

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERIA EN SEGURIDAD LABORAL E HIGIENE AMBIENTAL



Propuesta de programa de seguridad para el control de los riesgos mecánicos  
presentes en la elaboración de perfiles metálicos con máquinas de *rollforming* en la  
División de Aceros de Instalaciones y Servicios Macopa S.A.

Proyecto Final de Graduación para optar por el título de  
Bachillerato en Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental

Mauricio Ureña Navarro

Cartago, mayo, 2022



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons [Reconocimiento - No Comercial -  
Compartir Igual \(BY-NC-SA\) 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/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 Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental con el grado de bachiller.

### Miembros del Tribunal

CARLOS LUIS MATA MONTERO (FIRMA) Firmado digitalmente por CARLOS LUIS MATA MONTERO (FIRMA)  
Fecha: 2022.06.13 16:16:47 -06'00'

---

Ing. Carlos Luis Mata Montero  
Asesor Académico

MARIA GABRIELA MORALES MARTINEZ (FIRMA) Firmado digitalmente por MARIA GABRIELA MORALES MARTINEZ (FIRMA)  
Fecha: 2022.06.13 16:05:20 -06'00'

---

Ing. María Gabriela Morales Martínez  
Profesora Evaluadora

ADRIANA MARIA CAMPOS FUMERO (FIRMA) Firmado digitalmente por ADRIANA MARIA CAMPOS FUMERO (FIRMA)  
Fecha: 2022.06.13 15:57:45 -06'00'

---

Ing. Adriana Campos Fumero  
Profesora Evaluadora

MONICA MARIA CARPIO CHAVES (FIRMA) Firmado digitalmente por MONICA MARIA CARPIO CHAVES (FIRMA)  
Fecha: 2022.06.13 15:35:05 -06'00'

---

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

13 de junio, 2022

## **Agradecimiento**

Agradezco a toda mi familia, pero sobre todo a mi esposa y a mi madre, quienes me han acompañado y apoyado durante años, en todo este proceso de estudio.

Al profesor asesor Carlos Mata Montero, quien me orientó durante el desarrollo de este proyecto, a las profesoras lectoras Gabriela Morales Martínez y Adriana Campos Fumero, así como a la profesora Coordinadora de Trabajos Finales de Graduación, Mónica Carpio Chaves, por su ayuda en esta última etapa de la carrera.

Al profesor Alfonso Navarro Garro, quien me apoyó durante los últimos años para concluir la carrera de forma exitosa.

## Resumen

El presente Proyecto de Graduación se llevó a cabo en la División de Aceros de la empresa Instalaciones y Servicios Macopa, la cual se dedica a la fabricación de perfiles metálicos por medio de máquinas moldeadoras de metal (*rollforming*). El objetivo es proponer un programa de seguridad en máquinas para los riesgos mecánicos presentes en el proceso productivo.

A través de las herramientas de recolección de información como entrevistas, revisión documental y aplicación de listas de verificación, se ha obtenido el panorama de la situación actual de la empresa tomado en cuenta elementos administrativos y operativos del proceso productivo, y se ha realizado la evaluación de los riesgos asociados a las máquinas en estudio (Tubo 3 y Lámina Ondulada 1).

Se han identificado debilidades que pueden incidir en la exposición a peligros mecánicos como prácticas de mantenimiento, capacitación, procedimientos y falta de dispositivos de seguridad en las máquinas, para lo cual se ha planteado un Programa de Seguridad en Máquinas. El programa incluye los diseños de ingeniería necesarios para reducir la exposición de los trabajadores a estos peligros, satisfaciendo las necesidades de la empresa y las buenas prácticas establecidas por la Guía para resguardos y protecciones de maquinaria y equipos, del Consejo de Salud Ocupacional, y por la norma INTE/ISO 12100:2016, así como del Programa de Seguridad en Máquinas de la Universidad de Carolina del Oeste (WCA, por sus siglas en inglés).

Adicionalmente, como parte del Programa de Seguridad en Máquinas, se crearon controles administrativos que complementan los diseños de ingeniería, con el fin de implementar una intervención efectiva de los peligros mecánicos, para reducir la accidentabilidad y disminuir el promedio de días perdidos de los colaboradores de producción del área de estudio, así como los costos operativos derivados de la Póliza de Riesgos del Trabajo.

**Palabras claves:** metalmecánica, seguridad en máquinas, resguardos, peligros mecánicos, programa de seguridad

## **Abstract**

This Graduation project was developed in Instalaciones y Servicios Macopa, Aceros Division. Macopa is dedicated to the manufacture of metal profiles by metal molding machines (rollforming). The objective of this project is to propose a machine safety program for potential mechanical risks in the production process.

By the used of gathering information tools such as interviews, documentary review and application of checklists, and taking into consideration administrative and productive operational elements, a general picture of the current company situation has been obtained. In addition, an evaluation of the associate's possible risks of the analyzed machines had been made (Tube 3 and Corrugated Sheet 1).

Weaknesses that may affect exposure to mechanical hazards have been identified, such as maintenance practices, training, procedures, and lack of machinery safety devices. Due to this a Machine Safety Program was proposed. This program includes the necessary engineering designs to reduce the exposure of workers to these hazards, satisfying the needs of the company and the good practices established by the Guide for machinery and equipment safeguards and protections of the Consejo de Salud Ocupacional and by the INTE/ISO 12100: 2016 standard, as well as the Machine Safety Program of West Carolina University (WCA).

Additionally, as part of the Machine Safety Program, administrative controls that complement the engineering designs were created. These controls have the purpose to implement an effective intervention of mechanical hazards to reduce accident rates and the average number of days lost by production employees of the area under study, as well as the operating costs derived from the Work Risk Policy.

**Keywords:** *metalworking, machine safety, safeguards, mechanical hazards, safety program.*

## ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN .....	1
A. Identificación de la empresa .....	2
1. Visión / misión de la empresa .....	2
2. Antecedentes históricos de la empresa .....	3
3. Ubicación geográfica .....	3
4. Organigrama de la organización .....	4
5. Cantidad de empleados .....	4
6. Mercado .....	4
7. Proceso productivo y productos .....	4
B. Planteamiento del problema.....	6
C. Justificación del proyecto .....	7
D. Objetivos del Proyecto .....	10
1. Objetivo General .....	10
2. Objetivos Específicos .....	10
E. Alcances y Limitaciones del Trabajo .....	11
1. Alcances .....	11
2. Limitaciones .....	12
II. MARCO TEÓRICO .....	13
III. METODOLOGÍA.....	18
A. Tipo de investigación.....	19
B. Fuentes de información .....	19
C. Población y muestra .....	21
D. Validación de Herramientas de Campo.....	25
E. Operacionalización de variables .....	26
F. Descripción de instrumentos o herramientas de investigación .....	30
1. Entrevista semiestructurada con colaboradores y Supervisores de Proceso .....	30
2. Registro de dispositivos de seguridad instalados en las máquinas de <i>rollforming</i> .....	31

3. Matriz de responsabilidades de procesos de capacitación .....	31
4. Matriz de horas de capacitación .....	32
5. Matriz de indicadores de capacitación .....	32
6. Gráfico radial de horas de capacitación requerida vs horas de capacitación real.....	32
7. Matriz de procedimientos de Producción.....	33
8. Gráfico de barras para la visualización de medidas de seguridad incorporadas en los procedimientos .....	33
9. Lista de verificación de requisitos de un Programa de Seguridad para el control de riesgos mecánicos .....	34
10. Matriz de análisis de peligros para máquinas y procesos establecida en el Plan de Salud Ocupacional de la Empresa.....	35
11. Entrevista semiestructurada con colaboradores de Proceso .....	35
12. Observación participativa en los procesos productivos .....	36
13. Listas de verificación basadas en la Guía para resguardos y protecciones de maquinaria y equipos del Consejo de Salud Ocupacional, y la norma INTE/ISO 12100:2016 .....	36
14. Matriz de priorización de riesgos de acuerdo con la técnica numérica de evaluación definida en el PSO de Macopa.....	37
15. Gráfico de barras para la identificación de prioridades de intervención..	37
16. Matriz de elementos de seguridad requeridos en las máquinas de <i>rollforming</i> .....	38
17. Matriz de evaluación del nivel de protección de los dispositivos de seguridad según la norma ISO13849-1 .....	38
18. Cuadro comparativo de materiales de fabricación para cada propuesta de diseño.....	41
19. Presupuesto de implementación de diseño de ingeniería.....	41
20. Plan de capacitación aplicando el diseño del Plan Instruccional estandarizado de la empresa .....	41
21. Lista de verificación de requisitos de un Programa de Seguridad para el control de riesgos mecánicos .....	42

<b>G. Plan de Análisis</b> .....	43
<b>1. Objetivo específico 1</b> .....	44
<b>2. Objetivo específico 2</b> .....	47
<b>3. Objetivo específico 3</b> .....	48
<b>IV. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL</b> .....	50
<b>1. Controles administrativos existentes, preparación actual para el puesto y condiciones de operación de las máquinas de <i>rollforming</i>.</b> .....	51
<b>1.1 Entrevista semiestructurada a personal de Mantenimiento de la División de Aceros</b> .....	51
<b>1.2 Registro de dispositivos de seguridad instalados en las máquinas de <i>rollforming</i>.</b> .....	53
<b>1.3 Matriz de responsabilidades de procesos de capacitación</b> .....	54
<b>1.4 Matriz de horas de capacitación</b> .....	55
<b>1.5 Matriz de indicadores de capacitación</b> .....	56
<b>1.6 Matriz de procedimientos de Producción</b> .....	58
<b>1.7 Lista de verificación de requisitos de un Programa de Seguridad para el control de riesgos mecánicos</b> .....	61
<b>2. Evaluación de riesgos mecánicos en las tareas que se realizan en la operación de las máquinas de <i>rollforming</i> (Tubo 3 y Lámina Ondulada 1)</b> .....	62
<b>2.1 Matriz de análisis de peligros para máquinas y procesos</b> .....	62
<b>2.2 Entrevista semiestructurada con colaboradores de Proceso</b> .....	64
<b>2.3 Observación participativa en los procesos productivos</b> .....	65
<b>2.4 Listas de verificación basadas en la Guía para resguardos y protecciones de maquinaria y equipos del Consejo de Salud Ocupacional, y la norma INTE/ISO 12100:2016</b> .....	66
<b>2.5 Matriz de priorización de riesgos de acuerdo con la técnica numérica de evaluación definida en el PSO de Macopa</b> .....	67
<b>3. Conclusiones</b> .....	69
<b>4. Recomendaciones</b> .....	71
<b>IV. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN</b> .....	72
<b>IV. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	205

<b>V. APÉNDICES .....</b>	<b>210</b>
<b>Apéndice 1 Organigrama de Instalaciones y Servicios Macopa .....</b>	<b>211</b>
<b>Apéndice 2 Organigrama de la División de Aceros de Instalaciones y Servicios Macopa .....</b>	<b>211</b>
<b>Apéndice 3 Diagrama de flujo del proceso productivo .....</b>	<b>212</b>
<b>Apéndice 4 Validación de Entrevista semiestructurada a personal de Mantenimiento de la División de Aceros .....</b>	<b>214</b>
<b>Apéndice 5 Validación de Registro de dispositivos de seguridad instalados en las máquinas de <i>rollforming</i> .....</b>	<b>215</b>
<b>Apéndice 6 Validación de Entrevista semiestructurada con colaboradores de Proceso .....</b>	<b>216</b>
<b>Apéndice 7 Validación de Hoja de campo para observación de comportamientos riesgosos .....</b>	<b>219</b>
<b>Apéndice 8 Validación de la Lista de verificación basada en la Guía para resguardos y protecciones de maquinaria y equipos del Consejo de Salud Ocupacional, y la norma INTE/ISO 12100:2016 .....</b>	<b>220</b>
<b>Apéndice 9 Entrevista semiestructurada a personal de Mantenimiento de la División de Aceros .....</b>	<b>222</b>
<b>Apéndice 10 Registro de dispositivos de seguridad instalados en las máquinas de <i>rollforming</i> .....</b>	<b>224</b>
<b>Apéndice 11 Matriz de responsabilidades de procesos de capacitación .....</b>	<b>224</b>
<b>Apéndice 12 Matriz de horas de capacitación .....</b>	<b>225</b>
<b>Apéndice 13 Matriz de indicadores de capacitación .....</b>	<b>225</b>
<b>Apéndice 14 Matriz de procedimientos de Producción .....</b>	<b>226</b>
<b>Apéndice 15 Lista de verificación de requisitos de un Programa de Seguridad para el control de riesgos mecánicos .....</b>	<b>227</b>
<b>Apéndice 16 Matriz de análisis de riesgos para máquinas y procesos .....</b>	<b>228</b>
<b>Apéndice 17 Entrevista semiestructurada con colaboradores de Proceso .....</b>	<b>229</b>
<b>Apéndice 18 Hoja de campo para observación de comportamientos riesgosos .....</b>	<b>231</b>

<b>Apéndice 19 Lista de verificación basada en la Guía para resguardos y protecciones de maquinaria y equipos del Consejo de Salud Ocupacional, y la norma INTE/ISO 12100:2016 .....</b>	<b>232</b>
<b>Apéndice 20 Matriz de elementos de seguridad requeridos en las máquinas de <i>rollforming</i> .....</b>	<b>234</b>
<b>Apéndice 21 Matriz de evaluación del nivel de protección de los dispositivos de seguridad según la norma ISO13849-1 .....</b>	<b>234</b>
<b>Apéndice 22 Cuadro comparativo de materiales de fabricación para cada propuesta de diseño.....</b>	<b>235</b>
<b>Apéndice 23 Presupuesto de implementación de diseño de ingeniería .....</b>	<b>235</b>
<b>Apéndice 24 Peligros identificados por sección/tarea en las máquinas de Tubo 3 y Lámina Ondulada 1 .....</b>	<b>236</b>
<b>Apéndice 25 Resguardo de Lámina Ondulada 1 que permite el acceso al punto de atrapamiento .....</b>	<b>238</b>
<b>Apéndice 26 Evaluación de riesgo realizada a los peligros seleccionados .....</b>	<b>239</b>
<b>VI. ANEXOS .....</b>	<b>243</b>
<b>Anexo 1 Ubicación de las Oficinas Centrales de Instalaciones y Servicios Macopa .....</b>	<b>244</b>
<b>Anexo 2 Ubicación de División de Aceros de Instalaciones y Servicios Macopa .....</b>	<b>245</b>
<b>Anexo 3 Pirámide de Jerarquía de Control del Riesgo .....</b>	<b>246</b>
<b>Anexo 4 Matriz de Priorización de Riesgos .....</b>	<b>247</b>
<b>Anexo 5 Evaluación de las condiciones de peligrosidad de los riesgos de mayor impacto.....</b>	<b>248</b>
<b>Anexo 6 Orientación sobre el grado de riesgo .....</b>	<b>249</b>
<b>Anexo 7 Gráfico del riesgo para determinar el nivel de desempeño requerido (PLr) para cada función de seguridad .....</b>	<b>250</b>
<b>Anexo 8 Diseño de Plan Instruccional .....</b>	<b>251</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1</b> <i>Distribución de personal por máquina</i> .....	21
<b>Cuadro 2</b> <i>Operacionalización de las variables del objetivo específico 1</i> .....	26
<b>Cuadro 3</b> <i>Operacionalización de las variables del objetivo específico 2</i> .....	28
<b>Cuadro 4</b> <i>Operacionalización de las variables del objetivo específico 3</i> .....	29
<b>Cuadro 5</b> <i>Elementos de seguridad identificados en las máquinas de Tubo 3 y Lámina Ondulada 1</i> .....	53
<b>Cuadro 6</b> <i>Matriz de responsabilidades del proceso de capacitación</i> .....	54
<b>Cuadro 7</b> <i>Tiempo de capacitación operativa requerida por colaborador</i> .....	56
<b>Cuadro 8</b> <i>Capacitaciones operativas para las máquinas en estudio</i> .....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Tiempo operativo por máquina (minutos) en el periodo comprendido entre noviembre del 2021 a enero del 2022</i> .....	23
<b>Figura 2</b> <i>Diagrama de Plan de Análisis</i> .....	43
<b>Figura 3</b> <i>Horas de capacitación efectivas vs. horas de capacitación esperadas en Tubo 3</i> .....	57
<b>Figura 4</b> <i>Instrucciones de seguridad presentes vs. las que deberían estar incluidas en los procedimientos operativos</i> .....	60
<b>Figura 5</b> <i>Cantidad de peligros mecánicos corregibles con el Programa de Seguridad en Máquinas (PSM) para cada sección</i> .....	63
<b>Figura 6</b> <i>Distribución de los peligros seleccionados para la evaluación de riesgos</i> .....	64
<b>Figura 7</b> <i>Cantidad y clasificación de los riesgos evaluados en las maquinarias en estudio</i> .....	69

# **I. INTRODUCCIÓN**

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

El proyecto se realizó en la empresa Instalaciones y Servicios Macopa S.A., dedicada a la venta y distribución de sistemas livianos, de acero, vidrio y aluminio para el sector de construcción e industria (Instalaciones y Servicios Macopa, 2021). Cuenta con tres divisiones de negocio, Macopa Gypsum, Macopa Vidrios y Macopa Aceros, división en que se desarrollará el presente trabajo.

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

La visión de la empresa es “ser la empresa líder en la fabricación y distribución en Sistemas Livianos, Acero, Vidrio y Aluminio a través de la consolidación y desarrollo de nuestros productos en el mercado industrial y de la construcción, desarrollando credibilidad y satisfacción en nuestros clientes” (Instalaciones y Servicios Macopa, 2021).

La misión de la empresa indica:

Somos una empresa en constante renovación, dedicada a la fabricación y distribución de productos de la mejor calidad, de acuerdo a las normas y necesidades del mercado, especializada en Sistemas Livianos, Acero, Vidrio y Aluminio para el sector de la construcción e industria.

Seguimos comprometidos con nuestros clientes, la comunidad, accionistas y el crecimiento socio-económico de nuestros colaboradores. (Instalaciones y Servicios Macopa, 2021)

## **2. Antecedentes históricos de la empresa**

En 1972 se crea la empresa Materiales de Construcción del Pacífico (Macopa) con un capital 100% costarricense y empieza satisfacer las necesidades del mercado nacional e internacional, en ese momento la empresa consistía en una bodega y dos oficinas ubicadas en Avenida 10, en el centro de San José. En el año 1999 y debido al crecimiento de sus operaciones, Macopa toma la decisión de trasladarse a Calle Blancos, sitio donde se encuentran las instalaciones principales actualmente.

En el 2004 atendiendo las necesidades del mercado, Macopa incursiona en la fabricación de perfiles livianos con el nombre de Metal Gypsum, a partir del 2007, inicia exportaciones a islas del Caribe y Centro América (Macopa, 2020). En el año 2020, Metal Gypsum se fusiona administrativamente con Macopa y se crea la División de Aceros, hasta que en el año 2021 se construye la nueva planta de Aceros en el Roble de Puntarenas, actualmente la División se encuentra en proceso de traslado de toda la operación.

## **3. Ubicación geográfica**

Las oficinas principales de la empresa están ubicadas en San José de Costa Rica, en Calle Blancos contiguo al Parque Empresarial del Este (Anexo 1). Sin embargo, la División de Aceros en la cual se desarrolló el proyecto, está ubicada en el Roble de Puntarenas, contiguo a Alimentos Pro Salud (Anexo 2).

#### **4. Organigrama de la organización**

Instalaciones y servicios Macopa cuenta con un organigrama general (ver Apéndice 1), según su estructura, el Servicio de Salud Ocupacional (SSO) depende del Departamento de Recursos Humanos y reporta directamente a su Gerencia. El servicio de SSO está compuesto por un Encargado del área y da servicio a las tres Divisiones de la empresa, entre las que se encuentra la División de Aceros (ver Apéndice 2), en la cual se desarrollará el proyecto.

#### **5. Cantidad de empleados**

Hasta el mes de enero del 2022, la empresa contaba con un total de 374 trabajadores, de los cuales 72 pertenecen a la División de Aceros, sin embargo, de este último grupo hay 19 trabajadores que aún permanecen en la planta de Calle Blancos, pues sus máquinas aún no se han trasladado para la nueva planta del Roble de Puntarenas.

#### **6. Mercado**

Actualmente la mayor fuerza de ventas de Instalaciones y Servicios Macopa está en el mercado nacional, sufriendo de materia prima a grandes proyectos constructivos, distribuidores ferreteros y venta al por menor, sin embargo, ha incursionado en exportaciones para proyectos en toda Centroamérica y el Caribe.

#### **7. Proceso productivo y productos**

Instalaciones y Servicios Macopa se subdivide en tres áreas, Macopa Gypsum, Macopa Aceros y Macopa Vidrios. La División de Macopa Aceros realiza trabajos con metal, específicamente acero galvanizado y hierro negro, para ello se cuenta con varias máquinas de *rollforming* (ver Apéndice 3), que realizan trabajos distintos a diferentes calibres del metal.

La materia prima de la División son las bobinas de acero que provienen de diferentes partes del mundo, son transportadas por barco hasta los puertos del Pacífico y el Atlántico, por medio de camiones se llevan hasta la planta de producción donde se descarga por medio de grúas o de montacargas para ser almacenada de acuerdo con su clase y medidas.

Dependiendo del producto que se vaya a fabricar se requieren bobinas laminadas en caliente, laminadas en frío, o con recubrimiento de zinc. Las medidas que se utilizan normalmente abarcan los siguientes rangos: desde 0,45 mm. hasta 4,75 mm. de espesor, y desde 820 mm. hasta 1220 mm. de ancho. El objetivo principal es tener la materia prima necesaria para mantener la producción constante. Al tener seleccionada y montada la bobina en la grúa se procede a llevarla hasta la máquina de corte (*Slitter*), que están a cargo de dos operarios. La máquina *Slitter* es una máquina de corte y corresponde a la línea de corte de la empresa.

En ella se corta la bobina en flejes a un ancho determinado, según se requiera. El funcionamiento de la máquina consiste en desenrollar la bobina, cortar la lámina y embobinar de nuevo las láminas más pequeñas, para así obtener los flejes. Seguidamente el proceso continúa en las máquinas de *rollforming*.

En esta parte del proceso, los flejes se hacen pasar por máquinas que cuentan con rodillos y masas metálicas que van dando forma a la materia prima de acuerdo con el tipo de metal y su calibre, finalmente se obtienen diferentes productos terminados tales como perlin estructural, tubos estructurales, techos y perfilería para gypsum.

Las máquinas de *rollforming* con que cuenta la empresa son: dos molinos de perfil C, tres molinos de tubería, tres roladoras para lámina de techo y diez molinos de perfil liviano.

## **B. Planteamiento del problema**

La División de Aceros de la empresa Instalaciones y Servicios Macopa ha sido exitosa tanto productiva como comercialmente, y ha ampliado su cartera de clientes y productos hasta el punto que actualmente está trasladando sus operaciones a una nueva planta de más de 16.000 m<sup>2</sup> de construcción, con proyecciones en el corto plazo de expandirse hasta los 24.000 m<sup>2</sup>. Sin embargo, la maquinaria utilizada en el proceso productivo ha sido adquirida en su mayoría de segunda mano y ensamblada de partes de varias máquinas, sin tomar en cuenta requerimientos de seguridad en el proceso de adquisición, lo que ha generado que se pongan en operación sin un sistema de resguardos y paros de emergencia diseñados por el fabricante.

Al hacer una revisión histórica de los Avisos Inmediatos de Accidentes desde el año 2017 (antes de esta fecha no se tienen registros), se evidencia la ocurrencia de incidentes y accidentes relacionados con la exposición de los trabajadores a peligros mecánicos asociados a la maquinaria, lo que ha impactado tanto en la salud de los colaboradores como en los costos operativos relacionados con días perdidos por incapacidad.

De no implementarse medidas correctivas y preventivas para mejorar la seguridad en las máquinas, la empresa se expone al riesgo de accidentes graves, reducción en la capacidad de producción y aumento de costos en la operación asociados incapacidades, tiempos improductivos y eventuales costes legales.

### **C. Justificación del proyecto**

Durante los últimos cinco años, Instalaciones y Servicios Macopa ha evolucionado incursionando en procesos de mejora continua, implementando sistemas de gestión y comprometiéndose con el medioambiente y la seguridad de sus trabajadores. Parte de estos cambios estructurales, fue la creación del Departamento de Recursos Humanos del cual depende el Servicio de Salud Ocupacional (SSO).

El SSO fue creado en el año 2017, con el objetivo de reducir los índices de accidentabilidad que impactaban a la empresa, así como los costos asociados a la Póliza de Riesgos de Trabajo (V. Núñez, comunicación personal, noviembre de 2016). Desde entonces el Índice de Frecuencia de Accidentes se ha reducido desde 20,9 hasta 10,56 en setiembre de 2021, y el Índice de Gravedad de Accidentes disminuyó de 6,17 a 2,25 para este mismo periodo.

Entre enero del 2018 y setiembre del 2021, en la División de Aceros se han reportado un total de 94 eventos, de los cuales 64% (60 incidentes) no requirieron incapacidad, y 36% (34 accidentes) fueron referidos al Instituto Nacional de Seguros (INS) para su atención médica, generando un total de 1274 días perdidos. Al analizar los accidentes con incapacidad, se observa que hay seis de ellos relacionados directamente con peligros mecánicos de las máquinas (18% de los eventos), que generaron 574 días perdidos por incapacidad, es decir, el 45% del total.

Aunque el Índice de Frecuencia actual de 10,56 está muy por debajo del promedio nacional de 42 para industrias y fábricas (Ulloa & Sánchez, 2020), en el rubro de promedio de días perdidos para este sector los datos no son satisfactorios, mientras que el promedio nacional para este sector es de 16, en la División de Aceros se cuenta con un promedio de 25, y específicamente en los seis casos relacionados con riesgos mecánicos en máquinas, el promedio es de 95.6 días.

Según los registros internos de la empresa, los accidentes en máquinas han sido los eventos de mayor gravedad (Macopa, 2021), y esto está relacionado con el peligro mecánico que generan. Además, de acuerdo con informes de la empresa asesora Comercial de Seguros (2020), estos accidentes han sido los responsables de los mayores costos asociados a la Póliza de Riesgos del Trabajo (RT) y contribuyeron a un alza en la tarifa en el 2020, por lo que es necesario tomar medidas correctivas de inmediato.

Tomando en cuenta lo anterior y que la empresa recientemente adquirió maquinaria para aumentar su producción, se espera que pronto se cuente con una mayor cantidad de personal expuesto a peligros mecánicos, que se definen como los factores físicos que pueden generar lesiones por la acción mecánica de elementos de máquinas, herramientas y materiales, entre otros (Piqué, 2000), lo que podría generar que aumenten los indicadores de accidentabilidad.

En cuanto a la exposición a estos peligros mecánicos, según Sutton (2017), cuando la maquinaria cuente con piezas móviles accesibles, estas se deben proteger, e incluso secciones no accesibles como cadenas, poleas o correas podrían requerir protección, pues de romperse, podrían salir proyectadas. Asimismo, los procedimientos de Bloqueo y Etiquetado son pertinentes “cuando durante la producción, los trabajadores deben quitar o evitar un aparato de protección o de seguridad y cuando deben colocar una parte de su cuerpo en la zona de peligro o cerca del punto de operación de la maquinaria” (NIOSH, 2011).

Según información emitida por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, por sus siglas en inglés), la falta de resguardos en maquinaria industrial está entre las diez principales causas de incumplimientos de seguridad en Estados Unidos, las cuales en el año 2020 registraron 985 violaciones con multas por \$6.932.297 (J. J. Keller & Associates, 2021) y con un aumento en el 2021 a 1113 violaciones (Industrial Safety & Hygiene News, 2022).

Adicionalmente, desde el punto de vista legal, la Constitución Política en su capítulo 50 indica que “Toda persona tiene derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Por ello, está legitimada para denunciar los actos que infrinjan ese derecho y para reclamar la reparación del daño causado” (Asamblea Nacional Constituyente, 1949), lo que brinda un asidero legal para futuras demandas en contra de la empresa si no se toman medidas de control.

Debido a lo planteado anteriormente, es necesario implementar un programa de seguridad en máquinas que abarque tanto medidas de ingeniería como administrativas, con el fin de reducir la exposición de los trabajadores a las condiciones de riesgo mecánico presentes y los costos adicionales generados por accidentes graves en máquinas.

## **D. Objetivos del Proyecto**

A continuación, se indica el objetivo general, así como los objetivos específicos de este proyecto.

### **1. Objetivo General**

Proponer un programa de seguridad en máquinas para los riesgos mecánicos presentes en la elaboración de perfiles metálicos en la División de Aceros de Instalaciones y Servicios Macopa S.A.

### **2. Objetivos Específicos**

2.1 Analizar los controles administrativos existentes, la preparación actual para el puesto y las condiciones de operación de las máquinas de *rollforming* para determinar el estado actual de control de riesgo.

2.2 Evaluar los riesgos mecánicos durante las tareas que se realizan en la operación de las máquinas de *rollforming*.

2.3 Diseñar controles de ingeniería y administrativos integrados a un programa para la reducción de los riesgos mecánicos asociados a las máquinas de *rollforming*.

## **E. Alcances y Limitaciones del Trabajo**

A continuación, por medio de los alcances se describe la finalidad del proyecto y lo que se espera obtener con su implementación, así como las limitaciones que podrían dificultar las proyecciones planificadas.

### **1. Alcances**

La finalidad de este proyecto es crear un programa de seguridad para las máquinas de *rollforming* que controle los riesgos mecánicos presentes en el proceso productivo, con la intención de prevenir accidentes laborales, disminuir los tiempos perdidos por incapacidades y reducir los costos derivados de accidentes y eventuales indemnizaciones.

Con el fin de lograr una propuesta acertada que impacte en buenas prácticas laborales, se analizarán las condiciones actuales de operación de las *rollforming* incluyendo una revisión de los resguardos y dispositivos de paro de emergencia existentes, capacitación del personal, existencia de procedimientos y responsables del proceso.

Se identificarán los peligros mecánicos generados por las diferentes máquinas en estudio, los cuales son responsables de la ocurrencia de accidentes con periodos prolongados de incapacidad, para posteriormente realizar una evaluación del riesgo de los peligros mecánicos identificados, lo que servirá de insumo para establecer las medidas preventivas y de control necesarias para mejorar la seguridad del proceso productivo.

Finalmente, con la implementación del programa, se espera que mejoren las condiciones de seguridad durante la operación de la maquinaria, generando buenas prácticas de trabajo que impacten en los estándares de seguridad de la empresa.

## 2. Limitaciones

El traslado de las máquinas de *rollforming* desde su bodega principal en Calle Blancos hacia la nueva planta en Puntarenas no ha finalizado, las últimas dos máquinas que quedan en San José son dos molinos de tubería para las que la empresa tiene diferentes planes. En cuanto a la máquina conocida como Tubo 1, actualmente se encuentra en proceso de traslado, por lo que dependerá de que esté instalada y completamente operativa el poder incluirla en el estudio, y la máquina conocida como Tubo 2, ya ha sido desensamblada y fue puesta fuera de operación con la finalidad de ser utilizada posteriormente para repuestos, esto implica que no podrá ser incluida en el estudio, sin embargo, se utilizó para la validación de herramientas de campo.

La División de Aceros está en constante producción, pero no todas las máquinas operan al mismo tiempo, esto depende de la necesidad de ventas o de generación de *stock*, por lo que hay periodos en que algunas máquinas no operan porque no se requiere algún producto en específico, adicionalmente, la afectación en producción podría ser mayor debido a las dificultades que experimenta el país en la logística de importaciones de materias primas, ya que en los últimos meses se han dado retrasos importantes en los traslados marítimos del material. La inclusión de las máquinas en este estudio, depende de que estén en producción en el momento de aplicar las herramientas de recolección de información, lo que podría representar una limitación en el alcance.

## **II. MARCO TEÓRICO**

Según un informe emitido por la Promotora de Comercio Internacional (Apuy, 2017), para el año 2015 el sector metalmeccánico de Costa Rica generaba 27035 empleos, lo que se traduce en 267 millones de USD en salarios y su producción representaba un 1,3% del Producto Interno Bruto (PIB), equivalente a 692 millones de USD, de los cuales la fabricación de productos elaborados de metal representaba un 21%.

El sector del metal está compuesto de varias actividades como la metalurgia, mecanizado, fabricación de máquinas y fabricación de productos metálicos, entre otros, utilizando diversas materias primas, sobre todo aleaciones (MC Mutual, 2008). Entre las técnicas básicas para procesar el material, se encuentra la de mecanizado de metales, la cual es el proceso utilizado por Macopa en sus líneas de producción y que consiste en la conformación del metal utilizando diversas máquinas, en este caso máquinas de deformación del metal (*rollforming*).

La conformación por deformación se realiza mediante procesos de tracción y compresión que generan la modificación plástica del metal, a nivel industrial estos procesos se pueden realizar en caliente o en frío (en Macopa se realizan en frío), y se pueden distinguir procesos como conformación por embutición los cuales utilizan máquinas pesadas como prensas, curvadoras, plegadoras, cizallas, etc. (ASEPEYO, 2018). Este tipo de maquinaria utilizada en las líneas de producción de Macopa, tienen el potencial de generar accidentes laborales, los cuales son definidos por la Organización Internacional del Trabajo (OIT) como todo accidente ocurrido mientras se ejecuta el trabajo o relacionado con el trabajo que cause lesiones mortales o no mortales (OIT, 2021).

En una definición más amplia, se indica que un accidente de trabajo también es el que se genera durante la ejecución de órdenes del empleador, o durante la ejecución de una labor bajo su autoridad, aun fuera del lugar y horas de trabajo (Castillo & Cadena, 2012), y Nestor Adolfo Botta (2018) lo define como una transferencia indeseada de energía debido a la falta de barreras o controles que producen lesiones, pérdidas de bienes o interfieren procesos.

A lo largo de este trabajo se hará referencia a peligros y a riesgos, es necesario hacer la diferencia entre ambos, ya que muchas veces tienden a generar confusión e incluso son utilizados como sinónimos, mientras que el concepto de riesgo se refiere a la combinación de la probabilidad de que se produzca un daño y la severidad de este, el concepto de peligro se refiere a una fuente de daño potencial y se puede cualificar para definir su origen, por ejemplo, el riesgo mecánico (INTECO, 2016c).

Aunque los procesos de producción de metales involucran diversos peligros como lo son el químico, el eléctrico o agentes como ruido y vibraciones que pueden afectar la salud de los trabajadores, los peligros mecánicos son los que más impactan en la accidentabilidad, según Sadiq (2019) estos peligros están relacionados con equipos que cuentan con correas, poleas, acoplamientos, cadenas, engranajes, entre otros, que involucran procesos como cortar, perforar, dar forma y mecanizar.

Entre los peligros mecánicos más frecuentes asociados a la maquinaria de *rollforming* están el aplastamiento, cizallamiento, corte, enganche, atrapamiento, impacto, punzonamiento y fricciones o abrasiones. También se pueden incluir peligros relacionados con el uso de la máquina como lo son golpes contra objetos, golpes o cortes con herramientas y proyección de partículas (CEPYME, 2015).

Cada vez más los procesos productivos se automatizan, las máquinas son capaces de transformar la energía y aplicarla a una utilidad de trabajo y en muchas ocasiones la fuerza desarrollada en los procesos es muy grande, esto implica que se requiera de menor intervención del ser humano, sin embargo, la exposición de los trabajadores a la energía peligrosa de la maquinaria puede ocasionar lesiones (Mancera-Fernández & Mancera-Ruiz, 2012).

Según la OIT (2005) entre los principales factores que generan accidentes en este tipo de máquinas están la inexistencia de dispositivos de seguridad o la inadecuación de estos en las máquinas, el mantenimiento deficiente de las barreras, la inexistencia de dispositivos de parada automática, la resistencia insuficiente de los materiales y el diseño inadecuado de las máquinas.

Es por esta razón que se vuelve necesario abordar los riesgos generados por las máquinas, y con el fin de que las mejoras sean lo más efectivas posibles, conviene utilizar una adecuada jerarquización de control de riesgos (ver Anexo 3). El objetivo de utilizar esta jerarquía es que los métodos de control de la parte superior de la pirámide son mucho más efectivos y generan más protección que los de la parte inferior (Mansdorf, 2019).

El primer paso según la jerarquía de control es la eliminación del peligro, en muchas ocasiones éste primer nivel es imposible de implementar cuando los procesos productivos ya están establecidos, debido a esto se recomienda considerar la eliminación del peligro desde la etapa de diseño de la maquinaria. En esta línea, el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH por sus siglas en inglés), cuenta con un programa llamado Prevención Mediante el Diseño, en el que se promueve este concepto para incluir el diseño seguro desde los programas de estudio de ingeniería, y entre líderes empresariales para hacerles ver la reducción de costos al incluir la seguridad desde el diseño (NIOSH, 2016).

El segundo nivel de la jerarquía de control es la sustitución, en la cual una vez identificado un peligro específico y si se tienen las posibilidades técnicas, se busca reemplazar un material, una sustancia o un proceso por uno menos riesgoso (ESAN Graduate School of Business, 2016). En el caso del presente proyecto, se realizará la valoración de los riesgos identificados para ver si es factible aplicar la sustitución, de no ser posible, se trabajará a partir de la tercera medida de control, los controles de ingeniería.

Los controles de ingeniería están relacionados con un rediseño de los equipos y maquinarias, de los procesos o la organización del trabajo, tienen el objetivo de proteger a los trabajadores por medio de soluciones ingenieriles que eliminen un peligro o lo eviten durante la ejecución de las tareas. Este tipo de medida de control reduce la ocurrencia de lesiones aislando al trabajador del peligro, por ejemplo, implementando resguardos en máquinas para proteger al personal de piezas móviles o puntos de atrapamiento (NIOSH, 2019).

Utilizando controles de ingeniería se pretende plantear alternativas de protección aplicadas a las máquinas de *rollforming*, entre las que pueden estar guardas fijas, envolventes, por distancia, móviles, con dispositivos de enclavamiento, bloqueo y guarda, detectores de presencia o paradas de emergencia entre otros. El enfoque debe ser inicialmente reducir el acceso a la zona de peligro o en su defecto, reducir el riesgo en esta zona, dependiendo de las circunstancias puede ser necesaria una combinación de los elementos mencionados (Granda, 2011).

Tanto los controles de ingeniería como los administrativos y de selección de Equipo de Protección Personal (EPP), deben ser parte de un programa de seguridad en máquinas, en el cual se compilen todas las medidas de protección siguiendo las recomendaciones de los componentes con que debe contar esta herramienta. Existen diferentes estructuras sobre lo que debería contener un programa de seguridad, pero tomando en cuenta tanto el INSHT (2009), INTECO (2016a) y a ISO (2018), se determina que se requiere como mínimo:

- Establecer responsabilidades organizacionales e individuales
- Realizar una adecuada identificación de peligros
- Efectuar la evaluación de riesgos
- Determinar controles de riesgos apropiados
- Establecer controles administrativos complementarios
- Definir las necesidades de capacitación
- Evaluar el programa periódicamente

### **III. METODOLOGÍA**

## **A. Tipo de investigación**

El tipo de investigación en el que se enfocó el presente estudio es una investigación aplicada con carácter descriptivo. La investigación aplicada busca estrategias que se puedan utilizar para abordar temas específicos, sirve para generar conocimientos que se puedan poner en práctica para dar solución a un determinado problema y está orientada a resolver problemas que se presentan en producción (Nieto, 2018).

La investigación contiene elementos descriptivos pues requiere especificar propiedades y características de los procesos. Pretende medir y recoger información sobre las variables en las que se involucra (Hernández et al., 2014).

## **B. Fuentes de información**

A continuación, se indican las fuentes utilizadas para el desarrollo de este proyecto.

### **Fuentes primarias:**

- Información recolectada en la empresa mediante entrevistas
- Documentos y registros de Salud Ocupacional de la empresa
- Documentos emitidos por el Consejo de Salud Ocupacional
  - Guía para resguardos y protecciones de maquinaria y equipos
- Programa de Protección de Máquinas de la Universidad de Carolina del Oeste (WCU, por sus siglas en inglés)
- Normativa INTE/ISO
  - Principios generales para el diseño. Evaluación y reducción del riesgo (INTE/ISO 12100:2016)
  - Requisitos para la elaboración de programas de salud y seguridad en el trabajo. (Norma INTE 31-09-09 2016)

- Seguridad en Máquinas. Partes de los sistemas de control relacionados con la seguridad. Parte 1: Principios generales de diseño (Norma INTE/ISO 13849-1:2016)
- Proyectos de graduación del ITCR
  - Propuesta de programa de seguridad en máquinas para los riesgos mecánicos presentes en la elaboración de tuberías de PVC en el área de extrusión en la empresa Durman by Aliaxis
  - Propuesta de un programa de control de riesgos mecánicos en el área de beneficiado del café y taller mecánico de la empresa cafetalera Aquiares S.A., Turrialba
  - Propuesta de un programa para la prevención de accidentes de origen mecánico en el sector de faja de caña, molinos y fábrica del ingenio azucarero Agroatirro R.L., durante el periodo de zafra
- Libros
  - Metodología de la Investigación
  - Seguridad e Higiene Industrial. Gestión de Riesgos
  - Guía de los Fundamentos Para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)

### **Secundarias:**

- Base de datos Knovel
- Base de datos EBSCOhost
- INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo
- NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health
- OIT: Organización Internacional del Trabajo
- Notas Técnicas de Prevención
  - Protección de máquinas frente a peligros mecánicos: resguardos

### C. Población y muestra

Actualmente la División de Aceros cuenta con una población de 95 colaboradores, entre los que se encuentran vendedores, personal administrativo, de mantenimiento, servicios generales, operaciones y producción. El estudio se enfocará en dos de las máquinas de *rollforming* (Tubo 3 y Lámina Ondulada 1) y el grupo de trabajadores que las utiliza. A continuación, se observa la distribución del personal de Producción por máquina de *rollforming* en la División de Aceros (Cuadro 1).

**Cuadro 1** *Distribución de personal por máquina*

Cantidad	Tipo de Máquina	Máquinas en Estudio	Personal
2	Molino de perfil C	Perlin 1	2
		Perlin 2	
3	Molino de Tubería	Tubo 1	8
		Tubo 3	10
10	Molinos de perfil liviano	Mini Furring	10
		Esquinero	
		Furring 1	
		Furring 2	
		Angular 1	
		Angular 2	
		Barvieri 14	
		Barvieri 15	
		JPM 1	
		JPM 2	
3	Roladoras de lámina	Ondulada 1	2
		Ondulada 2	
		Rectangular	

Fuente: Macopa, 2022

El personal de producción labora en turnos rotativos, la mayoría de las máquinas operan durante el día en turno de 6 a.m. a 4 p.m., y adicionalmente las máquinas de Tubo 1 y Tubo 3, también cuentan con jornada nocturna de 10 p.m. a 6 a.m.. Este fraccionamiento en las jornadas responde a una estrategia de ahorro energético, debido a que la empresa está certificada en la norma INTE/ISO 50001:2018 Sistemas de Gestión de la Energía.

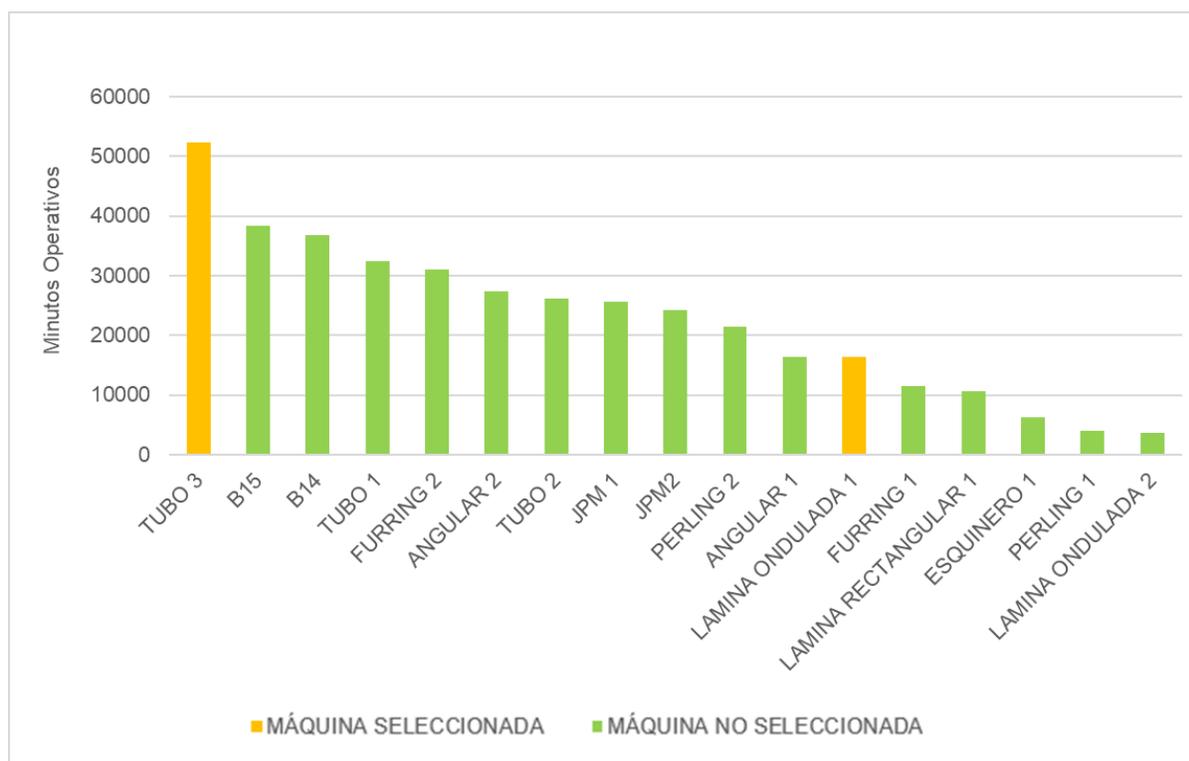
Cada máquina de *rollforming* cuenta con un Operario y algunas además, tienen Ayudantes que se encargan de embalar el producto terminado una vez que ha salido del proceso de moldeado. Adicionalmente, en el proceso productivo hay otros actores involucrados como Jefaturas, Supervisores y personal de Mantenimiento.

Para el desarrollo de este proyecto se seleccionaron las máquinas de Tubo 3 y Lámina Ondulada 1 (indicadas en amarillo en la Figura 1), tomando en cuenta dos criterios, por un lado, el tiempo de exposición a riesgos mecánicos representado por la cantidad de minutos operativos en los meses de noviembre del 2021 a enero del 2022, aunado al registro histórico de accidentabilidad de la empresa, y por otro lado, a la cantidad de máquinas que se pueden impactar con la selección.

Como se observa en la Figura 1, la máquina que se encuentra operativa la mayor cantidad de tiempo, y por lo tanto, la que representa una mayor exposición para los trabajadores es la de Tubo 3, y se incluye la máquina de Lámina Ondulada 1 debido a que, de los seis accidentes por riesgos mecánicos ocurridos en los últimos cinco años, dos se han generado en esta máquina.

Por otro lado, además de la máquina de Lámina Ondulada 1, se encuentra en operación Lámina Ondulada 2 y Lámina Rectangular 1, que con excepción de la disposición de las masas y rodillos que dan forma a la lámina, son máquinas similares, y pronto la empresa pondrá en operación las máquinas de Tubo 1 y Tubo 5, de modo que, con esta selección de dos máquinas, los diseños que se realicen eventualmente podrán impactar seis máquinas con sus correspondientes modificaciones.

**Figura 1** Tiempo operativo por máquina (minutos) en el periodo comprendido entre noviembre del 2021 a enero del 2022



Para cumplir el primer objetivo se han planteado diferentes herramientas entre las que se encuentra, una entrevista semiestructurada que se aplicó al Supervisor de Mantenimiento y tres colaboradores de ese servicio que están enfocados en la atención de las máquinas de *rollforming*, ya que hay personal de mantenimiento asignado a Servicios Generales y Jardinería.

El Registro de dispositivos de seguridad instalados en las máquinas de *rollforming* se aplicó en conjunto con el personal de mantenimiento a las dos máquinas seleccionadas para este proyecto.

Se aplicó una entrevista no estructurada a la Especialista de Recursos Humanos como responsable de capacitación, y se realizó una revisión documental a los archivos de la Plataforma de Gestión relacionados con la capacitación, para llenar la Matriz de responsabilidades de proceso de capacitación. A partir de esta revisión documental se completó la Matriz de horas de capacitación y la Matriz de indicadores de capacitación.

Se realizó una entrevista no estructurada a la Gestora Organizacional para completar la Matriz de procedimientos de Producción y se analizaron los documentos del Servicio de Salud Ocupacional para completar la Lista de verificación de requisitos de un Programa de Seguridad para el control de riesgos mecánicos.

Para el desarrollo del segundo objetivo, se realizaron reuniones de análisis y lluvia de ideas con operarios y ayudantes de las máquinas en estudio, esto para completar la Matriz de análisis de peligros para máquinas y procesos. Hay máquinas como la de Lámina ondulada que son operadas por dos personas, para esta máquina se realizó la reunión con el Operario y el Auxiliar, y en el caso de Tubo 3, que es operada por un equipo de cinco personas, se realizó la reunión con todo el equipo de trabajo de uno de los turnos. A estos mismos grupos de trabajadores se le aplicaron las entrevistas semiestructuradas.

Se realizó una Observación participativa de los procesos productivos en las máquinas en estudio, con el fin de identificar peligros presentes no generados por los equipos, sino por comportamientos riesgosos durante la operación.

La Lista de verificación basada en la Guía para resguardos y protecciones de maquinaria y equipos del Consejo de Salud Ocupacional, y la norma INTE/ISO 12100:2016, fueron aplicadas a las máquinas seleccionadas en estudio.

Es importante aclarar que todas las máquinas inician su operación de forma inmediata, sin procesos de calentamiento o preparación previa y que operativamente no hay variación entre la jornada diurna o la nocturna, de modo que la aplicación de herramientas para la recolección de información se realizó durante el día con las máquinas que estaban en operación en ese periodo.

#### **D. Validación de Herramientas de Campo**

Durante la primera quincena del mes de febrero del 2022 se sacó de operación la máquina de Tubo 2, la cual será utilizada parcialmente para repuestos de Tubo 1, Tubo 3 y eventualmente Tubo 5, el resto de la máquina será vendida como chatarra. Aprovechando esta situación, durante la última semana de enero del 2022, se realizó la validación de las herramientas de campo.

Se aplicó la Entrevista semiestructurada a personal de Mantenimiento al Técnico Pedro Durán, el cual ha estado a cargo de dar servicio a Tubo 2 (Apéndice 4). Este registro sufrió modificaciones de forma, se le agregaron espacios adicionales para escribir las respuestas.

El Registro de dispositivos de seguridad instalados en las máquinas de *rollforming* se aplicó a la máquina de Tubo 2 (Apéndice 5). A este registro se le aplicaron modificaciones de forma, fueron incluidas filas adicionales para registrar más secciones de la maquinaria.

Se les aplicó la entrevista semiestructurada a dos colaboradores del proceso productivo, uno de ellos con el puesto de Operario de Tubo 2 quien cuenta con 2 años de experiencia y el otro con 9 meses de experiencia en el puesto de Auxiliar de Producción (Apéndice 6). A este registro se le agregaron espacios adicionales para escribir respuestas y se le agregó una pregunta adicional.

Se realizó la Observación participativa a los colaboradores de Tubo 2 durante su operación regular (Apéndice 7). A este registro se le aplicaron modificaciones de forma, fueron incluidas filas adicionales para registrar más secciones de la maquinaria.

Finalmente, se aplicó la Lista de verificación basada en la Guía para resguardos y protecciones de maquinaria y equipos del Consejo de Salud Ocupacional, y la norma INTE/ISO 12100:2016 a la máquina de Tubo 2, esta herramienta no sufrió modificaciones (Apéndice 8).

## E. Operacionalización de variables

A continuación, se describe la conceptualización, los indicadores y las herramientas que se aplicarán para la ejecución de los objetivos específicos.

### Cuadro 2

#### Operacionalización de las variables del objetivo específico 1

Variable	Conceptualización	Indicador	Herramientas
Estado actual de control de riesgo por medio del análisis de controles administrativos existentes, preparación actual para el puesto y condiciones de operación de las máquinas de <i>rollforming</i>	Condición actual de trabajo en los procesos productivos de <i>rollforming</i> incluyendo aspectos administrativos y operativos. Incluye la identificación de los dispositivos y resguardos de seguridad existentes, así como el proceso de capacitación, asignación de responsabilidades y los procedimientos relacionados.	Cantidad de variables de control de riesgo mecánico incluidas en los trabajos de mantenimiento.	Entrevista semiestructurada a personal de Mantenimiento de la División de Aceros.
		Cantidad actual de dispositivos de seguridad (resguardos y paros de emergencia) presentes en las máquinas de <i>rollforming</i> .	Registro de dispositivos de seguridad instalados en las máquinas de <i>rollforming</i> .
		Número y tipo de responsabilidades asociadas a la capacitación de operarios de máquinas <i>rollforming</i> .	Matriz de responsabilidades de procesos de capacitación.
		Cantidad de horas de capacitación requeridas para la operación de la maquinaria.	Matriz de horas de capacitación.
		Cantidad de horas reales de capacitación llevada por los colaboradores.	Matriz de indicadores de capacitación.
		Diferencia de horas de capacitación requeridas vs. horas de capacitación reales.	Gráfico de radar de horas de capacitación requerida vs horas de capacitación real.

		Cantidad de procedimientos para la operación de maquinaria <i>rollforming</i> con capacitación asociada.	Matriz de procedimientos de Producción.
		Cantidad de medidas de seguridad relacionadas con riesgos mecánicos incluidas en los procedimientos existentes.	Gráfico de barras para la visualización de medidas de seguridad incorporadas en los procedimientos.
		Nivel de implementación actual de variables de un Programa de Seguridad para el control de riesgos mecánicos.	Lista de verificación de requisitos de un Programa de Seguridad para el control de riesgos mecánicos.

### Cuadro 3

#### Operacionalización de las variables del objetivo específico 2

Variable	Conceptualización	Indicador	Herramientas
Riesgos Mecánicos generados por la operación de las máquinas de <i>rollforming</i> .	Es la combinación de la probabilidad de que se produzca un daño y la severidad de este, aplicado a las máquinas de <i>rollforming</i> .	Cantidad de peligros mecánicos presentes en las máquinas de <i>rollforming</i> .	Matriz de análisis de peligros para máquinas y procesos establecida en el Plan de Salud Ocupacional de la Empresa.
			Entrevista semiestructurada con colaboradores de Proceso.
		Cantidad de comportamientos riesgosos relacionados con peligros mecánicos.	Observación participativa en los procesos productivos.
		Porcentaje de cumplimiento de condiciones seguras en las máquinas de <i>rollforming</i> .	Lista de verificación basada en la Guía para resguardos y protecciones de maquinaria y equipos del Consejo de Salud Ocupacional, y la norma INTE/ISO 12100:2016.
		Cantidad de riesgos mecánicos asociados a las máquinas de <i>rollforming</i> .	Matriz de priorización de riesgos de acuerdo con la técnica numérica de evaluación definida en el PSO de Macopa.
		Cantidad de riesgos mecánicos relacionados con los peligros identificados en las máquinas de <i>rollforming</i> .	Gráfico de barras para la identificación de prioridades de intervención.

**Cuadro 4** Operacionalización de las variables del objetivo específico 3

Variable	Conceptualización	Indicador	Herramientas
Programa de seguridad en máquinas para el control de riesgos mecánicos.	Recopilación estructurada por medio de un documento escrito que recoge las propuestas de diseño de ingeniería y controles administrativos con el fin de asegurar una buena gestión de los riesgos mecánicos para reducir la exposición de los colaboradores.	Cantidad de resguardos, enclavamientos y dispositivos de paro de emergencia por equipo evaluado.	Matriz de elementos de seguridad requeridos en las máquinas de <i>rollforming</i> .
		Identificación del nivel de protección requerida.	Matriz de evaluación del nivel de protección de los dispositivos de seguridad según la norma ISO13849-1.
		Cantidad de ventajas que brindan los materiales por propuesta de diseño.	Cuadro comparativo de materiales de fabricación para cada propuesta de diseño.
		Inversión de materiales, fabricación e instalación de propuesta de diseño elegida.	Presupuesto de implementación de diseño de ingeniería.
		Cantidad de capacitaciones de seguridad para la reducción de riesgos mecánicos.	Plan de capacitación aplicando el diseño del Plan Instruccional estandarizado de la empresa.
		Porcentaje de avance para la creación del Programa de Seguridad en Máquinas.	Lista de verificación de requisitos de un Programa de Seguridad para el control de riesgos mecánicos.

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

A continuación, se describe cada herramienta o instrumento indicado en la Operacionalización de Variables y se indica cuál será su utilidad en el estudio.

**Objetivo 1.** *Analizar el estado actual de operación de las máquinas de rollforming*

### **1. Entrevista semiestructurada con colaboradores y Supervisores de Proceso**

Una entrevista semiestructurada está basada en una guía de asuntos o preguntas preestablecidas, en una dinámica en que el entrevistador tiene la libertad de introducir preguntas adicionales para precisar conceptos u obtener más información (Hernández et al., 2014). La ventaja de este tipo de entrevista es que, si bien se sigue una guía predefinida sobre la información que se desea obtener, el entrevistado tiene la libertad de ampliar sus respuestas y a su vez, el entrevistador puede ahondar en los temas si identifica información valiosa para el estudio.

El objetivo de aplicar esta herramienta en esta etapa es recopilar información sobre la cantidad de variables de control de riesgo mecánico incluidas en los trabajos de mantenimiento. En este momento se desconocen las medidas de seguridad que se aplican durante los trabajos de mantenimiento a las máquinas de *rollforming*.

Por medio de estas entrevistas se pretende no solo determinar si hay normas de seguridad implementadas, sino determinar el conocimiento y cumplimiento de estas por parte del personal que realiza los trabajos (ver Apéndice 9).

## **2. Registro de dispositivos de seguridad instalados en las máquinas de *rollforming*.**

Si bien las máquinas de *rollforming* de la empresa Macopa han sido adquiridas de segunda mano o ensambladas de diferentes máquinas, y en su mayoría no contaban con sistemas de resguardos, sensores o paros de emergencia, desde su instalación se han ido colocando algunos de estos dispositivos, aunque sin un análisis de diseño que respalde su idoneidad.

El registro de dispositivos de seguridad servirá para identificar las diferentes secciones de cada máquina y realizar un inventario preliminar de resguardos instalados, paros de emergencia, sensores o dispositivos de enclavamiento, así como su estado de funcionamiento actual (ver Apéndice 10).

## **3. Matriz de responsabilidades de procesos de capacitación**

La matriz de asignación de responsabilidades es una tabla que enlista a los involucrados de un programa o proceso sus funciones para la implementación. Se utiliza para ilustrar las relaciones entre las actividades y los miembros del equipo (Project Management Institute, 2013).

A lo largo del año 2021, Macopa estuvo trabajando en un proceso de certificación de la norma ISO/INTE 50001:2018. Sistemas de gestión de energía, para lo cual debió reestructurar los perfiles de puesto incluyendo en ellos las tareas específicas que deben realizar los colaboradores, y a partir de ahí se establecieron planes de capacitación para la operación de las máquinas de producción.

Aunque actualmente no existe un Procedimiento de Capacitación como tal, en este proceso se establecieron responsables y funciones para el cumplimiento de los objetivos. La Matriz de responsabilidades de procesos de capacitación servirá para identificar claramente cuáles son estos responsables y sus funciones en el proceso (ver Apéndice 11).

#### **4. Matriz de horas de capacitación**

Actualmente los planes de capacitación establecidos por Recursos Humanos conllevan una cantidad de temas tanto de Salud Ocupacional como de operación de las máquinas, estas capacitaciones pueden ser presenciales, virtuales o prácticas, y cada una de ellas tiene asociado un tiempo de aprovechamiento.

La Matriz de horas de capacitación servirá para identificar la cantidad de horas de aprovechamiento requeridas por cada colaborador para ser considerado como calificado para la operación de las máquinas, y se podrá establecer un requerimiento de horas de capacitación por máquina (tomando en cuenta las máquinas que requieren más de un colaborador) y las horas requeridas por proceso en general (ver Apéndice 12).

#### **5. Matriz de indicadores de capacitación**

El servicio de Recursos Humanos genera mensualmente un indicador de capacitación en el que reporta las horas globales de aprovechamiento por División, este forma parte de un informe para la Gerencia, sin embargo, a partir de los registros que sirven como insumo para este informe y por medio de la entrevista no estructurada con la Especialista de Recursos Humanos, se podrá extraer específicamente el avance de capacitación de cada uno de los colaboradores involucrados en el proceso de *rollforming*.

La matriz de indicadores de capacitación servirá para conocer exactamente el nivel de avance de los colaboradores ya asignados a las máquinas (ver Apéndice 13).

#### **6. Gráfico radial de horas de capacitación requerida vs horas de capacitación real**

El gráfico radial es una herramienta de análisis que consiste en una representación gráfica en dos dimensiones que permite ver grandes cantidades de información, de una forma fácil de interpretar.

Una vez obtenida la cantidad de horas necesarias de aprovechamiento según los planes de capacitación actuales por persona, por máquina y por proceso con ayuda de la herramienta 4, y obtenido el nivel de avance en los planes de capacitación gracias a la herramienta 5, se podrá generar un gráfico de barras que muestre la brecha de capacitación existente en la actualidad.

## **7. Matriz de procedimientos de Producción**

A raíz del proceso de certificación de la ISO/INTE 50001:2018. Sistemas de gestión de energía, se han estado desarrollando procedimientos de trabajo para los diferentes procesos de la empresa, entre ellos se encuentran los procedimientos de operación de máquinas.

La Matriz de procedimientos de Producción ayudará a identificar cuáles son todos los procedimientos ya creados relacionados con la operación y mantenimiento de las máquinas de *rollforming*, cuáles faltan por desarrollar y si los que ya están creados tienen una capacitación asociada para el personal que los ejecuta (ver Apéndice 14).

## **8. Gráfico de barras para la visualización de medidas de seguridad incorporadas en los procedimientos**

Los procedimientos de trabajo existentes surgieron a partir de la creación del Sistema de Gestión durante el proceso de certificación mencionado, sin embargo, por tratarse de una certificación de Energía, no se incluyó al Servicio de Salud Ocupacional como parte interesada, por lo que este servicio no participó en la creación ni revisión de los procedimientos operativos.

Los documentos fueron creados por un Equipo de Gestión de la Energía que está conformado por la Jefatura de la División de Aceros, personal de Mantenimiento y representantes de Gestión del Sistema, por lo que se desconoce si los procedimientos vigentes integran variables de seguridad relacionadas con el control de riesgos mecánicos.

Se realizará un análisis de los procedimientos identificados en la herramienta anterior para determinar si estas variables de seguridad están integradas en los documentos. El gráfico de barras será una herramienta de análisis que permitirá visualizar de forma sencilla la cantidad de medidas de seguridad existentes actualmente por procedimiento.

## **9. Lista de verificación de requisitos de un Programa de Seguridad para el control de riesgos mecánicos**

La empresa Instalaciones y Servicios Macopa cuenta con un Plan de Salud Ocupacional recientemente actualizado, sin embargo, éste es un plan general que integra las tres Divisiones de la organización (Gypsum, Vidrios y Aceros) y no contiene un programa de seguridad específico para para el control de los riesgos mecánicos presentes en la elaboración de perfiles metálicos. Esto implica que hay elementos que requiere un programa de seguridad en máquinas que pueden estar ya desarrollados.

La Lista de verificación de requisitos de un Programa de Seguridad para el control de riesgos mecánicos es una herramienta que permitirá, luego de una revisión documental, identificar cuáles son los elementos que es necesario desarrollar y generar un porcentaje de avance actual de estos requerimientos (ver Apéndice 15). Esta lista de verificación está basada en la norma INTE T29:2016 Guía para la elaboración de programas de salud y seguridad en el trabajo y enriquecida con el Programa de Protección de Máquinas de la Universidad de Carolina del Oeste.

**Objetivo 2.** *Evaluar los riesgos mecánicos durante las tareas que se realizan en la operación de las máquinas de rollforming.*

#### **10. Matriz de análisis de peligros para máquinas y procesos establecida en el Plan de Salud Ocupacional de la Empresa.**

El Plan de Salud Ocupacional de Instalaciones y Servicios Macopa, está oficializado para efectos de Plataforma de Gestión e incluye una matriz de análisis de peligros para máquinas y procesos. Para realizar un análisis, la herramienta sigue los siguientes pasos (ver Apéndice 16):

- Identificar las secciones de la máquina o pasos de un proceso
- Identificar las tareas que se realizan en cada sección o paso
- Identificar los peligros asociados a cada tarea
- Definir recomendaciones para minimizar, controlar o eliminar los peligros

Esta herramienta se aplica en conjunto con supervisores y operarios de la máquina o proceso y brinda un insumo importante para una posterior evaluación del riesgo.

#### **11. Entrevista semiestructurada con colaboradores de Proceso**

Con la herramienta anterior se detectan los peligros evidentes durante la operación regular de las máquinas, sin embargo, existen peligros que no son tan fácilmente identificables y que tienen que ver con la percepción y experiencia de los trabajadores en la operación de una máquina o ejecución de una tarea.

Por medio de estas entrevistas se pretende identificar peligros que se han materializado previamente durante accidentes, averías, mantenimientos u otros eventos fuera de la operación regular (ver Apéndice 17).

## **12. Observación participativa en los procesos productivos**

Para la aplicación de la observación participativa, se inspeccionarán los diferentes procesos durante la operación de las máquinas con el objetivo de identificar peligros mecánicos generados por comportamientos riesgosos de los trabajadores.

Para la recopilación de información se utilizará una hoja de campo que registre la maquinaria observada, secciones o pasos, comportamientos riesgosos observados, medidas de control aplicadas y equipo de protección personal utilizado (ver Apéndice 18).

## **13. Listas de verificación basadas en la Guía para resguardos y protecciones de maquinaria y equipos del Consejo de Salud Ocupacional, y la norma INTE/ISO 12100:2016**

Las listas de verificación serán una herramienta cuantificable que consta de una serie de preguntas relacionadas con el cumplimiento de las normas de seguridad mínimas que debe cumplir la empresa y redactadas con carácter positivo, que deben ser respondidas por un “Sí”, un “No” o un “No Aplica (NA)”.

Una respuesta positiva indica que se cumple con el requerimiento de seguridad evaluado, una respuesta negativa representa una desviación o incumplimiento de seguridad y un NA indica que la condición evaluada no aplica para la máquina inspeccionada.

Cada ítem evaluado tendrá un peso numérico de 1 punto, y solo se considerarán los ítems válidos para obtener el porcentaje de implementación (se descartarán los ítems contestados con “No Aplica”). El porcentaje de implementación será calculado con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Implementación} = \frac{\text{Cantidad de ítems positivos}}{\text{Ítems totales} - \text{Cantidad de No Aplica}} \times 100$$

Las preguntas incluidas en las listas de verificación estarán basadas en la norma INTE/ISO 12100:2016 y en la Guía para resguardos y protecciones de maquinaria y equipos del Consejo de Salud Ocupacional (ver Apéndice 19).

#### **14. Matriz de priorización de riesgos de acuerdo con la técnica numérica de evaluación definida en el PSO de Macopa**

La matriz de priorización de riesgos es una herramienta incluida en el Plan de Salud Ocupacional de la empresa que permitirá cuantificar el nivel de riesgo generado por los peligros mecánicos detectados, utilizando un sistema numérico que asigna valores a variables para obtener un Grado de Riesgo (ver Anexo 4).

Las variables consideradas son:

- **Consecuencias:** Resultado más probable si se materializa el riesgo.
- **Exposición:** Relación que tiene el colaborador(es) con el riesgo durante su jornada.
- **Probabilidad:** Grado de certeza que la secuencia de sucesos se complete y materialicen las consecuencias.

Producto de la multiplicación Consecuencias (C) x Exposición (E) x Probabilidad (P), se obtiene el valor numérico del Grado de Riesgo (ver Anexo 5), que posteriormente se comparará con la Tabla de Orientación sobre el Grado de Riesgo.

Dependiendo del Grado de Riesgo se asigna una calificación que va desde Riesgo Soportable hasta Riesgo Insoportable (ver Anexo 6), y esto permite establecer una prioridad de intervención para implementar las medidas de control diseñadas.

#### **15. Gráfico de barras para la identificación de prioridades de intervención**

Los resultados obtenidos en la matriz de priorización del riesgo serán graficados para obtener una visualización sencilla y fácil de presentar posteriormente en un informe ejecutivo, que permita tomar decisiones gerenciales sobre la necesidad de intervención y asignación de recursos para la implementación de las mejoras.

**Objetivo 3.** *Diseñar controles de ingeniería y administrativos integrados a un programa para la reducción de los riesgos mecánicos asociados a las máquinas de rollforming*

## **16. Matriz de elementos de seguridad requeridos en las máquinas de rollforming**

Para la etapa de diseño de controles de ingeniería, se requiere hacer un inventario de los medios de protección que se deberán instalar en cada una de las máquinas a partir del análisis de evaluación de riesgos, estos elementos incluyen resguardos, sistemas de enclavamiento y paros de emergencia, considerando además, la prioridad del riesgo para establecer el orden adecuado de intervención de las máquinas.

Las posibilidades de diseño de resguardos van a depender de diferentes factores, si no es necesario acceder a la zona de peligro se podrán instalar resguardos fijos, resguardos distanciadores o dispositivos de detección de presencia, pero si es completamente necesario el acceso a la zona de peligro, serán necesarias otras opciones como resguardos de enclavamiento, dispositivos de mando a dos manos, dispositivos de mando sensitivo, etc. (Ulloa, 2009). Adicionalmente se definirá la ubicación óptima de los paros de emergencia de modo que las máquinas puedan ser detenidas desde cualquier zona de operación.

La Matriz de elementos de seguridad requeridos en las máquinas de *rollforming*, es una herramienta que compila y permite visualizar la cantidad de elementos requeridos en cada sección de cada máquina y los ordena por nivel de prioridad (Ver Apéndice 20).

## **17. Matriz de evaluación del nivel de protección de los dispositivos de seguridad según la norma ISO13849-1**

La norma INTE/ISO 13849-1 (2016b) en su Anexo A, establece el procedimiento para medir el nivel de desempeño requerido (PLr) en dispositivos de protección como enclavamientos, protecciones electrosensibles y dispositivos sensibles a la presión.

Según el procedimiento, para obtener el PLr se deben considerar tres variables, Gravedad de una lesión (S1 y S2), Frecuencia y/o tiempo de exposición al peligro (F1 y F2) y la Posibilidad de evitar el peligro y probabilidad de ocurrencia (P1 y P2).

La interpretación de estas variables se describe de la siguiente forma:

- S1 = lesiones en que tras un periodo de curación, se recuperan al 100%
- S2 = lesiones que causan discapacidades permanentes o muerte
- F1 = si el tiempo de exposición acumulado en un día no excede 1/20 de funcionamiento global y la frecuencia no es mayor de una vez cada 15 min.
- F2 = si una o varias personas están constantemente expuestas al peligro y/o la frecuencia es mayor de una vez cada 15 min.
- P1 = si hay una posibilidad real de evitar un peligro o de reducir significativamente su efecto
- P2 = si no se puede evitar el riesgo

Al determinar estos factores para una condición de peligro detectada, se puede seguir el Gráfico del riesgo para determinar el nivel de desempeño requerido (PLr) para cada función de seguridad indicado en el procedimiento (ver Anexo 7) para establecer el nivel de desempeño requerido por los dispositivos.

Luego de esta valoración, el PLr será ubicado en una de las cinco categorías que establece el procedimiento (B, 1, 2, 3 y 4), cada una establece un nivel diferente de protección que se deberá tomar en cuenta al seleccionar los dispositivos requeridos.

Los requerimientos de cada categoría indican los siguientes:

- Categoría B: dispositivos de protección, así como sus componentes, se deben diseñar, construir, seleccionar, montar y combinar de acuerdo con las normas pertinentes de manera que puedan soportar las influencias esperadas. Se deben utilizar los principios básicos de seguridad.
- Categoría 1: Se deben aplicar los requisitos de B. Se deben utilizar componentes de eficacia probada y principios de seguridad de eficacia probada.

- Categoría 2: Se deben aplicar los requisitos de B y utilizar los principios de seguridad de eficacia probada. La función de seguridad debe ser comprobada a intervalos adecuados por el sistema de control de la máquina que puede ser manual o automático.

- Categoría 3. Se deben aplicar los requisitos de B y utilizar los principios de seguridad de eficacia probada. Las partes relacionadas con la seguridad se deben diseñar de manera que:

- un solo defecto en cualquiera de estas partes no conduzca a la pérdida de la función de seguridad, y
- siempre que sea razonablemente factible, se detecte dicho defecto.

- Categoría 4: Se deben aplicar los requisitos de B y utilizar los principios de seguridad de eficacia probada. Las partes relacionadas con la seguridad se deben diseñar de manera que:

- un solo defecto en cualquiera de estas partes no conduzca a una pérdida de la función de seguridad, y
- se detecte dicho defecto en el momento de, o antes de, la siguiente solicitud de la función de seguridad, pero si esta detección no es posible, una acumulación de defectos no detectados no debe conducir a la pérdida de la función de seguridad.

La Matriz de evaluación del nivel de protección de los dispositivos de seguridad según la norma ISO13849-1, integra los elementos de protección que deben ser instalados, y permite asignar las variables para obtener el PLr, con el fin de realizar una selección adecuada de los dispositivos (Ver Apéndice 21).

## **18. Cuadro comparativo de materiales de fabricación para cada propuesta de diseño**

Se valorarán dos opciones de diseño de ingeniería, para lo cual se debe contar con un cuadro comparativo de materiales que contraste ambas propuestas, a partir de su análisis se visualizarán características como resistencia, durabilidad, características de manipulación e instalación y capacidad de reparación en caso de requerir mantenimiento.

El cuadro comparativo de materiales de fabricación permitirá separar las opciones de diseño en materiales individuales y comparar las alternativas de solución para tomar decisiones de selección (Ver Apéndice 22).

## **19. Presupuesto de implementación de diseño de ingeniería**

El diseño de ingeniería seleccionado requerirá de un presupuesto de implementación para cada una de las máquinas en estudio, este presupuesto incluirá el costo de los materiales de forma unitaria y total, así como la inversión requerida en cuanto a horas de trabajo del personal de mantenimiento para su fabricación e instalación (Ver Apéndice 23).

Esta herramienta permitirá a la empresa tomar decisiones en cuanto a asignación de presupuesto para la implementación total del diseño de ingeniería.

## **20. Plan de capacitación aplicando el diseño del Plan Instruccional estandarizado de la empresa**

El plan de capacitación consiste en un listado de las necesidades de formación derivadas del análisis de riesgos, los grupos de personal a las que están dirigidos y la planificación de las fechas en que se impartirán.

Con el fin de que las capacitaciones cuenten con los estándares de formación requeridos por la empresa y satisfagan los objetivos de reducción de riesgos, el contenido se planificará utilizando la herramienta de Diseño de Plan Instruccional (ver Anexo 8) establecido por el departamento de Recursos Humanos de la empresa.

## **21. Lista de verificación de requisitos de un Programa de Seguridad para el control de riesgos mecánicos**

Las propuestas de diseño de seguridad en máquinas y controles administrativos se compilarán en el Programa de Seguridad en máquinas para el cual se utilizará como guía documento INTE T29:2016 Guía para la elaboración de programas de salud y seguridad en el trabajo.

Entre los requisitos que este documento plantea como necesarios para un programa de seguridad se encuentran:

- Declaración de una política de seguridad ocupacional
- Planificación del programa
- Implementación del programa
- El seguimiento necesario para el mantenimiento del programa
- Evaluación del programa

Para la creación del Programa, se compilará la información que ya está desarrollada según lo identificado con la herramienta 9 (Lista de verificación de requisitos de un Programa de Seguridad para el control de riesgos mecánicos), en caso de ser necesario se actualizará y se desarrollarán los apartados faltantes.

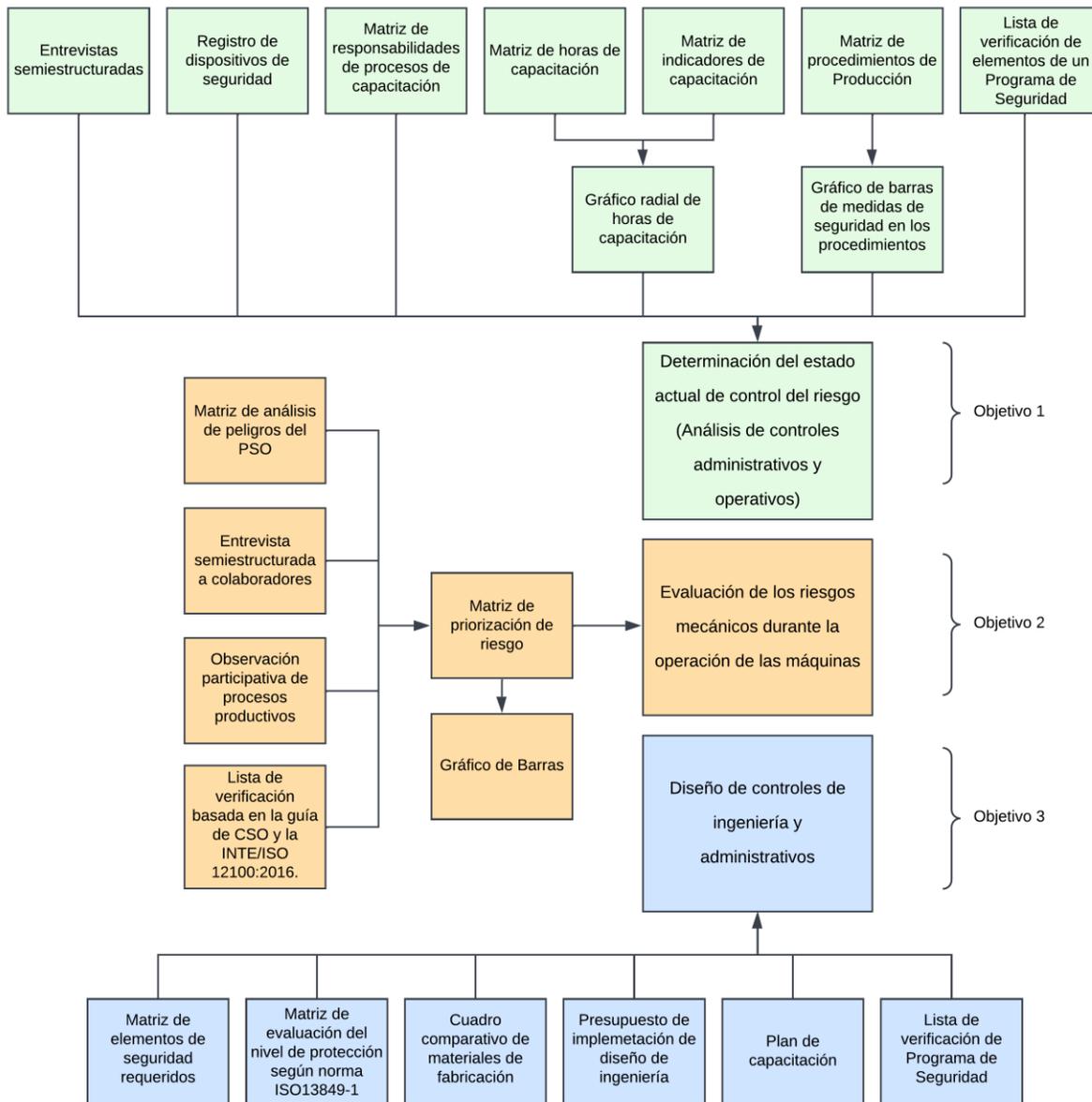
Para asegurar el cumplimiento de este último indicador, se volverá a aplicar la Lista de verificación de la herramienta 9, la cual deberá reflejar un 100% de implementación.

## G. Plan de Análisis

Por medio del siguiente diagrama se muestra cómo serán aplicadas las herramientas para el cumplimiento de los objetivos.

**Figura 2**

*Diagrama de Plan de Análisis*



## **Descripción del Plan de Análisis**

A continuación, se detalla cuál fue el proceso de aplicación de herramientas y análisis de la información obtenida para el cumplimiento de los objetivos.

### **1. Objetivo específico 1**

Las herramientas establecidas para el primer objetivo tienen como fin, realizar un análisis del estado actual de control de riesgo en la operación de las máquinas de *rollforming*, tomando en cuenta tanto aspectos administrativos como operativos involucrados en el proceso productivo.

En cuanto a aspectos administrativos, se obtuvo información relacionada con la capacitación de los trabajadores, existencia de procedimientos operativos e incorporación de variables de seguridad para el control de peligros mecánicos, así como las necesidades de desarrollo para contar con un Programa de seguridad en máquinas. Con respecto a los aspectos operativos, se buscó información sobre el involucramiento del servicio de Mantenimiento en el control de peligros mecánicos y cantidad de dispositivos de seguridad instalados actualmente.

Inicialmente se aplicó una entrevista semiestructurada al personal de Mantenimiento relacionado con el servicio de las máquinas en estudio, con esta entrevista se buscaba obtener información sobre el tipo de mantenimiento que se aplica, si éste considera dispositivos de seguridad como sensores, paros de emergencia y resguardos, cuáles son las prácticas respecto al bloqueo y etiquetado durante las intervenciones en las máquinas y cuáles son los mecanismos de reporte de fallos y averías. La información obtenida, brindó insumos para el posterior desarrollo de controles administrativos.

Luego de las entrevistas y en conjunto con el personal de Mantenimiento, se procedió a llenar el Registro de dispositivos de seguridad instalados en máquinas de *rollforming*. En este momento la maquinaria en estudio, no cuenta con todos los dispositivos de seguridad necesarios para asegurar un adecuado control de peligros mecánicos, pero sí existen algunos de ellos instalados, este instrumento tuvo como finalidad identificar para cada sección de las máquinas, cuáles son los tipos de dispositivos existentes, su cantidad y su estado de funcionamiento. Con esta información inicial se pudo posteriormente, abordar el diseño de ingeniería los dispositivos faltantes y/o la modificación de los existentes.

La Gerencia de Recursos Humanos (RRHH) ha asignado a la Especialista de Recursos Humanos como responsable de los procesos de capacitación, por lo que, por medio de una entrevista no estructurada y revisión de documentación, se obtuvo la información para completar la Matriz de responsabilidades de proceso de capacitación, para identificar claramente a los involucrados y sus funciones. Esta información permitió valorar si todas las partes interesadas están involucradas en el proceso y sirvió de insumo para el diseño de controles administrativos.

Recientemente, se ha establecido que cada trabajador que sea asignado a una de las máquinas en estudio, debe pasar por un proceso de entrenamiento que incluye capacitaciones presenciales, virtuales y prácticas, cada una de ellas tiene definido un tiempo de duración, por lo que con la aplicación de la herramienta Matriz de horas de capacitación, se conoció cuánto es el tiempo por máquina, que la empresa considera actualmente necesario para que un trabajador sea considerado como personal calificado.

Ahora bien, no todos los colaboradores que actualmente operan las máquinas han completado los planes de formación recientemente establecidos, por lo que, con la aplicación de la Matriz de indicadores de capacitación, se conoció cuál es el estado actual de formación de los involucrados.

La información obtenida con las dos herramientas anteriores sirvió para visualizar por medio de un gráfico de barras, el porcentaje de avance y la brecha de capacitación existente entre lo requerido según la empresa y lo real al momento del estudio.

La Gestora Organizacional tiene la función de controlar los documentos del Sistema de Gestión, entre los cuales se encuentran los procedimientos operativos para cada máquina, estos fueron desarrollados durante el proceso de certificación de la norma INTE/ISO 50001:2018, por lo que se le aplicó una entrevista no estructurada para completar la Matriz de procedimientos de Producción y determinar si todas las máquinas en estudio cuentan con un procedimiento oficial de operación.

La herramienta también permitió ver, si todos los procedimientos operativos de maquinaria están contemplados en la matriz de capacitación. Esta información fue de utilidad posteriormente para determinar si existían necesidades de desarrollo de capacitaciones.

Durante el mencionado proceso de certificación de la norma INTE/ISO 50001:2018, el Equipo de Gestión de la Energía no consideró al Servicio de Salud Ocupacional como parte interesada, por lo que no fue involucrado en la creación de los procedimientos operativos. Debido a esto, se realizó una revisión documental a los procedimientos, para identificar la cantidad de pasos, menciones o normas de seguridad relacionadas con el control de los peligros mecánicos que están incluidos, esta información fue graficada para visualizar la necesidad de incorporación de aspectos de seguridad para cada máquina.

Si bien es cierto, en este momento no se cuenta con un Programa de seguridad para el control de riesgos mecánicos en máquinas, el Servicio de Salud Ocupacional sí ha desarrollado otro tipo de documentos incorporados en el Sistema de Gestión, tal como el Plan de Salud Ocupacional (PSO), el cual incorpora secciones de información que ambos documentos tienen en común.

Aprovechando la información existente, se aplicó la Lista de verificación de requisitos de un Programa de Seguridad para el control de riesgos mecánicos, con el fin de determinar el porcentaje de avance actual y cuáles son las necesidades de desarrollo para cumplir con lo indicado por la norma INTE T29:2016 Guía para la elaboración de programas de salud y seguridad en el trabajo y el Programa de Protección de Máquinas de la WCU.

## 2. Objetivo específico 2

El segundo objetivo evaluó los riesgos mecánicos que se identificaron en el proceso de operación de las máquinas seleccionadas en el estudio, utilizando tanto herramientas cualitativas como cuantitativas.

El PSO de la empresa que ha sido oficializado en la Plataforma de Gestión, cuenta con una herramienta llamada Matriz de análisis de peligros para máquinas y procesos, en la cual una máquina o proceso es analizada por secciones o tareas específicas, identificando para cada una, cuáles son los peligros asociados y las posibles recomendaciones para reducirlos o eliminarlos. Esta herramienta, fue aplicada a las máquinas en estudio por medio de una lluvia de ideas, en conjunto con los trabajadores que las operan. La aplicación de esta herramienta brindó la información de los principales peligros mecánicos percibidos por los colaboradores durante la operación.

Posterior a este análisis, se aplicaron las entrevistas semiestructuradas al mismo grupo de trabajadores, el objetivo de esta actividad fue obtener información de peligros mecánicos de las máquinas de *rollforming* basados en su experiencia, que no necesariamente fueron detectados en el análisis previo.

Existen peligros mecánicos generados por la maquinaria o por el procedimiento de trabajo utilizado, estos fueron registrados con las herramientas anteriores, pero también existen peligros mecánicos generados por los trabajadores, producto de comportamientos riesgosos. La Observación participativa buscó identificar peligros no generados por los equipos, sino por comportamientos riesgosos durante la operación.

Finalmente, la última herramienta de recolección de información en campo que se aplicó fue la Lista de verificación basada en la Guía para resguardos y protecciones de maquinaria y equipos del Consejo de Salud Ocupacional, y la norma INTE/ISO 12100:2016, esta consiste en un listado de condiciones de seguridad requeridas en las máquinas y brinda un porcentaje de cumplimiento según estas referencias.

A partir de los peligros identificados con las herramientas de campo anteriores, se realizó una evaluación del riesgo, utilizando la herramienta Matriz de Priorización de Riesgos, la cual es parte de la Plataforma de Gestión de Macopa. La herramienta consiste en un registro de desviaciones identificadas, los peligros que implican esas desviaciones y un cálculo del grado de riesgo, basándose en el producto de valores numéricos de las variables de consecuencia, exposición y probabilidad.

El valor obtenido permitió clasificar la desviación en una escala que va desde riesgo soportable hasta riesgo insoportable, facilitando la toma de decisiones sobre la priorización de intervención. Con esta información se elaboró un gráfico de barras, que permitió visualizar fácilmente, cuáles son las desviaciones o puntos de peligro de las máquinas en estudio, que se deben intervenir con mayor celeridad.

### **3. Objetivo específico 3**

Las herramientas definidas para el desarrollo del tercer objetivo estuvieron dirigidas a diseñar los controles de ingeniería y administrativos, integrados a un programa para la reducción de los riesgos mecánicos asociados a las máquinas de *rollforming*.

Gracias a la información que se obtuvo del Registro de dispositivos de seguridad del Objetivo 1, y de las herramientas de campo del Objetivo 2, se contó con información suficiente para completar la Matriz de elementos de seguridad requeridos en las máquinas de *rollforming*. En ella se definió la cantidad de elementos de seguridad como resguardos, dispositivos de enclavamiento, paros de emergencia, entre otros, que requiere cada máquina, separados por sección y con una prioridad obtenida de la Matriz de Priorización de Riesgo.

Una vez que se tuvo el inventario de necesidades de elementos de seguridad, y con ayuda de la herramienta Matriz de evaluación del nivel de protección de los dispositivos según la norma ISO 13849-1, se realizó el análisis para determinar el nivel de desempeño requerido (PLr) y así seleccionar correctamente los dispositivos a utilizar.

A partir de la información obtenida de las dos herramientas anteriores, se trabajó en el diseño de las opciones de ingeniería para cada máquina en estudio y se utilizó la herramienta de Cuadro comparativo de materiales de fabricación para cada propuesta de diseño, con el fin de visualizar fácilmente diferencias relevantes entre ambas.

Posteriormente se utilizó la herramienta Presupuesto de implementación de diseño de ingeniería, para así considerar el factor económico de cada propuesta y complementarlo con características de salud y seguridad, ambientales, cumplimiento de estándares y factores culturales y sociales. Realizado este análisis, se eligió la propuesta de ingeniería más favorable para la empresa.

Una vez finalizada la propuesta de ingeniería, se procedió con el diseño de los controles administrativos, para lo cual, se utilizó la información analizada con las herramientas del Objetivo 1, para determinar la necesidad de desarrollo de nuevas capacitaciones o la mejora en las existentes. Para esto se utilizó la herramienta de Diseño de Plan Instruccional, la cual forma parte de los documentos del Plan de Gestión de Macopa.

Finalmente, se utilizó la información obtenida de la herramienta Lista de verificación de requisitos de un programa de seguridad para el control de riesgos mecánicos, aplicada en ejecución del Objetivo 1, para desarrollar los elementos faltantes hasta finalizar el Programa y cumplir con un 100% de implementación.

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

A continuación, se muestra el análisis de la situación actual obtenido gracias a la aplicación de las herramientas de recopilación de información establecidas para el proyecto. Este capítulo se estructura a partir de los objetivos específicos del proyecto.

## **1. Controles administrativos existentes, preparación actual para el puesto y condiciones de operación de las máquinas de *rollforming*.**

Se ha obtenido un panorama sobre las condiciones de preparación actual al puesto de trabajo, en adelante se muestran los hallazgos resultantes de la aplicación de cada herramienta.

### **1.1 Entrevista semiestructurada a personal de Mantenimiento de la División de Aceros**

La entrevista semiestructurada fue aplicada al Supervisor de Mantenimiento, así como a tres Técnicos Electromecánicos encargados de velar por el correcto funcionamiento de las máquinas en estudio, todos ellos cuentan con experiencia en este tipo de máquinas que va desde 1 hasta 14 años en el caso del Supervisor.

Además del mantenimiento correctivo propio de maquinaria de segunda mano, se cuenta con un programa de mantenimiento preventivo en el que cada miembro del equipo tiene asignadas tareas diferentes, que van desde limpieza general de los equipos e inspecciones visuales, hasta lubricación y termografías. Sin embargo, se indica que el programa de trabajo no cuenta con ninguna tarea relacionada con la verificación o inspección de dispositivos de control de peligros mecánicos tal como resguardos o paros de emergencia, únicamente se intervienen de forma correctiva cuando son reportados por medio del mantenimiento autónomo.

El mantenimiento autónomo es una inspección visual y operacional realizada por los operarios y ayudantes de las máquinas, su frecuencia varía dependiendo del proceso que se esté evaluando y va desde diaria hasta mensual. Las personas entrevistadas indican que cuando un colaborador detecta una anomalía en la máquina, da aviso por medio de radios de comunicación al personal de Mantenimiento para su intervención inmediata.

Debido a esta forma de reporte, se refiere que no existe un registro en donde se pueda recuperar el historial de mantenimientos realizados a los elementos de protección contra peligros mecánicos. También existen órdenes de trabajo realizadas por medio de una *App* diseñada por la empresa, pero esta se utiliza para desarrollos y trabajos programados relacionados con la infraestructura de la empresa.

El personal de Mantenimiento refiere tener conocimiento de cuáles son los peligros presentes en cada sección de las máquinas en estudio, pero reconocen que no cuentan con sensores ni resguardos que eviten la materialización de accidentes, y en cuanto a paros de emergencia, sí los hay, pero no en todas las secciones, por lo que hay zonas vulnerables en que un colaborador solitario no tendría la capacidad de detener el equipo.

En cuanto a las prácticas de trabajo seguras, el personal entrevistado coincide en que los mantenimientos se realizan con los equipos desenergizados, sin embargo, en general no se aplica bloqueo ni etiquetado, ya que no existe un procedimiento al respecto ni se han dado capacitaciones sobre el tema. Según indica el Supervisor del área, ya se han adquirido los equipos, pero aún no se han suministrado a los colaboradores por no haber realizado aún el entrenamiento respectivo.

Un último dato obtenido de esta herramienta es que todos los entrevistados han sufrido o han sido testigos de accidentes en maquinaria de *rollforming* por peligros mecánicos, en equipos sin resguardos ni elementos de seguridad, pero todos ellos atribuyen los accidentes a factores personales, como comportamientos riesgosos, consumo de drogas, no seguir procedimientos, negligencia, problemas de comunicación, entre otros, ninguno de ellos hizo la asociación con los problemas de seguridad propios de la maquinaria.

## 1.2 Registro de dispositivos de seguridad instalados en las máquinas de *rollforming*.

Los únicos dispositivos de seguridad que se encuentran consistentemente en todas las máquinas son los paros de emergencia, sin embargo, existen secciones con peligros mecánicos que no los tienen o que quedan muy alejados del punto de trabajo.

A lo largo de la máquina de Tubo 3 se identificaron ocho paros de emergencia, dos resguardos y ningún sensor u otro tipo de dispositivo de seguridad, mientras que, en Lámina Ondulada, se observaron dos paros de emergencia y un resguardo. En el Cuadro 5 se puede observar la distribución de los dispositivos encontrados.

**Cuadro 5**

*Elementos de seguridad identificados en las máquinas de Tubo 3 y Lámina Ondulada 1*

Máquina	Sección	Resguardos	Paros de Emergencia	Sensores	Otros dispositivos
Tubo 3	Portarrollo	0	0	0	0
	Soldadura de Punta y Cola	0	1	0	0
	Acumulador	0	0	0	0
	<i>Forming</i>	0	1	0	0
	Soldadura	0	2	0	0
	<i>Sizing</i>	0	1	0	0
	Sierra	1	2	0	0
	<i>Stacker</i>	1	1	0	0
Lámina Ondulada 1	Portarrollo	0	1	0	0
	Rodillaje	1	0	0	0
	Unidad de corte	0	1	0	0

### 1.3 Matriz de responsabilidades de procesos de capacitación

La empresa cuenta con un programa de capacitación recientemente estructurado que es liderado por el Servicio de Recursos Humanos, la función general de este servicio dentro del proceso de capacitación es dar seguimiento a que cada uno de los involucrados cumpla con sus responsabilidades.

En este programa intervienen diferentes áreas productivas y de servicio a las cuales se les han asignado diferentes responsabilidades. Desde el documento de Perfil de Puesto se detallan las principales tareas de los colaboradores, y a partir de ahí, se determinan las necesidades de capacitación. Cada área involucrada define cuáles son los temas dentro de su alcance que los colaboradores deben llevar, y desarrollan las capacitaciones que más tarde impartirán, mientras que Recursos Humanos lleva el control de la implementación y resguarda los registros de asistencia.

#### Cuadro 6

*Matriz de responsabilidades del proceso de capacitación*

Variable	Responsables				
	Gestión del Sistema	Recursos Humanos	Producción	SSO	TI
Perfiles de puesto	X				
Determinación de necesidades de capacitación	X	X	X	X	
Coordinación de programa de capacitación		X	X	X	
Creación de planes instruccionales					
Suministro de insumos tecnológicos		X			X
Implementación		X	X	X	
Control y registro		X		X	
Seguimiento resguardo de registros y evaluación de la efectividad		X			

Según la revisión realizada, el proceso actualmente carece de un control de calidad en las capacitaciones que se imparten (Ver Cuadro 6). Anteriormente, Recursos Humanos utilizaba la herramienta llamada Diseño de Plan Instruccional (Ver Anexo 8), con la que el instructor debía hacer una planificación previa en la que se detallaban los contenidos, los objetivos específicos, el tiempo previsto para la actividad, las técnicas y ejercicios a realizar y la forma de evaluar el conocimiento adquirido, sin embargo, esta herramienta no se está utilizando actualmente, de modo que nadie verifica el contenido y calidad de las actividades formativas.

#### **1.4 Matriz de horas de capacitación**

Con ayuda del registro de horas de capacitación, se lograron identificar las capacitaciones existentes para los colaboradores de las máquinas en estudio, entre las cuales hay temas de Salud y Seguridad Ocupacional, Administración, Recursos Humanos, Calidad y Producción.

Es importante mencionar que en el proceso de evidenció que solamente la máquina de Tubo 3 cuenta con capacitaciones operativas, ya que la máquina fue parte del proceso de certificación de la norma INTE/ISO 50001, mientras que la máquina de Lámina Ondulada 1, a nivel operativo solamente cuenta con la capacitación de Mantenimiento Autónomo.

Aparte de las capacitaciones de las áreas servicio, en Tubo 3 se identificaron veinticuatro capacitaciones de Producción, pero para efectos de este estudio, se seleccionaron solamente las nueve que tienen que ver directamente con la operación de la máquina. Asimismo, en Lámina Ondulada 1, se consideró solo la capacitación de Mantenimiento Autónomo (Ver Cuadro 7).

## Cuadro 7

### *Tiempo de capacitación operativa requerida por colaborador*

Máquina	Tipo de Capacitación	Capacitación	Horas x capacitación	# Personal	Horas totales
Tubo 3	Presencial	Mantenimiento Autónomo	0,25	8	2
	Presencial	Montaje del fleje en el portarrollo	0,25	8	2
	Presencial	Soldado de punta y colas	0,25	8	2
	Presencial	Enhebrado y ajuste de acumulador	0,25	8	2
	Presencial	Enhebrado y ajuste de <i>Forming</i>	0,25	8	2
	Presencial	Enhebrado y ajuste de soldadura	0,25	8	2
	Presencial	Enhebrado y ajuste de <i>Sizing</i>	0,25	8	2
	Presencial	Enhebrado y ajuste de turcos, secado - lubricación y sierra	0,25	8	2
	Presencial	Operación de maquina	0,25	8	2
Lámina Ondulada 1	Presencial	Mantenimiento Autónomo	0,75	2	1,5

Actualmente, la capacitación por parte de Producción que recibe el personal consiste en la lectura de los procedimientos de la máquina, para lo cual se prevén quince minutos por cada procedimiento, esto implica en el caso de Tubo 3, un tiempo total de capacitación de 2,25 horas para considerar al colaborador como personal calificado.

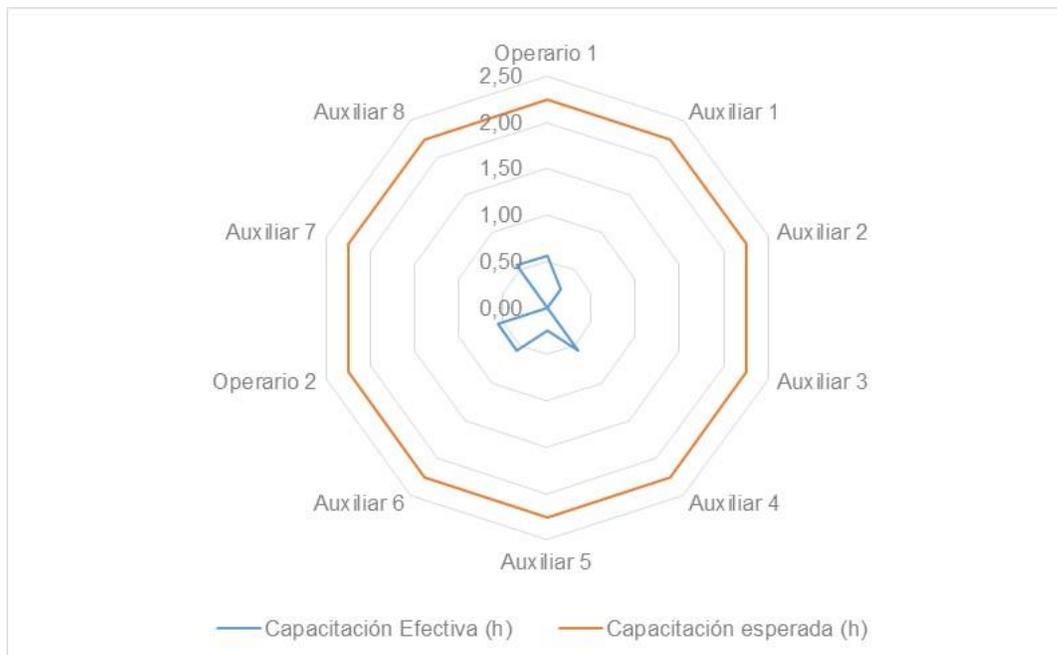
### **1.5 Matriz de indicadores de capacitación**

Según los registros de capacitación resguardados por Recursos Humanos, se observa que en el caso de Lámina Ondulada 1, el Operario sí fue capacitado en el Mantenimiento Autónomo, no así su compañero quien ingresó a la empresa hace un mes.

En el caso de los colaboradores de Tubo 3, hay cinco colaboradores que ya han llevado las nueve capacitaciones previstas, sin embargo, lo hicieron por medio de una actividad grupal en que les explicaron las veinticuatro capacitaciones disponibles en una sola sesión, por lo que el tiempo efectivo se redujo considerablemente (Ve Figura 3).

**Figura 3**

*Horas de capacitación efectivas vs. horas de capacitación esperadas en Tubo 3*



Partiendo de la evidencia obtenida a partir de los registros, el grupo de colaboradores que opera la máquina de Tubo 3, solamente ha realizado el 15% del tiempo que debió dedicar a capacitaciones operativas. Según indica el área de Producción, esta capacitación teórica debe ser complementada con un entrenamiento práctico que el colaborador de nuevo ingreso realiza en compañía de un trabajador experimentado, sin embargo, no hay evidencia de que este proceso se haya realizado.

## 1.6 Matriz de procedimientos de Producción

Como parte del proceso de certificación de la norma INTE/ISO 50001, el equipo de Gestión de la Energía trabajó durante el año 2021 en la creación de procedimientos de trabajo para las máquinas que se encontraban dentro del alcance de esa norma, una de ellas era la máquina de Tubo 3, por lo que se desarrollaron veinticuatro procedimientos que abarcan desde la forma correcta de medir el ancho y el calibre de un fleje, hasta la operación y los mantenimientos autónomos. Para efectos de este estudio, se seleccionaron los nueve procedimientos relacionados con la operación de la máquina de Tubo 3 (Ver Cuadro 8).

En el caso de la máquina de Lámina Ondulada 1, no se cuenta con procedimientos operativos con excepción del de Mantenimiento Autónomo (Ver Cuadro 8), pues originalmente no se incluyó dentro del alcance de la certificación INTE/ISO 50001, sin embargo, actualmente la empresa se encuentra trabajando en obtener la certificación de Marca de Conformidad para la lámina ondulada y rectangular, por lo que se tiene programado iniciar el trabajo de creación de procedimientos durante los meses de mayo y junio.

### Cuadro 8

#### *Procedimientos operativos para las máquinas en estudio*

Máquinas	Procedimientos de Producción	Capacitación asociada	
		Sí	No
Tubo 3	POPA-PR02-IN01-TU3. Montaje del fleje en el portarrollo POPA-PR02-IN02-TU3. Soldado de punta y colas POPA-PR02-IN03-TU3. Enhebrado y ajuste de acumulador POPA-PR02-IN04-TU3. Enhebrado y ajuste de <i>Forming</i> POPA-PR02-IN05-TU3. Enhebrado y ajuste de soldadura POPA-PR02-IN07-TU3. Enhebrado y ajuste de <i>Sizing</i> POPA-PR02-IN08-TU3. Enhebrado y ajuste de turcos, secado - lubricación y sierra POPA-PR03-IN01-TU3. Operación de maquina PAIE-PR04-IN02. Mantenimiento Autónomo	X	
Lámina Ondulada 1	PAIE-PR04-IN09-L01-L02-LR1. Mantenimiento Autónomo	X	

Todos los procedimientos creados se encuentran dentro de la matriz de necesidades de capacitación, por lo que los colaboradores deberían llevarlas de forma obligatoria. En el Cuadro 8, se muestran los procedimientos operativos existentes para las máquinas en estudio.

Antes de que la empresa tomara la decisión de iniciar con los procesos de certificación, no existían procedimientos operativos, por lo que el Servicio de Salud Ocupacional había elaborado Procedimientos Escritos de Trabajo Seguro (PETS) para algunas máquinas, entre ellas las máquinas de Tubo. Estos procedimientos describían las instrucciones de seguridad para cada sección de las máquinas basándose en los peligros detectados, aunque no ahondaban en temas de operación y funcionamiento de la máquina.

Posteriormente, con la creación de los nuevos procedimientos operativos, el Equipo de Gestión de la Energía no consideró al Servicio de Seguridad Ocupacional como parte interesada en el proceso, por lo que la inclusión de instrucciones de seguridad para el control de los riesgos mecánicos en estos documentos es mínima.

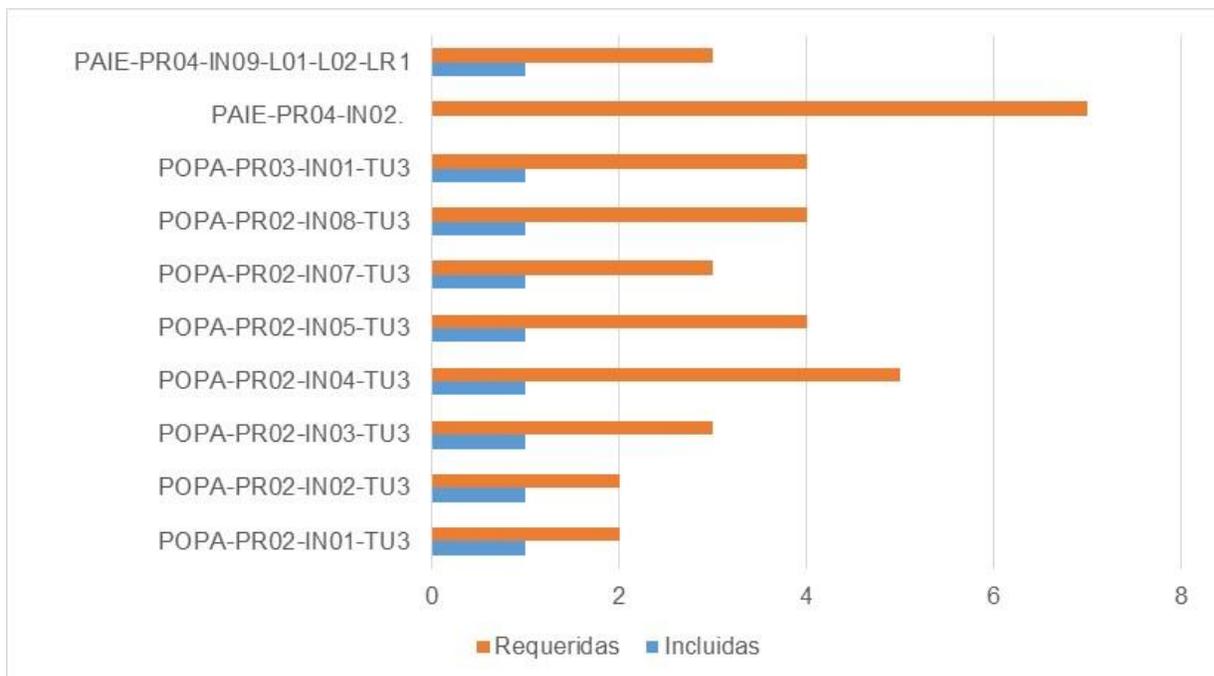
Se realizó una revisión documental de los nueve procedimientos operativos existentes de Tubo 3 y del procedimiento de Mantenimiento Autónomo de Lámina Ondulada 1 para determinar la cantidad de instrucciones de seguridad para el control de riesgos mecánicos presentes en esos documentos, y se comparó con la cantidad de instrucciones que deberían existir en cada uno de ellos.

La determinación de cuántas instrucciones deberían estar incorporadas en los documentos se basó en la información obtenida de las entrevistas con los colaboradores y la información recopilada en las inspecciones en las máquinas, relacionadas con los puntos peligrosos de la máquina accesibles al personal, tareas en que hay que acercarse a puntos de impacto, atrapamiento y corte, las necesidades de realizar bloqueos y etiquetado en la máquina y los comportamientos riesgosos en que puede incurrir un colaborador durante la operación.

Por las características del estudio, solo se consideraron las instrucciones para el control de riesgo mecánico, aunque los procedimientos completos deberían considerar también elementos ergonómicos y de control de agentes químicos y físicos.

**Figura 4**

*Instrucciones de seguridad presentes vs. las que deberían estar incluidas en los procedimientos operativos*



Como se aprecia en la Figura 4, la mayoría de los procedimientos solo contienen una instrucción de seguridad, que es el listado de Equipo de Protección Personal (EPP) que se debe utilizar en la tarea, sin embargo, el procedimiento PAIE-PR04-IN02 que corresponde al Mantenimiento Autónomo, no menciona el EPP necesario para realizarlo y es el que más instrucciones de seguridad requiere para controlar los peligros mecánicos debido a que abarca toda la máquina.

## **1.7 Lista de verificación de requisitos de un Programa de Seguridad para el control de riesgos mecánicos**

Actualmente, la empresa cuenta con documentos reglamentarios según el marco legal vigente, tal como el Plan de Salud Ocupacional (PSO), el cual ha sido avalado por el Ministerio de Salud de Costa Rica, sin embargo, este documento no contiene todos los apartados que requiere un Programa de seguridad en máquinas según lo establecido por la norma INTE T29:2016 Guía para la elaboración de programas de salud y seguridad en el trabajo y por el Programa de Protección en Máquinas de la Universidad de Carolina del Oeste, al compararlos, solamente un 33,3% del Programa de Seguridad ha sido desarrollado.

Si bien el Plan de Salud Ocupacional contiene un inventario de riesgos a nivel general, no se contaba con una identificación de peligros ni una evaluación del riesgo específicamente para las máquinas de *rollforming* incluidas en este estudio, por lo que no se había visibilizado la necesidad de desarrollar los controles ni se conocía la prioridad de intervención según el grado de riesgo. También se carece de controles administrativos tal como un Subprograma de Bloqueo y Etiquetado, o un programa integral de capacitación que complementen el programa de seguridad en máquinas.

El 66,7% del programa que actualmente no existe, será desarrollado en la etapa de diseño durante el desarrollo del tercer objetivo específico de este proyecto, con la intención de que el documento final sea integrado como un subprograma al Plan de Salud Ocupacional oficial de la empresa. Cabe indicar que de los componentes que sí existen, el 33,3% corresponde a aspectos generales de la organización, no a aquellos relacionados directamente con seguridad de maquinaria.

## **2. Evaluación de riesgos mecánicos en las tareas que se realizan en la operación de las máquinas de *rollforming* (Tubo 3 y Lámina Ondulada 1)**

A continuación, se muestran los resultados de la identificación de peligros y la evaluación del riesgo, obtenido a partir de la aplicación de las herramientas planteadas.

### **2.1 Matriz de análisis de peligros para máquinas y procesos**

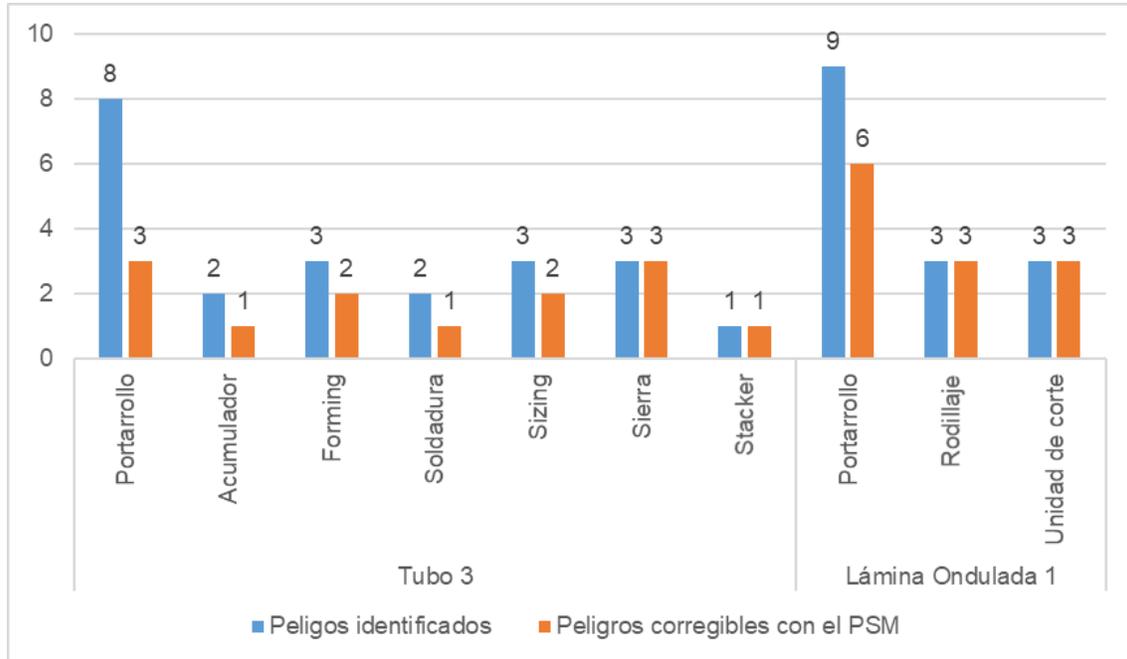
La primera herramienta aplicada para la identificación de peligros en las máquinas en estudio fue la Matriz de peligros para máquinas y procesos, la cual se realizó por medio de una sesión de trabajo con los operarios y auxiliares de cada máquina, de la cual se obtuvo un listado de tareas en cada sección y los peligros asociados a cada tarea.

En total se identificaron 37 peligros mecánicos, 22 relacionados con la máquina de Tubo 3 y 15 relacionados con Lámina Ondulada 1. En el Apéndice 24, se pueden observar todos los peligros mecánicos identificados.

A partir de los peligros identificados en este análisis, se realizó una valoración de cuáles de ellos pueden ser corregidos por medio de diseños de ingeniería contenidos en Programa de Seguridad en Máquinas (PSM), obteniendo un porcentaje de resolución del 59% para la máquina de Tubo 3, y un 80% para la máquina de Lámina Ondulada 1. En la figura 5 se muestra un resumen de la cantidad de peligros corregibles por medio del PSM.

**Figura 5**

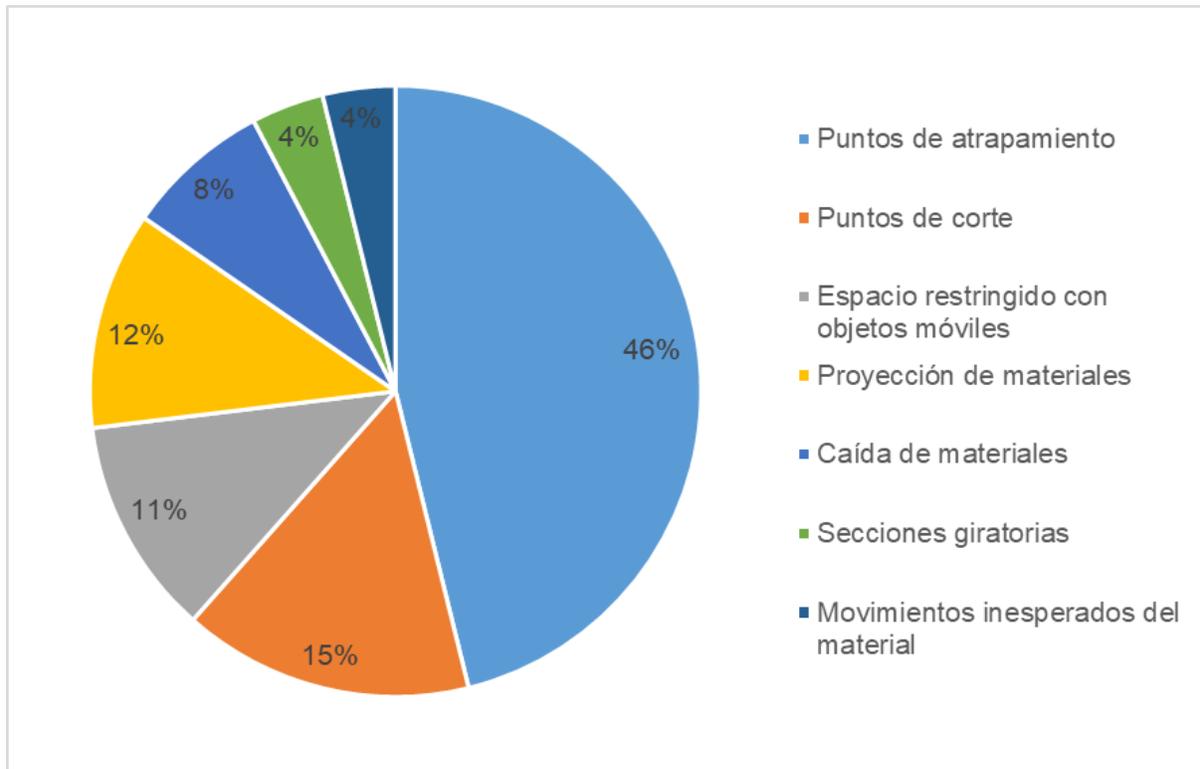
*Cantidad de peligros mecánicos corregibles con el Programa de Seguridad en Máquinas (PSM) para cada sección*



Los peligros mecánicos seleccionados que se analizarán son de diversos tipos, sin embargo, el que mayor nivel de exposición genera es el de puntos de atrapamiento, que representa el 46%, seguido de un 15% de puntos de corte. En la Figura 6 se puede observar la distribución de los peligros mecánicos seleccionados.

**Figura 6**

*Distribución de los peligros seleccionados para la evaluación de riesgos*



## **2.2 Entrevista semiestructurada con colaboradores de Proceso**

En el caso de Tubo 3, se entrevistó a todos los colaboradores que conforman el equipo de trabajo, esto es, el Operario, un Soldador y tres Auxiliares. Este equipo de trabajo es relativamente nuevo, pues está conformado por personal de reciente ingreso que va de uno a ocho meses de antigüedad en la empresa y sin experiencia previa en este tipo de maquinaria, el colaborador con mayor experiencia es el Operario. Para la máquina de Lámina Ondulada 1, se entrevistó al Operario y el Auxiliar, que tienen entre dieciocho y treinta años de experiencia en este tipo de máquinas.

Según indican ambos grupos, no han recibido capacitación formal en cuanto a la operación de la máquina, refieren que lo que han aprendido ha sido por aplicación de instrucciones puntuales, observación y acompañamiento de sus compañeros o por experiencia previa en otras empresas con máquinas similares.

Todos los colaboradores refieren que antes de iniciar la operación regular de la máquina realizan el mantenimiento autónomo, que consiste en revisiones visuales de los equipos, verificación de los niveles de aceite, reporte de fugas y en general, que la máquina esté operativa. Los colaboradores coinciden en que cuando identifican un paro de emergencia en mal estado, hacen el reporte de inmediato al servicio de Mantenimiento por medio del radio de comunicaciones, sin embargo, el trabajo no se detiene debido a una falla de este tipo.

Al igual que el personal de Mantenimiento, los colaboradores de proceso refieren que conocen los peligros mecánicos con que cuenta la máquina, y aunque dicen conocer accidentes ocurridos en ellas, los asocian a factores humanos como comportamientos riesgosos y no seguir procedimientos, la única mención a dispositivos seguridad, la hizo un colaborador de la máquina de Lámina Ondulada 1, quien comentó sobre un accidente en una máquina similar en otra empresa, ocurrido por manipular un dispositivo de enclavamiento.

### **2.3 Observación participativa en los procesos productivos**

Durante la aplicación de esta herramienta en la máquina de Tubo 3 y de Lámina Ondulada 1, se observaron algunos comportamientos riesgosos tanto del personal que opera las máquinas como de otros colaboradores cercanos al proceso.

En la máquina de Tubo 1 se observó personal de máquinas cercanas que transitaban en las inmediaciones del portarrollos exponiéndose a la “línea de fuego”, con la posible consecuencia de ser impactados por sus partes giratorias o por la cola del fleje en caso de que se agote cuando alguien pasa por detrás del portarrollo.

En la sección del Acumulador, se observó a un colaborador subiendo a la plataforma giratoria para desatorar la cola de un fleje que no fue detenido a tiempo, y en el sector de la sierra, se observó al personal transitando junto al carro móvil de la sierra, exponiéndose a ser impactados por el equipo o a una proyección de materiales en caso de que se reviente una faja de transmisión.

Por otro lado, en Lámina Ondulada 1 se observó que existe un cobertor ubicado en los primeros rodillos que tiene como función evitar el atrapamiento de las extremidades superiores de los colaboradores al enhebrar la máquina, pero durante esa tarea, introducen sus manos por debajo del resguardo llegando hasta el punto de atrapamiento (Ver Apéndice 25). Asimismo, en el sector de la guillotina los colaboradores acercan las manos innecesariamente a la zona de corte para recibir la lámina.

La información obtenida con las últimas dos herramientas no aportó peligros adicionales a los identificados en la Matriz de Análisis de Peligros, pero reforzaron los hallazgos a partir de la experiencia de los colaboradores y sus comportamientos riesgosos durante la operación.

#### **2.4 Listas de verificación basadas en la Guía para resguardos y protecciones de maquinaria y equipos del Consejo de Salud Ocupacional, y la norma INTE/ISO 12100:2016**

Tras aplicar la lista de verificación, se evidencian aspectos positivos como que ambas máquinas se encuentran en buen estado de operación, los resguardos existentes poseen buena resistencia mecánica y están fabricados con materiales incombustibles, los colaboradores no son capaces de retirar los equipos energizados, además de evitar los contactos accidentales, se encuentran aterrizados.

En ambas máquinas los resguardos existentes pueden ser reparados, permiten la inspección, no entorpecen u obstaculizan la producción de las máquinas y todos los paros de emergencia están funcionando. Adicionalmente, las reparaciones y cambio de piezas de las máquinas solo las realiza el personal de Mantenimiento.

Por otro lado, existen debilidades que se deben subsanar en ambas máquinas como que ambas cuentan con cadenas, engranajes o partes móviles desprotegidas, no cuentan con rotulación que indique los peligros presentes, durante los trabajos de mantenimiento no se utilizan dispositivos de bloqueo y no hay suficientes paros de emergencia para asegurar su detención desde cualquier área de trabajo. Finalmente, no se tiene establecido que la máquina se deba detener si está poniendo en peligro la seguridad de los trabajadores.

Según los resultados obtenidos de la aplicación de las listas de verificación, la máquina de Tubo 3 obtuvo un porcentaje de cumplimiento del 50%, mientras que la lista aplicada a Lámina Ondulada 1, obtuvo un 61%, aunque se debe aclarar que se valoraron los dispositivos existentes, pero considerando que son insuficientes para controlar los peligros mecánicos existentes.

## **2.5 Matriz de priorización de riesgos de acuerdo con la técnica numérica de evaluación definida en el PSO de Macopa**

Luego de la identificación de peligros mecánicos obtenidos de las herramientas anteriores, se seleccionaron los que pueden ser impactados por el Programa de Seguridad en Máquinas (Ver Figura 5) para evaluar cuantitativamente su riesgo, y con esta información, definir la prioridad de intervención durante la etapa de implementación. En total fueron evaluados 25 peligros de los 37 identificados inicialmente, 13 de ellos correspondientes a la máquina de Tubo 3 y 12 correspondientes a Lámina Ondulada 1.

Producto de este análisis se determinó que, a nivel general, el 12% de los peligros evaluados generan riesgos graves, el 48% implican riesgos moderados, el 32% se ubican en el segmento de riesgos leves y el 8% fue clasificado como riesgo soportable.

Si se realiza esta valoración por máquina, se tiene que en la máquina de Tubo 3, el 15,4% corresponde a riesgos graves, el 61,5% a riesgos moderados, el 15,4% a riesgos bajos y el 7,7% a riesgo soportable, mientras que en Lámina Ondulada 1, la distribución es de 8,3% para riesgo grave, 33,3% de riesgos moderados, 50% de riesgos leves y otro 8,3% de riesgo soportable.

En ambas máquinas, los riesgos graves corresponden a puntos de atrapamiento generados por secciones de masas y rodillos de tracción metálicos desprotegidos, de fácil acceso para las extremidades de los colaboradores. En el caso de la máquina de Tubo 3, las secciones con grado de riesgo grave corresponden a *Forming* y *Sizing*, mientras que en Lámina Ondulada 1, se refiere a la sección de rodillaje.

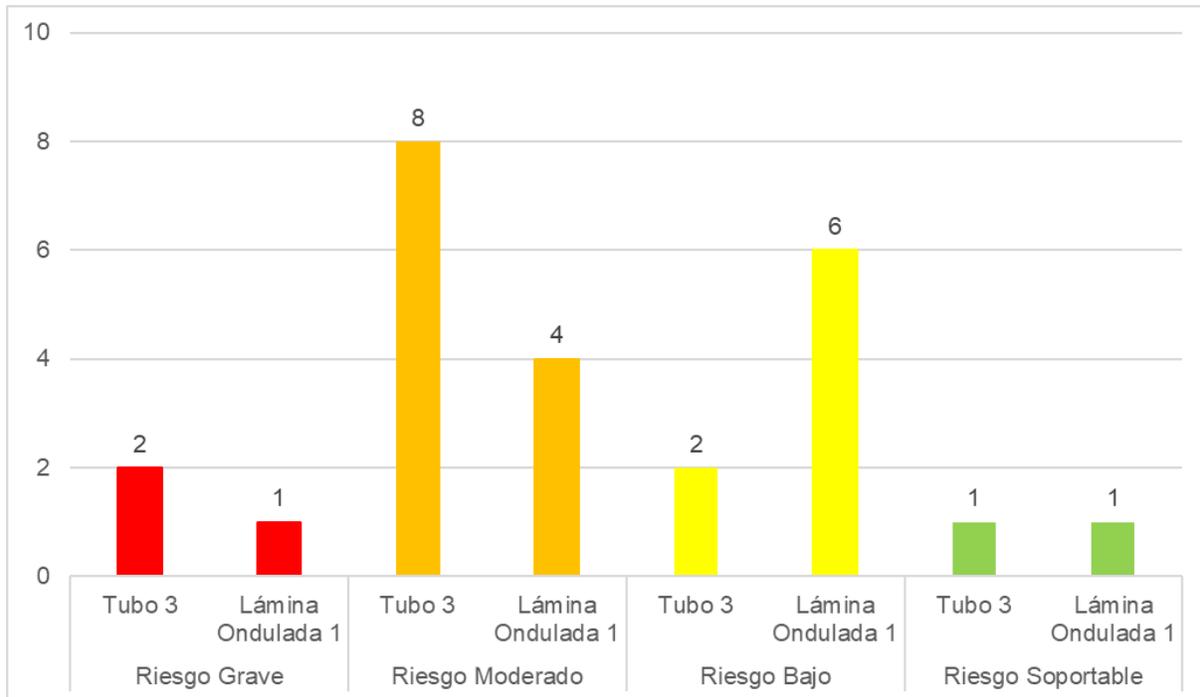
Respecto a los riesgos considerados como moderados, en la máquina de Tubo 3, los peligros con esta categorización corresponden a espacios restringidos con elementos móviles, proyección de materiales, caída de materiales, puntos de corte y puntos de atrapamiento con menor exposición que las secciones analizadas como graves, y para Lámina Ondulada 1, refiere a partes y secciones giratorias, puntos de corte y puntos de atrapamiento.

En el Apéndice 26, se puede observar la evaluación del riesgo realizada a los peligros seleccionados. Según ésta, las áreas que requieren una mayor prioridad de intervención son las secciones de *Forming* y *Sizing* de la máquina de Tubo 3, así como la unidad de corte de Lámina Ondulada 1, mientras que los riesgos moderados que ocupan un segundo lugar en la prioridad de intervención, se encuentran distribuidos en todas las secciones de ambas máquinas.

A continuación, en la Figura 7 se muestra la cantidad y clasificación de los riesgos evaluados por cada máquina. Para efectos de mejorar la visualización del gráfico, se eligió un sistema de colores de tipo semáforo para identificar los riesgos según su gravedad, siendo representados los riesgos graves con el color rojo, los moderados en naranja, los bajos con el amarillo y los soportables en color verde. La descripción de los riesgos por máquina se puede observar en el Apéndice 26.

## Figura 7

Cantidad y clasificación de los riesgos evaluados en las maquinarias en estudio



### 3. Conclusiones

A continuación, se presentan las conclusiones producto del análisis de la situación actual:

- El servicio de Mantenimiento cuenta con personal con experiencia en máquinas de *rollforming*, y programas de mantenimiento preventivo y correctivo, sin embargo, el control de riesgos mecánicos actualmente no está integrado a sus programas de trabajo.
- No existen procedimientos, capacitación ni prácticas adecuadas relacionadas con bloqueo y etiquetado, lo que aumenta el riesgo de accidentes asociados a riesgos mecánicos tanto durante la operación como durante el mantenimiento.

- Existe un plan de capacitación general para los colaboradores que operan las máquinas de *rollforming*, pero no está desarrollado para todos los procesos y no contempla la operación segura de los equipos. Adicionalmente, no se puede asegurar la calidad de las capacitaciones operativas, puesto que no cuentan con planes instruccionales, ni existe una parte responsable de controlar la calidad y el aprovechamiento de estas actividades.

- La empresa cuenta con procedimientos operativos para algunas de sus máquinas y está trabajando en el desarrollo de los restantes, pero no se ha considerado la inclusión de variables de seguridad en su estructura, por lo que los colaboradores aún capacitados en la operación de las máquinas pueden exponerse a riesgos mecánicos por desconocimiento.

- Los procesos de adquisición de la empresa no contemplan elementos de seguridad relativos al diseño y fabricación de maquinaria entre las especificaciones o requerimientos de compra, lo que implica que para futuras compras será necesario realizar análisis a toda la maquinaria que ingrese e implementaciones de diseños de ingeniería que las lleven al cumplimiento de los niveles de seguridad esperados.

- La maquinaria actualmente cuenta con algunos dispositivos como paros de emergencia y resguardos, pero estos elementos de seguridad para el control de peligros mecánicos actualmente son insuficientes.

- La maquinaria en estudio actualmente no cumple con lo establecido por la Guía para resguardos y protecciones de maquinaria y equipos del Consejo de Salud Ocupacional, y la norma INTE/ISO 12100:2016, lo que expone a los colaboradores a accidentes laborales por exposición a peligros mecánicos.

- Los peligros mecánicos con mayor grado de riesgo están ubicados en las secciones de *Forming* y *Sizing* de la máquina de Tubo 3 y en la unidad de corte de Lámina Ondulada 1 y relacionados con puntos de atrapamiento y puntos de corte.

#### **4. Recomendaciones**

- Incorporar el control de riesgos mecánicos como parte de los programas de mantenimiento preventivo y correctivo del servicio de Mantenimiento.
- Contar con un procedimiento de bloqueo y etiquetado para las máquinas de *rollforming* aplicable tanto al personal de Mantenimiento como al personal Operativo con el fin de realizar las intervenciones de forma segura.
- Incorporar la variable de seguridad en los procedimientos operativos y desarrollar sus capacitaciones cumpliendo con las características de calidad de un plan instruccional.
- Incluir especificaciones de elementos de seguridad en máquinas entre los requisitos para la adquisición de nueva maquinaria.
- Implementar un Programa de Seguridad en Máquinas que incorpore diseños de ingeniería y controles administrativos para las máquinas de *rollforming*, con el fin de reducir la exposición a peligros mecánicos.
- Asegurar que las máquinas de *rollforming* y los dispositivos de seguridad que se incorporen a través del Programa de Seguridad en Máquinas, cumplan con lo establecido por la Guía para resguardos y protecciones de maquinaria y equipos del Consejo de Salud Ocupacional, y la norma INTE/ISO 12100:2016.

## **IV. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**



PROGRAMA DE SEGURIDAD PARA EL CONTROL DE  
PELIGROS MECÁNICOS EN MÁQUINAS DE *ROLLFORMING*  
EN MACOPA ACEROS

Instalaciones y Servicios Macopa

Mauricio Ureña Navarro  
2022

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>2 de 125</b>

## ÍNDICE GENERAL

<b>A.</b>	<b>INFORMACIÓN GENERAL DE LA ORGANIZACIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>B.</b>	<b>LIDERAZGO .....</b>	<b>9</b>
1.	<b>Compromiso de la Alta Dirección .....</b>	<b>10</b>
2.	<b>Objetivos.....</b>	<b>12</b>
2.1.	<b>Objetivo General .....</b>	<b>12</b>
2.2.	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>12</b>
2.3.	<b>Comunicación del compromiso .....</b>	<b>12</b>
<b>C.</b>	<b>PARTICIPACIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>D.</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS .....</b>	<b>15</b>
1.	<b>Identificación de peligros mecánicos .....</b>	<b>16</b>
1.1.	<b>Reporte de averías por parte del personal operativo .....</b>	<b>16</b>
1.2.	<b>Inspecciones planeadas.....</b>	<b>16</b>
1.3.	<b>Recorridos de rutina.....</b>	<b>17</b>
1.4.	<b>Análisis de Peligros para Máquinas y Procesos .....</b>	<b>17</b>
2.	<b>Evaluación de riesgos .....</b>	<b>20</b>
<b>E.</b>	<b>PREVENCIÓN Y CONTROL DE RIESGOS .....</b>	<b>26</b>
1.	<b>Controles de Ingeniería .....</b>	<b>27</b>
1.1.	<b>Resguardos de seguridad .....</b>	<b>27</b>
1.2.	<b>Sensores.....</b>	<b>29</b>
1.3.	<b>Propuestas de diseño para las máquinas en estudio .....</b>	<b>30</b>
1.3.1.	<b>Propuestas de diseño para Tubo 3.....</b>	<b>31</b>
1.3.2.	<b>Costo de materiales para las propuestas de diseño de Tubo 3 .....</b>	<b>37</b>
1.3.3.	<b>Evaluación de las propuestas de Tubo 3.....</b>	<b>40</b>
1.3.4.	<b>Propuestas de diseño para Lámina Ondulada 1.....</b>	<b>49</b>
1.3.5.	<b>Costo de materiales para las propuestas de diseño de Lámina Ondulada</b>	
<b>1</b>	<b>.....</b>	<b>52</b>
1.3.6.	<b>Evaluación de las propuestas de Lámina Ondulada 1 .....</b>	<b>55</b>



2. Controles Administrativos.....	62
<b>INSTRUCTIVO DE SEGURIDAD EN MÁQUINAS .....</b>	<b>63</b>
1. Objetivo.....	64
2. Alcance .....	64
3. Responsabilidades .....	64
1.1 Presidencia.....	64
1.2 Jefaturas.....	65
1.3 Supervisores .....	65
1.4 Servicio de Salud Ocupacional.....	66
1.5 Colaboradores.....	67
4. Lineamientos Generales .....	67
5. Comunicación de Peligros .....	70
6. Inspecciones .....	70
7. Remoción no autorizada de protecciones de la maquinaria.....	73
8. Capacitación.....	74
9. Revisión Periódica del Instructivo .....	75
10. Referencias .....	76
<b>INSTRUCTIVO DE BLOQUEO Y ETIQUETADO .....</b>	<b>77</b>
1. Objetivo.....	78
2. Alcance .....	78
3. Responsabilidades .....	78
3.1. Gerencia .....	78
3.2. Servicio de Salud Ocupacional (SSO).....	79
3.3. Supervisores de Operaciones y Mantenimiento.....	79
4. Definiciones.....	80
5. Lineamientos Generales .....	81
6. Procedimientos de Control de Energía .....	82
6.1. Procedimiento para la desenergización de máquinas y equipos .....	82

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>4 de 125</b>

6.2.	Procedimiento básico para retirar los elementos de bloqueo y etiquetado, y restablecer la operación de la máquina .....	83
6.3.	Cambios de Turno .....	84
6.4.	Eliminación no rutinaria de un dispositivo de bloqueo y etiquetado .....	84
6.5.	Dispositivos para el aislamiento de energía, candados y etiquetas .....	85
7.	Capacitación.....	87
8.	Revisión Periódica del Instructivo .....	93
9.	Referencias.....	93
F.	CAPACITACIÓN.....	94
	Objetivo.....	95
	Objetivos Específicos .....	95
	Lineamientos Generales .....	95
G.	CUMPLIMIENTO LEGAL .....	103
H.	EVALUACIÓN Y MEJORA.....	106
I.	CONTROL DE CAMBIOS.....	112
J.	INVERSIÓN Y RECURSOS .....	115
K.	CRONOGRAMA DEL PROGRAMA DE SEGURIDAD EN MÁQUINAS .....	120
L.	CONCLUSIONES .....	122
M.	RECOMENDACIONES .....	124



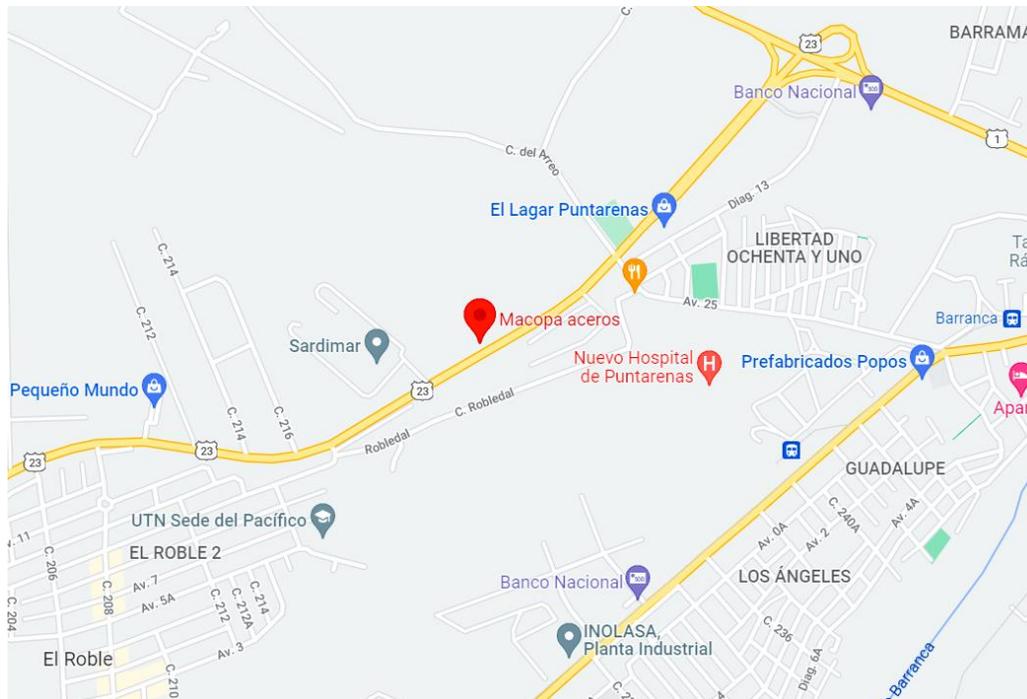
## INFORMACIÓN GENERAL DE LA ORGANIZACIÓN

El presente Programa de Seguridad en Máquinas se estructura a partir las pautas brindadas por la norma INTE T29:2016 Guía para la elaboración de programas de salud y seguridad en el trabajo, el cual incluye las secciones: Liderazgo, Participación, Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos, Prevención y control de riesgos, Capacitación, Cumplimiento legal, Evaluación y mejora, y finalmente Control de Cambios. Este documento formará parte del Plan de Salud Ocupacional general de Macopa, el cual ya ha sido oficializado por el área de Gestión del Sistema.

La División de Aceros de Instalaciones y Servicios Macopa se encuentra ubicada en el Roble de Puntarenas, contiguo a Alimentos ProSalud (Figura 8), en una planta industrial de 16.000 m<sup>2</sup>, cuyas coordenadas son 9°59'23.9"N 84°43'28.7"O.

**Figura 8**

*Ubicación de Macopa Aceros*



**Fuente:** Google Maps

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	VERSIÓN 1
		Página 7 de 125

La División de Macopa Aceros realiza labores de manufactura con acero galvanizado y hierro negro, por medio de máquinas de *rollforming* (formadoras de metal por medio de rodillos) en diferentes calibres.

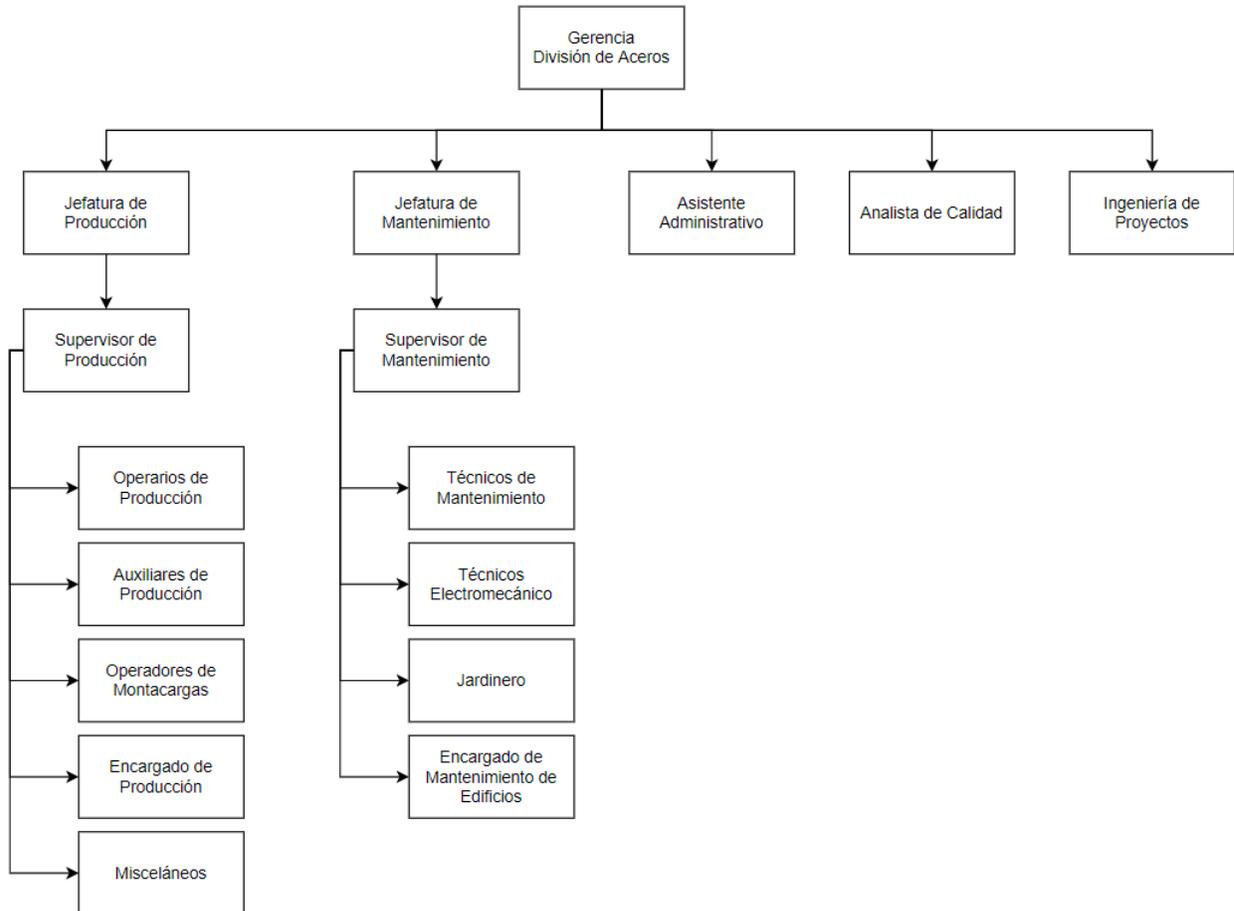
La materia prima principal de la División consiste en bobinas de acero de diferentes tipos, laminadas en caliente, laminadas en frío, o con recubrimiento de zinc, y pueden ser procesadas tal como vienen o ser cortadas en flejes de anchos determinados por medio de la línea de corte, de acuerdo con las necesidades de producción.

Las láminas o los flejes se hacen pasar por máquinas que cuentan con rodillos y masas metálicas que van dando forma a la materia prima de acuerdo con el tipo de metal y su calibre, finalmente se obtienen diferentes productos terminados tales como perlin estructural, tubos estructurales, láminas onduladas y rectangulares para techo, y perfilería para gypsum.

La División de Aceros cuenta con 95 colaboradores distribuidos en diferentes áreas y servicios, entre los cuales hay 32 trabajadores operativos asignados a las máquinas de *rollforming*. En la Figura 9, se muestra el detalle de la organización interna de la División de Aceros.

**Figura 9**

*Organigrama de la División de Aceros de Instalaciones y Servicios Macopa*



Información de Contacto: teléfono 2010-7300, correo electrónico: [servicioalcliente@macopa.com](mailto:servicioalcliente@macopa.com), sitio web: [www.macopa.com](http://www.macopa.com).



## LIDERAZGO

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	VERSIÓN 1
		Página <b>10 de 125</b>

Todo Programa de Salud y Seguridad Ocupacional requiere del liderazgo de las Altas Jefaturas para lograr su implementación, a continuación, se presenta el compromiso asumido por la Presidencia por medio de la Política Integrada de Gestión

### **1. Compromiso de la Alta Dirección**

A partir de la incursión de la empresa en la certificación de la norma INTE/ISO 50001, el 5 de octubre del 2020, la Presidencia generó una Política Integrada del Sistema de Gestión, en la cual se concientiza sobre los riesgos a la salud y seguridad de sus operaciones y se compromete entre otros, a proporcionar condiciones de trabajo seguras para la prevención de lesiones laborales (Figura 10).

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>11 de 125</b>

## Figura 10

### *Política Integrada del Sistema de Gestión MACOPA*



#### **Política Integrada Sistema de Gestión MACOPA**

MACOPA es una empresa nacional que fabrica y distribuye Sistemas Livianos, de Acero, Vidrio y Aluminio para el sector de la construcción e industria.

Estas operaciones se llevan a cabo, en su totalidad, cumpliendo rigurosamente con los requisitos aplicables para cada uno de los productos fabricados en nuestra empresa, así como, con un total apego al seguimiento y cumplimiento de los requisitos legales aplicables para nuestras operaciones junto con los otros requisitos derivados de la comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas.

Asimismo, en MACOPA, somos conscientes de los impactos ambientales que pueden generar las actividades, productos y servicios propios de las operaciones normales de nuestra empresa tales como el uso y consumo de energía asociados tanto a la eficiencia energética como a riesgos para la salud y seguridad de nuestros colaboradores, contratistas, visitantes y personas en las cercanías que pudieran verse afectadas por las actividades de la organización.

Dado la importancia trascendental de los elementos mencionados anteriormente, hemos diseñado un Sistema de Gestión basado en procesos y enfocado en la mejora continua para apoyar la dirección estratégica y el cumplimiento de los objetivos en los distintos alcances, funciones y niveles pertinentes.

En MACOPA, nos comprometemos a:

- Aumentar la satisfacción del cliente.
- Proteger el medio ambiente.
- Prevenir la contaminación.
- Proporcionar condiciones de trabajo seguras y saludables para la prevención de lesiones y deterioro de la salud relacionados con el trabajo.
- Involucrar a nuestros colaboradores para alcanzar los objetivos trazados.
- Asegurar la disponibilidad de la información y de los recursos necesarios para la gestión de la energía.
- Apoyar la adquisición de productos y servicios de eficiencia energética y actividades de diseño que impacten la mejora del desempeño energético.

**Fuente:** Sistema de Gestión de Macopa

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>12 de 125</b>

## 2. Objetivos

A continuación, se indica el objetivo general, así como los objetivos específicos del Programa de Seguridad en Máquinas.

### 2.1. Objetivo General

Establecer un programa de seguridad en máquinas para el control de los riesgos mecánicos presentes en la elaboración de perfiles metálicos, para el personal operativo de la División de Aceros de Instalaciones y Servicios Macopa S.A.

### 2.2. Objetivos Específicos

2.2.1. Definir diseños de ingeniería para la intervención de las máquinas de *rollforming*, capaces de incidir positivamente en el control de riesgos mecánicos.

2.2.2. Establecer controles administrativos que complementen los diseños de ingeniería para reducir la exposición a peligros mecánicos y reducir la accidentabilidad.

2.2.3. Establecer el procedimiento de intervención de las máquinas de *rollforming* presentes en la División de Aceros.

### 2.3. Comunicación del compromiso

El compromiso adquirido por Instalaciones y Servicios Macopa con respecto al cumplimiento de las normas de salud y seguridad ocupacional, es comunicado a toda la organización a través del *SharePoint*, la cual es la plataforma oficial de comunicación interna. Para los colaboradores que no cuentan con correo electrónico con dominio de Macopa, las comunicaciones son replicadas por medio de su correo electrónico personal, y como medida de refuerzo, las comunicaciones oficiales son publicadas en pizarras informativas y discutidas por medio de reuniones de grupo.



## **PARTICIPACIÓN**

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>14 de 125</b>

Con el fin de establecer la participación en el Programa de Seguridad en Máquinas (PSM) del personal involucrado, tal como jefaturas, mandos medios y personal operativo, se establece la obligatoriedad de los siguientes lineamientos:

- Las reuniones realizadas para la identificación de riesgos e investigación de accidentes deben contar con al menos un representante de cada grupo.
- El seguimiento de los resultados será notificado a todos los niveles de la División por medio de las vías de comunicación oficiales (*SharePoint*, correo electrónico, pizarras informativas y reuniones de grupo).
- Cuando se incorporen contratistas o personal temporal al proceso productivo con máquinas de *rollforming*, se debe realizar una reunión y capacitación previa para definir las tareas autorizadas, responsabilidades respecto al PSM y habilidades requeridas para la ejecución del trabajo.
- La comunicación sobre preocupaciones de salud y seguridad entre personal operativo y los supervisores, mandos medios, jefaturas y gerencia, se realizará de forma horizontal en la medida de lo posible, y todas las inquietudes reportadas serán transmitidas al Servicio de Salud Ocupacional (SSO) y a la Comisión de Salud Ocupacional (CSO) para su revisión.
- En caso de presentarse barreras que obstaculicen la participación de los colaboradores en el PSM, se debe dar aviso al SSO para escalar las situaciones que lo requieran a la Alta Dirección.



# IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>16 de 125</b>

## 1. Identificación de peligros mecánicos

Los peligros mecánicos relacionados con la operación de máquinas de *rollforming* pueden ser identificados por medio de diferentes herramientas:

### 1.1. Reporte de averías por parte del personal operativo

El personal operativo de las máquinas de *rollforming* deberán reportar al servicio de Mantenimiento cualquier avería en los dispositivos de seguridad de la maquinaria, incluyendo resguardos, sensores y paros de emergencia.

El personal del Servicio de Mantenimiento debe llevar una bitácora con las averías reportadas por el personal operativo con el fin de identificar nuevos peligros y prever fallos reincidentes, utilizando la App existente para el registro de Órdenes de Trabajo, la cual queda registrada en una lista de *Sharepoint* (intranet).

El Servicio de Mantenimiento debe generar un informe mensual para el área de Producción y para el Servicio de Salud Ocupacional en el cual se indique como mínimo:

- Listado de averías reportadas y atendidas (relacionadas con el control de peligros mecánicos).
- Fecha de la avería
- Máquina afectada
- Tiempo de reacción para la reparación

### 1.2. Inspecciones planeadas

Es una técnica de carácter preventivo, utilizada con el fin de detectar condiciones y prácticas de trabajo riesgosas resultantes del desarrollo de la actividad laboral. Con esta herramienta se pretende identificar factores de riesgo causantes de pérdidas (tanto lesiones y enfermedades como pérdidas económicas para la empresa), informar los riesgos que no hayan sido corregidos y los que se presenten como nuevos.

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>17 de 125</b>

Se realiza mediante la visita al puesto de trabajo y con ayuda de una Lista de Verificación (LV), que se debe generar producto de los Procedimientos Operativos, normas técnicas y documentos de referencia, y se modificarán cada vez que se presenten variaciones en el proceso productivo o en las disposiciones de seguridad.

Las inspecciones planeadas pueden ser realizadas por el Servicio de Mantenimiento, el Servicio de Salud Ocupacional o la Comisión de Salud Ocupacional.

### **1.3. Recorridos de rutina**

Los recorridos de rutina se realizan mediante la visita al puesto de trabajo, pero a diferencia de las Inspecciones Planeadas no requieren Listas de Verificación, sino que la información se recopila a partir de observación de la maquinaria, de la ejecución de las tareas y del abordaje de los trabajadores.

A partir de los hallazgos detectados en los recorridos de rutina, se generará un informe y se definirán planes de acción para solventar las desviaciones detectadas.

Los recorridos de rutina pueden ser realizados por el Servicio de Mantenimiento, el Servicio de Salud Ocupacional o la Comisión de Salud Ocupacional.

### **1.4. Análisis de Peligros para Máquinas y Procesos**

El Análisis de Peligros para Máquinas y Procesos se realiza con participación de las partes involucradas, incluyendo representación de las Jefaturas, Mandos Medios, personal de Mantenimiento, SSO y colaboradores operativos.

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	VERSIÓN 1
		Página <b>18 de 125</b>

Para realizar el proceso de análisis se debe llenar la matriz establecida en el Plan de Salud Ocupacional (Cuadro 9), siguiendo los siguientes pasos mencionados a continuación:

- Identificar las secciones de la máquina o pasos de un proceso
- Identificar las tareas que se realizan en cada sección o paso
- Identificar los peligros asociados a cada tarea
- Definir recomendaciones para minimizar, controlar o eliminar los peligros

**Cuadro 9**

*Matriz de análisis de peligros para máquinas y procesos*

	<b>Matriz de análisis de peligros para máquinas y procesos</b>		<b>Código</b>	
			<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>
			<b>PÁGINA</b>	<b>1 de 1</b>
<b>ELABORADO POR:</b>	<b>SALUD OCUPACIONAL</b>	<b>APROBADO POR:</b>	<b>GERENTE RECURSOS HUMANOS</b>	

División _____	Fecha _____
Máquina o Proceso _____	
Realizado por _____	

Pasos / Secciones	Tareas	Peligros	Recomendaciones

**Fuente:** Macopa, 2022

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de rollforming en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>1 de 256</b>

## 2. Evaluación de riesgos

La evaluación del riesgo se debe realizar a todos los peligros mecánicos identificados, utilizando la Matriz de Priorización de Riesgos establecida en el Plan de Salud Ocupacional de la empresa (Cuadro 10).

El procedimiento de análisis de evaluación del riesgo se debe realizar siguiendo los siguientes pasos:

- Describir las desviaciones identificadas en la máquina o proceso.
- Identificar el peligro mecánico que implica la desviación.
- Asignar un valor numérico a la Consecuencia, Exposición y Probabilidad, siguiendo los criterios establecidos en el Cuadro 11.
- Establecer el Grado de Riesgo (GR) obtenido del producto las variables anteriores (*Consecuencia x Exposición x Probabilidad = Grado de Riesgo*).
- Clasificar el riesgo a partir del GR obtenido, siguiendo el criterio establecido en el Cuadro 12.
- Establecer medidas de control para los peligros identificados.
- Definir a las personas responsables de la corrección.
- Establecer fechas límite para la implementación, priorizando la intervención a partir de la clasificación del riesgo obtenido, iniciando con los riesgos más graves hasta los más leves.
- Pasado el periodo de implementación definido, se debe revisar el estado del cumplimiento e indicar el avance.
- Finalmente se debe realizar una reestimación del riesgo para determinar si con la intervención realizada se controló el peligro inicial o se redujo la clasificación del riesgo.

**Cuadro 10**

*Matriz de Priorización de Riesgos*

	<b>Matriz de Priorización de Riesgos</b>		<b>CÓDIGO:</b>	
			<b>VERSIÓN</b>	<b>2</b>
			<b>PÁGINA</b>	<b>1 de 1</b>
<b>ELABORADO POR:</b>	<b>SALUD OCUPACIONAL</b>	<b>APROBADO POR:</b>	<b>GERENTE RECURSOS HUMANOS</b>	

División: \_\_\_\_\_  
Planta o Proceso evaluado: \_\_\_\_\_

Fecha de elaboración: \_\_\_\_\_  
Elaborado por: \_\_\_\_\_

PLAN DE ACCIÓN PARA LAS DESVIACIONES IDENTIFICADAS										RESULTADOS DE LA REEVALUACIÓN		
#	Descripción de la desviación identificada	Peligro	Evaluación del Riesgo					Medida de Control	Responsable	Fecha límite	Estado de cumplimiento	Reestimación del Grado de Riesgo
			Consecuencia	Exposición	Probabilidad	Grado de Riesgo	Clasificación del Riesgo					

**Cuadro 11**

*Evaluación de las Condiciones de Peligrosidad de los Riesgos de Mayor Impacto*

FACTOR	CLASIFICACIÓN	VALOR
<b>1. CONSECUENCIAS</b> Resultado más probable si se materializa el riesgo.	1. Varias muertes o efectos masivos.	50
	2. Muerte.	40
	3. Lesiones extremadamente graves (permanentes, amputaciones, incapacitantes).	30
	4. Enfermedades incapacitantes.	20
	5. Lesiones incapacitantes.	10
	6. Heridas, politraumatismos menores.	5
	7. Lesiones leves no incapacitantes que causan pequeño daño.	1
<b>2. EXPOSICIÓN</b> Relación que tiene el colaborador (es) con el riesgo durante su jornada.	1. Continuamente (100% de la jornada).	10
	2. Frecuentemente (80% a menos del 100% de la jornada, o muchas veces al día).	8
	3. Moderadamente (del 50% a menos del 80% de la jornada, o 1 vez al día).	6
	4. Ocasionalmente (de 5% a menos de 50% de la jornada, o 1 vez a la semana).	5
	5. Raramente (del 1% a menos del 5% de la jornada, o 1 vez al mes).	2
	6. Remotamente posible (menos del 1% de la jornada laboral, se sabe que ocurre).	1
	7. No existe contacto con el riesgo, no se sabe si haya ocurrido.	0,5
<b>3. PROBABILIDAD</b> Grado de certeza que la secuencia de sucesos se complete y materialicen las consecuencias.	1. Es el resultado más probable y esperado si la situación de riesgo continúa (cercano a 1).	1
	2. Es completamente posible, nada extraño de que ocurra, la probabilidad es de 0,8 a 1.	0,8
	3. Podría ser la consecuencia esperada (0,5 a 0,8).	0,6
	4. Existe la posibilidad de que ocurra (0,5).	0,4
	5. Probabilidad de moderada a baja, menor a 0,1.	0,2
	6. Sería una coincidencia remotamente posible, pero se sabe que ha ocurrido.	0,1
	7. Nunca ha sucedido, pero es concebible.	0,05
<b>Relación para definir el Grado de Riesgo</b> GR = Consecuencias (C) x Exposición (E) x Probabilidad (P)		

Fuente: Macopa, 2022

## Cuadro 12

### Orientación sobre el Grado de Riesgo

CRITERIOS POR CONSIDERAR	RANGO DE GR
<b><u>RIESGO INSOPORTABLE</u></b> Son riesgos cuyas consecuencias, afectan a los colaboradores en forma importante, no admiten retraso en las acciones para su atención. Requiere corrección inmediata, la actividad debe ser detenida hasta que el riesgo se haya controlado.	<b>Mayor de 450</b>
<b><u>RIESGO EXTREMO</u></b> Se refiere a riesgos cuya evaluación demuestra ausencia de controles, en tal sentido puede generar consecuencias importantes para los colaboradores. Requiere actuación urgente.	<b>Menor o igual a 449 Mayor de 300</b>
<b><u>RIESGO GRAVE</u></b> Riesgos que presentan características que lo hacen requerir nivel de atención, donde la participación de equipos técnicos debe proponer medidas oportunas, por cuanto pueden generar efectos o lesiones importantes. El riesgo debe ser eliminado sin demora en donde se requiere un plazo de corrección no mayor a 2 días.	<b>Menor o igual a 299 Mayor a 200</b>
<b><u>RIESGO MODERADO</u></b> Riesgos que requieren una atención adecuada por parte de los responsables de la empresa, por cuanto, hay posibilidad de que los mismos generen accidentes de consecuencias incapacitantes. Se requiere un plazo de corrección no mayor a 5 días.	<b>Menor o igual a 199 Mayor a 100</b>
<b><u>RIESGO BAJO</u></b> Procede desarrollar acciones que mantengan bajo control factores de riesgo presentes en las principales actividades que se realizan en los lugares de trabajo.	<b>Menor o igual a 99 Mayor a 30</b>
<b><u>RIESGO SOPORTABLE</u></b> Procede el control normal de los riesgos presentes en cada actividad.	<b>Menor o igual a 30</b>

Fuente: Macopa, 2022

Una vez realizada la evaluación del riesgo, se debe analizar el nivel de protección requerido (PLr) para los dispositivos de seguridad que se implementen en la maquinaria analizada, utilizando para ello la matriz indicada en el Cuadro 13.

### Cuadro 13

*Matriz para el Análisis del Nivel de Protección Requerida (PLr) según la norma INTE/ISO 13849-1*

Máquina	Elemento	Peligros	Gravedad (S1 / S2)	Frecuencia (F1 / F2)	Probabilidad (P1 / P2)	Nivel requerido PL

**Fuente:** Macopa, 2022

Este nivel de protección se evalúa siguiendo la metodología indicada en el Anexo A de la norma INTE/ISO13849-1, la cual indica que para obtener el PLr se deben considerar tres variables, Gravedad de una lesión (S1y S2), Frecuencia y/o tiempo de exposición al peligro (F1 y F2) y la Posibilidad de evitar el peligro y probabilidad de ocurrencia (P1 y P2).

La interpretación de estas variables se describe de la siguiente forma:

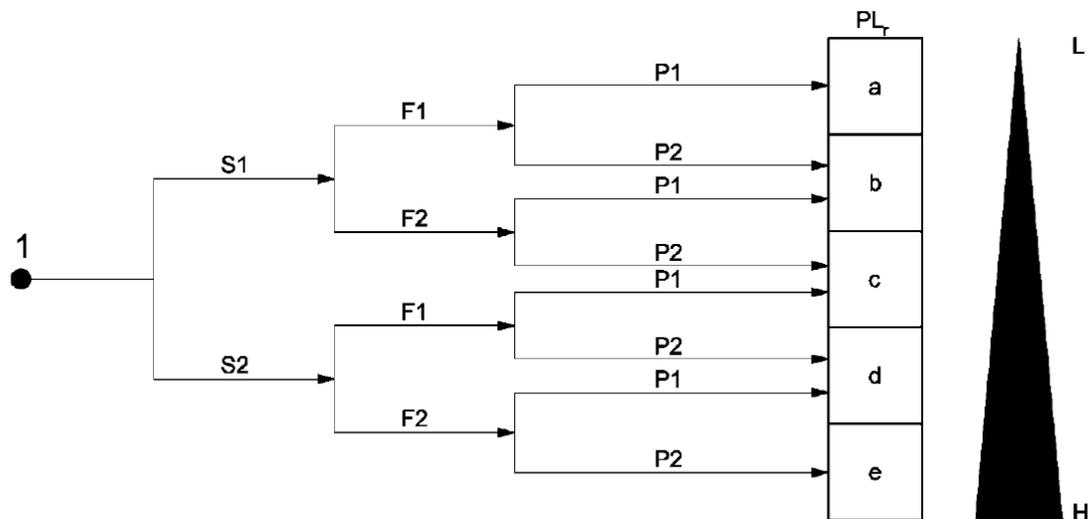
- S1 = lesiones en que tras un periodo de curación, se recuperan al 100%
- S2 = lesiones que causan discapacidades permanentes o muerte
- F1 = si el tiempo de exposición acumulado en un día no excede 1/20 de funcionamiento global y la frecuencia no es mayor de una vez cada 15 min.

- F2 = si una o varias personas están constantemente expuestas al peligro y/o la frecuencia es mayor de una vez cada 15 min.
- P1 = si hay una posibilidad real de evitar un peligro o de reducir significativamente su efecto
- P2 = si no se puede evitar el riesgo

Una vez definidos los factores anteriores, se debe seguir el esquema indicado en la Figura 11 para obtener el PLr y a partir de ahí, tomar las decisiones respecto al tipo de dispositivo de seguridad a utilizar.

**Figura 11**

*Gráfico del riesgo para determinar el nivel de desempeño requerido (PLr) para cada función de seguridad*



Fuente: INTECO, 2016



## PREVENCIÓN Y CONTROL DE RIESGOS

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>27 de 125</b>

## 1. Controles de Ingeniería

A continuación, se presentan una breve introducción sobre los principales elementos de seguridad incluidos en la propuesta de ingeniería, así como los controles propuestos para las máquinas en estudio.

### 1.1. Resguardos de seguridad

Los resguardos de seguridad para máquinas pueden tener diversas formas, materiales y tipos, pero todos ellos deben cumplir con la función de impedir o dificultar el acceso de personas o partes del cuerpo a diferentes puntos de peligro. En el presente diseño de ingeniería se proponen diferentes tipos de resguardos:

- **Resguardos Fijos.** No cuentan con partes móviles ni dependen del funcionamiento de la máquina, e impiden el acceso a la zona o al punto de peligro.
- **Resguardo Distanciador.** Se considera un resguardo fijo, pero no cubre en su totalidad la zona o punto de peligro, sino que mantiene al trabajador o sus extremidades fuera del alcance normal.
- **Resguardo de enclavamiento.** Se trata de resguardos conectados al sistema de mando de la máquina por medio de sensores, que evitan la puesta en marcha del equipo mientras el resguardo se encuentre abierto. Mientras estos resguardos están cerrados, se evita el acceso del trabajador o sus extremidades a la zona o punto de peligro.

Las propuestas de intervención para las máquinas han sido seleccionadas a partir de los siguientes lineamientos:

- Las partes móviles de las máquinas como masas, rodillos, portarrollos y carros que cuenten con traslación, deben ser protegidas o cubiertas con resguardos adecuados.
- Los resguardos instalados deben impedir el acceso de los colaboradores o de partes de su cuerpo a las zonas o puntos de peligro.

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>28 de 125</b>

- Los resguardos serán pintados de color amarillo según lo establecido en la norma INTE 31-07-01:2016. Requisitos para la aplicación de colores y señalización de seguridad e higiene en los centros de trabajo.
- Los resguardos deben poder fijarse sólidamente, ser de materiales incombustibles y contar con la suficiente resistencia mecánica para soportar el trabajo regular.
- Todos los elementos de protección deben permanecer estables, bien sujetos y contruidos de forma que no se abran o muevan de forma accidental.
- La construcción de los resguardos fijos no deber permitir su remoción por parte los trabajadores de forma accidental o voluntaria, y deben ser hechos a prueba de errores, curiosidad, distracción, negligencia, etc.
- El fallo en los elementos de seguridad de la maquinaria que ponga en peligro al trabajador o a terceros, pondrá el equipo fuera de operación hasta que la avería sea subsanada.
- Los resguardos fijos serán utilizados como primera opción, cuando no sea necesario el ingreso del colaborador o de sus extremidades a la zona o punto de peligro.
- En caso de que sea necesario el acceso del colaborador o una de las partes de su cuerpo a una zona o punto de peligro, se utilizarán elementos como resguardos de enclavamiento o detectores de presencia. Dependiendo de la condición analizada, se pueden utilizar diferentes elementos combinados para ofrecer la mayor protección.
- Los resguardos no deben generar nuevos riesgos tales como superficies rugosas, partes punzocortantes, puntos de tropiezo, etc.
- Los resguardos deben permitir reparaciones en caso de daño y facilitar el mantenimiento de la máquina.
- Los resguardos no deben afectar la operación de la máquina ni reducir la producción esperada.

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>29 de 125</b>

## 1.2. Sensores

En complemento con los resguardos diseñados, se propone la inclusión de diferentes tipos de sensores utilizados como medios de protección. Todos los sensores propuestos cuentan con configuración redundante, para asegurar su correcto funcionamiento en caso de que falle uno de sus detectores.

Existen diversos tipos de estos elementos, cada uno se adapta a diferentes necesidades, sin embargo, en las propuestas de diseño para las máquinas en estudio se incluye dos tipos de detectores.

**Detectores Mecánicos.** Están conectados con el sistema de mando de la máquina y son accionados por impulso mecánico o por imanes. Entre los dispositivos a utilizar se encuentran:

- Contactores y relevadores de seguridad: Son magnéticos y se utilizan en conjunto con resguardos de enclavamiento.
- Interruptor de accionamiento por cable: Consiste en una línea metálica con sensor en su extremo, en caso de halarlo, el sensor envía la señal de parada.
- Botones de paro de emergencia: Sistema similar al anterior, pero consiste en botones de color rojo que activan la señal de parada al ser accionados.

**Detectores fotoeléctricos.** Son dispositivos que utilizan sensores fotoeléctricos que responden al cambio en la intensidad de la luz. En este diseño se proponen dos tipos de sensor:

- Cortinas de luz: Consiste en elementos con emisores de luz en un extremo y receptores en otro, ubicado a cierta distancia, en caso de interrumpirse el haz de luz, se envía la señal de parada al sistema de mando de la máquina.

### 1.3. Propuestas de diseño para las máquinas en estudio

Se han planteado propuestas de diseño para cada una de las máquinas en estudio, estas son la máquina de Tubo 3 y la Máquina de Lámina Ondulada 1. Las opciones seleccionadas, posteriormente pueden ser replicadas con sus respectivas modificaciones en Tubo 1 y Tubo 5, así como en Lámina Ondulada 2 y Lámina Rectangular.

Para seleccionar adecuadamente los elementos de protección presentes en las propuestas de diseño, se ha determinado el nivel de protección requerido (PLr) para los componentes electrónicos (sensores y dispositivos de enclavamiento) el cual se detalla en el Cuadro 14.

#### Cuadro 14

*Matriz de evaluación del nivel de protección de los dispositivos de seguridad según la norma ISO13849-1*

Máquina	Elemento	Peligros	Gravedad (S1 / S2)	Frecuencia (F1 / F2)	Probabilidad (P1 / P2)	Nivel requerido PL
Tubo 3	Acumulador (Micro de seguridad)	Puntos de atrapamiento	S2	F1	P1	c
	<i>Forming</i> (Cortina de luz)	Puntos de atrapamiento	S2	F2	P1	d
	<i>Sizing</i> (Cortina de luz)	Puntos de atrapamiento	S2	F2	P1	d
	Sierra (Cortina de luz y micro de seguridad)	Elemento móvil en espacio restringido Puntos de corte	S1	F1	P1	a
Lámina Ondulada 1	Rodillaje (Cortina de luz)	Puntos de atrapamiento	S2	F1	P1	c
	Unidad de Corte (Micro de seguridad)	Puntos de corte	S2	F2	P1	d

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>31 de 125</b>

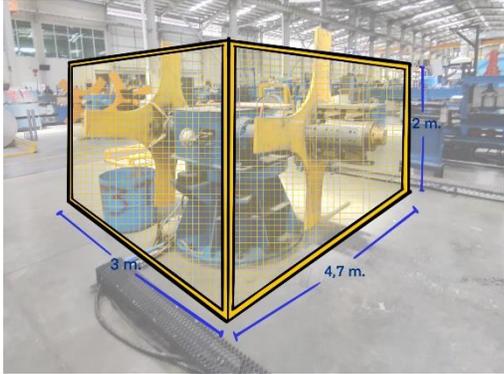
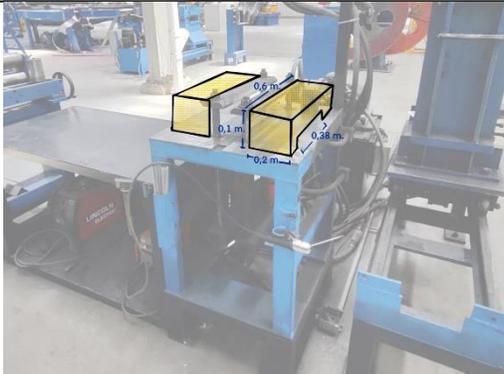
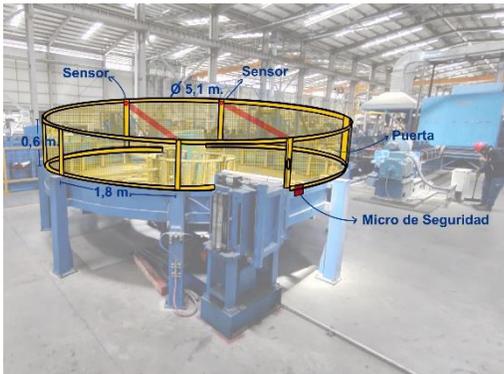
Según la metodología indicada en la norma INTE/ISO 13849-1, para los elementos con un nivel de protección requerido de “a” y “c”, esta protección se puede lograr con sistemas de un solo canal muy fiables (categoría 1), sistemas de un solo canal con comprobación (categoría 2) o con arquitecturas redundantes (categoría 3). En el caso de los elementos con nivel de protección requerido clasificados como “d”, el desempeño generalmente se puede obtener con arquitecturas redundantes (categorías 2 o 3). Con el fin de asegurar el desempeño, todos los elementos electrónicos incluidos en la propuesta cuentan con arquitecturas redundantes.

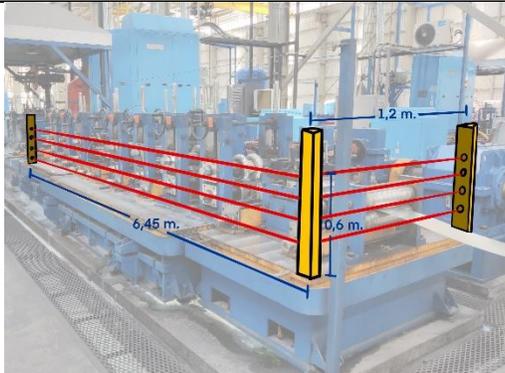
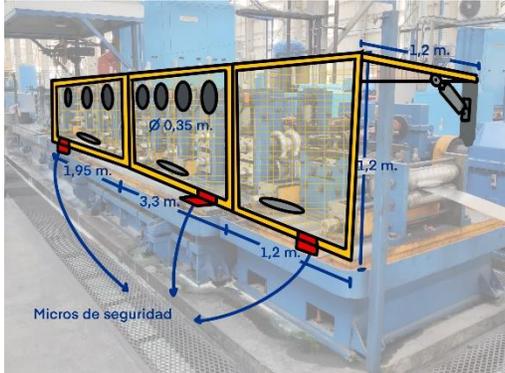
Para estas máquinas se generaron dos propuestas, en ambos casos la primera opción se perfiló como la solución óptima a partir de los recursos disponibles para la organización, y posteriormente una segunda opción que, si bien atiende los aspectos de seguridad y cumple con la normativa establecida, incorpora menor automatización y cuenta con menor accesibilidad por parte de los trabajadores.

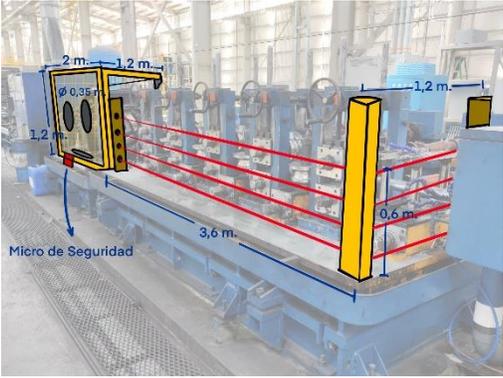
### **1.3.1. Propuestas de diseño para Tubo 3**

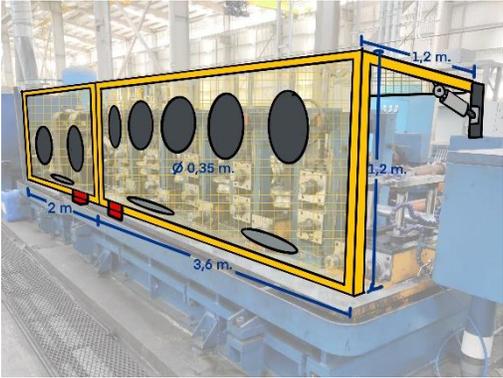
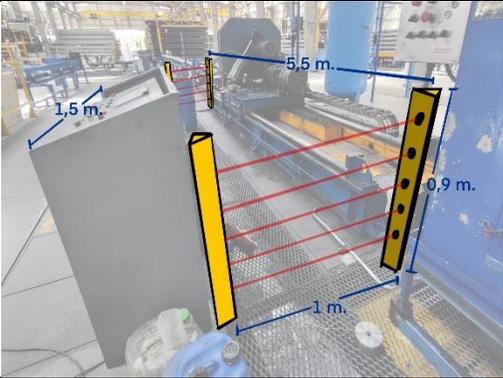
Los diseños propuestos para Tubo 3, son aplicables también para Tubo 1 y Tubo 5, haciendo las respectivas modificaciones de tamaño de acuerdo con cada máquina (Cuadro 15).

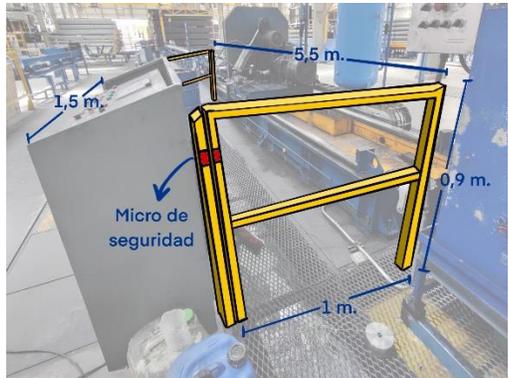
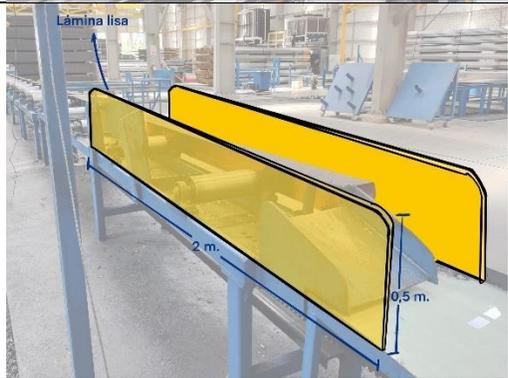
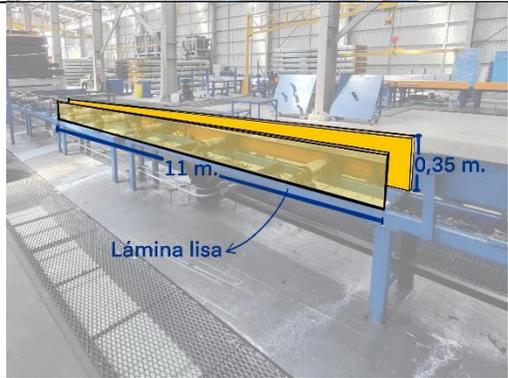
**Cuadro 15.** Especificaciones para la propuesta de diseño de Tubo 3.

Sección	Elemento	Opción 1	Opción 2	Cantidad
Portarrollo		Tubo cuadrado 50 x 50 x 1,8 mm. Galvanizado HG	Tubo de aluminio 2" x 2"	5
		Lámina de metal expandido (Jordomex) 1,22 m. x 2,44 m. x 3 mm.	Lámina de acrílico de 1,22 m. x 2,44 m. x 3 mm.	4
		Lámina de metal expandido (Jordomex) 1,22 m. x 2,44 m. x 3 mm.	Lámina de hierro negro lisa de 1,22 m. x 2,44 m. x 1,6	1
Acumulador		Tubo cuadrado 50 x 50 x 1,5 mm. Galvanizado HG	Tubo cuadrado 50 x 50 x 1,8 mm. Galvanizado HG	7
		Lámina de metal expandido (Jordomex) 1,22 m. x 2,44 m. x 3 mm.	Lámina de acrílico de 1,22 m. x 2,44 m. x 3 mm.	5
		Micro de seguridad actuador magnético	Micro de seguridad actuador magnético	1
		Cortina de luz	Cortina de luz	2
		Relé de seguridad	Relé de seguridad	1

Sección	Elemento	Opción 1	Opción 2	Cantidad
<b>Forming</b>		Cortina de luz con espejo		1
		Relé de seguridad		1
			Tubo cuadrado 25 x 25 x 1,5 mm. Galvanizado HG	6
			Lámina de metal expandido (Jordomex) 1,22 m. x 2,44 m. x 3 mm.	7
			Pistones neumáticos de 80 mm de diámetro y 75 mm. de carrera	4
			Micro de seguridad actuador magnético	3
			Relé de seguridad	1
			Agarraderas metálicas	3

Sección	Elemento	Opción 1	Opción 2	Cantidad
<b>Sizing</b>		Cortina de luz con espejo		1
		Micro de seguridad actuador magnético		1
		Relé de seguridad		1
		Tubo cuadrado 25 x 25 x 1,5 mm. Galvanizado HG		2
		Lámina de metal expandido (Jordomex) 1,22 m. x 2,44 m. x 3 mm.		2
		Pistón neumático de 80 mm de diámetro y 75 mm. de carrera		1
		Agarradera		1

Sección	Elemento	Opción 1	Opción 2	Cantidad
Sizing			Micro de seguridad actuador magnético	2
			Relé de seguridad	1
			Tubo cuadrado 25 x 25 x 1,5 mm. Galvanizado HG	4
			Lámina de metal expandido (Jordomex) 1,22 m. x 2,44 m. x 3 mm.	6
			Pistones neumáticos de 80 mm de diámetro y 75 mm. de carrera	3
			Agarradera	2
Sierra		Cortina de luz		2
		Relé de seguridad		1
		Tubo cuadrado 50 x 50 x 1,5 mm. Galvanizado HG		2

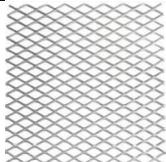
Sección	Elemento	Opción 1	Opción 2	Cantidad
Sierra	 <p>Micro de seguridad</p>		Micro de Seguridad con actuador magnético	2
			Relé de seguridad	1
			Tubo cuadrado 50 x 50 x 1,5 mm. Galvanizado HG	3
Sierra	 <p>Micro de Seguridad</p>	Micro de Seguridad con actuador magnético	Micro de Seguridad con actuador magnético	1
	 <p>Lámina lisa</p>	Lámina lisa de 3,17 mm	Lámina de acrílico transparente de 1,22 m. x 2,44 m. x 5 mm.	1
Stacker	 <p>Lámina lisa</p>	Lámina lisa de 3,17 mm	Lámina de acrílico transparente de 1,22 m. x 2,44 m. x 5 mm.	3

### 1.3.2. Costo de materiales para las propuestas de diseño de Tubo 3

A continuación, se muestra el costo de los materiales requeridos para la implementación de las dos propuestas de diseño. Se debe considerar que los materiales marcados con un asterisco (\*), son producidos o vendidos por Macopa, por lo que, para éstos, no se debería hacer un proceso de compra, sino, una salida de inventario (Cuadro 16 y 17).

#### Cuadro 16

##### *Propuesta económica para la primera opción de diseño para Tubo 3*

Especificación	Imagen	Precio ud. (¢)	Cantidad	Total (¢)
*Tubo cuadrado 50 x 50 x 1,8 mm. Galvanizado HG		¢13.541	5	¢67.705
*Tubo cuadrado 50 x 50 x 1,5 mm. Galvanizado HG		¢11 374	9	¢102 366
*Tubo cuadrado 25 x 25 x 1,5 mm. Galvanizado HG		¢5 782	2	¢11 564
Lámina de metal expandido (Jordomex) 1,22 m. x 2,44 m. x 3 mm.		¢38 000	12	¢456 000
*Lámina lisa de 3,17 mm		¢57 678	4	¢230 712

Pistones neumáticos de 80 mm de diámetro y 75 mm. de carrera		€108 800	1	€108 800
Agarradera metálica		€3 000	1	€3 000
** Micro de seguridad actuador magnético SensaGuard Rectangular		*** €118 496	3	€355 489
** Cortina de luz de Acumulador 450L <i>GuardShield</i>		*** €578 766	2	€1 157 532
** Cortina de luz de <i>Forming</i> 450L <i>GuardShield</i>		*** €3 208 965	1	€3 208 965
** Cortina de luz de <i>Sizing</i> 450L <i>GuardShield</i>		*** €3 626 174	1	€3 626 174
** Cortina de luz de Sierra 450L <i>GuardShield</i>		*** €3 154 909	1	€3 154 909
** Relé de seguridad GuardMaster 440C (Lógica de la máquina)		*** €932 754	1	€932 754
<b>Total</b>				<b>€13 415 970</b>

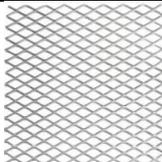
\* Materiales producidos por Macopa

\*\* Incluye elementos de seguridad, más los accesorios requeridos para montaje

\*\*\* Precio en dólares convertido a colones a un tipo de cambio de €670 por U.S. Dólar

**Cuadro 17**

*Propuesta económica para la segunda opción de diseño para Tubo 3*

Especificación	Imagen	Precio ud. (¢)	Cantidad	Total (¢)
*Tubo de aluminio 50 x 50		¢42 330	5	¢211 650
*Tubo cuadrado 50 x 50 x 1,8 mm. Galvanizado HG		¢13 541	7	¢94 787
*Tubo cuadrado 50 x 50 x 1,5 mm. Galvanizado HG		¢11 374	3	¢34 122
*Tubo cuadrado 25 x 25 x 1,5 mm. Galvanizado HG		¢5 782	10	¢57 820
Lámina de acrílico de 1,22 m. x 2,44 m. x 3 mm.		¢65 000	9	¢585 000
Lámina de acrílico transparente de 1,22 m. x 2,44 m. x 5 mm.		¢59 528	4	¢238 112
*Lámina de hierro negro lisa de 1,22 m. x 2,44 m. x 1,6		¢25 069	1	¢25 069
Lámina de metal expandido (Jordomex) 1,22 m. x 2,44 m. x 3 mm.		¢38 000	13	¢494 000

Pistones neumáticos de 80 mm de diámetro y 75 mm. de carrera		€108 800	7	€761 600
Agarraderas metálicas		€3 000	5	€15 000
** Micro de seguridad actuador magnético SensaGuard Rectangular		*** €118 496	9	€1 066 466
** Cortina de luz para Acumulador 450L <i>GuardShield</i>		*** €578 766	2	€1 157 532
** Relé de seguridad GuardMaster 440C (Lógica de la máquina)		*** €932 754	1	€932 754
<b>Total</b>				<b>€5 673 912</b>

\* Materiales producidos por Macopa

\*\* Incluye elementos de seguridad, más los accesorios requeridos para montaje

\*\*\* Precio en dólares convertido a colones a un tipo de cambio de €670 por U.S. Dólar

### 1.3.3. Evaluación de las propuestas de Tubo 3

A continuación, se realiza un análisis comparativo entre las dos propuestas de diseño, considerando factores de salud y seguridad, ambientales, estándares con que cumplen, económicos, culturales y sociales (Cuadro 18).

### Cuadro 18

#### Evaluación de las propuestas de diseño de Tubo 3

Propuesta 1	Salud y Seguridad	Ambientales	Estándares	Económicos	Culturales	Sociales
Instalación de elementos de seguridad para la reducción de peligros mecánicos (resguardos, barreras, sensores y paros de emergencia), así como la implementación de controles administrativos como procedimiento de Bloqueo y Etiquetado.	La propuesta reduce la exposición a peligros mecánicos limitando el acceso del cuerpo o las extremidades a los puntos de impacto, corte y atrapamiento por medio de la instalación de elementos de seguridad y la implementación de controles administrativos. Esta propuesta es más fiable que la opción dos, ya que en las secciones más críticas ( <i>Forming</i> y <i>Sizing</i> ), eliminan en su mayoría la dependencia del factor humano, ya que no requiere que el trabajador esté levantando y recolocando el resguardo móvil.	La propuesta no genera residuos ni emisiones ambientales durante la operación regular de la maquinaria. Esta propuesta genera mayor consumo energético que la segunda propuesta, pues cuenta con más componentes electrónicos, sin embargo, todos son de bajo consumo, por lo que la diferencia no es representativa. En cuanto a la vida útil y resistencia de los materiales, esta opción cuenta con materiales más resistentes, lo que genera menor cantidad de residuos por partes dañadas y reparaciones futuras.	La propuesta cumple con lo establecido por la Guía de Resguardos del Consejo de Salud Ocupacional, la norma INTE/ISO 12100:2016 y la norma INTE/ISO 13849-1:2016.	La primera propuesta requiere una inversión económica mayor. La inversión total en materiales para instalar todas las protecciones propuestas a la máquina de Tubo 3 es de \$13.415.970, sin embargo, la máquina se puede intervenir por secciones de acuerdo con la prioridad de los riesgos evaluados.	La propuesta está enfocada en eliminar los accidentes en la máquina de Tubo 3 producto de la acción de peligros mecánicos, visibilizando por medio de los elementos de seguridad los puntos de mayor riesgo y contribuyendo así a la generación de la cultura de seguridad.	La primera propuesta requiere menor intervención por parte de los colaboradores, menor fatiga por manipulación de cargas y menos cambios en los procedimientos de trabajo, lo que podría generar menor frustración en el proceso de adaptación e impactar en menor medida en la producción.



Propuesta 2	Salud y Seguridad	Ambientales	Estándares	Económicos	Culturales	Sociales
<p>Instalación de elementos de seguridad para la reducción de peligros mecánicos (resguardos, barreras, sensores y paros de emergencia) así como la implementación de controles administrativos como procedimiento de Bloqueo y Etiquetado.</p>	<p>La propuesta reduce la exposición a peligros mecánicos limitando el acceso del cuerpo o las extremidades a los puntos de impacto, corte y atrapamiento por medio de la instalación de elementos de seguridad y la implementación de controles administrativos, sin embargo, al tener menor automatización que la primera opción, su buen funcionamiento recae en parte en el factor humano.</p>	<p>La propuesta no genera residuos ni emisiones ambientales durante la operación regular de la maquinaria. Esta propuesta genera menor consumo energético que la primera propuesta, pues cuenta con menos componentes electrónicos, sin embargo, la diferencia de consumo no es representativa. Algunos materiales de esta propuesta son menos resistentes, lo que generaría más residuos producto de partes dañadas y de vida útil del sistema.</p>	<p>La propuesta cumple con lo establecido por la Guía de Resguardos del Consejo de Salud Ocupacional, la norma INTE/ISO 12100:2016 y la norma INTE/ISO 13849-1:2016.</p>	<p>La primera propuesta requiere una inversión económica menor. La inversión total en materiales para instalar todas las protecciones propuestas a la máquina de Tubo 3 es de \$5.673.912, sin embargo, la máquina se puede intervenir por secciones de acuerdo con la prioridad de los riesgos evaluados.</p>	<p>La propuesta está enfocada en eliminar los accidentes en la máquina de Tubo 3 producto de la acción de peligros mecánicos, visibilizando por medio de los elementos de seguridad los puntos de mayor riesgo y contribuyendo así a la generación de la cultura de seguridad.</p>	<p>La segunda propuesta requiere mayor intervención por parte de los colaboradores, mayor fatiga por manipulación de cargas e introduce más cambios en los procedimientos de trabajo, lo que podría generar frustración en el proceso de adaptación e impactar en la producción.</p>

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>43 de 125</b>

A partir del análisis de las dos propuestas planteadas para la máquina de Tubo 3, se ha seleccionado la primera opción como mejor alternativa de diseño.

Se ha tomado en cuenta que, para ambas opciones de diseño, las variables de cumplimiento de estándares y factores culturales no influyen directamente en la selección debido a que ambas están en igualdad de condiciones, de modo que la selección ha recaído en los factores de salud y seguridad, ambientales, económicos y sociales.

En cuanto al factor de salud y seguridad, ambas opciones cumplen el objetivo de controlar los peligros mecánicos, sin embargo, uno de los hallazgos importantes en el análisis de la situación actual, fue la injerencia del factor humano en los procesos productivos, tanto que, aunque los colaboradores saben que las máquinas actualmente no cuentan con las protecciones requeridas, atribuyen los accidentes ocurridos a comportamientos riesgosos, que a nivel estadístico, representan alrededor del 85% de los accidentes laborales (Cortes, 2012). El nivel de automatización presente en la primera opción, justamente en las secciones con un grado de riesgo más elevado (*Forming* y *Sizing*), eliminan casi en su totalidad el factor humano, lo que la hace una opción más fiable para reducir los accidentes.

Desde el punto de vista ambiental, descartando el consumo energético respecto a la segunda opción puesto que la diferencia no es representativa, la primera opción también genera beneficios en cuanto a que algunos de sus materiales de construcción son más resistentes, lo que implica una mayor vida útil y menor generación de residuos debido a reparaciones y reemplazo de elementos.

Respecto al factor económico, si bien la primera propuesta requiere una inversión mucho más elevada, se han considerado diferentes factores:

- Las barreras y resguardos de la primera opción cuentan con materiales más robustos que la segunda, y una mayor resistencia a la acción mecánica de los materiales, por lo que los costos de mantenimiento serán menores.

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>44 de 125</b>

- La resistencia mecánica y mayor vida útil de la primera opción, también genera menores tiempos improductivos por paros de la máquina.
- Las protecciones con elementos electrónicos requieren de menos o ninguna estructura metálica para su instalación, lo que implica menor mantenimiento para un funcionamiento óptimo.

Desde el punto de vista social, la primera propuesta requiere de menos cantidad de elementos mecánicos pesados que levantar continuamente y en su mayoría, la protección no reduce la visibilidad en las partes críticas de la máquina, las cuales deben ser monitoreadas continuamente para asegurar el buen funcionamiento del equipo y la calidad de los productos.

Esta menor variabilidad con respecto a la forma en que se trabaja actualmente podría reducir la frustración relacionada con el cambio de procedimiento, la fatiga física y no afectar la producción esperada para el proceso. Todas estas consideraciones fueron validadas con la Jefatura de Producción, el Supervisor de Mantenimiento y los colaboradores operativos asignados al proceso.

A partir de la opción seleccionada, se muestra un resumen de los elementos de protección de maquinaria con que cuenta la propuesta utilizando la Matriz de elementos de seguridad requeridos en las máquinas de *rollforming* (Cuadro 19).

**Cuadro 19**

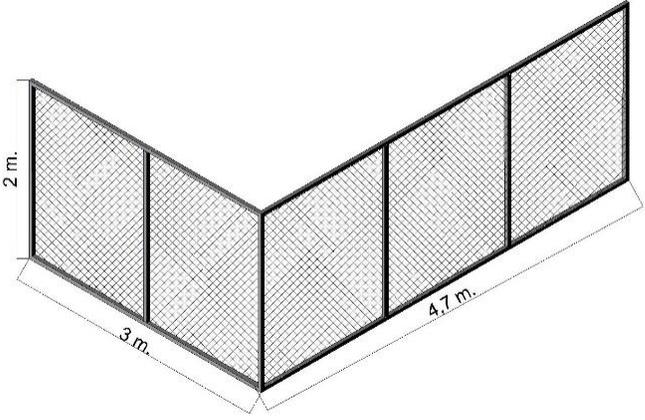
*Matriz de elementos de seguridad requeridos en las máquinas de rollforming.*

Máquina	Sección	# Resguardos	Tipo de Resguardo	# Dispositivos de Enclavamiento	# Sensores	# Paros de Emergencia	Prioridad respecto al riesgo
Tubo 3	Portarrollo	2	Resguardos fijos	0	0	1	Moderada
	Acumulador	1	Resguardo fijo	1	2	1	Moderada
	<i>Forming</i>	0		0	1	1	Alta
	<i>Sizing</i>	1	Resguardo móvil	1	1	1	Alta
	Sierra	2	Barrera	1	2	1	Moderada
	<i>Stacker</i>	1	Barrera	0	0	1	Moderada

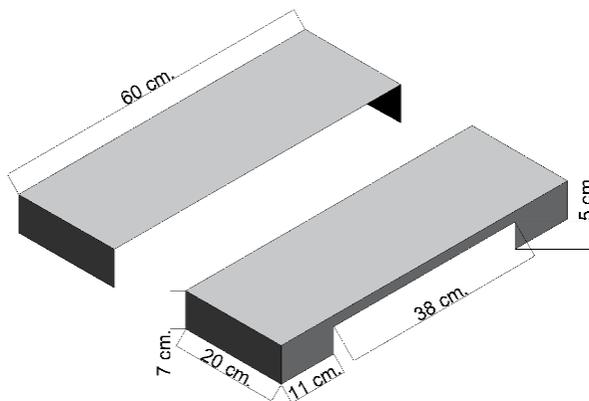
A continuación, se presenta el detalle de los elementos contenidos en la propuesta elegida (Cuadro 20).

**Cuadro 20.**

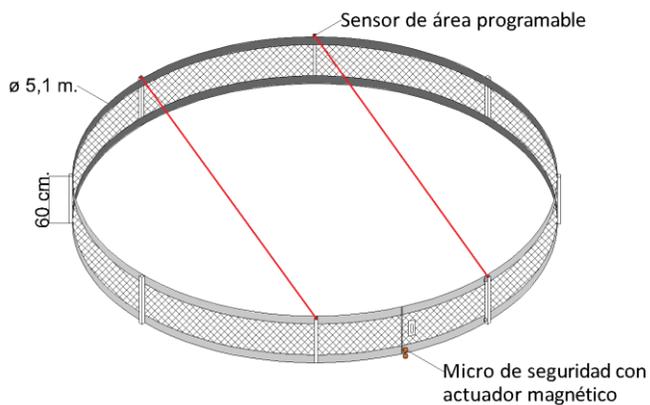
*Elementos de la propuesta elegida para Tubo 3*

Sección	Elemento
Portarrollo	

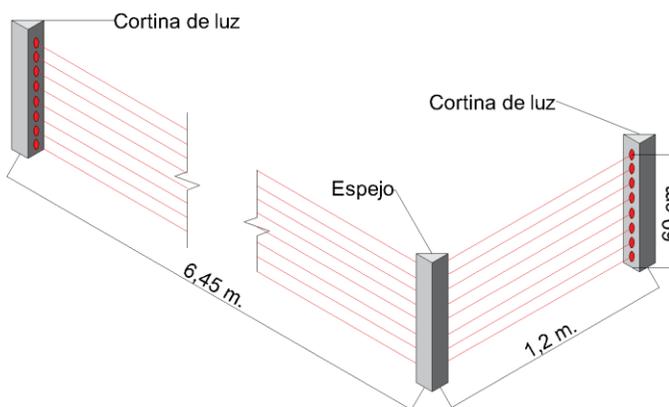
**Portarrollo**

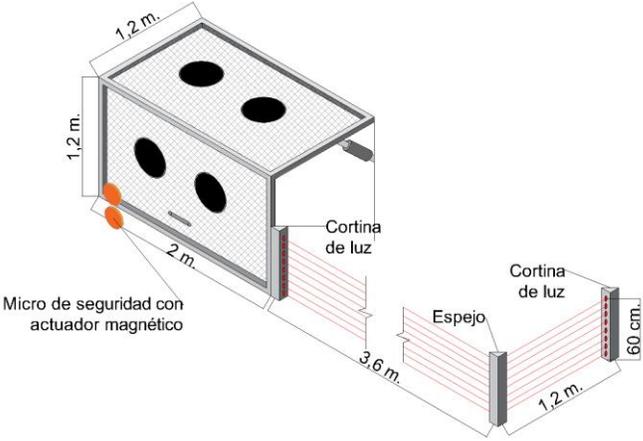
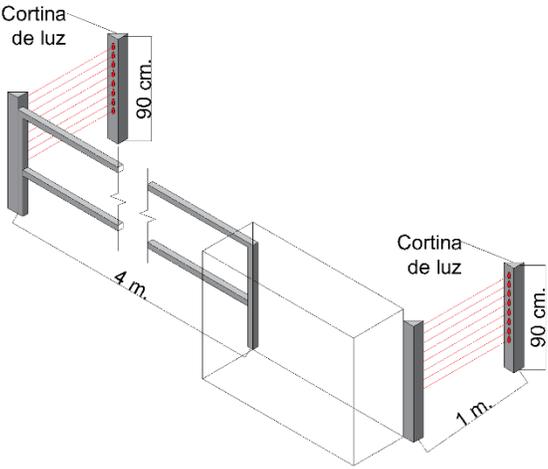
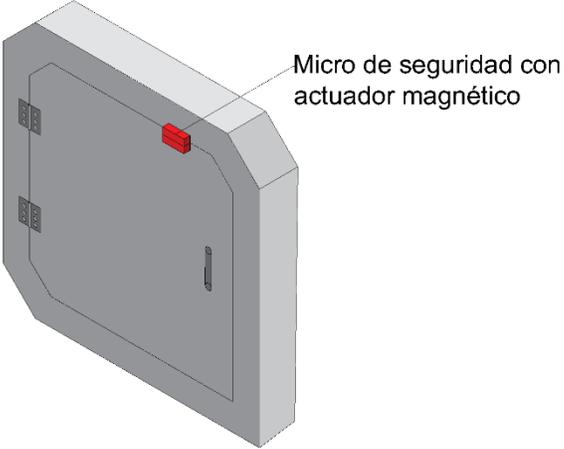


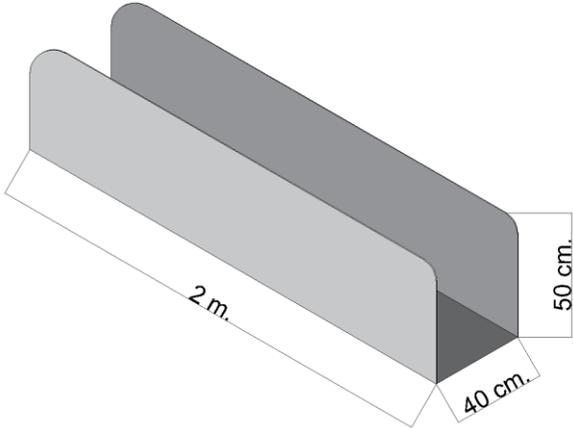
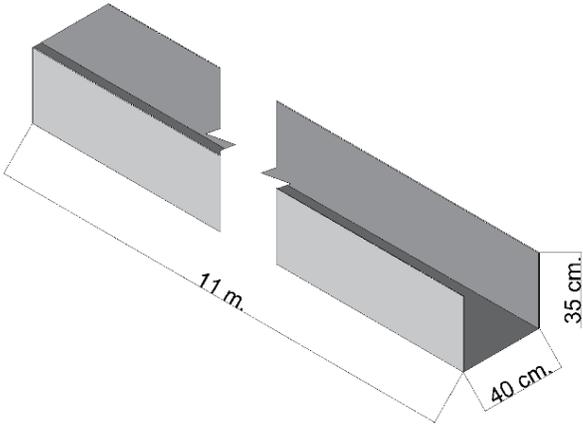
**Acumulador**



**Forming**



Sección	Elemento
<p><b>Sizing</b></p>	
<p><b>Sierra</b></p>	
	

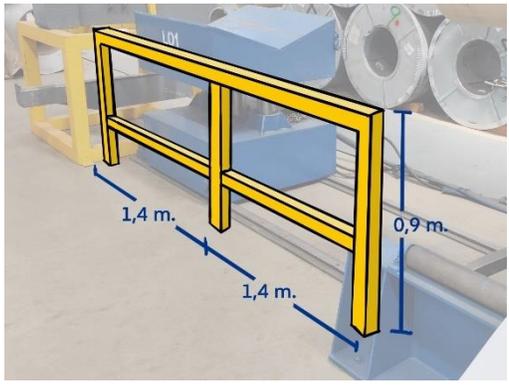
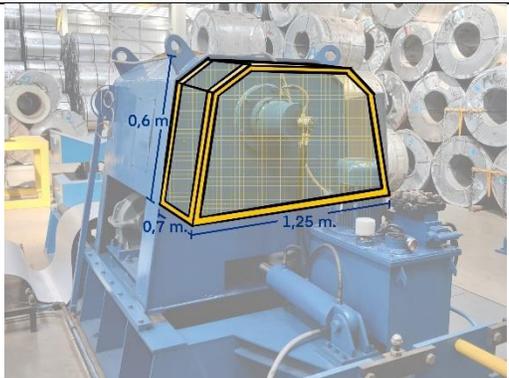
Sección	Elemento
<b>Sierra</b>	
<b>Stacker</b>	

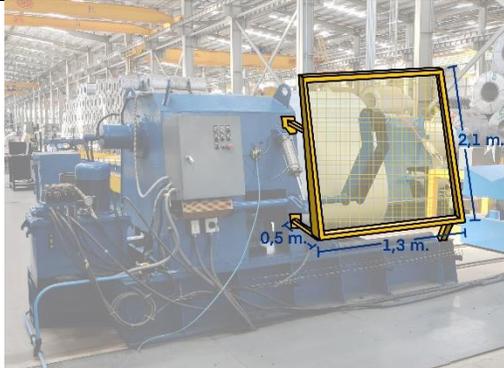
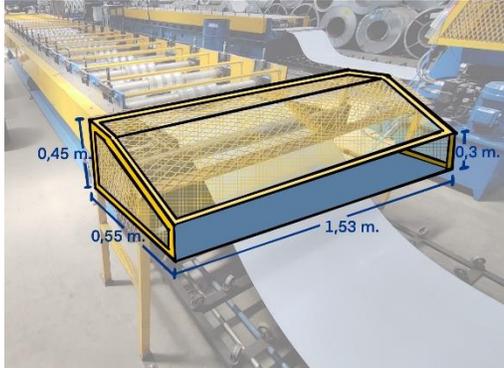
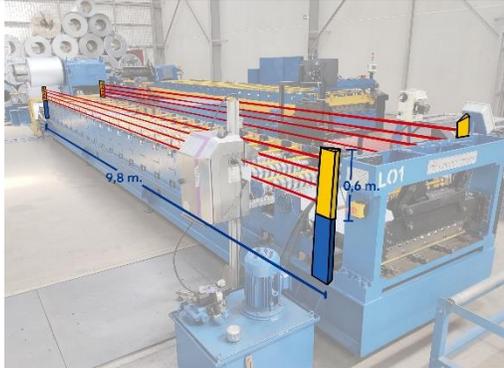
### 1.3.4. Propuestas de diseño para Lámina Ondulada 1

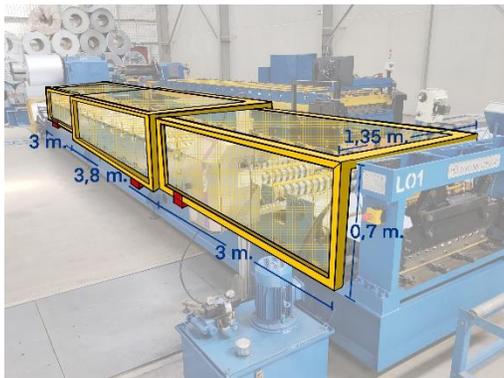
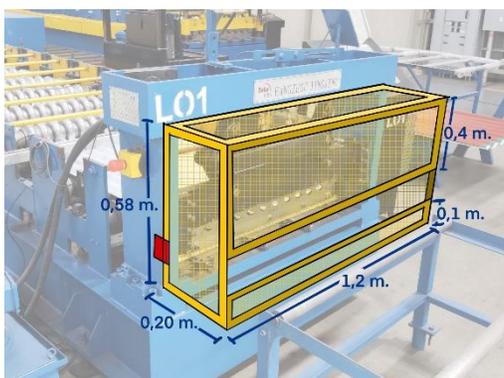
Los diseños propuestos para Lámina Ondulada 1, son aplicables también para Lámina Ondulada 2 y Lámina Rectangular, haciendo las respectivas modificaciones de tamaño de acuerdo con cada máquina (Cuadro 21).

**Cuadro 21**

*Especificaciones para la propuesta de diseño de Lámina Ondulada 1*

Sección	Elemento	Opción 1	Opción 2	Cantidad
Portarrollo		Tubo cuadrado 50 x 50 x 1,5 mm. Galvanizado HG	Tubo de aluminio 2" x 2"	2
		Angular de hierro 25 x 25 x 3 mm.	Angular de hierro 25 x 25 x 3 mm.	2
		Lámina de metal expandido (Jordomex) 1,22 m. x 2,44 m. x 3 mm.	Lámina de acrílico de 1,22 m. x 2,44 m. x 3 mm.	1

Sección	Elemento	Opción 1	Opción 2	Cantidad
Portarrollo		Tubo cuadrado 25 x 25 x 1,5 mm. Galvanizado HG	Angular de hierro 25 x 25 x 3 mm.	2
		Lámina de metal expandido (Jordomex) 1,22 m. x 2,44 m. x 3 mm.	Lámina de acrílico de 1,22 m. x 2,44 m. x 3 mm.	1
Rodillaje		Angular de hierro 25 x 25 x 3 mm.	Angular de hierro 25 x 25 x 3 mm.	1
		Lámina de metal expandido (Jordomex) 1,22 m. x 2,44 m. x 3 mm.	Lámina de acrílico de 1,22 m. x 2,44 m. x 3 mm.	1
		Cortina de luz		2
		Relé de seguridad		1

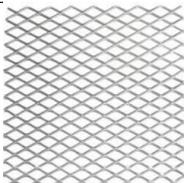
Sección	Elemento	Opción 1	Opción 2	Cantidad
Rodillaje			Tubo cuadrado 50 x 50 x 1,5 mm. Galvanizado HG	10
			Lámina de metal expandido (Jordomex) 1,22 m. x 2,44 m. x 3 mm.	13
			Micro de seguridad actuador magnético	3
			Relé de seguridad	1
Unidad de Corte		Angular de hierro 25 x 25 x 3 mm.	Angular de hierro 25 x 25 x 3 mm.	2
		Lámina de metal expandido (Jordomex) 1,22 m. x 2,44 m. x 3 mm.	Lámina de acrílico de 1,22 m. x 2,44 m. x 3 mm.	1
		Micro de seguridad actuador magnético	Micro de seguridad actuador magnético	1
		Relé de seguridad	Relé de seguridad	1

### 1.3.5. Costo de materiales para las propuestas de diseño de Lámina Ondulada 1

A continuación, se muestra el costo de los materiales requeridos para la implementación de las dos propuestas de diseño. Se debe considerar que los materiales marcados con un asterisco (\*), son producidos o vendidos por Macopa, por lo que, para éstos, no se debería hacer un proceso de compra, sino, una salida de inventario (Cuadro 22 y 23).

#### Cuadro 22

*Propuesta económica para la primera opción de diseño para Lámina Ondulada 1*

Especificación	Imagen	Precio ud. (¢)	Cantidad	Total (¢)
*Tubo cuadrado 50 x 50 x 1,5 mm. Galvanizado HG		¢11 374	2	¢22 748
*Tubo cuadrado 25 x 25 x 1,5 mm. Galvanizado HG		¢5 782	2	¢11 564
*Angular de hierro 25 x 25 x 3 mm.		¢4 744	5	¢23 720
Lámina de metal expandido (Jordomex) 1,22 m. x 2,44 m. x 3 mm.		¢38 000	4	¢152 000

<p>** Cortina de luz 450L <i>GuardShield</i></p>		<p>*** ₡3 279 201</p>	<p>1</p>	<p>₡3 279 201</p>
<p>** Micro de seguridad actuador magnético <i>SensaGuard</i> Rectangular</p>		<p>*** ₡118 496</p>	<p>1</p>	<p>₡118 496</p>
<p>** Relé de seguridad <i>GuardMaster 440C</i> (Lógica de la máquina)</p>		<p>*** ₡626 423</p>	<p>1</p>	<p>₡626 423</p>
<p><b>Total</b></p>				<p><b>₡4 234 153</b></p>

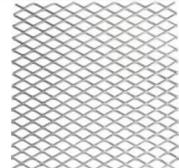
\* Materiales producidos por Macopa

\*\* Incluye elementos de seguridad, más los accesorios requeridos para montaje

\*\*\* Precio en dólares convertido a colones a un tipo de cambio de ₡670 por U.S. Dólar

**Cuadro 23.**

*Propuesta económica para la segunda opción de diseño de Lámina Ondulada 1*

Especificación	Imagen	Precio ud. (¢)	Cantidad	Total (¢)
Tubo de aluminio 2" x 2"		¢42 330	2	¢84 660
Tubo cuadrado 50 x 50 x 1,5 mm. Galvanizado HG		¢11 374	10	¢113 740
Angular de hierro 25 x 25 x 3 mm.		¢4 744	7	¢33 208
Lámina de acrílico de 1,22 m. x 2,44 m. x 3 mm.		¢65 000	4	¢260 000
Lámina de metal expandido (Jordomex) 1,22 m. x 2,44 m. x 3 mm.		¢38 000	13	¢494 000
Micro de seguridad actuador magnético SensaGuard Rectangular		¢118 496	4	¢473 985
Relé de seguridad GuardMaster 440C (Lógica de la máquina)		¢626 423	1	¢626 423
<b>Total</b>				<b>¢2 086 016</b>

\* Materiales producidos por Macopa

\*\* Incluye elementos de seguridad, más los accesorios requeridos para montaje

\*\*\* Precio en dólares convertido a colones a un tipo de cambio de ¢670 por U.S. Dólar

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	VERSIÓN 1
		Página 55 de 125

### 1.3.6. Evaluación de las propuestas de Lámina Ondulada 1

A continuación, se realiza un análisis comparativo entre las dos propuestas de diseño, considerando factores de salud y seguridad, ambientales, estándares con que cumplen, económicos, culturales y sociales (Cuadro 24).

**Cuadro 24. Evaluación de las propuestas de diseño de Lámina Ondulada 1**

Propuesta 1	Salud y Seguridad	Ambientales	Estándares	Económicos	Culturales	Sociales
Instalación de elementos de seguridad para la reducción de peligros mecánicos (resguardos, barreras, sensores y paros de emergencia).	La propuesta reduce la exposición a peligros mecánicos limitando el acceso del cuerpo o las extremidades a los puntos de impacto, corte y atrapamiento por medio de la instalación de elementos de seguridad. Esta propuesta es más fiable que la segunda, ya que reduce la dependencia del factor humano, tomando en cuenta que en la sección del rodillaje, no requiere la intervención del trabajador para abrir y cerrar el resguardo móvil.	La propuesta no genera residuos ni emisiones ambientales durante la operación regular de la maquinaria. Esta propuesta genera mayor consumo energético que la segunda propuesta, pues cuenta con más componentes electrónicos, sin embargo, todos son de bajo consumo, por lo que la diferencia no es representativa. En cuanto a la vida útil y resistencia de los materiales, esta opción cuenta con materiales más resistentes, lo que genera menor cantidad de residuos por partes dañadas y reparaciones futuras.	La propuesta cumple con lo establecido por la Guía de Resguardos del Consejo de Salud Ocupacional, la norma INTE/ISO 12100:2016 y la norma INTE/ISO 13849-1:2016.	La primera propuesta requiere una inversión económica mayor. La inversión total en materiales para instalar todas las protecciones propuestas a la máquina de Lámina Ondulada 1 es de \$4.234.153, sin embargo, la máquina se puede intervenir por secciones de acuerdo con la prioridad de los riesgos evaluados.	La propuesta está enfocada en eliminar los accidentes en la máquina de Lámina Ondulada 1 producto de la acción de peligros mecánicos, visibilizando por medio de los elementos de seguridad los puntos de mayor riesgo y contribuyendo así a la generación de la cultura de seguridad.	La primera propuesta requiere menor intervención por parte de los colaboradores, menor esfuerzo físico para su operación y menos cambios en los procedimientos de trabajo, lo que podría generar menor frustración en el proceso de adaptación, reducir la fatiga física e impactar en menor medida la producción.

Propuesta 2	Salud y Seguridad	Ambientales	Estándares	Económicos	Culturales	Sociales
Instalación de elementos de seguridad para la reducción de peligros mecánicos (resguardos, barreras, sensores y paros de emergencia).	La propuesta reduce la exposición a peligros mecánicos limitando el acceso del cuerpo o las extremidades a los puntos de impacto, corte y atrapamiento por medio de la instalación de elementos de seguridad y la implementación de controles administrativos, sin embargo, al tener menor automatización que la primera opción, su buen funcionamiento recae en parte en el factor humano.	La propuesta no genera residuos ni emisiones ambientales durante la operación regular de la maquinaria. Esta propuesta genera menor consumo energético que la primera propuesta, pues cuenta con menos componentes electrónicos, sin embargo, la diferencia de consumo no es representativa. Algunos materiales de esta propuesta son menos resistentes, lo que generaría más residuos producto de partes dañadas y de vida útil del sistema.	La propuesta cumple con lo establecido por la Guía de Resguardos del Consejo de Salud Ocupacional, la norma INTE/ISO 12100:2016 y la norma INTE/ISO 13849-1:2016.	La primera propuesta requiere una inversión económica menor. La inversión total en materiales para instalar todas las protecciones propuestas a la máquina de Lámina Ondulada 1 es de ¢2.086.016, sin embargo, la máquina se puede intervenir por secciones de acuerdo con la prioridad de los riesgos evaluados.	La propuesta está enfocada en eliminar los accidentes en la máquina de Lámina Ondulada 1 producto de la acción de peligros mecánicos, visibilizando por medio de los elementos de seguridad los puntos de mayor riesgo y contribuyendo así a la generación de la cultura de seguridad.	La segunda propuesta requiere mayor intervención por parte de los colaboradores, mayor esfuerzo físico e introduce más cambios en los procedimientos de trabajo, lo que podrían generar frustración en el proceso de adaptación, fatiga física relacionada con la manipulación de resguardos móviles e impactar en la producción.

	<p>Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de rollforming en Macopa Aceros</p>	<p>VERSIÓN 1</p> <hr/> <p>Página 1 de 256</p>
---	--	---

A partir del análisis de las dos propuestas planteadas para la máquina de Lámina Ondulada 1, se ha seleccionado la primera opción como mejor alternativa de diseño.

Al igual que en el análisis de las opciones para Tubo 3, las variables de cumplimiento de estándares y factores culturales no influyen directamente en la selección debido a que ambas están en igualdad de condiciones, de modo que la selección ha recaído en los factores de salud y seguridad, ambientales, económicos y sociales.

El factor de salud y seguridad se asemeja en ambas opciones en cuanto a que cumplen el objetivo de controlar los peligros mecánicos, pero la primera opción cuenta con un mayor nivel de automatización en la sección de rodillaje, eliminando en este punto el factor humano, lo que la hace una opción más fiable para reducir los accidentes.

Desde el punto de vista ambiental, también se ha descartado como criterio de selección el consumo energético respecto a la segunda opción, puesto que la diferencia no es representativa, sin embargo, la primera opción también genera beneficios en cuanto a que algunos de sus materiales de construcción son más resistentes, lo que implica una mayor vida útil y menor generación de residuos debido a reparaciones y reemplazo de elementos.

Respecto al factor económico, la primera propuesta requiere una inversión más elevada que la segunda, aunque la diferencia no es tanta como entre las opciones de Tubo 3. Adicionalmente se han considerado diferentes factores:

- Con respecto a las barreras y resguardos, la primera propuesta cuenta con materiales más robustos que la segunda, lo que genera una mayor resistencia a la acción mecánica de los materiales, menor probabilidad de dañarse, menor tiempo improductivo debido a paros de la máquina, y menor tiempo y costo en mantenimiento.
- Las protecciones con elementos electrónicos del rodillaje, no requieren ninguna estructura metálica para su instalación, lo que implica menor mantenimiento para un funcionamiento óptimo.

Desde el punto de vista social, la primera propuesta requiere de menos cantidad de elementos mecánicos pesados que mover continuamente, y la protección no reduce la visibilidad de la máquina, la cual debe ser monitoreada continuamente para asegurar el buen funcionamiento del equipo y la calidad de los productos.

Esta menor variabilidad con respecto a la forma en que se trabaja actualmente podría reducir la frustración relacionada con el cambio de procedimiento, la fatiga física y no afectar la producción esperada para el proceso. Todas estas consideraciones fueron validadas con la Jefatura de Producción, el Supervisor de Mantenimiento y los colaboradores operativos asignados al proceso.

A partir de la opción seleccionada, se muestra un resumen de los elementos de protección de maquinaria con que cuenta la propuesta utilizando la Matriz de elementos de seguridad requeridos en las máquinas de *rollforming* (Cuadro 25).

### Cuadro 25

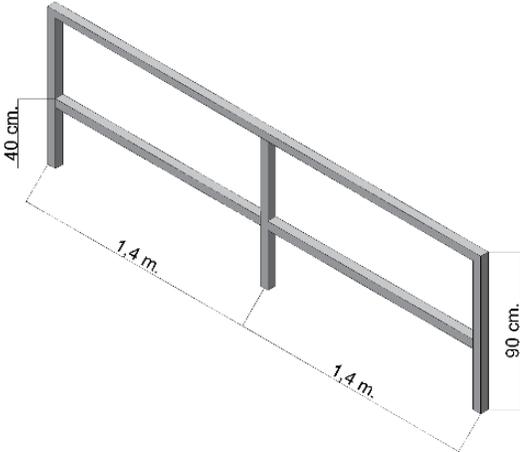
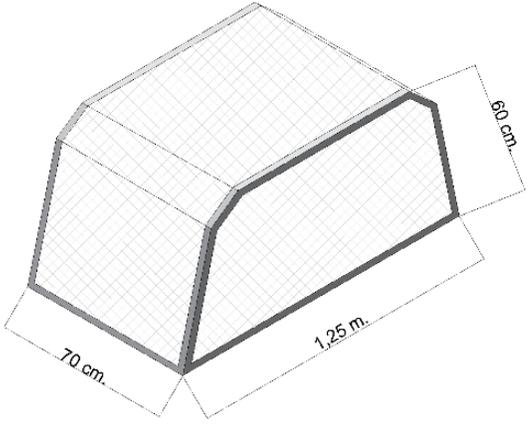
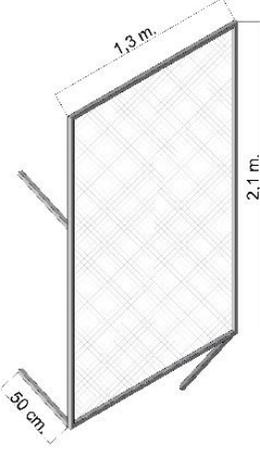
*Matriz de elementos de seguridad requeridos en las máquinas de rollforming*

Máquina	Sección	# Resguardos	Tipo de Resguardo	# Dispositivos de Enclavamiento	# Sensores	# Paros de Emergencia	Prioridad respecto al riesgo
<b>Lámina Ondulada 1</b>	Portarrollo	2	Barrera	0	0	1	Baja
		1	Resguardo fijo	0	0	1	Baja
	Rodillaje	1	Resguardo fijo	0	2	1	Moderada
	Unidad de Corte	1	Resguardo móvil	1	0	2	Alta

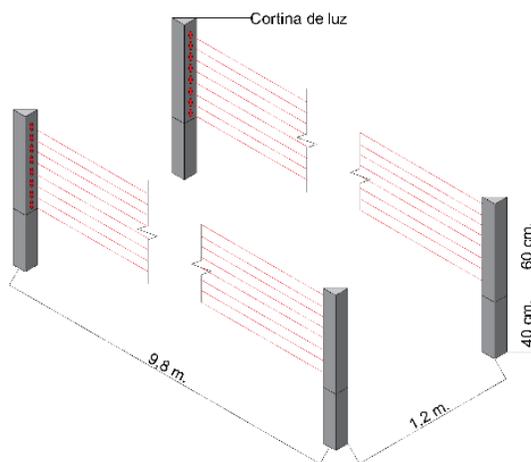
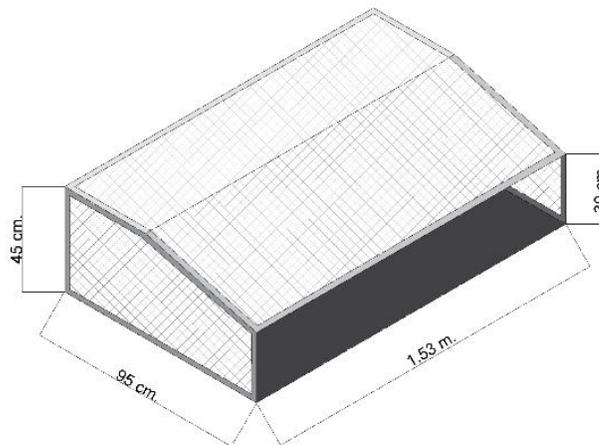
A continuación, se presenta el detalle de los elementos contenidos en la propuesta elegida (Cuadro 26).

**Cuadro 26**

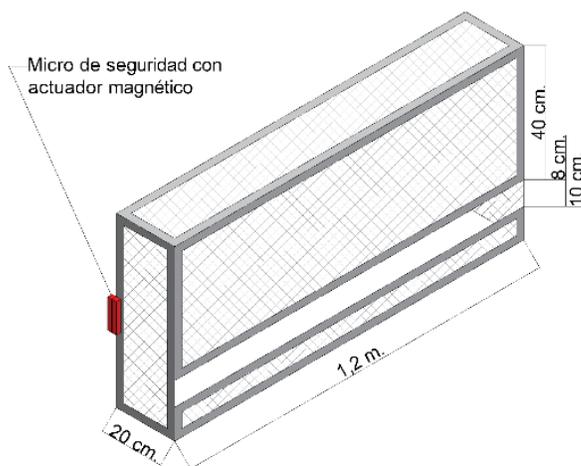
*Elementos de la propuesta elegida para Lámina Ondulada 1*

Sección	Elemento
<p><b>Portarrollo</b></p>	
	
	

**Rodillaje**



**Unidad de Corte**



	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	VERSIÓN 1
		Página 62 de 125

## 2. Controles Administrativos

A continuación, se presentan los controles administrativos que complementan el Programa de Seguridad en Máquinas, estos consisten en un Instructivo de Seguridad en Máquinas y un instructivo de control de energías peligrosas que será nombrado como Instructivo de Bloqueo y Etiquetado.

La finalidad de implementar estos instructivos es contar con una guía sobre las normas de seguridad aplicables para los trabajos operativos relacionados con las máquinas de *rollforming*, reducir la accidentabilidad relacionada con peligros mecánicos en estas máquinas, e incidir en la reducción de peligros generados por el factor humano.



## INSTRUCTIVO DE SEGURIDAD EN MÁQUINAS

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	VERSIÓN 1
		Página 64 de 125

## 1. Objetivo

El objetivo de este instructivo es garantizar la seguridad de los trabajadores involucrados en la operación de máquinas de *rollforming*, por medio del establecimiento de las medidas mínimas de seguridad que se deben cumplir, relacionadas con las protecciones de las máquinas en cualquier sección o proceso de éstas que puedan causar lesiones.

## 2. Alcance

Este instructivo es aplicable a todos los colaboradores relacionados con el proceso de producción con máquinas de *rollforming* y que trabajan en áreas en donde la exposición a la maquinaria le podría generar lesiones.

## 3. Responsabilidades

A continuación, se describen las responsabilidades de todos los involucrados en el proceso de producción de Macopa Aceros con máquinas de *rollforming*.

### 3.1 Presidencia

3.1.1 Dar seguimiento a la implementación de este instructivo.

3.1.2 Asegurar los recursos humanos y económicos para la adecuada implementación de las normas establecidas en este documento.

3.1.3 Impulsar la implementación de los Planes de Acción derivados de este instructivo.

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>65 de 125</b>

### **3.2 Jefaturas**

3.2.1 Asegurar la implementación del presente instructivo por parte de todos los involucrados en el proceso productivo.

3.2.2 Generar en conjunto con las partes involucradas los planes de acción para solventar las condiciones riesgosas detectadas.

3.2.3 Generar y transmitir las directrices necesarias para el cumplimiento del presente procedimiento.

3.2.4 Gestionar con Presidencia los recursos necesarios para la implementación de este instructivo.

3.2.5 Asegurar el cumplimiento de los Planes de Acción generados durante la implementación.

### **3.3 Supervisores**

3.3.1 Asegurar que el personal asignado a la operación de máquinas de *rollforming*, ha sido capacitado en los procedimientos operativos de la maquinaria y en el instructivo de seguridad en máquinas.

3.3.2 Detener y corregir el proceso productivo inmediatamente, cuando se detecte un comportamiento riesgoso o una condición insegura que ponga en peligro a los colaboradores.

3.3.3 Comunicar al Servicio de Salud Ocupacional (SSO), cada vez que haya un cambio en los procesos productivos o que se introduzcan nuevos peligros al proceso existente.

3.3.4 Asegurar que todos los elementos de seguridad (resguardos, barreras, sensores y paros de emergencia) están funcionando correctamente durante la operación productiva.

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>66 de 125</b>

3.3.5 Asegurar que todos los colaboradores a su cargo cumplan con las normas de seguridad descritas en este instructivo.

### **3.4 Servicio de Salud Ocupacional**

3.4.1 Asegurar que todas las partes involucradas sean comunicados oficialmente sobre este instructivo y sus futuras actualizaciones.

3.4.2 Realizar periódicamente inspecciones planeadas y recorridos de rutina para verificar el cumplimiento de este instructivo.

3.4.3 Capacitar a los colaboradores operativos de *rollforming* en este instructivo para lograr una adecuada implementación.

3.4.4 Generar en conjunto con las Jefaturas de Planta, los planes de acción para solventar las condiciones y comportamientos riesgosos detectados.

3.4.5 Dar seguimiento al cumplimiento de los planes de acción derivados de este instructivo.

3.4.6 Asegurar que todas la máquinas actuales y nuevas, sean inspeccionadas y cuenten con las protecciones requeridas.

3.4.7 Proporcionar a los contratistas externos, información relevante sobre el presente instructivo.

3.4.8 Realizar una labor de auditoría, control y seguimiento de las disposiciones descritas en el presente instructivo.

3.4.9 Actualizar y dar mantenimiento al presente instructivo.

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>67 de 125</b>

### **3.5 Colaboradores**

3.5.1 Ser responsables y acatar las directrices establecidas en este instructivo.

3.5.2 Asistir a las capacitaciones a las que sea convocado.

3.5.3 Atender y cumplir las recomendaciones emitidas a partir de Planes de Acción.

3.5.4 Informar a sus jefaturas y al SSO sobre opciones de mejora al instructivo actual, peligros que no han sido valorados y nuevos peligros generados por variaciones en el proceso.

3.5.5 Verificar que las protecciones de seguridad de la maquinaria funcionan correctamente antes de operar la máquina.

3.5.6 Reportar de inmediato cualquier fallo o falta de las protecciones de seguridad establecidas antes de iniciar la operación.

## **4. Lineamientos Generales**

4.1 Todas las máquinas de *rollforming* deben estar protegidas para evitar que los trabajadores entren en contacto con sus energías peligrosas.

4.2 Todos los puntos de corte, atrapamiento, partes móviles y giratorias deben estar protegidas.

4.3 Los siguientes son ejemplos de las áreas y secciones que se deben proteger en la máquina de Tubo 3:

4.3.1 Portarrollos

4.3.2 Prensa hidráulica de soldadura de punta y cola

4.3.3 Acumulador

4.3.4 Rodillos y masas metálicas de *Forming*

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>68 de 125</b>

4.3.5 Rodillos y masas metálicas de *Sizing*

4.3.6 Pasillo contiguo a carro de sierra de corte

4.3.7 Recinto de disco de sierra

4.3.8 Salida de tubo de la sierra

4.3.9 Banda transportadora del *Stacker*

4.4 Los siguientes son ejemplos de las áreas y secciones que se deben proteger en la máquina de Lámina Ondulada 1:

4.4.1 Riel de recorrido de mandril

4.4.2 Sección posterior del portarrollo

4.4.3 Mecanismo de giro del portarrollo

4.4.4 Área de enhebrado del rodillaje

4.4.5 Rodillaje

4.4.6 Unidad de corte

4.5 En los casos en que no sea necesario que el trabajador acceda al punto de peligro, las máquinas se deben proteger utilizando resguardos fijos (dispositivos para controlar la entrada en áreas peligrosas).

4.6 Cuando sea inevitable acceder al punto de peligro, se optará por resguardos móviles con sistema de enclavamiento (mecanismo que apaga o desconecta la maquinaria cuando se abre o remueve) o dispositivos electrónicos capaces de detener la máquina cuando se acerca el cuerpo o una extremidad al punto de peligro.

4.7 Los elementos de seguridad no deben poder retirarse o modificarse fácil o accidentalmente por parte de los trabajadores operativos.

4.8 Las barreras y resguardos deben construirse con materiales resistente al fuego, corrosión y acción mecánica del proceso productivo.

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>69 de 125</b>

4.9 Los elementos de seguridad para la protección de máquinas no deben crear nuevos peligros como puntos de corte, atrapamiento, tropiezo, etc.

4.10 Los elementos de seguridad deben permitir el mantenimiento de rutina tanto de los operarios como del personal de mantenimiento.

4.11 Todos los trabajadores y contratistas deben aplicar el Instructivo de Bloqueo y Etiquetado cuando sea necesario remover un resguardo.

4.12 En caso de que se deban realizar pruebas o mantenimientos en la maquinaria, sin los elementos de seguridad para la protección de maquinaria, se deben generar y seguir procedimientos específicos para realizar los trabajos de forma segura.

4.13 Los elementos de seguridad para protección de máquinas deben cumplir con las siguientes características:

4.13.1 Los resguardos deben evitar el contacto del cuerpo y las extremidades con las partes peligrosas de la máquina.

4.13.2 Los resguardos deben estar fabricados en materiales duraderos y resistentes, y estar firmemente asegurados a la máquina para evitar la manipulación o su retiro por parte de los trabajadores.

4.13.3 No deben crear interferencias en el proceso productivo que genere dificultades de operación o retrasos en el proceso.

4.14 Deben existir paros de emergencia (hongos de seguridad o líneas de vida), en todas las secciones de las máquinas con riesgo de contacto con energías peligrosas.

4.15 Los paros de emergencia deben ser accesibles desde cualquier parte de la máquina, de modo que cualquier colaborador pueda activarlo aun estando solo.

4.16 Los paros de emergencia deben ser visibles y fácilmente identificables.

4.17 Los paros de emergencia deben detener de inmediato la máquina completa al ser activados.

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>70 de 125</b>

## 5. Comunicación de Peligros

A partir de la identificación de peligros realizada a la maquinaria, se debe colocar señalización de seguridad para comunicar las zonas de riesgo por medio de rótulos con pictogramas y leyendas en idioma español. Para especificaciones en cuanto a tamaños, colores, pictogramas, etc., referirse al apartado de Señalización del Plan de Salud Ocupacional vigente de la empresa.

## 6. Inspecciones

6.1 Todas las máquinas nuevas deben ser analizadas por el SSO una vez que han sido instaladas, pero antes de su puesta en marcha.

6.2 La verificación de los elementos de seguridad para la protección en máquinas (barreras, resguardos, sensores y paros de emergencia) serán parte de los procedimientos de mantenimiento autónomo que se deberán aplicar diariamente antes de iniciar las operaciones.

6.3 La inspección mensual de los elementos de seguridad para la protección en máquinas será parte de los mantenimientos preventivos del Servicio de Mantenimiento.

6.4 El Servicio de Mantenimiento debe llevar un registro de los reportes de avería y reparaciones a los elementos de seguridad por medio de la App existente para órdenes de trabajo.

6.5 El SSO debe realizar una inspección planeada cada tres meses a las máquinas de *rollforming* utilizando la lista de verificación de cumplimiento de condiciones seguras en las máquinas de *rollforming* (Cuadro 27). Se debe generar un informe con las desviaciones detectadas y generar planes de acción para su implementación.



**Cuadro 27**

*Lista de verificación basada en la Guía para resguardos y protecciones de maquinaria y equipos del Consejo de Salud Ocupacional, y la norma INTE/ISO 12100:2016*



**Lista de verificación de cumplimiento de condiciones seguras en las máquinas de rollforming**

División \_\_\_\_\_  
Máquina \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

Item		Si	No	NA	Observaciones
1	La máquina está en buen estado de funcionamiento				
2	La máquina cuenta con poleas, engranajes, cadenas u otras partes móviles encerradas o cubiertas con protecciones adecuadas				
3	Los resguardos instalados están diseñados y construidos de tal manera que impidan el acceso hasta la zona peligrosa de cualquiera parte del cuerpo				
4	Al realizar una revisión "alrededor, debajo, a través y sobre" a la máquina o equipo, se puede asegurar que el riesgo es mínimo.				
5	El resguardo cumple con los valores recomendados para evitar la entrada de manos, dedos u otras partes del cuerpo que se puedan introducir a través, por sobre o alrededor del resguardo y que alcancen piezas o componentes de máquina que están en movimiento.				
6	Los elementos móviles están protegidos dejándolos fuera del alcance de cualquier contacto con herramientas				
7	La máquina cuenta con un resguardo que evite la proyección de objetos y materiales				
8	Los resguardos instalados están pintados de acuerdo con las normas nacionales sobre colores				
9	Los elementos energizados impiden cualquier contacto accidental				
10	Los resguardos están fabricados en materiales incombustibles				
11	Los resguardos tienen suficiente resistencia mecánica				
12	Los resguardos están soldados o instalados sólidamente				
13	Los equipos eléctricos están protegidos de humedad				
14	Los equipos eléctricos están protegidos de acumulación de polvo				
15	Los equipos eléctricos están puestos a tierra				
16	Los colaboradores no son capaces de retirar o eliminar los resguardos fijos				
17	Los resguardos paros automáticos que detengan la maquinaria cuando se abren o se retiran				
18	Los trabajos de calibración realizados por los colaboradores se realizan con el equipo desenergizado o con el resguardo colocado				
19	Todos los trabajos de mantenimiento se realizan con el equipo desenergizado				
20	Los resguardos instalados no generan nuevos riesgos				



21	Los resguardos se pueden retirar para ser reparados				
22	Los resguardos permiten los mantenimientos, lubricaciones y calibraciones				
23	Los resguardos no afectan la operación y productividad de la máquina				
24	Los resguardos permiten la inspección de la máquina				
25	Los colaboradores usan vestimenta adecuada respecto a la máquina				
26	La máquina cuenta con rotulación que indique el peligro presente				
27	Todas las partes de la máquina están bien sujetas de modo que se evite la caída de equipo o resguardos				
28	La operación normal de la máquina se puede realizar sin entrar en contacto con partes móviles				
29	La alimentación de la máquina se puede realizar sin entrar en contacto con puntos de atrapamiento, corte, golpe, etc.				
30	El retiro de desechos o la eliminación de atascos se realiza con la máquina apagada o sin entrar en contacto partes móviles				
31	Las reparaciones y cambio de piezas solo las realiza personal especializado de Mantenimiento				
32	Las partes de la máquina que se desplazan están protegidas por resguardos para evitar golpes por objetos móviles				
33	Durante los trabajos de mantenimiento se utilizan elementos de bloqueo y etiquetado				
34	La máquina cuenta con dispositivos de paro de emergencia en todas sus secciones				
35	En caso de emergencia los colaboradores pueden accionar un paro de emergencia desde cualquier ubicación				
36	Todos los dispositivos de emergencia están funcionando correctamente				
37	Está establecido que se debe detener la máquina si se está poniendo el peligro la seguridad del operador, de terceros o no se encuentre en buenas condiciones de operación.				
<b>Porcentaje de Cumplimiento %</b>		<b>0</b>			

6.6 La avería o falta de los elementos de seguridad, será considerada como causa para realizar un paro de operaciones y sacar la máquina de operación temporalmente.

6.7 Mientras una máquina se encuentre fuera de operación, sus fuentes de energía se deben bloquear utilizando el Instructivo de Bloqueo y Etiquetado y sus paneles de operación deben ser rotulados con la señalización de “Fuera de Servicio”. La dimensión del rótulo debe ser de 30 cm. x 22,5 cm.(Figura 12).

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>73 de 125</b>

**Figura 12**

*Rotulación para indicar una máquina fuera de servicio*



6.8 El Servicio de Mantenimiento debe contar con un *stock* de materiales y repuestos, para reaccionar a la mayor brevedad posible ante una avería de los elementos de seguridad.

6.9 En caso de que la maquinaria cuente de fábrica con elementos de seguridad, éstos deben estar debidamente instalados y funcionales durante la operación.

6.10 El área de Producción debe presentar al SSO la evidencia de que las desviaciones y averías han sido corregidas antes de poner en marcha nuevamente la máquina intervenida.

## **7. Remoción no autorizada de protecciones de la maquinaria**

7.1 Se prohíbe toda remoción, manipulación y modificación de cualquier elemento de protección de máquinas sin la autorización del SSO.

7.2 Cualquier colaborador que remueva, manipule o modifique los elementos de protección de maquinaria sin autorización de su jefatura, se verá expuesto a un proceso disciplinario por falta grave.

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>74 de 125</b>

## 8. Capacitación

8.1 Todos los colaboradores que operen, den mantenimiento o estén potencialmente expuestos a las máquinas de *rollforming* deben ser capacitados en los siguientes temas:

8.1.1 Procedimientos de operación de la máquina asignada.

8.1.2 Identificación de peligros mecánicos relacionados con las máquinas.

8.1.3 Instructivo de seguridad en máquinas.

8.1.4 Instructivo de Bloqueo y Etiquetado.

8.1.5 Técnicas de actuación en caso accidente en las máquinas de *rollforming*.

8.2 En las siguientes situaciones será necesario realizar un proceso de recapitación:

8.2.1 Cuando un colaborador sea reasignado a otra máquina.

8.2.2 Cuando haya un cambio en la máquina, proceso productivo o procedimiento para ejecutarlo.

8.2.3 Cuando haya un cambio en los elementos de protección de la máquina.

8.2.4 Cuando un Supervisor determine que un colaborador no cuenta con los conocimientos suficientes para operar la máquina de forma segura.

8.2.5 Luego de incapacidades prolongadas mayores a seis meses.

8.3 Todos los procesos de capacitación y recapitación deben ser registrados y reportados al servicio de Recursos Humanos para su seguimiento y resguardo.

	<p>Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros</p>	<p>VERSIÓN 1</p> <p>Página 75 de 125</p>
---	---	--

## 9. Revisión Periódica del Instructivo

9.1 El SSO realizará una revisión anual del Instructivo de Seguridad en Máquinas para evaluar su efectividad.

9.2 La revisión anual debe tomar en cuenta la maquinaria incorporada en el periodo, los cambios en los procesos y procedimientos, y la accidentabilidad relacionada con peligros mecánicos en maquinaria.

9.3 Todos los procedimientos y elementos de protección de máquinas serán revisados anualmente por el SSO.

9.4 La revisión anual debe ser documentada por medio de un informe que indique al menos:

9.4.1 Fecha de evaluación y personas que participaron.

9.4.2 Procedimientos revisados.

9.4.3 Procedimientos modificados.

9.4.4 Procedimientos añadidos.

9.4.5 Revisión de accidentabilidad anual relacionada con peligros mecánicos en máquinas.

9.4.6 Procedimientos que se incumplieron en los accidentes ocurridos.

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	VERSIÓN 1
		Página 76 de 125

## 10. Referencias

- Consejo de Salud Ocupacional. Guía para resguardos y protecciones de maquinarias y equipos.
- ISO 12100:2016, Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo.
- OSHA. Machine Guarding Safety Program – General Industry
- UC Berkeley – Machine Guarding and Equipment Safety Program
- Western Carolina University. Machine Guarding Program



## **INSTRUCTIVO DE BLOQUEO Y ETIQUETADO**

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>78 de 125</b>

## 1. Objetivo

El objetivo del presente instructivo es asegurar la seguridad de los colaboradores que realizan trabajos con las máquinas de *rollforming*, por medio del establecimiento de los requerimientos mínimos para el bloqueo de las energías peligrosas con que funcionan las máquinas, o que pueden ser almacenadas por ellas.

## 2. Alcance

Este instructivo es aplicable a todas las máquinas de *rollforming* y sus secciones, en donde existan energías peligrosas que puedan lesionar a los colaboradores, o donde se almacenen, aunque la máquina esté detenida. Las fuentes de energía contempladas en el presente instructivo son la eléctrica, neumática e hidráulica, pero no se limita a ellas.

## 3. Responsabilidades

A continuación, se describen las responsabilidades de los involucrados en el presente instructivo.

### 3.1. Gerencia

3.1.1 Proporcionar las herramientas y los recursos necesarios para implementar de presente instructivo.

3.1.2 Dar seguimiento a la implementación del instructivo.

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>79 de 125</b>

### **3.2. Servicio de Salud Ocupacional (SSO)**

3.1.1 Desarrollar en conjunto con el servicio de Mantenimiento y el personal operativo, los procedimientos de bloqueo específicos para cada máquina o sección de esta.

3.1.2 Definir el Equipo de Protección Personal (EPP) requerido durante los procesos de bloqueo y etiquetado.

3.1.3 Definir los requerimientos para que un trabajador sea considerado como “Empleado Autorizado”.

3.1.4 Capacitar al personal involucrado en el proceso de bloqueo y etiquetado.

3.1.5 Brindar a los contratistas externos, información relevante respecto al Instructivo de Bloqueo y Etiquetado.

3.1.6 Actualizar el presente instructivo al menos una vez al año, cuando se incorpore maquinaria nueva o cuando se modifique la existente.

### **3.3. Supervisores de Operaciones y Mantenimiento**

3.3.1 Asegurar que únicamente el Personal Autorizado coloque y retire candados y etiquetas.

3.3.2 Asegurar que todos los colaboradores a su cargo que requieran realizar bloqueo y etiquetado de una máquina, hayan sido capacitados y autorizados por el SSO.

3.3.3 Gestionar con el SSO la recapitación de los colaboradores que considere que no cuentan con el conocimiento o la habilidad para ejecutar correctamente el presente instructivo.

3.3.4 Comunicar al SSO sobre cualquier mejora que se pueda implementar en este instructivo.

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>80 de 125</b>

#### 4. Definiciones

**Empleado Autorizado:** Colaborador que puede colocar y retirar elementos de bloqueo y etiquetado en máquinas o equipos con el fin de darle servicio o mantenimiento. Para ser calificado como Empleado Autorizado se debe completar la capacitación sobre el presente instructivo, comprender e identificar las energías peligrosas, su potencial y sus medios de control.

**Empleado Afectado:** Colaborador que requiere operar una máquina o equipo que se encuentra bloqueado y/o etiquetado, o que debe realizar sus labores en un lugar en que se está realizando un mantenimiento.

**Energía Peligrosa:** Cualquier energía contenida en una máquina o equipo y que, al ser aplicada sobre un trabajador, puede generar una lesión. Algunos ejemplos de energías peligrosas son la eléctrica, neumática, hidráulica, mecánica, química, térmica, etc.

**Bloqueo:** Instalación temporal de un elemento mecánico capaz de evitar físicamente la liberación o transmisión de una energía peligrosa y que evita el funcionamiento de la máquina o equipo mientras se encuentre instalado.

**Etiquetado:** Colocación de un indicador visual en forma de etiqueta, que indica que una máquina o una sección de ella no se puede poner en funcionamiento hasta que sea retirado el bloqueo.

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>81 de 125</b>

## **5. Lineamientos Generales**

5.1 Es necesario aplicar el Bloqueo y Etiquetado siempre que el trabajo a realizar requiera ingresar una parte del cuerpo a un área de peligro.

5.2 Dependiendo de la máquina, puede ser necesario bloquearla en su totalidad o sólo la sección a intervenir, esto será definido en los procedimientos específicos de cada máquina.

5.3 Una máquina puede requerir varios puntos de control de energía, cuando se deba intervenir una máquina o sección con esta característica, se deben instalar todos los bloqueos y señalizaciones necesarios.

5.4 Los bloqueos colocados deben impedir la puesta en marcha de la máquina, la transmisión la liberación de la energía peligrosa de forma accidental.

5.5 Se prohíbe iniciar los trabajos de inspección y mantenimiento, hasta que el área a intervenir esté debidamente bloqueada y señalizada.

5.6 Los elementos de bloqueo y etiquetado deben ser asignados a los trabajadores que los utilizarán, de modo nadie más que quien realiza el trabajo, tenga copia de la llave.

5.7 Cuando varias personas trabajen en un área que requiera bloqueo y etiquetado, cada trabajador deberá instalar su propio equipo, se prohíbe el uso de equipos de bloqueo para protección grupal.

5.8 Cuando sea imposible instalar un bloqueo en algún punto, se debe comunicar la situación al SSO previo a la realización del trabajo para buscar una solución que no exponga al trabajador al peligro.

5.9 Está prohibido retirar el bloqueo y etiquetado instalado por otro trabajador, en caso de que una persona ya no esté disponible en la empresa para retirarlo, se debe aplicar el procedimiento de eliminación no rutinaria.

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>82 de 125</b>

## **6. Procedimientos de Control de Energía**

A continuación, se presentan los pasos necesarios cada vez que se aplica el bloqueo y etiquetado.

### **6.1. Procedimiento para la desenergización de máquinas y equipos**

6.1.1 Antes de desenergizar una máquina o equipo, el Empleado Autorizado debe analizar el procedimiento específico de bloqueo y etiquetado de la máquina en la que va a trabajar para identificar las energías peligrosas presentes.

6.1.2 Se debe identificar el área de trabajo y los sitios en los que se deben instalar los bloqueos y etiquetas.

6.1.3 El trabajador debe seleccionar de su caja de herramientas los dispositivos de bloqueo y etiquetas necesarias.

6.1.4 El Empleado Autorizado, debe comunicar a todos los Empleados Afectados, sobre su intención de desenergizar la máquina o equipo antes de la colocación de los elementos de bloqueo.

6.1.5 Comenzar por apagar la máquina o equipo, y luego proceder a desenergizar y liberar cualquier energía residual en el sistema, por ejemplo, la presión de aire en el sistema de aire comprimido.

6.1.6 Instalar los dispositivos de bloqueo para cada fuente de energía y retirar las llaves utilizadas, estas deben permanecer en custodia únicamente del Empleado Autorizado que los instaló.

6.1.7 Cuando más de un Empleado Autorizado esté trabajando en una máquina o equipo, cada uno debe aplicar su propio candado y etiqueta al dispositivo de bloqueo, y cada uno debe custodiar su llave.

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>83 de 125</b>

6.1.8 En estos casos en que hay un grupo de Empleados Autorizados trabajando en el mismo equipo, se debe nombrar a un líder que tendrá la función adicional de coordinar y supervisar el cumplimiento del procedimiento por parte de sus compañeros. Esta planificación se debe registrar y comunicar por medio de una reunión de grupo.

6.1.9 Todos los involucrados deben verificar el bloqueo correcto de todas las fuentes de energía.

6.1.10 Una vez colocados los elementos de bloqueo, el trabajador debe asegurar que no hay ninguna persona en el área intervenida, e intentar arrancar la máquina para verificar que está desenergizada.

6.1.11 Volver la máquina a la posición de apagado e iniciar el trabajo.

## **6.2. Procedimiento básico para retirar los elementos de bloqueo y etiquetado, y restablecer la operación de la máquina**

6.2.1 Asegurar de que todas las herramientas y materiales utilizados han sido retirados del área de trabajo.

6.2.2 Verificar que todos los elementos de seguridad para la protección de maquinaria han sido correctamente instalados.

6.2.3 Comunicar a todos los Empleados Afectados y asegurarse de que están fuera del área de peligro antes de energizar la máquina o equipo.

6.2.4 Retirar los dispositivos de bloqueo y las etiquetas.

6.2.5 Energizar la máquina de acuerdo con los requerimientos de cada equipo.

6.2.6 Asegurarse de que la máquina o equipo está funcionando correctamente antes de devolver el control a los Empleados Afectados.

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>84 de 125</b>

6.2.7 Realizar un inventario de los dispositivos de bloqueo y etiquetas utilizados, y solicite el reemplazo en caso de que alguno de ellos se haya dañado durante el trabajo realizado.

### **6.3. Cambios de Turno**

6.3.1 En los casos en que un trabajo que involucre bloqueo y etiquetado se demore más de una jornada laboral, el Empleado Autorizado no debe retirar su candado y señalización hasta que llegue el nuevo Empleado Autorizado y haya colocado su candado y etiqueta.

6.3.2 Cuando una máquina o equipo se saque de operación durante un periodo prolongado, el Supervisor de Mantenimiento debe colocar su propio candado y señalización hasta que se complete todo el trabajo. En estos casos, el candado y etiqueta del Supervisor será el último en retirarse.

6.3.3 Ninguna máquina o equipo que deba ser intervenida, debe estar en ningún momento sin la protección de un dispositivo de bloqueo.

### **6.4. Eliminación no rutinaria de un dispositivo de bloqueo y etiquetado**

6.4.1 En caso de que un Empleado Autorizado no esté disponible o por alguna razón no pueda retirar el bloqueo y etiquetado que colocó anteriormente, su Supervisor podría realizar una eliminación no rutinaria de un dispositivo de bloqueo y etiquetado siguiendo los siguientes pasos:

- Hacer todos los esfuerzos razonables por contactar al Empleado Autorizado que mantiene bloqueada la máquina o equipo para verificar la causa de no haberlo retirado.
- Verificar que no haya otros Empleados Autorizados, Empleados Afectados u otros trabajadores en el área intervenida.

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>85 de 125</b>

- Confirmar que los trabajos por los que se bloqueó la máquina o equipo ya han sido finalizados.
- Llegar a un consenso con el resto de los Empleados Autorizados sobre las razones para hacer el retiro del bloqueo y etiquetado de alguien más.
- Verificar que los demás Empleados Autorizados no tengan objeciones o dudas de seguridad sobre la necesidad de retirar el bloqueo.
- Luego de esto, el Supervisor puede retirar el bloqueo y etiquetado y traslada el control de la máquina o equipo a los Empleados Afectados.
- Cuando el Empleado Afectado al cual se le retiraron los bloqueos regrese al trabajo, se le deberá comunicar oficialmente lo sucedido y se le devolverán los dispositivos de bloqueo y etiquetado. En caso de que estos dispositivos se hayan dañado en el proceso, se le deben reemplazar.

## **6.5. Dispositivos para el aislamiento de energía, candados y etiquetas**

6.5.1 Los dispositivos de bloqueo y etiquetado deben ser estandarizados para toda la empresa, fácilmente identificables y ser utilizados únicamente para el control de energías peligrosas. Además, deberán contar con las siguientes características:

- Los candados deben contar con una sola llave. En caso de que el fabricante suministre más de una, la llave de respaldo debe ser identificada y resguardada por el Supervisor del área, pero por ninguna razón debe circular mientras la llave principal esté asignada a un Empleado Autorizado.
- Los dispositivos de bloqueo deben ser certificados y haber sido fabricados específicamente con ese fin, no se permiten elementos “hechizos” ni candados regulares para realizar control de energías peligrosas.

- Los dispositivos de bloqueo y etiquetado deben ser resistentes y duraderos, soportar altas temperaturas, exposición al sol, a productos químicos y la acción mecánica propia del trabajo regular.
- Los equipos de bloqueo y etiquetado deben ser claramente identificados para saber fácilmente a quién han sido asignados o quién los ha instalado.
- Las leyendas de los elementos de bloqueo y etiquetado deben ser preimpresas y con leyendas en idioma español (Figura 13).

### Figura 13

*Propuesta de etiquetas para Macopa Aceros basado en una imagen del catálogo del fabricante Brady*



- El color y diseño de los elementos de bloqueo y etiquetado deben estar estandarizados para toda la empresa.

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>87 de 125</b>

## 7. Capacitación

7.1 Los Supervisores deben asegurar que todos los Empleados Autorizados en la operación con máquinas de *rollforming*, estén capacitados en el presente instructivo, abordando como mínimo los siguientes temas:

7.1.1 Identificación de las energías peligrosas presentes en el sitio de trabajo.

7.1.2 Medios disponibles para controlar, aislar o eliminar la energía peligrosa.

7.1.3 Dispositivos de bloqueo y etiquetado disponibles en la empresa.

7.1.4 Procedimientos específicos de Bloqueo y Etiquetado de las máquinas presentes en el área de trabajo (Cuadro 28 y 29).

7.2 Los Empleados Afectados y otros colaboradores que trabajen en áreas en donde puedan ser afectados por una transmisión o liberación de energía peligrosa, deben ser capacitados en los siguientes temas:

7.2.1 Propósito del Instructivo de Bloqueo y Etiquetado.

7.2.2 Identificación de bloqueos y etiquetados.

7.2.3 Responsabilidades de Empleados Afectados y otros colaboradores.

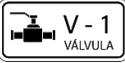
7.3 Todos los procesos de capacitación y recapitación deben ser registrados y reportados al servicio de Recursos Humanos para su seguimiento y resguardo.

**Cuadro 28.**

*Procedimiento específico de bloqueo y etiquetado de la máquina de Tubo 3*

PLAN DE BLOQUEO Y ETIQUETADO			
	Elaborado:	Revisado:	Aprobado:
	Salud Ocupacional	Mantenimiento	Producción
Nombre:	Tubo 3	Código:	Revisión: 1
Localización:	Aceros	Descripción:	Máquina roladora de tubería
Área:	Producción		
12	<b>PUNTOS DE BLOQUEO</b>	<b>NOTA: Esta máquina se puede bloquear por secciones</b>	<b>Instructivo para máquina de Tubo 3</b>
PASOS PARA APLICAR EL BLOQUEO Y ETIQUETADO			
1. Comunicar a los Empleados Afectados		4. Colocar el bloqueo y etiqueta	
2. Apagar la máquina o equipo (ordenadamente)		5. Liberar energía almacenada	
3. Asegurarse del aislamiento de las fuentes de energía		6. Verificar que la energía esté liberada	
Foto 1	Foto 2	Foto 3	Foto 4
Portarrollo	Acumulador	Forming y Sizing	Sizing
Foto 5	Foto 6	Foto 7	Foto 8
Sierra	Sierra	Soldadora	Nebulizadora
SIMBOLOGÍA DE TIPOS DE ENERGÍA			

SECCIÓN	TIPO DE ENERGÍA	LOCALIZACION	MÉTODO	DISPOSITIVOS
Portarrollo		Panel de control del portarrollo	Apagar el control del portarrollo desde la botonera del panel de control. Abrir el panel y colocar el bloqueo para breaker y la etiqueta.	
		Base del portarrollo	Colocar la válvula de aire del portarrollo en posición de cerrado y colocar dispositivo de bloqueo y etiquetado.	
Acumulador		Panel de control del acumulador	Apagar el control del acumulador desde la botonera del panel de control. Abrir el panel y colocar el bloqueo para breaker y la etiqueta.	
		Base del acumulador	Colocar la válvula de aire del acumulador en posición de cerrado y colocar dispositivo de bloqueo y etiquetado.	
Forming	 	Panel de control eléctrico principal	Apagar el control de <i>forming</i> desde la botonera del panel de control. Abrir el panel de control eléctrico principal y colocar el bloqueo para breaker sobredimensionado y la etiqueta.	
	 	Panel de control eléctrico principal	Apagar el control de <i>sizing</i> desde la botonera del panel de control. Abrir el panel de control eléctrico principal y colocar el bloqueo para breaker sobredimensionado y la etiqueta.	
Sizing		Detrás de <i>Sizing</i> , a nivel de piso	Colocar la válvula de aire del <i>sizing</i> en posición de cerrado y colocar dispositivo de bloqueo y etiquetado.	

Sierra		Panel de control de la sierra	Apagar el control de la sierra desde la botonera del panel de control. Abrir el panel y colocar el bloqueo para breaker y la etiqueta.	
		Frente al banco de la sierra, a nivel de piso	Colocar la válvula de aire de la sierra en posición de cerrado y colocar dispositivo de bloqueo y etiquetado.	
		Salida de tanque de compresor	Colocar la válvula de aire de la sierra en posición de cerrado y colocar dispositivo de bloqueo y etiquetado.	
Soldadora		Panel eléctrico de la soldadora	Apagar el control de la soldadora desde la botonera del panel de control. Abrir el panel y colocar el bloqueo para breaker y la etiqueta.	
Nebulizador		Base de la nebulizadora	Colocar la válvula de aire de la nebulizadora en posición de cerrado y colocar dispositivo de bloqueo y etiquetado.	
<b>PASOS PARA RETIRAR EL BLOQUEO Y ETIQUETADO</b>				
1. Retire las herramientas 2. Verifique que los resguardos estén colocados 3. Remover el bloqueo y etiquetado			4. Verificar que los empleados en general estén a salvo 5. Energizar el equipo o máquina 6. Notificar el servicio	
<b>NOTA: EL USO DE EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL ES OBLIGATORIO</b>				
<b>INCUMPLIMIENTO DE BLOQUEO Y ETIQUETADO</b>				
El incumplimiento de este procedimiento implica sanciones severas, incluso la finalización de su contrato laboral.				

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de rollforming en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>91 de 125</b>

### Cuadro 29

Procedimiento específico de bloqueo y etiquetado de la máquina de Lámina Ondulada 1

PLAN DE BLOQUEO Y ETIQUETADO				
		<b>Elaborado:</b> Salud Ocupacional	<b>Revisado:</b> Mantenimiento	<b>Aprobado:</b> Producción
<b>Nombre:</b>	Lámina Ondulada 1		<b>Código:</b>	<b>Revisión:</b> 1
<b>Localización:</b>	Aceros		<b>Descripción:</b>	Máquina roladora de lámina ondulada para techo
<b>Área:</b>	Producción			
<b>3</b>	<b>PUNTOS DE BLOQUEO</b>	<b>NOTA:</b> Esta máquina se debe bloquear completa	<b>Instructivo para máquina de Lámina Ondulada 1</b>	
PASOS PARA APLICAR EL BLOQUEO Y ETIQUETADO				
1. Comunicar a los Empleados Afectados 2. Apagar la máquina o equipo (ordenadamente) 3. Asegurarse del aislamiento de las fuentes de energía		4. Colocar el bloqueo y etiqueta 5. Liberar energía almacenada 6. Verificar que la energía esté liberada		
Foto 1		Foto 2		Foto 3
				
Panel eléctrico principal		Portarrollo		Portarrollo
SIMBOLOGÍA DE TIPOS DE ENERGÍA				
				
				
SECCIÓN	TIPO DE ENERGÍA	LOCALIZACIÓN	MÉTODO	DISPOSITIVOS
General		Panel de control eléctrico principal, contiguo al taller de Mantenimiento	Apagar el control de Lámina Ondulada 1 desde la botonera del panel de control. Abrir el panel de control eléctrico principal y colocar el bloqueo para breaker sobredimensionado y la etiqueta	

Portarrollo		Base del portarrollo, a nivel de piso y al frente	Colocar la válvula de aire del portarrollo en posición de cerrado y colocar dispositivo de bloqueo y etiquetado.	
		Base del portarrollo, a nivel de piso y detrás	Colocar la válvula de aire del portarrollo en posición de cerrado y colocar dispositivo de bloqueo y etiquetado.	
<b>PASOS PARA RETIRAR EL BLOQUEO Y ETIQUETADO</b>				
1. Retire las herramientas		4. Verificar que los empleados en general estén a salvo		
2. Verifique que los resguardos estén colocados		5. Energizar el equipo o máquina		
3. Remover el bloqueo y etiquetado		6. Notificar el servicio		
<b>NOTA: EL USO DE EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL ES OBLIGATORIO</b>				
<b>INCUMPLIMIENTO DE BLOQUEO Y ETIQUETADO</b>				
El incumplimiento de este procedimiento implica sanciones severas, incluso la finalización de su contrato laboral.				

## Recapitación de Empleados Autorizados y Afectados

7.4 Se debe realizar un proceso de capacitación en los siguientes casos:

7.4.1 Cuando un colaborador sea cambiado de funciones y pase de ser un Empleado Afectado a un Empleado Autorizado.

7.4.2 Cuando el colaborador cambie de tareas y sus nuevas funciones requieran aplicar procedimientos específicos de bloqueo y etiquetado que no han sido capacitados anteriormente.

7.4.3 Cuando ocurra un cambio en la máquina que genere nuevos peligros o energías peligrosas que se deban controlar.

7.4.4 Cuando haya un cambio en el Instructivo o en los procedimientos específicos de Bloqueo y Etiquetado.

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>93 de 125</b>

7.4.5 Cuando un Supervisor tenga razones para creer que un Empleado Autorizado o Afectado no cuenta con el conocimiento suficiente para cumplir con los procedimientos establecidos.

## **8. Revisión Periódica del Instructivo**

8.1 Tanto el presente Instructivo, como los procedimientos específicos de bloqueo y etiquetado deben ser revisados anualmente por parte del SSO en conjunto con personal del Servicio de Mantenimiento.

8.2 La revisión anual debe ser documentada y se debe generar un informe que indique al menos la siguiente información:

8.2.1 Fecha de revisión.

8.2.2 Procedimientos revisados.

8.2.3 Procedimientos modificados.

8.2.4 Procedimientos incluidos en el último periodo.

8.2.5 Revisión de accidentabilidad del último periodo, relacionado con control de energías peligrosas.

## **9. Referencias**

- OSHA, Estándar 29 CFR 1910.147, El Control de Energía Peligrosa
- University of Washington, Lockout Tagout Program
- Brady, Six Elements to an OSHA-Compliant Lockout Tagout Program



## CAPACITACIÓN

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>95 de 125</b>

## 1. Objetivo

Asegurar el conocimiento necesario en los operarios de las máquinas de *rollforming* y personal de Mantenimiento, para que puedan evitar y controlar los peligros mecánicos generados por el proceso productivo.

## 2. Objetivos Específicos

Dar a conocer al personal relacionado con las máquinas de *rollforming* los peligros mecánicos existentes en las máquinas en estudio, así como el riesgo que implican.

Formar a los trabajadores en el control de energías peligrosas, seguridad y protección de máquinas.

Trabajar el factor humano por medio de técnicas de comportamiento seguro con el fin de reducir la ocurrencia de comportamientos riesgosos.

## 3. Lineamientos Generales

Los departamentos de Producción y Mantenimiento deben asegurar que el personal a su cargo que esté relacionado con la operación de máquinas de *rollforming*, cuenten con la capacitación necesaria para ejecutar sus tareas de forma segura. Para esto, deberán coordinar con el Servicio de Salud Ocupacional y facilitar al personal para que participen en las actividades.

El Servicio de Salud Ocupacional (SSO) es el encargado de impartir las capacitaciones de seguridad planteadas en el presente documento y el departamento de Producción deberá impartir los procedimientos operativos.

Todas las capacitaciones deben ser documentadas en el registro de asistencia oficial de la empresa, distribuido por Gestión del Sistema.

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>96 de 125</b>

Todas las capacitaciones deben contener una evaluación con el fin de medir el conocimiento adquirido.

El Servicio de Recursos Humanos debe dar seguimiento a la implementación del plan de capacitación, resguardar los registros de capacitación y evaluar la efectividad del proceso de formación por medio de evaluaciones de comprobación de conocimientos.

Todas las capacitaciones deben contar con un plan instruccional utilizando el formato establecido por la organización.

El SSO deberá repetir las capacitaciones de Protección de Maquinaria y de Bloqueo y Etiquetado, cada vez que se incorpore maquinaria nueva o que haya cambios en el proceso productivo actual.

Cada año se debe realizar un proceso de recapitación para reforzar los conocimientos adquiridos.

Los indicadores de capacitación serán calculados con las siguientes fórmulas:

$$\text{Indicador de personal capacitado} = \frac{\# \text{ de personal capacitado}}{\# \text{ de personal requerido}} \times 100$$

$$\text{Indicador de horas de capacitación} = \frac{\# \text{ de horas impartidas}}{\# \text{ de horas esperadas}} \times 100$$

$$\text{I. Aprobación de Capacitaciones} = \frac{\text{Evaluaciones aprobadas}}{\text{Trabajadores capacitados}} \times 100$$

Con el fin de asegurar la participación de todas las partes involucradas, se ha actualizado la Matriz de Responsabilidades de procesos de capacitación (Cuadro 30).

**Cuadro 30**

*Matriz de responsabilidades de procesos de capacitación*

Variable	Responsables				
	Gestión del Sistema	Recursos Humanos	Producción	SSO	TI
Perfiles de puesto	X				
Determinación de necesidades de capacitación	X	X	X	X	
Coordinación de programa de capacitación		X	X	X	
Creación de planes instruccionales			X	X	
Suministro de insumos tecnológicos		X			X
Implementación		X	X	X	
Control y registro		X		X	
Seguimiento, resguardo de registros y evaluación de la efectividad		X			

Los cambios realizados respecto a la Matriz de Responsabilidades identificada en el estado de la situación actual, son que tanto el Servicio de Salud Ocupacional como el Departamento de Producción, deben confeccionar los Planes Instruccionales de todas las capacitaciones que se impartan, con el fin de lograr una adecuada planificación del contenido, los objetivos que se persiguen con la capacitación y las técnicas a utilizar.

A continuación, se presentan los Planes Instruccionales de las capacitaciones planteadas para cumplir con los objetivos (Cuadros 31, 32, 33, 34 y 35).

### Cuadro 31

#### Plan Instruccional de Seguridad en Máquinas

Nombre de Capacitación:	Seguridad en máquinas	# Horas	1
Dirigido a:	Personal operativo de <i>rollforming</i> / Personal de Mantenimiento		
Objetivo General	Concientizar sobre los peligros mecánicos implícitos en las máquinas de <i>rollforming</i> y la forma de protegerse		
Instructor	Servicio de Salud Ocupacional		

Contenidos	Objetivos Específicos	Tiempo en minutos	Técnica	Evaluación
Definición de peligros mecánicos Peligros presentes en cada sección de las máquinas Evaluación del riesgo Elementos de protección de maquinaria y equipos Responsabilidades	Identificar los peligros mecánicos presentes en su puesto de trabajo Concientizar al personal sobre los riesgos a los que se exponen durante la operación Entender el funcionamiento de las protecciones de seguridad en máquinas Conocer sus responsabilidades respecto a la seguridad en máquinas	60	Presentación presencial sobre los temas incluidos. Práctica: Se presentarán fotografías y videos de diferentes máquinas para identificar en grupos cuales son los riesgos mecánicos presentes y recomendar cuáles medios de protección podrían funcionar.	Se aplicará una evaluación para verificar los conocimientos adquiridos. La evaluación se considerará aprobada con una nota de 75. La evaluación puede ser física o haciendo uso de herramientas digitales, pero debe contar con trazabilidad para determinar quiénes requieren procesos de recapacitación.

### Cuadro 32

#### Plan Instruccional para Procedimientos Operativos de Tubo 3

Nombre de Capacitación:	Procedimientos operativos Tubo 3	# Horas	2,25
Dirigido a:	Personal operativo de Tubo 3		
Objetivo General	Desarrollar las competencias para operar las máquinas correctamente y de forma segura		
Instructor	Producción		

Contenidos	Objetivos Específicos	Tiempo en minutos	Técnica	Evaluación
Montaje del fleje en el portarrollo Soldado de punta y colas Enhebrado y ajuste de acumulador Enhebrado y ajuste de <i>Forming</i> Enhebrado y ajuste de soldadura Enhebrado y ajuste de <i>Sizing</i> Enhebrado y ajuste de turcos, secado - lubricación y sierra Operación de maquina Mantenimiento Autónomo	Transmitir el conocimiento para que el personal sea capaz de operar la máquina correctamente para evitar averías y paros en el proceso Garantizar el conocimiento de las normas de seguridad que se deben cumplir durante la operación	135	Lectura grupal de procedimientos. Apoyo visual con fotografías o videos. Sesión de preguntas y respuestas.	Se aplicará una evaluación para verificar los conocimientos adquiridos. La evaluación se considerará aprobada con una nota de 75. La evaluación puede ser física o haciendo uso de herramientas digitales, pero debe contar con trazabilidad para determinar quiénes requieren procesos de recapacitación.



### Cuadro 33

#### Plan Instruccional para Lámina Ondulada 1

Nombre de Capacitación:	Procedimientos operativos Lámina Ondulada 1	# Horas	1,75
Dirigido a:	Personal operativo de Lámina Ondulada 1		
Objetivo General	Desarrollar las competencias para operar las máquinas correctamente y de forma segura		
Instructor	Producción		

Contenidos	Objetivos Específicos	Tiempo en minutos	Técnica	Evaluación
Montaje de bobina Enhebrar máquina de formado de lámina ondulada Encender y apagar máquina de formado de lámina ondulada Operación máquina de formado de lámina ondulada Registro de la lámina ondulada Operación <i>Inkjet</i> Mantenimiento Autónomo	Transmitir el conocimiento para que el personal sea capaz de operar la máquina correctamente para evitar averías y paros en el proceso Garantizar el conocimiento de las normas de seguridad que se deben cumplir durante la operación	105	Lectura grupal de procedimientos. Apoyo visual con fotografías o videos. Sesión de preguntas y respuestas.	Se aplicará una evaluación para verificar los conocimientos adquiridos. La evaluación se considerará aprobada con una nota de 75. La evaluación puede ser física o haciendo uso de herramientas digitales, pero debe contar con trazabilidad para determinar quiénes requieren procesos de recapacitación.

### Cuadro 34

#### Plan Instruccional para Bloqueo y Etiquetado

Nombre de Capacitación:	Bloqueo y etiquetado	# Horas	1
Dirigido a:	Personal operativo de <i>rollforming</i> / Personal de Mantenimiento		
Objetivo General	Entender las energías peligrosas presentes en las máquinas de <i>rollforming</i> y la forma de controlarlas		
Instructor	Servicio de Salud Ocupacional		

Contenidos	Objetivos Específicos	Tiempo en minutos	Técnica	Evaluación
Definición de energías peligrosas Dispositivos de bloqueo y etiquetado Lineamientos generales de bloqueo y etiquetado Procedimientos específicos de bloqueo y etiquetado	Entender el potencial de ocurrencia de accidentes que implican las energías peligrosas Identificar las energías peligrosas presentes en la maquinaria Conocer los dispositivos de bloqueo y etiquetado Aprender a colocar y retirar los bloqueos y etiquetados en cada máquina	60	Presentación presencial de la información Simulación de un proceso de bloqueo y etiquetado	Se aplicará una evaluación para verificar los conocimientos adquiridos. La evaluación se considerará aprobada con una nota de 75. La evaluación puede ser física o haciendo uso de herramientas digitales, pero debe contar con trazabilidad para determinar quiénes requieren procesos de recapacitación.

### Cuadro 35

#### Plan Instruccional de Técnicas de Actuación Segura en el Trabajo

Nombre de Capacitación:	Técnicas de Actuación Segura en el Trabajo (TAST)	# Horas	8
Dirigido a:	Personal operativo de <i>rollforming</i> / Personal de Mantenimiento		
Objetivo General	Influir en el comportamiento de los trabajadores para mejorar las prácticas de trabajo seguras		
Instructor	Servicio de Salud Ocupacional		

Contenidos	Objetivos Específicos	Tiempo en minutos	Técnica	Evaluación
Comportamiento seguro Estados del comportamiento -Prisa -Frustración -Fatiga -Complacencia Errores causados por comportamiento -Ojos no en la tarea -Mente no en la tarea -En la línea de fuego -Pérdida del equilibrio/tracción/agarre Técnicas de Reducción de Errores de Comportamiento (TREC)	Entender el comportamiento riesgoso no intencional Conocer los estados y errores que general accidentes Entender las técnicas para identificar los estados y evitar los errores	240	Cuatro sesiones - taller de dos horas cada uno. En cada sesión se abordan los temas de forma progresiva revisando videos ilustrativos y analizando accidentes ocurridos en la empresa para reforzar conceptos	Se aplicará una evaluación para verificar los conocimientos adquiridos. La evaluación se considerará aprobada con una nota de 75. La evaluación puede ser física o haciendo uso de herramientas digitales, pero debe contar con trazabilidad para determinar quiénes requieren procesos de recapacitación.



## CUMPLIMIENTO LEGAL

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>104 de 125</b>

A continuación, se presentan los requisitos legales aplicables al presente Programa de Seguridad en Máquinas (Cuadro 36).

### Cuadro 36

#### *Cumplimiento de requisitos legales*

Requisito Legal	Contenido
<b>Legislación Obligatoria</b>	
Constitución Política de Costa Rica	Capítulo 50. Toda persona tiene derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Por ello, está legitimada para denunciar los actos que infrinjan ese derecho y para reclamar la reparación del daño causado.
Código de trabajo	Artículo 284. Sin perjuicio de lo establecido en otras disposiciones de este Código, será obligación del patrono: b) Cumplir con las disposiciones legales y reglamentarias para la capacitación y adiestramiento de los trabajadores, en materia de salud ocupacional c) Cumplir con las normas, y disposiciones legales y reglamentarias sobre salud ocupacional
	Artículo 285. Serán obligaciones del trabajador, además de las que señalan otras disposiciones de esta ley, las siguientes: b) Colaborar y asistir a los programas que procuren su capacitación, en materia de salud ocupacional; c) Participar en la elaboración, planificación y ejecución de los programas de salud ocupacional en los centros de trabajo; y ch) Utilizar, conservar y cuidar el equipo y elementos de protección personal y de seguridad en el trabajo, que se le suministren.
	Artículo 286. Ningún trabajador debe: b) Remover, sin autorización, los resguardos y protecciones de las máquinas, útiles de trabajo e instalaciones e) Manejar, operar o hacer uso de equipo y herramientas de trabajo para los cuales no cuenta con autorización y conocimientos.
Ley general de salud N° 5395	Artículo 18. Es obligación de toda persona evitar, diligentemente, los accidentes personales y los de las personas a su cargo, debiendo, para tales efectos, cumplir las disposiciones de seguridad, especiales o generales, que dicten las autoridades competentes y ceñirse a las indicaciones contenidas en los rótulos o a las instrucciones que acompañen al agente riesgoso, o peligroso, sobre su preservación, uso, almacenamiento y contraindicaciones



Reglamento general de seguridad e higiene de trabajo	Artículo 3. Todo patrono o su representante, intermediario o contratista, debe adoptar y poner en práctica en los centros de trabajo, por su exclusiva cuenta, medidas de seguridad e higiene adecuadas para proteger la vida, la salud, la integridad corporal y moral de los trabajadores, especialmente en lo relativo a: a) Edificaciones, instalaciones y condiciones ambientales b) Operaciones y procesos de trabajos c) Suministro, uso y mantenimiento de los equipos de protección personal d) Colocación y mantenimiento de resguardos y protecciones de las máquinas y todo género de instalaciones.
<b>Voluntaria</b>	
INTE 31-09-09:2016	Requisitos para la elaboración de programas de salud y seguridad en el trabajo.
INTE ISO 12100:2016	Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación y reducción del riesgo.
INTE ISO 13849-1 2016	Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de control relacionados con la seguridad. Principios generales de diseño.



## EVALUACIÓN Y MEJORA

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>107 de 125</b>

En esta sección se definen los lineamientos generales para evaluar el Programa de Seguridad en Máquinas, medir su nivel de implementación y asegurar el seguimiento por medio de un proceso de mejora continua.

## 1. Indicadores de Seguimiento

El seguimiento e implementación de este programa se evaluará y medirá mensualmente por medio de los indicadores de gestión descritos a continuación.

### 1.1. Implementación de controles de ingeniería

Este indicador medirá el avance en cuanto a la implementación de las protecciones de la máquina que se hayan establecido. Se debe calcular para cada máquina incluida en el programa, y utiliza como insumo la Matriz de elementos de seguridad requeridos en las máquinas de *rollforming* (Cuadro 11 y 17), en donde se establece la cantidad de elementos de protección para cada máquina, e inspecciones de verificación.

El indicador será calculado por SSO con la siguiente fórmula:

$$I. \text{Controles de Ingeniería} = \frac{\text{Elementos instalados}}{\text{Elementos requeridos}} \times 100$$

### 1.2. Control de peligros identificados

Algunos peligros se controlan por medio de protecciones en la máquina, y otros por medio de controles administrativos. Este indicador toma en cuenta la totalidad de peligros identificados en cada máquina y mide la implementación en cuanto a su control.

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>108 de 125</b>

El indicador será calculado por SSO con la siguiente fórmula:

$$I. Control de peligros = \frac{Peligros controlados}{Peligros identificados} \times 100$$

### 1.3. Implementación de capacitaciones

Mide la cantidad de colaboradores capacitados por cada tema de capacitación, el objetivo es asegurar la formación de todos los colaboradores involucrados y se calcula usando como insumo los registros de capacitación en custodia de Recursos Humanos.

El indicador será calculado por RRHH con la siguiente fórmula:

$$I. Capacitación = \frac{Personal capacitado}{Personal expuesto} \times 100$$

### 1.4. Indicador de horas de capacitación

Este indicador verifica si el tiempo de aprovechamiento esperado en el proceso de capacitación realmente se está cumpliendo y se calcula usando como insumo los registros de capacitación en custodia de Recursos Humanos.

El indicador será calculado por RRHH con la siguiente fórmula:

$$I. Horas de Capacitación = \frac{\sum \text{Horas de Capacitación realizadas}}{\text{Horas de capacitación esperadas}} \times 100$$

### 1.5. Indicador de aprobación de capacitaciones

Este indicador monitorea si el personal está aprobando las evaluaciones de validación de conocimientos, realizadas al final de cada actividad de capacitación. El indicador será calculado por RRHH a partir de los resultados de las evaluaciones, utilizando la siguiente fórmula:

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>109 de 125</b>

$$I. Aprobación de Capacitaciones = \frac{Evaluaciones aprobadas}{Trabajadores capacitados} \times 100$$

Cada mes se debe comunicar el resultado de los indicadores para mostrar el avance a los colaboradores involucrados. La comunicación se debe realizar por medio de reuniones de grupo, correo interno y correos personales, así como por medio de pizarras informativas.

Aprovechando el proceso de comunicación, se abrirán espacios para que cualquier colaborador involucrado en el proceso pueda plantear dudas y brindar sugerencias que mejoren el programa.

Durante el proceso de implementación de deben tomar acciones para corregir debilidades identificadas en el programa.

## **2. Mejora continua**

El presente Programa de Seguridad en Máquinas (PSM) ha sido planteado para intervenir la máquina de Tubo 3 y la máquina de Lámina Ondulada 3, sin embargo, plantea la estructura, lineamientos y herramientas para que, por medio de un proceso de mejora continua, se incorporen paulatinamente el resto de las máquinas de *rollforming* de la División de Aceros.

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>110 de 125</b>

Tanto para la revisión de las máquinas presentes, como para las nuevas máquinas que se incorporen, se debe utilizar como metodología el ciclo PHVA (Planear – Hacer – Verificar – Actuar), ya que esta metodología permite planificar los recursos para planificar los objetivos y en el camino, buscar la excelencia.

**Planear.** En esta etapa se establecen los objetivos y se identifican los procesos necesarios para lograr los resultados. En la práctica, en este punto se debe definir cuál será la máquina o máquinas que se incorporarán al programa y los requerimientos para implementar su protección utilizando las herramientas de análisis ya planteadas, o nuevas herramientas según las características de la máquina. En esta etapa se definen también los indicadores para medir y controlar los procesos.

**Hacer.** Consiste en la implementación de los planes de acción para lograr las mejoras planteadas. En esta etapa se incorporarán los nuevos elementos de protección de maquinaria, se crearán procedimientos y se realizará la capacitación necesaria para el funcionamiento correcto del PSM.

**Verificar.** Una vez implementado el plan de mejora, se determinará un periodo de seguimiento y la medición de los procesos resultantes respecto a los objetivos y actividades planificadas, y se deberá informar sobre los resultados.

**Actuar.** Una vez realizada la medición, si los procesos no se ajustan a lo planificado, se deben realizar las modificaciones o correcciones requeridas. Además, se deben tomar las decisiones necesarias para mejorar continuamente el proceso.

El ciclo PHVA no finaliza en la etapa de Actuar sino que es constante, lo que permite determinar las acciones concretas para continuar mejorando e incorporando nueva maquinaria al PSM.

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>111 de 125</b>

### **3. Evaluación del contenido del Programa de Seguridad en Máquinas (PSM)**

Como parte la Metodología planteada para este proyecto, durante la etapa de análisis del estado de la situación actual, se aplicó una lista de verificación basada en la norma INTE T29:2016 (Lista de verificación de requisitos de un Programa de Seguridad para el control de riesgos mecánicos) y en ese momento se determinó que el porcentaje de elementos de un PSM existentes era de un 33,3%.

Posteriormente, como parte de la aplicación de herramientas para el cumplimiento del tercer objetivo específico del proyecto, se volvió a aplicar la misma lista de verificación, verificando que con el presente desarrollo se ha alcanzado un 100% de elementos de un PSM, cerrando la brecha que existía en la organización.



## **CONTROL DE CAMBIOS**

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>113 de 125</b>

Cuando la organización plantee modificar su proceso productivo, o bien, incorporar nuevos procesos que impliquen la incorporación de maquinaria, se deberán seguir los siguientes lineamientos para asegurar una implementación ordenada y que cumpla con todos los requisitos de seguridad necesarios tanto durante su desarrollo como posteriormente, durante la operación.

El departamento de Producción deberá realizar una reunión con el servicio de Mantenimiento y el Servicio de Salud Ocupacional para plantear la necesidad y definir los requerimientos del nuevo proceso o maquinaria. A partir de esta reunión se revisarán diferentes elementos que afecten el proceso, como son los requisitos legales aplicables, permisos por parte de instituciones públicas, requisitos de salud y seguridad como dispositivos de protección o prevención contra incendios y requerimientos medioambientales. Todos los requisitos identificados deben quedar documentados y comunicados a las partes interesadas.

En caso de que el proyecto esté a cargo parcial o totalmente de un contratista, se debe asegurar que éste conozca los requerimientos definidos durante la planificación por medio de la entrega formal de la información a través del Administrador de Contrato.

Durante la implementación, se debe supervisar el cumplimiento de todos los requisitos establecidos por parte de los contratistas, aplicando el documento interno de Macopa llamado “Procedimiento de Manejo de Contratistas”, el cual establece las interacciones de supervisión en este tipo de contratos.

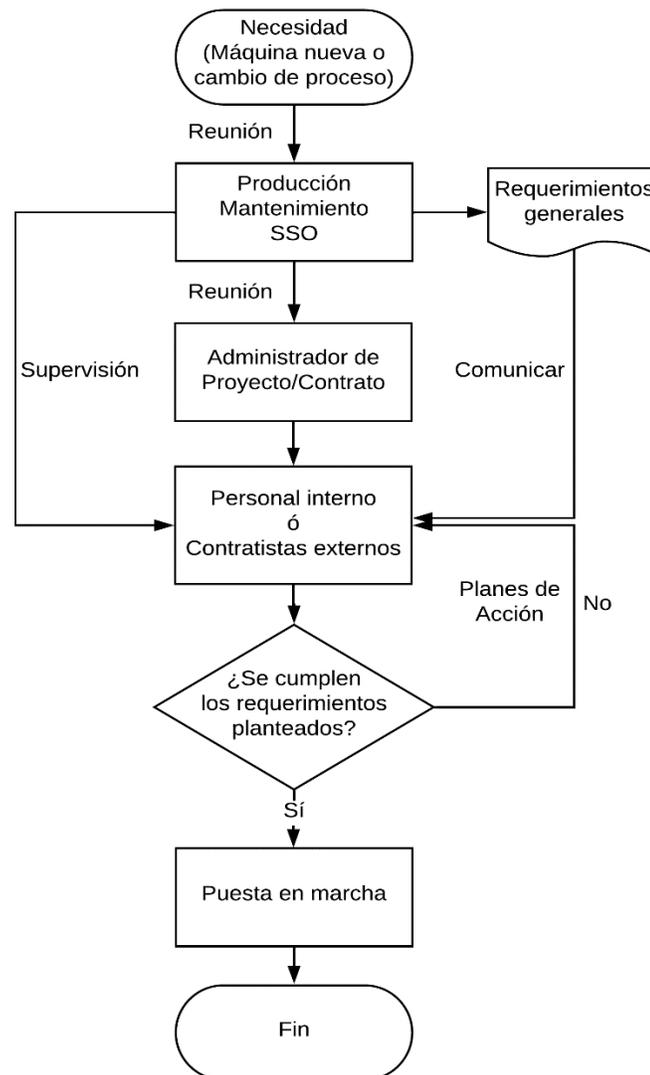
Una vez finalizada la remodelación o instalación de la nueva maquinaria, las partes involucradas deben realizar una inspección para verificar si se han cumplidos los requerimientos iniciales y se realizará una reunión para establecer planes de acción en caso de requisitos, o nuevos requisitos identificados en el proceso.

La remodelación o nueva maquinaria no podrá ser habilitada hasta que se hayan cumplido los requisitos establecidos.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo del proceso de control de cambios (Figura 14.)

**Figura 14**

*Proceso de Control de Cambios*





## INVERSIÓN Y RECURSOS

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>116 de 125</b>

La inversión y recursos asociados a la implementación del presente Programa de Seguridad en Máquinas se muestran en cuatro secciones, la primera sección está relacionada con las inspecciones y verificaciones de seguimiento y evaluación del PSM, las siguientes dos secciones, tomando en cuenta las propuestas de diseño de ingeniería seleccionadas (Cuadro 37 y 38), y la cuarta muestra la inversión relacionada con los procesos de capacitación requeridos (Cuadro 39).

Inicialmente se valora una proyección de visitas de inspección y verificación a las máquinas en estudio, según el cronograma de implementación (Cuadro 40), el proceso de fabricación e instalación de barreras y cobertores tendrá una duración de 12 semanas, las cuales requerirán de al menos una visita semanal. Posteriormente, el proceso de compra e instalación de los dispositivos electrónicos se extenderá durante siete meses más, para lo cual se prevé realizar una visita de inspección mensual.

Según esta proyección, se requieren al menos 19 inspecciones de una hora, calculadas un valor de ¢12.500 por hora, lo que implica una inversión de ¢237.500.

**Cuadro 37**

*Presupuesto para propuesta de ingeniería de Tubo 3*

Sección	Recurso	Proveedor	Inversión
Portarrollo	Materiales Internos	Macopa	€67 705,00
	Materiales externos	EPA	€190 000,00
	Mano de obra	Interno	€102 400,00
Acumulador	Materiales Internos	Macopa	€79 618,00
	Materiales externos	EPA	€190 000,00
	Dispositivos electrónicos	Elvatrón	€1 276 028,20
	Mano de obra	Interno	€179 200,00
Forming	Dispositivos electrónicos	Elvatrón	€3 208 965,00
	Mano de obra	Interno	€25 600,00
Sizing	Materiales Internos	Macopa	€14 564,00
	Materiales externos	EPA / Modertec	€184 800,00
	Dispositivos electrónicos	Elvatrón	€3 744 670,00
	Mano de obra	Interno	€51 200,00
Sierra	Materiales Internos	Macopa	€80 426,00
	Dispositivos electrónicos	Elvatrón	€3 273 405,40
	Mano de obra	Interno	€102 400,00
Stacker	Materiales Internos	Macopa	€173 034,00
	Mano de obra	Interno	€102 400,00
Sistema lógico	Dispositivos electrónicos	Elvatrón	€932 753,90
<b>Total</b>			<b>€13 979 169,50</b>

**Cuadro 38**

*Presupuesto para propuesta de ingeniería de Lámina Ondulada 1*

Sección	Recurso	Proveedor	Inversión
Portarrollo	Materiales internos	Macopa	€43 800
	Materiales externos	EPA	€76 000
	Mano de obra	Interno	€64 000
Rodillaje	Materiales internos	Macopa	€4 744
	Materiales externos	EPA	€38 000
	Dispositivos electrónicos	Elvatrón	€3 279 201
	Mano de obra	Interno	€51 200
Unidad de corte	Materiales internos	Macopa	€9 488
	Materiales externos	EPA	€38 000
	Dispositivos electrónicos	Elvatrón	€118 496
	Mano de obra	Interno	€51 200
Sistema lógico	Dispositivos electrónicos	Elvatrón	€626 423,20
<b>Total</b>			<b>€4 400 552,30</b>

**Cuadro 39**

*Presupuesto de capacitación para el Programa de Seguridad en Máquinas*

Tema	Puesto	Cantidad de personal	Horas requeridas	Precio por hora	Inversión
Seguridad en Máquinas	Mantenimiento	4	1	€3 200	€12 800
	Operarios	4	1	€2 500	€10 000
	Auxiliares de Producción	20	1	€1 665	€33 300
Procedimientos de Tubo 3	Operarios	2	2,25	€2 500	€11 250
	Auxiliares de Producción	18	2,25	€1 665	€67 433
Procedimientos de Lámina Ondulada 1	Operarios	1	1,75	€2 500	€4 375
	Auxiliares de Producción	1	1,75	€1 665	€2 914
Bloqueo y etiquetado	Mantenimiento	4	1	€3 200	€12 800
	Operarios	4	1	€2 500	€10 000
	Auxiliares de Producción	20	1	€1 665	€33 300
Técnicas de Actuación Segura en el Trabajo (TAST)	Mantenimiento	4	8	€3 200	€102 400
	Operarios	4	8	€2 500	€80 000
	Auxiliares de Producción	20	8	€1 665	€266 400
<b>Total</b>					<b>€646 971</b>



## **CRONOGRAMA DEL PROGRAMA DE SEGURIDAD EN MÁQUINAS**





## CONCLUSIONES

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>123 de 125</b>

- El Programa de Seguridad en Máquinas (PSM) propuesto, brinda una solución real y efectiva de control a los peligros identificados en las máquinas de *rollforming* en estudio y, por lo tanto, su implementación completa incidirá directamente en la reducción de accidentes con maquinaria.
- Las propuestas de ingeniería planteadas cumplen con lo requerido en las normas INTE/ISO 12100:2016 de Evaluación y reducción del riesgo en máquinas y la INTE/ISO 13849-1:2016 de Principios generales de diseño.
- Los componentes de control ingenieril y administrativo del PSM son complementarios, por lo que se requiere de la implementación de ambos para lograr un control adecuado del riesgo.
- El componente de capacitación es fundamental para la implementación del Programa, ya que de esto depende que los involucrados sean capaces de identificar los peligros nuevos y existentes, y que actúen en consecuencia para evitarlos o controlarlos.
- La inversión total para la implementación del PSM en las dos máquinas en estudio incluyendo los controles administrativos es de  $\phi$ 19.264.194.
- El PSM requiere de la participación de todas las partes involucradas, incluyendo la alta dirección, jefaturas, mandos medios, personal operativo y áreas de servicio para una implementación efectiva.
- El PSM incorpora la variable de seguridad a los procesos productivos con máquinas de *rollforming*, situación que anteriormente estaba dissociada.



## RECOMENDACIONES

	Programa de Seguridad para el control de peligros mecánicos en máquinas de <i>rollforming</i> en Macopa Aceros	<b>VERSIÓN 1</b>
		Página <b>125 de 125</b>

- Es necesario involucrar al Servicio de Salud Ocupacional en los diferentes procesos de la empresa desde las etapas de planificación, esto incorporará los requerimientos durante las implementaciones y facilitará la puesta en marcha reduciendo la exposición a peligros desde el inicio de la operación.
- Las futuras adquisiciones de maquinaria deben incluir los elementos de protección desde las especificaciones de compra, con el fin de reducir las intervenciones posteriores.
- El PSM debe ser avalado y concientizado desde la Presidencia de la empresa, para que su liderazgo permee hacia abajo en la estructura organizacional y lograr el involucramiento de todas las partes interesadas.
- Tomando en cuenta el valor de la inversión de los elementos de protección de maquinaria, se recomienda iniciar la implementación por las secciones identificadas como de riesgo grave, que serían *Forming* y *Sizing* en Tubo 3, y la unidad de corte en Lámina Ondulada 1. Esta primera inversión sería de ¢9.006.160.
- Según indicaciones del proveedor de dispositivos electrónicos, no todos los elementos están disponibles en el país, y debido a la dinámica mundial algunos tienen tiempos de entrega de hasta seis meses, por lo que es necesario establecer un plan de compras con la finalidad de que la implementación sea progresiva a lo largo del año.
- El proceso de capacitación se debe iniciar cuanto antes, aunque las protecciones de las máquinas aún no estén implementadas, esto reducirá los errores por comportamientos riesgosos, visibilizará los peligros mecánicos y reducirá la resistencia al cambio cuando las máquinas estén protegidas.
- Todas las capacitaciones deben contar con un plan instruccional que indique los contenidos y las técnicas por medio de las cuales se impartirá. La lectura de procedimientos por sí misma, no es suficiente para asegurar el conocimiento ni las habilidades necesarias para operar la maquinaria de forma segura.

## **IV. BIBLIOGRAFÍA**

## Referencias

- Apuy, E. (2017). *Caracterización de la industria metalmecánica costarricense*. PROCOMER. <https://tinyurl.com/x2wc9dhy>
- Asamblea Nacional Constituyente. (1949). *Constitución Política de la República de Costa Rica*. <https://tinyurl.com/ytuwzde4>
- ASEPEYO. (2018). *Fabricación de productos metálicos excepto maquinaria y equipo*. <https://tinyurl.com/nxje7wt2>
- Bestratén, M., Iranzo, Y. & Piqué, T. (2009). *Gestión de la prevención de riesgos laborales en la pyme*. INSHT. <https://tinyurl.com/2hazzujy>
- Botta, N. (2018). *Los Accidentes de Trabajo*. Red Proteger. <https://tinyurl.com/4d8hdx8h>
- Castillo, I., & Cadena, J. (2012). *Elaboración de procedimientos de trabajo seguro (PTS) para el proceso de mantenimiento eléctrico*. [Proyecto de Grado, Universidad ICESI]. <https://tinyurl.com/5x2na88d>
- CEPYME. (2015). *Seguridad en el uso de maquinaria en el sector metal*. <https://tinyurl.com/57zsemh>
- Cortes, J. (2012). *Técnicas de prevención de riesgos laborales. Seguridad e higiene del trabajo*. 10 ed. Madrid: Tébar
- ESAN Graduate School of Business. (2016). *La importancia de la jerarquía de control de riesgo*. <https://tinyurl.com/j6ekms7d>
- Granda, E. (2011). *Guardas de Seguridad en Máquinas*. Estructurplan. <https://tinyurl.com/5h2923v6>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6° ed.). McGraw-Hill/Interamericana Editores

Industrial Safety & Hygiene News. (2022). *Top 10 OSHA Violations for Fiscal Year 2021*. <https://tinyurl.com/45efdkke>

Instalaciones y Servicios Macopa. (2021). *Macopa*. <http://macopa.com/nosotros>

INTECO. (2016a). *Programas Salud y seguridad en el trabajo. Guía para la elaboración de programas de salud y seguridad en el trabajo. (Norma INTE T29:2016)*. <https://tinyurl.com/2853w4r2>

INTECO. (2016b). *Salud Ocupacional y Seguridad en el Trabajo. Seguridad en Máquinas. Partes de los sistemas de control relacionados con la seguridad. Parte 1: Principios generales de diseño (Norma INTE/ISO 13849-1:2016)*. <https://tinyurl.com/ya2feeaf>

INTECO. (2016c). *Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación y reducción del riesgo (INTE/ISO 12100:2016)*. <https://tinyurl.com/d8zvy6va>

ISO. (2018). *Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo. Requisitos con orientación para su uso (Norma ISO 45001:2018)*. <https://tinyurl.com/4jsufu8h>

J. J. Keller & Associates. (2021). *OSHA's Top Ten Violations: How does your compliance program stack up?*. <https://tinyurl.com/rb49bd79>

Mancera-Fernández, M., & Mancera-Ruiz, J. (2012). *Seguridad e Higiene Industrial. Gestión de Riesgos*. Alfaomega

Mansdorf, S. (2019). *Occupational safety and health law handbook* (3rd ed. ed.). John Wiley & Sons

- MC Mutual. (2008). *Prevención de Riesgos Laborales en el Sector Metal*. MC Mutual.  
<https://tinyurl.com/2uf2z8e>
- Nieto, E. (2018). *Tipos de investigación*. <https://tinyurl.com/3494nu55>
- NIOSH. (2011). *Uso de procedimientos de bloqueo e identificación con etiquetas para prevenir lesiones y muertes cuando se realiza el mantenimiento de maquinarias*.  
<https://tinyurl.com/3tuecu9c>
- NIOSH. (2016). *Prevention through Design Initiative*. <https://tinyurl.com/2zumhptw>
- NIOSH. (2019). *Programa de Controles de Ingeniería*. <https://tinyurl.com/4dxfnjc6>
- OIT. (2005). *Repertorio de recomendaciones prácticas sobre seguridad y salud en la industria del hierro y el acero*. <https://tinyurl.com/jy8b4m3y>
- OIT. (2021). *Mejora de la seguridad y salud en el trabajo en las pequeñas y medianas empresas*. <https://tinyurl.com/5cf83ux6>
- Piqué, T. (2000). *NTP 552: Protección de máquinas frente a peligros mecánicos: resguardos*. <https://tinyurl.com/3u9enush>
- Project Management Institute. (2013). *Guía de los Fundamentos Para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)*. Newtown Square, PA: Project Management Institute. <https://tinyurl.com/bdpcc2ps>
- Sadiq, N. (2019). *Establishing an Occupational Health & Safety Management System Based on ISO 45001*. EBSCOhost
- Sahoo, P. (2019). Total Quality Management and Quality Engineering. *Handbook of Research on Developments and Trends in Industrial and Materials Engineering* (pp. 451-468). IGI Global. Knovel
- Sutton, I. (2017). *Plant Design and Operations*. Knovel

Ulloa, E. (2009). *Guía para resguardos y protecciones de maquinaria y equipos*.

<https://tinyurl.com/sutrsv95>

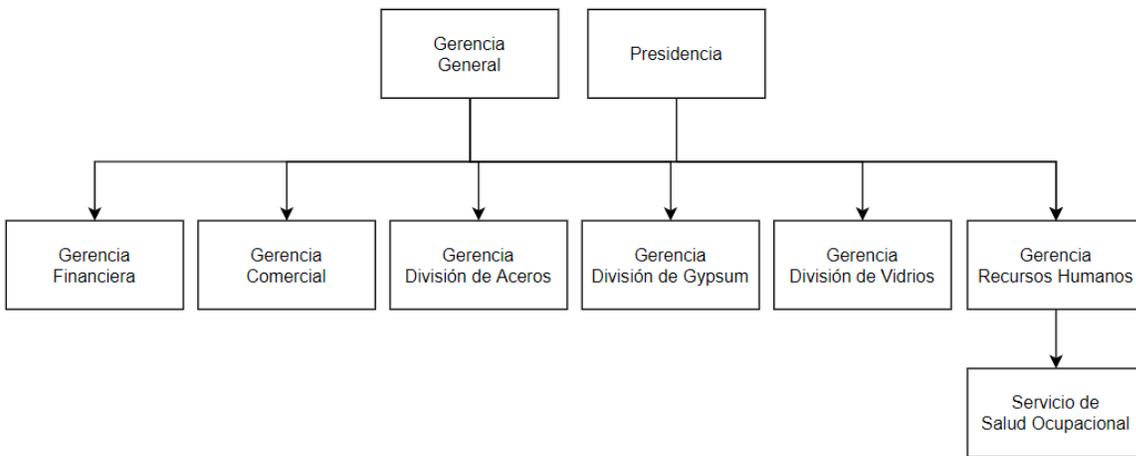
Ulloa, E., & Sánchez, N. (2020). *Estadísticas de Salud Ocupacional 2019*. Consejo de

Salud Ocupacional. <https://tinyurl.com/3spemaez>

## **V. APÉNDICES**

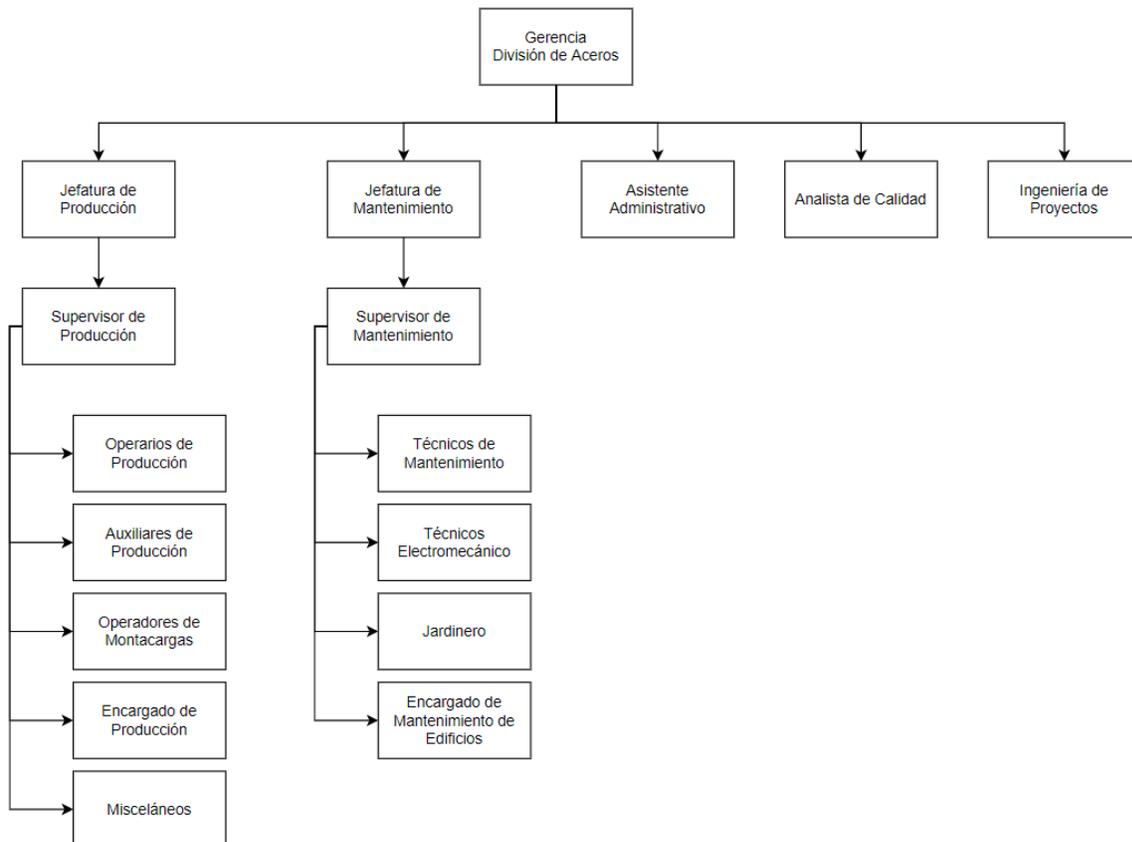
## Apéndice 1

### Organigrama de Instalaciones y Servicios Macopa



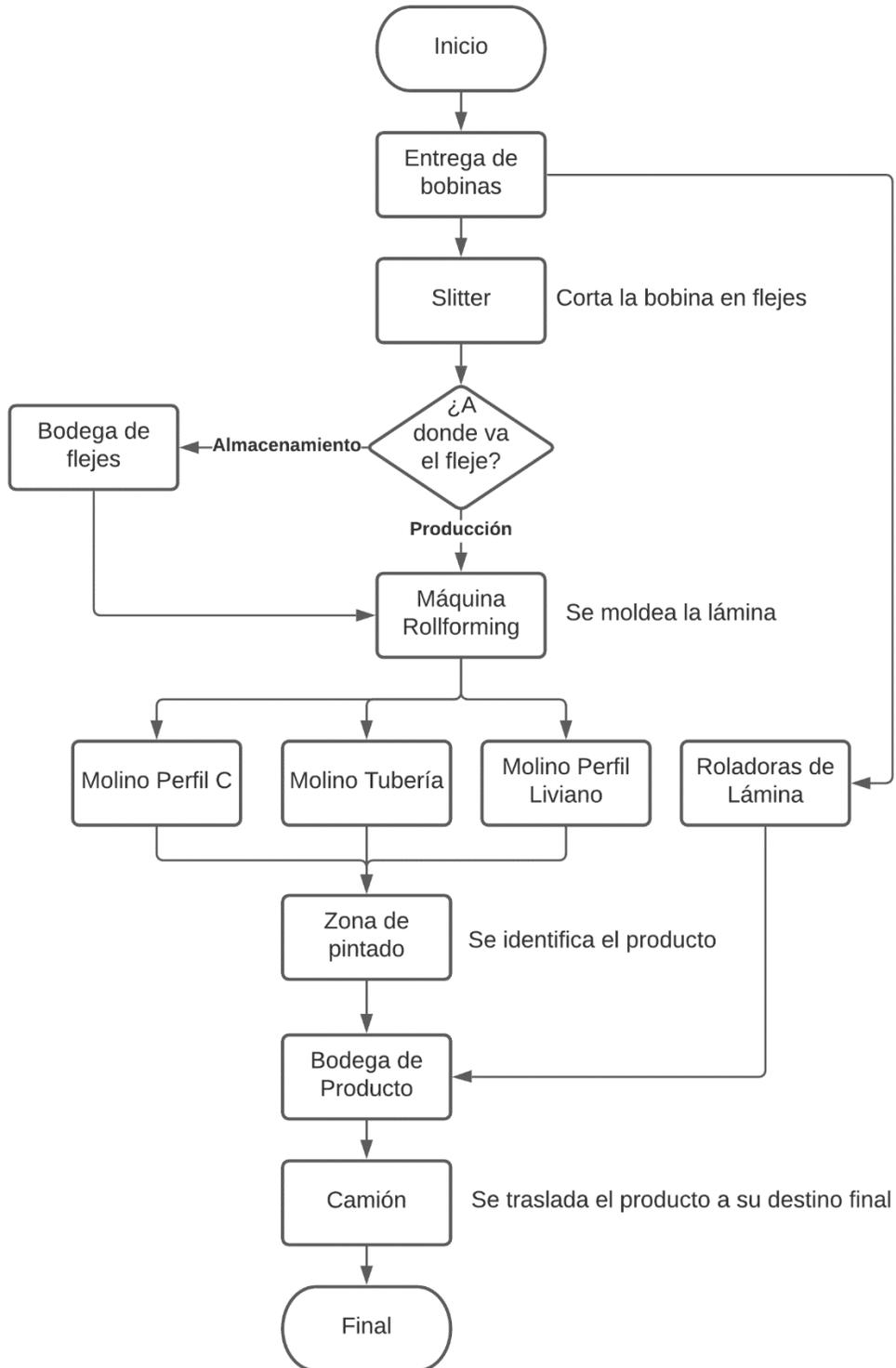
## Apéndice 2

### Organigrama de la División de Aceros de Instalaciones y Servicios Macopa



### Apéndice 3

#### Diagrama de flujo del proceso productivo



## Apéndice 4

### Validación de Entrevista semiestructurada a personal de Mantenimiento de la División de Aceros

	Entrevista Semiestructurada a Personal de Mantenimiento
---	---

Fecha de aplicación: 25/01/22

Colaborador: Pedro Arcin Segreira

1. ¿Cuál es su puesto de trabajo? Electromecánico
2. ¿Hace cuánto tiempo labora dando mantenimiento a las máquinas de Aceros? 3 años
3. ¿Que tipo de mantenimiento se le da a las máquinas? Mantenim. visual y auditiva. Cámaras termográficas y pistolas de cable
4. ¿Cuentan con un programa de mantenimiento preventivo? Sí, ver, observar, tocar ~~oír~~ VASAO, toda la máquina, perales, funcionamiento, ausencia de humo
5. ¿En el programa de mantenimiento preventivo hay un punto específico para resguardos, sensores de seguridad, paros de emergencia, etc?  
Sí, se revisan, estado físico, se activan
6. ¿Existe algún mecanismo para que los colaboradores reporten fallos en estos dispositivos?  
Chat de whatsapp, se reporta por ahí. No hay documentos se usa una app. se pueden activar de chat.
7. ¿Sabe cuáles son las secciones de la máquina más peligrosas que pueden causar cortes, golpes, atrapamientos, amputaciones, etc?  
Cortaflujos rápidos / Punta y cola / Acumulador / Rodillos 1º bancada  
masa / Soldadora / <sup>sizing</sup> 2º Bancada / Nebulizador / Corte / Stackler
8. ¿Sabe si para cada una de esas secciones hay un dispositivo que evite que se dé el accidente?  
Paro de emergencia ~~en bancada~~ desde sizing hasta la primera bancada  
no hay sensores de proximidad. No hay resguardos
9. ¿En caso de que se dé un accidente, en todas las secciones hay paros de emergencia que puedan detener la máquina?  
Paros de emergencia y línea de tipo de timbre de bus.
10. ¿Cuando realizan los mantenimientos, siempre lo hacen con los equipos detenidos y desenergizados?  
En las intervenciones sí se hace.
11. ¿Utilizan elementos de bloqueo y etiquetado para hacer los mantenimientos?  
No tienen elementos de bloqueo
12. ¿Existe un procedimiento de bloqueo y etiquetado?  
No hay  
limpieza, verific. de cableado, piezas móviles, tornillos sueltos

13. ¿Ha recibido alguna capacitación de Bloqueo y Etiquetado?

No. Solo lo que conoce en otra empresa.

14. ¿Ha sufrido algún incidente o accidente laboral dando mantenimiento a estas máquinas?

Aquí no, en otra empresa con máquinas similares

15. ¿Conoce a alguien más que haya sufrido un incidente o accidente dando mantenimiento en estas máquinas?

Pod. Un compañero metió el dedo en las masas en movimiento

16. ¿Según su criterio, cuáles pudieron ser las causas de estos incidentes o accidentes?

Malos comportamientos. Negligencia. Falta de método o equipo de protección.

## Apéndice 5

### Validación de Registro de dispositivos de seguridad instalados en las máquinas de rollforming

	<b>Registro de dispositivos de seguridad instalados en máquinas de rollforming</b>
---	--

Fecha de aplicación: 25/1/22 División: Aceas

Máquina: Tubo 2 Realizado por: Mauricio V / Pedro V.

Sección	Peligros presentes	¿Cuenta con resguardos?			Cantidad	¿Cuenta con paros de emergencia?			Cantidad	¿La máquina se puede detener desde cualquier ubicación?			¿Hay algún otro dispositivo de seguridad?		¿Cuáles?	Funcionamiento de los dispositivos	
		Si	No	NA		Si	No	NA		Si	No	NA	Si	No		Buenos	Malos
Porta fleje Punto yeda	Gulpes Atrocamiento Corte		X				X				X			X			
Acumulador Bancada 1	Corte Atrocam. Amputaci	X	X		1 bancas	X	X		1 linea	X	X			X		X	
Soldadura Fizins Pmc. 2	Quemadura Atrop. Atrop.		X			X			1	X				X		X	
Corte	Gulpe Corte		X			X			1	X			X		Sensores		
Stoller	Gulpe		X		1	X			1		X			X		X	

## Apéndice 6

### Validación de Entrevista semiestructurada con colaboradores de Proceso

	Entrevista Semiestructurada
---	-----------------------------

Fecha de aplicación: 27/01/22

Colaborador: William Mena Sosa / Javier Obando Mendoza

1. ¿Cuál es su puesto de trabajo?

Operador de Tubo 2 / Auxiliar de Tubo 2

2. ¿En cuál máquina está asignado?

Tubo 2

3. ¿Hace cuánto tiempo labora en esta máquina?

2 años / 8-9 meses

4. ¿Ya tenía experiencia previa en este tipo de máquinas?

Si, en una trefiladora de alambre / Primera vez

5. ¿Cuáles son sus tareas en la operación de la máquina?

Mena / Calidad del material, supervisar a los auxiliares. Cambio de formato, inicia y detiene la máquina, paros de mantenimiento, metalizadora y sierra  
 Javier → Recolactor de tubos, seleccionar el material, control de calidad, cambios de sierra

6. ¿Realiza siempre la misma tarea o varía en ocasiones?

W → Puede asumir funciones de los auxiliares

J → Ha hecho trabajos de soldadura

7. Si hace otras tareas indique cuáles:

8. ¿Ha recibido capacitación para operar esta máquina?

W → Pasó por los diferentes partes de la máquina observando al operario anterior

J → No recibió capacitación formal, aprendizaje de los compañeros

9. ¿Hace algún tipo de inspección a la máquina antes de iniciar la operación?

Si, se revisa el funcionamiento de la sierra, presiones, cuchilla, metalizadora materiales en mala posición, derrames. Solo se revisan los paros de emergencia de cable.

10. ¿Sabe cuáles son los peligros que tiene su trabajo?

Atrapamientos en toda la máquina, cortes, problemas de la vista, gases, desprendimientos, Mojones, lesiones articulares, Golpes

11. ¿Cuál EPP utiliza durante la operación de la máquina?

Manos anticorrosión / Antorcha / Guantes de cuero / (delantal impermeable) /  
casaca / zapatos / tapones

→ No tienen

12. ¿Sabe de qué peligro lo protegé cada EPP cuando opera la máquina?

Tapones para cuando se sobrepasan los días / Guante anticorrosión para revisión  
de tubo y cambios de formato de foros los zunchos / (guantes para <sup>→ faltan</sup>  
químicos) / Guantes de cuero para recolectar tubo

13. ¿Ha sufrido algún incidente o accidente laboral operando esta máquina?

Esquince en la muñeca manipulando cargas / Incidente limpiando  
los furcos

14. ¿Conoce a alguien más que haya sufrido un incidente o accidente en esta máquina?

Atropamiento entre los marcos

15. ¿Según su criterio, cuáles pudieron ser las causas de estos incidentes o accidentes?

Pierción de trabajo / Exceso de confianza

16. Saben donde están todos los paros de emergencia que tiene  
la máquina

Si saben donde están pero hay unos que no funcionan convenientemente.

## Apéndice 7

### Validación de Hoja de campo para observación de comportamientos riesgosos

	Hoja de campo para la observación de comportamientos riesgosos		
División	Aceros	Fecha	25/01/12
Máquina o Proceso	Tubo 2		

Pasos / Secciones	Comportamientos Riesgosos	Medidas de control	EPP utilizado
Porta fleje	Solo colocan 1 seguro al fleje. Reducen el peso del operador x estar en el montac. Esmovil sin visera	No hay	→ Casco → Guantes → Anteojos de seg → Mangas anticorte → Zapatos de seg
Punta y cola	Op. de Montac. <del>ati</del> realizan cortes con esmeril sin apoyo ni EPP. No se bloquean los controles mientras se hace la soldadura	No hay	 → Mascara de soldar
Acumulador Barrada 1 Soldadura	No hay personal en esta zona  La viruta metálica se acumula en el suelo a 1m. del barrero	=	=
Sizing Barrada 2	No usa mangas ni guantes No hay personal		
Corte	Se transita frente a la sierra	Barrada que no restringe el acceso	
Stacker	1 trabajo de espaldas al tubo, no se entera si hay un atascamiento de material	Paro de emergencia	=

## Apéndice 8

### Validación de la Lista de verificación basada en la Guía para resguardos y protecciones de maquinaria y equipos del Consejo de Salud Ocupacional, y la norma INTE/ISO 12100:2016

	Lista de verificación de cumplimiento de condiciones seguras en las máquinas de rollforming
---	---

División Aereo  
Máquina Tubo 2

Fecha 25/01/22

Item	Descripción	Si	No	NA	Observaciones
1	La máquina está en buen estado de funcionamiento	X			
2	La máquina cuenta con poleas, engranajes, cadenas u otras partes móviles encerradas o cubiertas con protecciones adecuadas		X		No hay resguardos
3	Los resguardos instalados están diseñados y construidos de tal manera que impidan el acceso hasta la zona peligrosa de cualquiera parte del cuerpo		X		" "
4	Al realizar una revisión "alrededor, debajo, a través y sobre" a la máquina o equipo, se puede asegurar que el riesgo es mínimo.		X		No, hay muchos puntos expuestos
5	El resguardo cumple con los valores recomendados para evitar la entrada de manos, dedos u otras partes del cuerpo que se puedan introducir a través, por sobre o alrededor del resguardo y que alcancen piezas o componentes de máquina que están en movimiento.		X	<del>X</del>	No hay resguardos
6	Los elementos móviles están protegidos dejándolos fuera del alcance de cualquier contacto con herramientas		X		En soldadura se debe acercar una herramienta
7	La máquina cuenta con un resguardo que evite la proyección de objetos y materiales		X		No hay resguardos
8	Los resguardos instalados están pintados de acuerdo con las normas nacionales sobre colores		X		" "
9	Los elementos energizados impiden cualquier contacto accidental	X			
10	Los resguardos están fabricados en materiales incombustibles		X		" "
11	Los resguardos tienen suficiente resistencia mecánica		X		" "
12	Los resguardos están soldados o instalados sólidamente		X		" "
13	Los equipos eléctricos están protegidos de humedad	X			
14	Los equipos eléctricos están protegidos de acumulación de polvo	X			
15	Los equipos eléctricos están puestos a tierra	X			
16	Los colaboradores no son capaces de retirar o eliminar los resguardos fijos			X	No hay resguardos
17	Los resguardos paros automáticos que detengan la maquinaria cuando se abren o se retiran		X		
18	Los trabajos de calibración realizados por los colaboradores se realizan con el equipo desenergizado o con el resguardo colocado		X		
19	Todos los trabajos de mantenimiento se realizan con el equipo desenergizado	X			
20	Los resguardos instalados no generan nuevos riesgos			X	
21	Los resguardos se pueden retirar para ser reparados			X	
22	Los resguardos permiten los mantenimientos, lubricaciones y calibraciones			X	
23	Los resguardos no afectan la operación y productividad de la máquina			X	

24	Los resguardos permiten la inspección de la máquina			X	
25	Los colaboradores usan vestimenta adecuada respecto a la máquina	X			
26	La máquina cuenta con rotulación que indique el peligro presente		X		No hay rotulación de riesgos
27	Todas las partes de la máquina están bien sujetas de modo que se evite la caída de equipo o resguardos	X			
28	La operación normal de la máquina se puede realizar sin entrar en contacto con partes móviles	X			
29	La alimentación de la máquina se puede realizar sin entrar en contacto con puntos de atrapamiento, corte, golpe, etc.		X		En punta y cables / soldadura es necesario acercarse mucho
30	El retiro de desechos o la eliminación de atascos se realiza con la máquina apagada o sin entrar en contacto partes móviles		X		El retiro de la viruta se hace con la máquina en mov.
31	Las reparaciones y cambio de piezas solo las realiza personal especializado de Mantenimiento	X			
32	Las partes de la máquina que se desplazan están protegidas por resguardos para evitar golpes por objetos móviles		X		La sierra no tiene resguardos
33	Durante los trabajos de mantenimiento se utilizan elementos de bloqueo y etiquetado		X		No cuentan con ellos
34	La máquina cuenta con dispositivos de paro de emergencia en todas sus secciones		X		En punta y cables, acumulador, starter, hay partes sin paro
35	En caso de emergencia los colaboradores pueden accionar un paro de emergencia desde cualquier ubicación		X		" "
36	Todos los dispositivos de emergencia están funcionando correctamente	X			
37	Está establecido que se debe detener la máquina si se está poniendo el peligro la seguridad del operador, de terceros o no se encuentre en buenas condiciones de operación.		X		
Porcentaje de Cumplimiento %		0			

## Apéndice 9

### Entrevista semiestructurada a personal de Mantenimiento de la División de Aceros

	<b>Entrevista Semiestructurada a Personal de Mantenimiento</b>
---	--

Fecha de aplicación: \_\_\_\_\_

Colaborador: \_\_\_\_\_

1. ¿Cuál es su puesto de trabajo? \_\_\_\_\_

2. ¿Hace cuánto tiempo labora dando mantenimiento a las máquinas de Aceros? \_\_\_\_\_

3. ¿Que tipo de mantenimiento se le da a las máquinas? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. ¿Cuentan con un programa de mantenimiento preventivo? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. ¿En el programa de mantenimiento preventivo hay un punto específico para reguardos, sensores de seguridad, paros de emergencia, etc? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6. ¿Existe algún mecanismo para que los colaboradores reporten fallos en estos dispositivos? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

7. ¿Sabe cuáles son las secciones de la máquina más peligrosas que pueden causar cortes, golpes, atrapamientos, amputaciones, etc? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

8. ¿Sabe si para cada una de esas secciones hau un dispositivo que evite que se dé el accidente? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

9. ¿En caso de que se dé un accidente, en todas las secciones hay paros de emergencia que puedan detener la máquina? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

10. ¿Cuando realizan los mantenimientos, siempre lo hacen con los equipos detenidos y desenergizados?

---

---

11. ¿Utilizan elementos de bloqueo y etiquetado para hacer los mantenimientos?

---

---

12. ¿Existe un procedimiento de bloqueo y etiquetado?

---

---

13. ¿Ha recibido alguna capacitación de Bloqueo y Etiquetado?

---

---

14. ¿Ha sufrido algún incidente o accidente laboral dando mantenimiento a estas máquinas?

---

---

15. ¿Conoce a alguien más que haya sufrido un incidente o accidente dando mantenimiento en estas máquinas?

---

---

16. ¿Según su criterio, cuáles pudieron ser las causas de estos incidentes o accidentes?

---

---

## Apéndice 10

### Registro de dispositivos de seguridad instalados en las máquinas de *rollforming*

	Registro de dispositivos de seguridad instalados en máquinas de rollforming
---	---

Fecha de aplicación: \_\_\_\_\_ División: \_\_\_\_\_

Máquina: \_\_\_\_\_ Realizado por: \_\_\_\_\_

Sección	Peligros presentes	¿Cuenta con resguardos?			Cantidad	¿Cuenta con paros de emergencia?			Cantidad	¿La máquina se puede detener desde cualquier ubicación?			¿Hay algún otro dispositivo de seguridad?		¿Cuáles?	Funcionamiento de los dispositivos	
		Sí	No	NA		Sí	No	NA		Sí	No	NA	Sí	No		Buenos	Malos

## Apéndice 11

### Matriz de responsabilidades de procesos de capacitación

Variable	Responsables				
	Gestión del Sistema	Recursos Humanos	Producción	SSO	TI
Perfiles de puesto					
Determinación de necesidades de capacitación					
Coordinación de programa de capacitación					
Creación de planes instruccionales					
Suministro de insumos tecnológicos					
Implementación					
Control y registro					
Seguimiento					

## Apéndice 12

### Matriz de horas de capacitación

Máquina	Tipo de Capacitación	Capacitación	Horas x capacitación	# Personal	Horas totales
Tubo 3					
Lámina Ondulada 1					

## Apéndice 13

### Matriz de indicadores de capacitación

Colaborador	Puesto	Máquina	Capacitación 1	Capacitación 2	Capacitación 3	Capacitación 4	Total de horas

## Apéndice 14

### Matriz de procedimientos de Producción

Máquinas	Procedimientos de Producción	Capacitación	
		Sí	No
Tubo 3			
Lámina Ondulada 1			

## Apéndice 15

### Lista de verificación de requisitos de un Programa de Seguridad para el control de riesgos mecánicos

	<b>Lista de verificación de requisitos de un Programa de Seguridad para el control de riesgos mecánicos</b>
---	---

División \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

Item	Requerimiento de Programa de Seguridad	Si	No	NA	Comentarios
1	Se cuenta con la información general de la empresa (antecedentes, ubicación, organigrama, descripción de procesos y productos)				
2	Se cuenta con una Política de Seguridad Ocupacional firmada por la alta dirección				
3	Están establecidos el propósito y el alcance del programa				
4	Existen responsabilidades establecidas para los diferentes niveles de jerarquía de la organización				
5	Existe una identificación de peligros y evaluación de riesgos mecánicos para las máquinas de la División de Aceros				
6	Existen diseños de ingeniería de control de peligros mecánicos				
7	Existen procedimientos administrativos que complementen el programa de seguridad en máquinas				
8	Existe un programa integral de capacitación dirigido a la operación de máquinas y equipos				
9	Existe un mecanismo de evaluación y mejora continua del programa de seguridad				
<b>Implementación (%)</b>		<b>0,0</b>			



## Apéndice 17

### Entrevista semiestructurada con colaboradores de Proceso

	Entrevista Semiestructurada
---	-----------------------------

Fecha de aplicación: \_\_\_\_\_

Colaborador: \_\_\_\_\_

1. ¿Cuál es su puesto de trabajo? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. ¿En cuál máquina está asignado? \_\_\_\_\_

3. ¿Hace cuánto tiempo labora en esta máquina? \_\_\_\_\_

4. ¿Ya tenía experiencia previa en este tipo de máquinas? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. ¿Cuáles son sus tareas en la operación de la máquina? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6. ¿Realiza siempre la misma tarea o varía en ocasiones? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

7. Si hace otras tareas indique cuáles: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

8. ¿Ha recibido capacitación para operar esta máquina? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

9. ¿Hace algún tipo de inspección a la máquina antes de iniciar la operación? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

10. ¿Sabe cuáles son los peligros que tiene su trabajo?

---

---

---

11. ¿Cuál EPP utiliza durante la operación de la máquina?

---

---

---

12. ¿Sabe de qué peligro lo protegé cada EPP cuando opera la máquina?

---

---

---

---

13. ¿Ha sufrido algún incidente o accidente laboral operando esta máquina?

---

---

---

14. ¿Conoce a alguien más que haya sufrido un incidente o accidente en esta máquina?

---

---

---

15. ¿Según su criterio, cuáles pudieron ser las causas de estos incidentes o accidentes?

---

---

16. ¿Sabe dónde están todos los paros de emergencia que tiene la máquina?

---

---

## Apéndice 18

### Hoja de campo para observación de comportamientos riesgosos

	Hoja de campo para la observación de comportamientos riesgosos
---	--

División _____	Fecha _____
Máquina o Proceso _____	

Pasos / Secciones	Comportamientos Riesgosos	Medidas de control	EPP utilizado

## Apéndice 19

### Lista de verificación basada en la Guía para resguardos y protecciones de maquinaria y equipos del Consejo de Salud Ocupacional, y la norma INTE/ISO 12100:2016

	<b>Lista de verificación de cumplimiento de condiciones seguras en las máquinas de rollforming</b>
---	--

División \_\_\_\_\_  
Máquina \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

Item		Si	No	NA	Observaciones
1	La máquina está en buen estado de funcionamiento				
2	La máquina cuenta con poleas, engranajes, cadenas u otras partes móviles encerradas o cubiertas con protecciones adecuadas				
3	Los resguardos instalados están diseñados y contruidos de tal manera que impidan el acceso hasta la zona peligrosa de cualquiera parte del cuerpo				
4	Al realizar una revisión "alrededor, debajo, a través y sobre" a la máquina o equipo, se puede asegurar que el riesgo es mínimo.				
5	El resguardo cumple con los valores recomendados para evitar la entrada de manos, dedos u otras partes del cuerpo que se puedan introducir a través, por sobre o alrededor del resguardo y que alcancen piezas o componentes de máquina que están en movimiento.				
6	Los elementos móviles están protegidos dejándolos fuera del alcance de cualquier contacto con herramientas				
7	La máquina cuenta con un resguardo que evite la proyección de objetos y materiales				
8	Los resguardos instalados están pintados de acuerdo con las normas nacionales sobre colores				
9	Los elementos energizados impiden cualquier contacto accidental				
10	Los resguardos están fabricados en materiales incombustibles				
11	Los resguardos tienen suficiente resistencia mecánica				
12	Los resguardos están soldados o instalados sólidamente				
13	Los equipos eléctricos están protegidos de humedad				
14	Los equipos eléctricos están protegidos de acumulación de polvo				
15	Los equipos eléctricos están puestos a tierra				
16	Los colaboradores no son capaces de retirar o eliminar los resguardos fijos				
17	Los resguardos paros automáticos que detengan la maquinaria cuando se abren o se retiran				
18	Los trabajos de calibración realizados por los colaboradores se realizan con el equipo desenergizado o con el resguardo colocado				
19	Todos los trabajos de mantenimiento se realizan con el equipo desenergizado				
20	Los resguardos instalados no generan nuevos riesgos				

21	Los resguardos se pueden retirar para ser reparados				
22	Los resguardos permiten los mantenimientos, lubricaciones y calibraciones				
23	Los resguardos no afectan la operación y productividad de la máquina				
24	Los resguardos permiten la inspección de la máquina				
25	Los colaboradores usan vestimenta adecuada respecto a la máquina				
26	La máquina cuenta con rotulación que indique el peligro presente				
27	Todas las partes de la máquina están bien sujetas de modo que se evite la caída de equipo o resguardos				
28	La operación normal de la máquina se puede realizar sin entrar en contacto con partes móviles				
29	La alimentación de la máquina se puede realizar sin entrar en contacto con puntos de atrapamiento, corte, golpe, etc.				
30	El retiro de desechos o la eliminación de atascos se realiza con la máquina apagada o sin entrar en contacto partes móviles				
31	Las reparaciones y cambio de piezas solo las realiza personal especializado de Mantenimiento				
32	Las partes de la máquina que se desplazan están protegidas por resguardos para evitar golpes por objetos móviles				
33	Durante los trabajos de mantenimiento se utilizan elementos de bloqueo y etiquetado				
34	La máquina cuenta con dispositivos de paro de emergencia en todas sus secciones				
35	En caso de emergencia los colaboradores pueden accionar un paro de emergencia desde cualquier ubicación				
36	Todos los dispositivos de emergencia están funcionando correctamente				
37	Está establecido que se debe detener la máquina si se está poniendo el peligro la seguridad del operador, de terceros o no se encuentre en buenas condiciones de operación.				
<b>Porcentaje de Cumplimiento %</b>		<b>0</b>			

## Apéndice 20

### Matriz de elementos de seguridad requeridos en las máquinas de *rollforming*

Máquina	Sección	# Resguardos	Tipo de Resguardo	# Dispositivos de Enclavamiento	# Paros de Emergencia	Prioridad respecto al riesgo
Tubo 3						
Ondulada 1						

## Apéndice 21

### Matriz de evaluación del nivel de protección de los dispositivos de seguridad según la norma ISO13849-1

Máquina	Elemento	Peligros	Gravedad (S1 / S2)	Frecuencia (F1 / F2)	Probabilidad (P1 / P2)	Nivel requerido PL
Tubo 3						
Lámina Ondulada 1						

### Apéndice 22

#### Cuadro comparativo de materiales de fabricación para cada propuesta de diseño

Pieza o Material	Cantidad	Material 1	Material 2

### Apéndice 23

#### Presupuesto de implementación de diseño de ingeniería

Especificaciones del material	Cantidad	Precio ud.	Precio Total

## Apéndice 24

### Peligros identificados por sección/tarea en las máquinas de Tubo 3 y Lámina Ondulada 1

Máquina	Sección	Tareas	Peligros	Cantidad
<b>Tubo 3</b>	Portarrollo	Alimentación	Caída de material Espacio restringido con objetos móviles	2
		Apertura del fleje	Proyección de materiales Materiales afilados Puntos de corte y atrapamiento Movimientos inesperados del material	4
		Enhebrado	Materiales afilados	2
	Acumulador	Enhebrado	Trabajo a diferente nivel Puntos de atrapamiento	2
	<i>Forming</i>	Enhebrado	Puntos de atrapamiento	1
		Cambio de formato	Caída de partes de la máquina	1
		Calibración	Puntos de atrapamiento	1
	Soldadura	Enhebrado y ajuste de soldadura	Puntos de atrapamiento	1
		Retiro de la escoria de soldadura	Materiales afilados	1
	<i>Sizing</i>	Enhebrado	Puntos de atrapamiento	1
		Cambio de formato	Caída de partes de la máquina	1
		Calibración	Puntos de atrapamiento	1
	Sierra	Corte de tubo	Proyección de materiales Elemento móvil en espacio restringido	2
		Cambio de disco	Puntos de corte	1
	<i>Stacker</i>	Salida de material	Proyección de materiales	1
<b>Lámina Ondulada 1</b>	Portarrollo	Alimentación	Izaje de material Espacio restringido con objetos móviles Partes giratorias Materiales afilados Caída de materiales	6

		Enhebrado	Partes giratorias Movimientos inesperados del material Puntos de atrapamiento	3
	Rodillaje	Enhebrado	Puntos de atrapamiento	1
		Calibración	Puntos de atrapamiento	1
		Ajuste	Puntos de atrapamiento	1
	Unidad de corte	Limpieza de cabezales de impresora	Puntos de atrapamiento	1
		Ajuste de guillotina	Puntos de corte	1
		Ajuste de rodillos	Puntos de corte	1

**Apéndice 25**  
**Resguardo de Lámina Ondulada 1 que permite el acceso al punto de**  
**atrapamiento**



## Apéndice 26

### Evaluación de riesgo realizada a los peligros seleccionados

Evaluación del Riesgo							
#	Descripción de la desviación identificada	Peligro	Consecuencia	Exposición	Probabilidad	Grado de Riesgo	Clasificación del Riesgo
5	T3. <i>Forming</i> . Masas y rodillos sin protección que generan riesgo de atrapamientos y fracturas en el proceso de enhebrado de fleje y operación regular	Puntos de atrapamiento	30	10	0,8	240	Riesgo Grave
8	T3. <i>Sizing</i> . Masas y rodillos sin protección que generan riesgo de atrapamientos y fracturas en el proceso de enhebrado de fleje y operación regular	Puntos de atrapamiento	30	10	0,8	240	Riesgo Grave
24	LO1. Unidad de corte. Cuchillas de guillotina sin protección, lo que genera riesgo de amputación al ingresar las manos en zona de corte en el proceso de ajuste y salida del material	Puntos de corte	30	10	0,8	240	Riesgo Grave
1	T3. Portarrollo. Parte giratoria en área de tránsito de personal que genera riesgo de golpe por invasión del radio de giro del portarrollo	Espacio restringido con objetos móviles	40	8	0,4	128	Riesgo Moderado
2	T3. Portarrollo. Prensa hidráulica sin protecciones que genera riesgo de corte y aplastamiento al asegurar la cola y la punta para soldarla	Puntos de corte y atrapamiento	30	8	0,6	144	Riesgo Moderado
4	T3. Acumulador. Plataforma giratoria accesible al personal que genera riesgo de atrapamiento de extremidades en los rodillos	Puntos de atrapamiento	30	5	0,8	120	Riesgo Moderado

6	T3. <i>Forming</i> . Masas y rodillos sin protección que generan riesgo de atrapamientos y fracturas en el proceso de calibración	Puntos de atrapamiento	30	5	0,8	120	Riesgo Moderado
9	T3. <i>Sizing</i> . Masas y rodillos sin protección que generan riesgo de atrapamientos y fracturas en el proceso de calibración	Puntos de atrapamiento	30	5	0,8	120	Riesgo Moderado
10	T3. Sierra. Salida de tubería de la unidad de corte sin canalización, que genera riesgo de golpe del material por un mal corte de la sierra	Proyección de materiales	40	10	0,4	160	Riesgo Moderado
12	T3. Sierra. La unidad de corte no cuenta con un sistema que detenga el giro de la sierra al abrir su compuerta para realizar el cambio, lo que genera riesgo de amputación por giro del disco	Puntos de corte	30	6	0,8	144	Riesgo Moderado
13	T3. Staker. La banda transportadora no cuenta con canalización que evite a proyección o caída de la tubería, lo que genera riesgo de golpe al recibir el material	Caída de materiales	10	10	1	100	Riesgo Moderado
15	LO1. Portarrollo. Proceso de alimentación de la bobina en el portarrollos sin bloqueo del panel de control, lo que genera riesgo de golpe por giro del portarrollos ante una activación accidental	Secciones giratorias	40	8	0,4	128	Riesgo Moderado
17	LO1. Portarrollo. Proceso de enhebrado de la bobina en el rodillaje sin bloqueo del panel de control, lo que genera riesgo de golpe por giro del portarrollos ante una activación accidental	Partes giratorias	40	8	0,4	128	Riesgo Moderado
20	LO1. Rodillaje. Masas y rodillos sin protección que generan riesgo de atrapamientos y fracturas en el proceso de enhebrado y la operación	Puntos de atrapamiento	30	6	0,6	108	Riesgo Moderado

25	LO1. Unidad de corte. Cuchillas de guillotina sin protección, lo que genera riesgo de amputación al ingresar las manos en zona de corte en el proceso de ajuste de rodillos de la unidad	Puntos de corte	30	5	0,8	120	Riesgo Moderado
3	T3. Portarrollo. Área de proyección de material sin espacio restringido que genera riesgo de golpe o corte con la cola del fleje al desenrollarse totalmente	Movimientos inesperados del material	10	6	0,6	36	Riesgo Bajo
11	T3. Sierra. Área de paso estrecho contiguo al carro móvil de la sierra que genera riesgo de golpe por su desplazamiento	Elemento móvil en espacio restringido	10	10	0,8	80	Riesgo Bajo
14	LO1. Portarrollo. Invasión del recorrido del mandril por parte del personal que genera riesgo de golpes o amputaciones al ubicar los pies sobre el riel	Espacio restringido con objetos móviles	30	8	0,4	96	Riesgo Bajo
16	LO1. Portarrollo. Sección de mangueras hidráulicas giratoria que genera riesgo de impacto y fractura en las manos al acercarse a la línea de fuego	Secciones giratorias	10	8	0,6	48	Riesgo Bajo
19	LO1. Portarrollo. Resguardo que no cuenta con las medidas requeridas para la protección de las extremidades, lo que genera riesgo de atrapamiento en los primeros rodillos al enhebrar el material	Puntos de atrapamiento	10	8	0,6	48	Riesgo Bajo
21	LO1. Rodillaje. Masas y rodillos sin protección que generan riesgo de atrapamientos y fracturas en el proceso de calibración inicial sin lámina	Puntos de atrapamiento	30	5	0,6	90	Riesgo Bajo
22	LO1. Rodillaje. Masas y rodillos sin protección que generan riesgo de atrapamientos y fracturas en el proceso de ajuste con lámina	Puntos de atrapamiento	30	5	0,4	60	Riesgo Bajo

23	LO1. Unidad de corte. Masas y rodillos sin protección que generan riesgo de atrapamientos y fracturas en el proceso de limpieza de cabezales de impresora	Puntos de atrapamiento	30	5	0,4	60	Riesgo Bajo
7	T3. Soldadura. Masas y rodillos sin protección que generan riesgo de atrapamientos y fracturas en el proceso de enhebrado y ajuste de soldadura	Puntos de atrapamiento	10	5	0,4	20	Riesgo Soportable
18	LO1. Portarrollo. Área de proyección de material sin espacio restringido que genera riesgo de golpe o corte con la cola de la bobina al desenrollarse totalmente	Movimientos inesperados del material	10	6	0,4	24	Riesgo Soportable

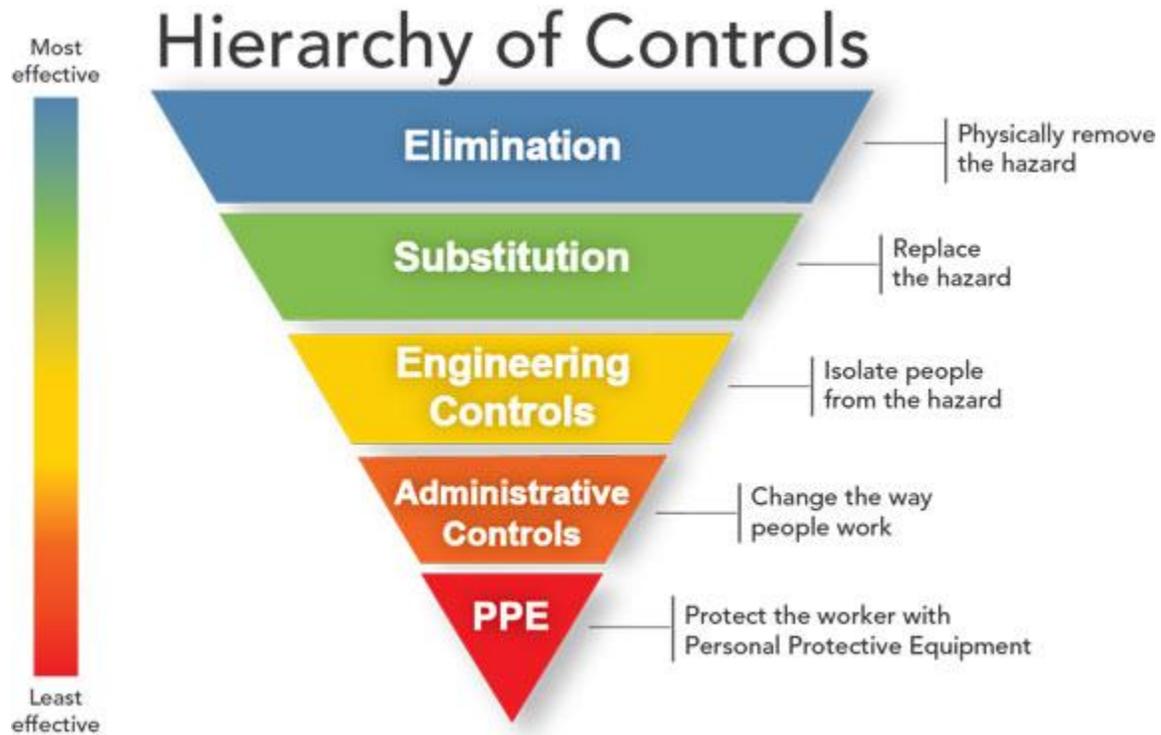
## **VI. ANEXOS**





### Anexo 3

### Pirámide de Jerarquía de Control del Riesgo



**Fuente:** Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH por sus siglas en inglés)

## Anexo 4

### Matriz de Priorización de Riesgos

	Matriz de Priorización de Riesgos			CÓDIGO:	
				VERSIÓN	2
				PÁGINA	1 de 1
ELABORADO POR:	SALUD OCUPACIONAL	APROBADO POR:		GERENTE RECURSOS HUMANOS	

División: \_\_\_\_\_

Fecha de elaboración: \_\_\_\_\_

Planta o Proceso evaluado: \_\_\_\_\_

Elaborado por: \_\_\_\_\_

PLAN DE ACCIÓN PARA LAS DESVIACIONES IDENTIFICADAS											RESULTADOS DE LA REEVALUACIÓN	
#	Descripción de la desviación identificada	Peligro	Evaluación del Riesgo					Medida de Control	Responsable	Fecha límite	Estado de cumplimiento	Reestimación del Grado de Riesgo
			Consecuencia	Exposición	Probabilidad	Grado de Riesgo	Clasificación del Riesgo					

Fuente: Macopa, 2021

## Anexo 5

### Evaluación de las condiciones de peligrosidad de los riesgos de mayor impacto

<b>EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE PELIGROSIDAD DE LOS RIESGOS DE MAYOR IMPACTO</b>		
<b>FACTOR</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>VALOR</b>
<b>1. CONSECUENCIAS</b> Resultado más probable si se materializa el riesgo.	1. Varias muertes o efectos masivos.	50
	2. Muerte.	40
	3. Lesiones extremadamente graves (permanentes, amputaciones, incapacitantes).	30
	4. Enfermedades incapacitantes.	20
	5. Lesiones incapacitantes.	10
	6. Heridas, politraumatismos menores.	5
	7. Lesiones leves no incapacitantes que causan pequeño daño.	1
<b>2. EXPOSICIÓN</b> Relación que tiene el colaborador (es) con el riesgo durante su jornada.	1. Continuamente (100% de la jornada).	10
	2. Frecuentemente (80% a menos del 100% de la jornada, o muchas veces al día).	8
	3. Moderadamente (del 50% a menos del 80% de la jornada, o 1 vez al día).	6
	4. Ocasionalmente (de 5% a menos de 50% de la jornada, o 1 vez a la semana).	5
	5. Raramente (del 1% a menos del 5% de la jornada, o 1 vez al mes).	2
	6. Remotamente posible (menos del 1% de la jornada laboral, se sabe que ocurre).	1
	7. No existe contacto con el riesgo, no se sabe si haya ocurrido.	0.5
<b>3. PROBABILIDAD</b> Grado de certeza que la secuencia de sucesos se complete y materialicen las consecuencias.	1. Es el resultado más probable y esperado si la situación de riesgo continúa (cercano a 1).	1
	2. Es completamente posible, nada extraño de que ocurra, la probabilidad es de 0,8 a 1.	0.8
	3. Podría ser la consecuencia esperada (0,5 a 0,8).	0.6
	4. Existe la posibilidad de que ocurra (0,5).	0.3
	5. Probabilidad de moderada a baja, menor a 0,1.	0.2
	6. Sería una coincidencia remotamente posible, pero se sabe que ha ocurrido.	0.1
	7. Nunca ha sucedido, pero es concebible.	0,05
<b>Relación para definir el Grado de Riesgo</b>		
GR = Consecuencias (C) x Exposición (E) x Probabilidad (P)		

**Fuente: Macopa, 2021**

**Anexo 6**  
**Orientación sobre el grado de riesgo**

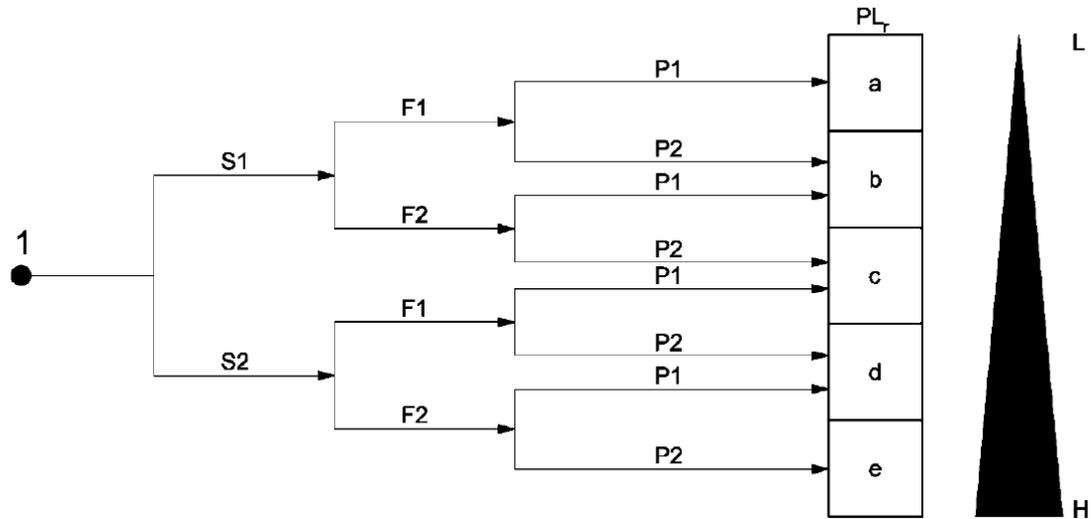
<b>ORIENTACIÓN SOBRE EL GRADO DE RIESGO</b>
---

CRITERIOS A CONSIDERAR	RANGO DE GR
<p><b><u>RIESGO INSOPORTABLE</u></b> Son riesgos cuyas consecuencias, afectan a los colaboradores en forma importante, no admiten retraso en las acciones para su atención. Requiere corrección inmediata, la actividad debe ser detenida hasta que el riesgo se haya controlado.</p>	<p><b>Mayor de 450</b></p>
<p><b><u>RIESGO EXTREMO</u></b> Se refiere a riesgos cuya evaluación demuestra ausencia de controles, en tal sentido puede generar consecuencias importantes para los colaboradores. Requiere actuación urgente.</p>	<p><b>Menor o igual a 449 Mayor de 300</b></p>
<p><b><u>RIESGO GRAVE</u></b> Riesgos que presentan características que lo hacen requerir nivel de atención, donde la participación de equipos técnicos debe proponer medidas oportunas, por cuanto pueden generar efectos o lesiones importantes. El riesgo debe ser eliminado sin demora en donde se requiere un plazo de corrección no mayor a 2 días.</p>	<p><b>Menor o igual a 299 Mayor a 200</b></p>
<p><b><u>RIESGO MODERADO</u></b> Riesgos que requieren una atención adecuada por parte de los responsables de la empresa, por cuanto, hay posibilidad de que los mismos generen accidentes de consecuencias incapacitantes. Se requiere un plazo de corrección no mayor a 5 días.</p>	<p><b>Menor o igual a 199 Mayor a 100</b></p>
<p><b><u>RIESGO BAJO</u></b> Procede desarrollar acciones que mantengan bajo control factores de riesgo presentes en las principales actividades que se realizan en los lugares de trabajo.</p>	<p><b>Menor o igual a 99 Mayor a 30</b></p>
<p><b><u>RIESGO SOPORTABLE</u></b> Procede el control normal de los riesgos presentes en cada actividad.</p>	<p><b>Menor o igual a 30</b></p>

Fuente: Macopa, 2021

## Anexo 7

Gráfico del riesgo para determinar el nivel de desempeño requerido (PLr) para cada función de seguridad



Fuente: INTECO, 2016

## Anexo 8

### Diseño de Plan Instruccional

	<b>Instalaciones y Servicios Macopa S.A.</b>		Código F02-MASO-05
	Diseño de Plan Instruccional		Versión 1
			Página 1 de 1
Elaborado por Servicio de Salud Ocupacional	Aprobado por Gerencia de Recursos Humanos	Rige a partir de	

<b>NOMBRE DEL TEMA DE CAPACITACION:</b>	
<b>DIRIGIDO A:</b>	<b>INSTRUCTOR:</b>
<b>FECHAS Y LUGAR EN QUE SE DESARROLLARA:</b>	<b>HORAS DE INSTRUCCIÓN:</b>
<b>OBJETIVO GENERAL:</b>	

**Título:**

CONTENIDOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	TIEMPO EN MINUTOS	TÉCNICA PARTICIPATIVA	EVALUACION
Detallar los temas o materias que se trabajarán en la actividad de capacitación. Los contenidos deben obedecer a los objetivos específicos	Los objetivos específicos indican el conocimiento que el participante tendrá al finalizar el tema específico que se presentó en el contenido. Debe responder a las preguntas Que hará? Como? Cuanto?		Se deben indicar las maneras en que el facilitador junto con los participantes se organiza para lograr los objetivos y abarcar los temas propuestos. Deben ser ejercicios y prácticas para dar dinamismo y acción a la sesión.	Se debe indicar la forma en que cada contenido y objetivo serán evaluados.

**Fuente:** Macopa, 2021