li> <li>• Normalmente de corta duración</li> </ul> <p><b>Si no es así, se requiere LOTO.</b></p>	<p><b>Rutina:</b> Ocurre como una parte normal de un proceso de producción.</p>	<p>Para proteger a los empleados de energías peligrosas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se debe aplicar un mínimo de dos (2) salvaguardas independientes (dispositivos de seguridad).</li> <li>2. Al menos una (1) salvaguarda debe estar bajo <b>el control exclusivo</b> de la persona que realiza la tarea de Intervención Menor.</li> </ol>	<p>Para ser considerados una salvaguarda, los dispositivos HMI deben estar bajo el control exclusivo del empleado que realiza una intervención menor.</p>
	<p><b>Integral:</b> Es esencial para el proceso de producción y facilita directamente el propósito previsto del equipo.</p>		
	<p><b>Repetitivo:</b> Se repite regularmente como parte de los procedimientos establecidos.</p>		

Paso	Acción
1.	<p>Espera a que termine el ciclo y la máquina se detenga, espera a que baje el nivel del agua.</p> <p>Abra la compuerta del área de rodillos levantándola.</p> <p>Presione el botón de bloqueo de los rodillos.</p>
2.	<p>Gire el rollo para sacar el hilo del canal de rodillos.</p>

	Desajuste el rollo del hilo, girando la tuerca y retire el rollo.
3.	Coloque el nuevo rollo de hilo. Ajuste el rollo girando la tuerca.
4.	Coloque el hilo en el primer rodillo y siga la guía de colocación del hilo ( <i>the wire path</i> ).
5.	Con ayuda del rodillo guía, mueva el hilo entre los demás rodillos para bajarlo a la mesa de trabajo, hasta llegar a los .... Cierre la compuerta del área de rodillos, la de los rodillos de la mesa y la de la mesa de trabajo. Con la computadora tense el hilo.
6.	Para alinear el hilo, abra la compuerta de la mesa de trabajo. Conecte el alineador al interruptor de la máquina y coloque el alineador cerca del hilo. Cierre las compuertas.
7.	Verifique en la computadora la señal verde claro que indica que se está trabajando en la alineación del hilo. No meta las manos a la máquina si esta opción está activa, puede haber energía eléctrica entre el hilo y el alineador. Una vez terminada la alineación el indicador se pone de un color verde más oscuro, retire el alineador y continúe con el trabajo.
<b>Salvaguardas</b>	
1.	<b>Salvaguarda:</b> Botón de bloqueo para cambio del hilo.
2.	<b>Salvaguarda que controla el operador:</b> botón de emergencia en computadora y handle.

Registro de revisión	Nombre (en letra de imprenta)	Firma	Fecha	Comentarios
Rep. EHS	(Agregue filas según sea necesario)			
Rep. Ingeniería				
Rep. Gerencia				

	Fecha	Revisión/Comentarios
--	-------	----------------------

<b>Registro de cambios</b>	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>	

#### 4. Lathe – Torno convencional

AJUSTES MENORES DE HERRAMIENTAS / PROCEDIMIENTO DE SERVICIO (INTERVENCIÓN MENOR)	
Torno convencional LATHE	Versión #1

Equipo	Ubicación	Alcance del procedimiento
Torno convencional - LATHE / 195058	Taller	Cambio de pieza y de cuchilla en una pieza que rueda.
<b>EPP requerido</b>	Guantes de nitrilo, lentes de seguridad y zapatos de seguridad.	
<b>Herramientas/Materiales</b>	N/A	

RECORDATORIOS DE SEGURIDAD			
Rutinario, integral y repetitivo		Salvaguardas requeridas	Interfaz hombre-máquina (HMI)
<p>Las tareas menores de intervención deben ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rutina</li> <li>• Parte integral de la producción</li> <li>• Repetitivo</li> <li>• Normalmente de corta duración.</li> </ul> <p><b>Si no es así, se requiere LOTO.</b></p>	<p><b>Rutina:</b> Ocurre como una parte normal de un proceso de producción.</p>	<p>Para proteger a los empleados de energías peligrosas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se debe aplicar un mínimo de dos (2) salvaguardas independientes (dispositivos de seguridad).</li> <li>2. Al menos una (1) salvaguarda debe estar bajo <b>el control exclusivo</b> de la persona que realiza la tarea de Intervención Menor.</li> </ol>	<p>Para ser considerados una salvaguarda, los dispositivos HMI deben estar bajo el control exclusivo del empleado que realiza una intervención menor.</p>
	<p><b>Integral:</b> Es esencial para el proceso de producción y facilita directamente el propósito previsto del equipo.</p>		
	<p><b>Repetitivo:</b> Se repite regularmente como parte de los procedimientos establecidos.</p>		

Paso	Acción
1.	Levante la guardas. Corra el cabezal móvil para realizar el cambio.
2.	Sostenga la herramienta de corte con una mano, con la otra mano desajuste la herramienta de corte con la herramienta de ajuste y quítela. Coloque la nueva herramienta de corte y ténsela con la herramienta ajuste.
3.	Desajuste el <i>shock</i> con la herramienta de ajuste mientras sostiene la pieza a cortar, una vez esté suelta, retírela.
4.	Coloque la nueva pieza, preñe el <i>shock</i> , debe quedar bien ajustado para evitar que la pieza se desprenda. Mueva el cabezal a su lugar y coloque las guardas.
Salvaguadas	
1.	<b>Salvaguarda:</b> Dispositivo de enclavamiento en resguardo frontal.
2.	<b>Salvaguarda que controla el operador:</b> paro de emergencia.

Registro de revisión	Nombre (en letra de imprenta)	Firma	Fecha	Comentarios
Rep. EHS	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>			
Rep. Ingeniería				
Rep. Gerencia				

Registro de cambios	Fecha	Revisión/Comentarios
	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>	

## 5. Milling Machine – Fresadora convencional

INTERVENCIONES MENORES DE HERRAMIENTAS / PROCEDIMIENTO DE SERVICIO	
Milling Machine	Versión #1

Equipo	Ubicación	Alcance del procedimiento
Fresadora convencional - MILLING MACHINE / 195055	Taller	Cambio de herramienta de corte en el husillo.
<b>EPP requerido</b>	Guantes de nitrilo, lentes de seguridad y zapatos de seguridad.	
<b>Herramientas/Materiales</b>	Llave.	

RECORDATORIOS DE SEGURIDAD			
Rutinario, integral y repetitivo		Salvaguardas requeridas	Interfaz hombre-máquina (HMI)
<p>Las tareas menores de intervención deben ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rutina</li> <li>• Parte integral de la producción</li> <li>• Repetitivo</li> <li>• Normalmente de corta duración</li> </ul> <p><b>Si no es así, se requiere LOTO.</b></p>	<p><b>Rutina:</b> Ocurre como una parte normal de un proceso de producción.</p>	<p>Para proteger a los empleados de energías peligrosas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se debe aplicar un mínimo de dos (2) salvaguardas independientes (dispositivos de seguridad).</li> <li>2. Al menos una (1) salvaguarda debe estar bajo <b>el control exclusivo</b> de la persona que realiza la tarea de Intervención Menor.</li> </ol>	<p>Para ser considerados una salvaguarda, los dispositivos HMI deben estar bajo el control exclusivo del empleado que realiza una intervención menor.</p>
	<p><b>Integral:</b> Es esencial para el proceso de producción y facilita directamente el propósito previsto del equipo.</p>		
	<p><b>Repetitivo:</b> Se repite regularmente como parte de los procedimientos establecidos.</p>		

Paso	Acción
1.	Retire las guardas de seguridad.
2.	Desajuste el husillo con la llave.
3.	Quite la herramienta de corte, si se requiere, mueva la mesa. Coloque la nueva herramienta de corte y ajuste el husillo.
4.	Cierre las guardas de seguridad y continúe con el trabajo.
Salvavidas	
1.	<b>Salvavidas:</b> Dispositivo de enclavamiento em resguardo frontal.
2.	<b>Salvavidas que controla el operador:</b> paro de emergencias.

Registro de revisión	Nombre (en letra de imprenta)	Firma	Fecha	Comentarios
Rep. EHS	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>			
Rep. Ingeniería				
Rep. Gerencia				

Registro de cambios	Fecha	Revisión/Comentarios
	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>	

## 6. Centro de mecanizado Romi

<b>INTERVENCIONES MENORES DE HERRAMIENTAS / PROCEDIMIENTO DE SERVICIO</b>	
CENTRO DE MECANIZADO CNC Romi	<b>Versión #1</b>

Equipo	Ubicación	Alcance del procedimiento
CENTRO DE MECANIZADO CNC Romi / 195053	Taller	Cambio de herramienta para cortar o grabar – Setup, Cambio de lote o modelo a cortar/grabar
<b>EPP requerido</b>	Guantes de nitrilo (por el <i>coolant</i> ), lentes de seguridad y zapatos de seguridad.	
<b>Herramientas/Materiales</b>	Llave para abrir la prensa y llave Allen.	

RECORDATORIOS DE SEGURIDAD			
Rutinario, integral y repetitivo		Salvaguardas requeridas	Interfaz hombre-máquina (HMI)
<p>Las tareas menores de intervención deben ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rutina</li> <li>• Parte integral de la producción</li> <li>• Repetitivo</li> <li>• Normalmente de corta duración</li> </ul> <p><b>Si no es así, se requiere LOTO.</b></p>	<p><b>Rutina:</b> Ocurre como una parte normal de un proceso de producción.</p> <hr/> <p><b>Integral:</b> Es esencial para el proceso de producción y facilita directamente el propósito previsto del equipo.</p> <hr/> <p><b>Repetitivo:</b> Se repite regularmente como parte de los procedimientos establecidos.</p>	<p>Para proteger a los empleados de energías peligrosas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se debe aplicar un mínimo de dos (2) salvaguardas independientes (dispositivos de seguridad).</li> <li>2. Al menos una (1) salvaguarda debe estar bajo <b>el control exclusivo</b> de la persona que realiza la tarea de Intervención Menor.</li> </ol>	<p>Para ser considerados una salvaguarda, los dispositivos HMI deben estar bajo el control exclusivo del empleado que realiza una intervención menor.</p>

Paso	Acción
1.	Espera a que termine el ciclo y la máquina se detenga. Acerque la mesa y el cabezal a la puerta. Presione el botón para abrir la puerta y ábrala.
2.	Con una llave abra las muelas de la mesa de trabajo. Con una llave Allen, desajuste y retire las muelas. Coloque las nuevas muelas, ajustándolas con la llave Allen.
3.	Coloque la nueva pieza a cortar. Si es necesario, mida las dimensiones de la pieza con el pie de rey o calibrador.
4.	Para el cambio de la herramienta de corte. Presione el botón para soltar la herramienta a cambiar, la luz del botón debe estar encendida. Coloque la herramienta de corte nueva, presionando el botón que se ajuste. Cierre las puertas y continúe con el trabajo.
Salvaguardas	
1.	<b>Salvaguarda:</b> dispositivo de enclavamiento en resguardo frontal. Se bloquea la máquina si las puertas están abiertas o se abren.
2.	<b>Salvaguarda que controla el operador:</b> paro de emergencia, en computadora y en <i>handle</i> .

Registro de revisión	Nombre (en letra de imprenta)	Firma	Fecha	Comentarios
Rep. EHS	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>			
Rep. Ingeniería				
Rep. Gerencia				

Registro de cambios	Fecha	Revisión/Comentarios
	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>	

## 7. ILT 1500 Laser Welder

<b>INTERVENCIONES MENORES DE HERRAMIENTAS / PROCEDIMIENTO DE SERVICIO</b>	
ILT 1500 <i>Laser Welder</i>	<b>Versión #1</b>

Equipo	Ubicación	Alcance del procedimiento
ILT 1500 <i>Laser Welder</i> / 90420482	EP	Cambio de <i>fixture</i> .
<b>EPP requerido</b>	Guantes de nitrilo y lentes de seguridad.	
<b>Herramientas/Materiales</b>	N/A	

RECORDATORIOS DE SEGURIDAD			
Rutinario, integral y repetitivo		Salvaguardas requeridas	Interfaz hombre-máquina (HMI)
<p>Las tareas menores de intervención deben ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rutina</li> <li>• Parte integral de la producción</li> <li>• Repetitivo</li> <li>• Normalmente de corta duración</li> </ul> <p><b>Si no es así, se requiere LOTO.</b></p>	<p><b>Rutina:</b> Ocurre como una parte normal de un proceso de producción.</p> <hr/> <p><b>Integral:</b> Es esencial para el proceso de producción y facilita directamente el propósito previsto del equipo.</p> <hr/> <p><b>Repetitivo:</b> Se repite regularmente como parte de los procedimientos establecidos.</p>	<p>Para proteger a los empleados de energías peligrosas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se debe aplicar un mínimo de dos (2) salvaguardas independientes (dispositivos de seguridad).</li> <li>2. Al menos una (1) salvaguarda debe estar bajo <b>el control exclusivo</b> de la persona que realiza la tarea de Intervención Menor.</li> </ol>	<p>Para ser considerados una salvaguarda, los dispositivos HMI deben estar bajo el control exclusivo del empleado que realiza una intervención menor.</p>

Paso	Acción
1.	Espera a que la máquina se detenga y se abra la puerta de seguridad. Deslice el <i>part clamp</i> hacia la derecha con una mano, con la otra mano retire el <i>fixture</i> .
2.	Coloque el <i>fixture</i> nuevo, calzándolo en los orificios, mientras mantiene sujeto el <i>part clamp</i> . Quite la mano con la que colocó el <i>fixture</i> y luego suelte el <i>part clamp</i> . Tenga en cuenta que el <i>part clamp</i> puede moverse rápidamente hacia la izquierda y provocar un golpe o pellizco, controle el movimiento para evitarlo.
Salvaviduas	
	<b>Salvavidua:</b> Dispositivo de enclavamiento en resguardo frontal. Se bloquea la máquina si la puerta está abierta.
	<b>Salvavidua que controla el operador:</b> paro de emergencia.

Registro de revisión	Nombre (en letra de imprenta)	Firma	Fecha	Comentarios
Rep. EHS	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>			
Rep. Ingeniería				
Rep. Gerencia				

Registro de cambios	Fecha	Revisión/Comentarios
	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>	

## 8. Schmidt Press Leaflet Cutting

<b>INTERVENCIONES MENORES DE HERRAMIENTAS / PROCEDIMIENTO DE SERVICIO</b>	
SCHMIDT PRESS- <i>Leaflet Cutting</i>	<b>Versión #1</b>

Equipo	Ubicación	Alcance del procedimiento
SCHMIDT PRESS <i>Leaflet Cutting</i> / 90069419	SH	Cambio de <i>die</i> para cambio de modelo
EPP requerido	Guantes de nitrilo y lentes de seguridad	
Herramientas/Materiales	N/A	

RECORDATORIOS DE SEGURIDAD			
Rutinario, integral y repetitivo		Salvuardas requeridas	Interfaz hombre-máquina (HMI)
<p>Las tareas menores de intervención deben ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rutina</li> <li>• Parte integral de la producción</li> <li>• Repetitivo</li> <li>• Normalmente de corta duración</li> </ul> <p><b>Si no es así, se requiere LOTO.</b></p>	<p><b>Rutina:</b> Ocurre como una parte normal de un proceso de producción.</p> <hr/> <p><b>Integral:</b> Es esencial para el proceso de producción y facilita directamente el propósito previsto del equipo.</p> <hr/> <p><b>Repetitivo:</b> Se repite regularmente como parte de los procedimientos establecidos.</p>	<p>Para proteger a los empleados de energías peligrosas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se debe aplicar un mínimo de dos (2) salvuardas independientes (dispositivos de seguridad).</li> <li>2. Al menos una (1) salvaguarda debe estar bajo <b>el control exclusivo</b> de la persona que realiza la tarea de Intervención Menor.</li> </ol>	<p>Para ser considerados una salvaguarda, los dispositivos HMI deben estar bajo el control exclusivo del empleado que realiza una intervención menor.</p>

Paso	Acción
1.	Espera a que la máquina se detenga y se abra la puerta de seguridad. Desajuste los tornillos, levante un poco el <i>die</i> y quítelo.
2.	Coloque el <i>die</i> nuevo, empújelo ligeramente hacia arriba. Ajuste los tornillos para que el <i>die</i> quede bien sujeto. Continúe con la producción.
Salvaguardas	
1.	<b>Salvaguarda:</b> Dispositivo de enclavamiento en resguardo frontal. Se bloquea la máquina si la puerta está abierta.
2.	<b>Salvaguarda que controla el operador:</b> paro de emergencia

Registro de revisión	Nombre (en letra de imprenta)	Firma	Fecha	Comentarios
Rep. EHS	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>			
Rep. Ingeniería				
Rep. Gerencia				

Registro de cambios	Fecha	Revisión/Comentarios
	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>	

## 9. Hole Popper

<b>INTERVENCIONES MENORES DE HERRAMIENTAS / PROCEDIMIENTO DE SERVICIO</b>	
<i>Hole popper</i>	<b>Versión #1</b>

Equipo	Ubicación	Alcance del procedimiento
<i>Hole popper / 299048</i>	Taller	Cambio de electrodo
EPP requerido	Guantes de nitrilo	
Herramientas/Materiales	N/A	

RECORDATORIOS DE SEGURIDAD			
Rutinario, integral y repetitivo		Salvaguardas requeridas	Interfaz hombre-máquina (HMI)
<p>Las tareas menores de intervención deben ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rutina</li> <li>• Parte integral de la producción</li> <li>• Repetitivo</li> <li>• Normalmente de corta duración</li> </ul> <p><b>Si no es así, se requiere LOTO.</b></p>	<p><b>Rutina:</b> Ocurre como una parte normal de un proceso de producción.</p> <hr/> <p><b>Integral:</b> Es esencial para el proceso de producción y facilita directamente el propósito previsto del equipo.</p> <hr/> <p><b>Repetitivo:</b> Se repite regularmente como parte de los procedimientos establecidos.</p>	<p>Para proteger a los empleados de energías peligrosas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se debe aplicar un mínimo de dos (2) salvaguardas independientes (dispositivos de seguridad).</li> <li>2. Al menos una (1) salvaguarda debe estar bajo <b>el control exclusivo</b> de la persona que realiza la tarea de Intervención Menor.</li> </ol>	<p>Para ser considerados una salvaguarda, los dispositivos HMI deben estar bajo el control exclusivo del empleado que realiza una intervención menor.</p>

Paso	Acción
1.	Espere a que la máquina se detenga y abra la puerta levantando el pin de cierre.
2.	Proceda a desajustar el <i>shock</i> girándolo y saque el electrodo.
3.	Coloque el nuevo electrodo, ajuste el <i>shock</i> y continúe con las operaciones.
Salvaviduas	
1.	<b>Salvavidua:</b> Dispositivo de enclavamiento en resguardo frontal. Se bloquea la máquina si las puertas están abiertas.
2.	<b>Salvavidua que controla el operador:</b> paro de emergencia

Registro de revisión	Nombre (en letra de imprenta)	Firma	Fecha	Comentarios
Rep. EHS	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>			
Rep. Ingeniería				
Rep. Gerencia				

Registro de cambios	Fecha	Revisión/Comentarios
	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>	

## 10. Suture Crimp Press Station

<b>INTERVENCIONES MENORES DE HERRAMIENTAS / PROCEDIMIENTO DE SERVICIO</b>	
<i>SUTURE CRIMP PRESS STATION</i>	<b>Versión #1</b>

Equipo	Ubicación	Alcance del procedimiento
<i>SUTURE CRIMP PRESS STATION / 90135277</i>	EP	Cambio de electrodo
<b>EPP requerido</b>	N/A	
<b>Herramientas/Materiales</b>	N/A	

RECORDATORIOS DE SEGURIDAD			
Rutinario, integral y repetitivo		Salvaguardas requeridas	Interfaz hombre-máquina (HMI)
<p>Las tareas menores de intervención deben ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rutina</li> <li>• Parte integral de la producción</li> <li>• Repetitivo</li> <li>• Normalmente de corta duración</li> </ul> <p><b>Si no es así, se requiere LOTO.</b></p>	<p><b>Rutina:</b> Ocurre como una parte normal de un proceso de producción.</p> <hr/> <p><b>Integral:</b> Es esencial para el proceso de producción y facilita directamente el propósito previsto del equipo.</p> <hr/> <p><b>Repetitivo:</b> Se repite regularmente como parte de los procedimientos establecidos.</p>	<p>Para proteger a los empleados de energías peligrosas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se debe aplicar un mínimo de dos (2) salvaguardas independientes (dispositivos de seguridad).</li> <li>2. Al menos una (1) salvaguarda debe estar bajo <b>el control exclusivo</b> de la persona que realiza la tarea de Intervención Menor.</li> </ol>	<p>Para ser considerados una salvaguarda, los dispositivos HMI deben estar bajo el control exclusivo del empleado que realiza una intervención menor.</p>

Paso	Acción
1.	Corra la arrancadura hacia atrás y coloque el catéter en los troqueles.
2.	Coloque el <i>crim</i> al <i>wire</i> . Coloque la pieza en los troqueles. Desbloquee los sensores de la cortina de seguridad, tocando los botones de desbloqueo y “crimpee” la pieza.
3.	Corte el exceso de <i>wire</i> . Corra la arrancadura hacia atrás y saque el catéter de los troqueles. Continúe con el trabajo.
Salvaviduas	
1.	<b>Salvavidua:</b> Cortina de Luz. Mando de dos manos.
2.	<b>Salvavidua que controla el operador:</b> paro de emergencia.

Registro de revisión	Nombre (en letra de imprenta)	Firma	Fecha	Comentarios
Rep. EHS	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>			
Rep. Ingeniería				
Rep. Gerencia				

Registro de cambios	Fecha	Revisión/Comentarios
	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>	

### 11. Achor Shaft Lug Bond Fixture

AJUSTES MENORES DE HERRAMIENTAS / PROCEDIMIENTO DE SERVICIO (INTERVENCIÓN MENOR)	
<i>Anchor shaft lug bond fixture</i>	<b>Versión #1</b>

Equipo	Ubicación	Alcance del procedimiento
<i>Anchor shaft lug bond fixture / 90147357</i>	CAE	Cambio de <i>fixture</i>
<b>EPP requerido</b>	N/A	
<b>Herramientas/Materiales</b>	N/A	

RECORDATORIOS DE SEGURIDAD			
Rutinario, integral y repetitivo		Salvaguardas requeridas	Interfaz hombre-máquina (HMI)
<p>Las tareas menores de intervención deben ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rutina</li> <li>• Parte integral de la producción</li> <li>• Repetitivo</li> <li>• Normalmente de corta duración</li> </ul> <p><b>Si no es así, se requiere LOTO.</b></p>	<p><b>Rutina:</b> Ocurre como una parte normal de un proceso de producción.</p>	<p>Para proteger a los empleados de energías peligrosas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se debe aplicar un mínimo de dos (2) salvaguardas independientes (dispositivos de seguridad).</li> <li>2. Al menos una (1) salvaguarda debe estar bajo <b>el control exclusivo</b> de la persona que realiza la tarea de Intervención Menor.</li> </ol>	<p>Para ser considerados una salvaguarda, los dispositivos HMI deben estar bajo el control exclusivo del empleado que realiza una intervención menor.</p>
	<p><b>Integral:</b> Es esencial para el proceso de producción y facilita directamente el propósito previsto del equipo.</p>		
	<p><b>Repetitivo:</b> Se repite regularmente como parte de los procedimientos establecidos.</p>		

Paso	Acción
1.	Espera a que termine el tóner, luego, proceda a levantar la tapa, coloque el adhesivo y limpie el exceso de ser necesario. Proceda a señalar con un marcador el catéter.
2.	Proceda a cerrar la tapa, y deje que continúe el procedimiento, según el lapso indicado por el <i>timer</i> . Continúe con la operación.

Salvuardas	
1.	<b>Salvuarda:</b> Resguardo
2.	<b>Salvuarda que controla el operador:</b> paro de emergencia

Registro de revisión	Nombre (en letra de imprenta)	Firma	Fecha	Comentarios
Crítico	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>			
Crítico				
Crítico				

Registro de cambios	Fecha	Revisión/Comentarios
	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>	

## 12. Nissen Automatization cell

<b>INTERVENCIONES MENORES DE HERRAMIENTAS / PROCEDIMIENTO DE SERVICIO</b>	
<i>Nissei Automation Cell</i>	<b>Versión #1</b>

Equipo	Ubicación	Alcance del procedimiento
<i>Nissei Automation Cell 90195295</i>	EP	Colocación de <i>heading</i>
<b>EPP requerido</b>	N/A	
<b>Herramientas/Materiales</b>	Llave Allen y alicate.	

RECORDATORIOS DE SEGURIDAD			
Rutinario, integral y repetitivo		Salvuardas requeridas	Interfaz hombre-máquina (HMI)
<p>Las tareas menores de intervención deben ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rutina</li> <li>• Parte integral de la producción</li> <li>• Repetitivo</li> <li>• Normalmente de corta duración</li> </ul> <p><b>Si no es así, se requiere LOTO.</b></p>	<p><b>Rutina:</b> Ocurre como una parte normal de un proceso de producción.</p> <hr/> <p><b>Integral:</b> Es esencial para el proceso de producción y facilita directamente el propósito previsto del equipo.</p> <hr/> <p><b>Repetitivo:</b> Se repite regularmente como parte de los procedimientos establecidos.</p>	<p>Para proteger a los empleados de energías peligrosas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se debe aplicar un mínimo de dos (2) salvuardas independientes (dispositivos de seguridad).</li> <li>2. Al menos una (1) salvuarda debe estar bajo <b>el control exclusivo</b> de la persona que realiza la tarea de Intervención Menor.</li> </ol>	<p>Para ser considerados una salvuarda, los dispositivos HMI deben estar bajo el control exclusivo del empleado que realiza una intervención menor.</p>

Paso	Acción
1.	Con la llave allen desajuste el tornillo y proceda a colocar el <i>heading</i> . Una vez colocado ajústelo de tal forma que el heading quede presionado.
Salvuardas	
1.	<b>Salvuarda:</b> Resguardo con dispositivo de enclavamiento
2.	<b>Salvuarda que controla el operador:</b> paro de emergencia

Registro de revisión	Nombre (en letra de imprenta)	Firma	Fecha	Comentarios
Rep. EHS	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>			
Rep. Ingeniería				
Rep. Gerencia				

Registro de cambios	Fecha	Revisión/Comentarios
	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>	

### 13. Bomba

INTERVENCIONES MENORES DE HERRAMIENTAS / PROCEDIMIENTO DE SERVICIO	
Bomba de alto caudal de control manual	Versión #1

Equipo	Ubicación	Alcance del procedimiento
Bomba de alto caudal	SH	Colocación de manguera en el rotor
<b>EPP requerido</b>	N/A	
<b>Herramientas/Materiales</b>	N/A	

RECORDATORIOS DE SEGURIDAD			
Rutinario, integral y repetitivo		Salvaguardas requeridas	Interfaz hombre-máquina (HMI)
<p>Las tareas menores de intervención deben ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rutina</li> <li>• Parte integral de la producción</li> <li>• Repetitivo</li> <li>• Normalmente de corta duración</li> </ul> <p><b>Si no es así, se requiere LOTO.</b></p>	<p><b>Rutina:</b> Ocurre como una parte normal de un proceso de producción.</p>	<p>Para proteger a los empleados de energías peligrosas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se debe aplicar un mínimo de dos (2) salvaguardas independientes (dispositivos de seguridad).</li> <li>2. Al menos una (1) salvaguarda debe estar bajo <b>el control exclusivo</b> de la persona que realiza la tarea de Intervención Menor.</li> </ol>	<p>Para ser considerados una salvaguarda, los dispositivos HMI deben estar bajo el control exclusivo del empleado que realiza una intervención menor.</p>
	<p><b>Integral:</b> Es esencial para el proceso de producción y facilita directamente el propósito previsto del equipo.</p>		
	<p><b>Repetitivo:</b> Se repite regularmente como parte de los procedimientos establecidos.</p>		

Paso	Acción
1.	Asegúrese de que el equipo se encuentre apagado
2.	Proceda a retirar los pines
3.	Remueva el seguro
4.	Desajuste y retire los tornillos
5.	Remueva la tapa
6.	Coloque la manguera, de tal manera que se ajuste al rotor.
7.	Asegure la manguera a ambos extremos
8.	Proceda a colocar la tapa, tornillos y pines, de forma que vuelva a su estado inicial. Continúe con las operaciones.
Salvaviduas	
1.	<b>Salvavidua:</b> reguardo
2.	<b>Salvavidua que controla el operador:</b> paro de emergencia

Registro de revisión	Nombre (en letra de imprenta)	Firma	Fecha	Comentarios
Rep. EHS	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>			
Rep. Ingeniería				
Rep. Gerencia				

Registro de cambios	Fecha	Revisión/Comentarios
	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>	

## 14. MTS

<b>INTERVENCIONES MENORES DE HERRAMIENTAS / PROCEDIMIENTO DE SERVICIO</b>	
MTS	<b>Versión #1</b>

Equipo	Ubicación	Alcance del procedimiento
MTS	Laboratorio de ingeniería	Cambio de pin y <i>gripper</i>
<b>EPP requerido</b>	N/A	
<b>Herramientas/Materiales</b>	N/A	

RECORDATORIOS DE SEGURIDAD			
Rutinario, integral y repetitivo		Salvaguardas requeridas	Interfaz hombre-máquina (HMI)
<p>Las tareas menores de intervención deben ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rutina</li> <li>• Parte integral de la producción</li> <li>• Repetitivo</li> <li>• Normalmente de corta duración</li> </ul> <p><b>Si no es así, se requiere LOTO.</b></p>	<p><b>Rutina:</b> Ocurre como una parte normal de un proceso de producción.</p> <hr/> <p><b>Integral:</b> Es esencial para el proceso de producción y facilita directamente el propósito previsto del equipo.</p> <hr/> <p><b>Repetitivo:</b> Se repite regularmente como parte de los procedimientos establecidos.</p>	<p>Para proteger a los empleados de energías peligrosas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se debe aplicar un mínimo de dos (2) salvaguardas independientes (dispositivos de seguridad).</li> <li>2. Al menos una (1) salvaguarda debe estar bajo <b>el control exclusivo</b> de la persona que realiza la tarea de Intervención Menor.</li> </ol>	<p>Para ser considerados una salvaguarda, los dispositivos HMI deben estar bajo el control exclusivo del empleado que realiza una intervención menor.</p>

Paso	Acción
1.	Asegurar que los gripper estén abiertos y sin flujo de aire, para esto verificar que el <i>switch</i> marque a la izquierda. De igual forma, verifique que el flujo de aire se haya ido del pedal.
2.	Proceda a remover los pines.
3.	Proceda a quitar los <i>gripper</i> y a colocar los nuevos.
Salvaguardas	
1.	<b>Salvaguarda:</b> paro de emergencias
2.	<b>Salvaguarda que controla el operador:</b> Pedal de freno

Registro de revisión	Nombre (en letra de imprenta)	Firma	Fecha	Comentarios
Rep. EHS	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>			
Rep. Ingeniería				
Rep. Gerencia				

Registro de cambios	Fecha	Revisión/Comentarios
	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>	

## 15. Marker Band Swager

INTERVENCIONES MENORES DE HERRAMIENTAS / PROCEDIMIENTO DE SERVICIO	
Marker band swager	Versión #1

Equipo	Ubicación	Alcance del procedimiento
Marker band swager	EP1 – 4F/RS 493 – Línea 1	Cambio de dado
EPP requerido	N/A	
Herramientas/Materiales	Llave Allen	

RECORDATORIOS DE SEGURIDAD			
Rutinario, integral y repetitivo		Salvaguardas requeridas	Interfaz hombre-máquina (HMI)
<p>Las tareas menores de intervención deben ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rutina</li> <li>• Parte integral de la producción</li> <li>• Repetitivo</li> <li>• Normalmente de corta duración</li> </ul> <p><b>Si no es así, se requiere LOTO.</b></p>	<p><b>Rutina:</b> Ocurre como una parte normal de un proceso de producción.</p> <hr/> <p><b>Integral:</b> Es esencial para el proceso de producción y facilita directamente el propósito previsto del equipo.</p> <hr/> <p><b>Repetitivo:</b> Se repite regularmente como parte de los procedimientos establecidos.</p>	<p>Para proteger a los empleados de energías peligrosas:</p> <p>1. Se debe aplicar un mínimo de dos (2) salvaguardas independientes (dispositivos de seguridad).</p> <p>2. Al menos una (1) salvaguarda debe estar bajo el <b>control exclusivo</b> de la persona que realiza la tarea de Intervención Menor.</p>	<p>Para ser considerados una salvaguarda, los dispositivos HMI deben estar bajo el control exclusivo del empleado que realiza una intervención menor.</p>

Paso	Acción
1.	Mueva la prensa, de tal forma que permita el espacio para retirar la tapa.
2.	Desajuste el tornillo con la llave Allen para poder retirar el dado
3.	Retire el dado y coloque el nuevo. Proceda a colocar nuevamente el resguardo y continúe con las operaciones.
Salvuardas	
1.	<b>Salvuarda:</b> Resguardo con dispositivo de enclavamiento
2.	<b>Salvuarda que controla el operador:</b> paro de emergencia

Registro de revisión	Nombre (en letra de imprenta)	Firma	Fecha	Comentarios
Rep. EHS	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>			
Rep. Ingeniería				
Rep. Gerencia				

Registro de cambios	Fecha	Revisión/Comentarios
	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>	

## 16. Blockwise Band Swager

INTERVENCIONES MENORES DE HERRAMIENTAS / PROCEDIMIENTO DE SERVICIO	
Blockwise band swager	Versión #1

Equipo	Ubicación	Alcance del procedimiento
Blockwise band swager / 90103201	EP	Cambio de dado
<b>EPP requerido</b>	N/A	
<b>Herramientas/Materiales</b>	N/A	

RECORDATORIOS DE SEGURIDAD			
Rutinario, integral y repetitivo		Salvaguardas requeridas	Interfaz hombre-máquina (HMI)
<p>Las tareas menores de intervención deben ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rutina</li> <li>• Parte integral de la producción</li> <li>• Repetitivo</li> <li>• Normalmente de corta duración</li> </ul> <p><b>Si no es así, se requiere LOTO.</b></p>	<p><b>Rutina:</b> Ocurre como una parte normal de un proceso de producción.</p> <hr/> <p><b>Integral:</b> Es esencial para el proceso de producción y facilita directamente el propósito previsto del equipo.</p> <hr/> <p><b>Repetitivo:</b> Se repite regularmente como parte de los procedimientos establecidos.</p>	<p>Para proteger a los empleados de energías peligrosas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se debe aplicar un mínimo de dos (2) salvaguardas independientes (dispositivos de seguridad).</li> <li>2. Al menos una (1) salvaguarda debe estar bajo <b>el control exclusivo</b> de la persona que realiza la tarea de Intervención Menor.</li> </ol>	<p>Para ser considerados una salvaguarda, los dispositivos HMI deben estar bajo el control exclusivo del empleado que realiza una intervención menor.</p>

Paso	Acción
1.	Ajuste la distancia y el tope del recorrido, luego, proceda a retirar el resguardo
2.	Desajuste el tornillo con la llave Allen para poder retirar el dado
3.	Retire el dado y coloque el nuevo. Proceda a colocar nuevamente el resguardo y continúe con las operaciones.
Salvaguardas	
1.	<b>Salvaguarda:</b> Resguardo con dispositivo de enclavamiento
2.	<b>Salvaguarda que controla el operador:</b> Paro de emergencia

Registro de revisión	Nombre (en letra de imprenta)	Firma	Fecha	Comentarios
Rep. EHS	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>			
Rep. Ingeniería				
Rep. Gerencia				

Registro de cambios	Fecha	Revisión/Comentarios
	<i>(Agregue filas según sea necesario)</i>	