UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Apoyo técnico en el modelado y documentación de soluciones de seguridad para la empacadora de la línea 1 en Culiacán y la lavadora de la línea 3 en Chihuahua en el marco del proyecto para una empresa de bebidas en México

Juan Camilo Lalinde Rodríguez

Informe de práctica presentado para optar al título de Ingeniero Mecánico

Semestre de Industria

Asesores
Ricardo Moreno Sánchez, Doctor (PhD) en Mecatrónica
Julián Kemmerer López, Ingeniero Mecánico

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Mecánica
Medellín, Antioquia, Colombia
2026

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1803

Cita	Lalinde Rodríguez [1]
Referencia Estilo IEEE (2020)	[1] C. Lalinde Rodríguez, "Apoyo técnico en el modelado y documentación de soluciones de seguridad para la empacadora de la línea 1 en Culiacán y la lavadora de la línea 3 en Chihuahua en el marco del proyecto para una empresa de bebidas en México", Trabajo de grado profesional, Ingeniería Mecánica, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2025.



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: http://bibliotecadigital.udea.edu.co

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

A mis padres, Juan Fidel Lalinde Larios y Claudia Marcela Rodríguez Gómez, por su amor incondicional, por ser ejemplo constante de esfuerzo, compromiso y honestidad, y por haberme brindado siempre el apoyo necesario para alcanzar mis metas; a mi hermano, Juan Felipe Lalinde Rodríguez, por su compañía, comprensión y motivación constante a lo largo de este camino académico; a mis tíos y abuelas, quienes con su cariño y enseñanzas han sido un pilar fundamental en mi formación personal y profesional.

Con profundo agradecimiento, dedico este logro a todos ellos, porque cada paso alcanzado ha sido posible gracias a su respaldo, confianza y amor.

Agradecimientos

Expreso mi sincero agradecimiento a la Universidad de Antioquia, especialmente al programa de Ingeniería Mecánica, por la formación integral y el acompañamiento brindado durante todo mi proceso académico; a mi asesor interno, Ricardo Moreno Sánchez, por su orientación, disposición y valiosos aportes durante el desarrollo de esta práctica empresarial; y al ingeniero Julián Kemmerer, asesor empresarial de SAMCO SAFETY, por su constante apoyo, sus enseñanzas técnicas y la confianza depositada en mí durante este proceso.

A la empresa SAMCO SAFETY por abrirme las puertas y permitirme formar parte de un equipo comprometido con la innovación y la seguridad industrial, brindándome un espacio para aplicar y fortalecer mis conocimientos en un entorno profesional; y a mi familia, por su apoyo incondicional, su paciencia y sus palabras de aliento, que fueron el motor para culminar esta etapa con éxito.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN 10

ABSTRACT 11

I. INTRODUCCIÓN 13

II. OBJETIVOS 15

A. Objetivo general 15

B. Objetivos específicos 15

III. MARCO TEÓRICO 16

3.1 Seguridad industrial en maquinaria 16

3.2. Norma ISO 12100: gestión del riesgo en maquinaria 17

3.2.1. Identificación del peligro 18

3.2.2. Estimación del riesgo (probabilidad y severidad) 18

3.2.3. Evaluación del riesgo 18

3.2.4. Métodos de reducción del riesgo 18

3.2.5. Validación de las medidas de protección 19

3.3. Norma ISO 14120: Resguardos en maquinaria 19

3.3.1. Requisitos funcionales de los resguardos 20

3.3.2. Requisitos de diseño y construcción 20

3.3.3. Distancias mínimas de seguridad (ISO 13857) 22

3.3.4. Verificación de cumplimiento 25

3.4. Dispositivos electrónicos de seguridad 26

3.4.1. Cortina óptica 26

3.4.2. Enclavamientos de seguridad 27

3.4.3. Sensores magnéticos 28

3.5. Herramientas de diseño y documentación técnica 29

IV. METODOLOGÍA 30

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS 37

5.1. Resultados obtenidos en la empacadora (Línea 1 - Culiacán) 37

5.2. Resultados obtenidos en la lavadora (Línea 3 - Chihuahua) 40

5.3. Impacto general y cumplimiento de objetivos 41

REFERENCIAS 44

ANEXOS 46

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Lista de verificación de cumplimiento de resguardos según criterios de ISO 14120 25
Tabla 2. Soluciones implementadas en la empacadora y su relación normativa. 38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema general de ubicación de máquinas en la línea de producción embotelladora. Se destacan la empacadora y la lavadora como equipos intervenidos en el proyecto. 14
Figura 2. Zona lateral sin cerramiento en la empacadora de la línea 3, con acceso directo a componentes móviles y motor.....16
Figura 3. Diagrama general del proceso de reducción de riesgo según ISO 12100.....17
Figura 4. Acceso expuesto entre banda transportadora y estructura de la empacadora sin resguardo físico.....20
Figura 5. Ejemplo de resguardo distanciador según lineamientos de la norma ISO 14120 (figura de referencia normativa). 21
Figura 6. Relación entre altura del cerramiento y distancia a la zona de peligro.....22
Figura 7. Dimensiones máximas de aberturas en resguardos para limitar el acceso de manos y dedos.....23
Figura 8. Ejemplos de “alcance alrededor” en resguardos físicos según ISO 13857.....23
Figura 9. Distancias mínimas para prevenir el acceso de extremidades inferiores.....24
Figura 10. Cortina óptica fabricante Schmersal 26
Figura 11. Interruptor de Seguridad - AZM 300 28
Figura 12. Sensor Magnético de Seguridad BNS 36.....29
Figura 13. Fotografía de la empacadora L1 utilizada como insumo inicial para el levantamiento virtual. 31
Figura 14. Entorno 3D de la Empacadora L3 elaborado en Autodesk Inventor a partir de la información recolectada. 32
Figura 15. Zonas de riesgo identificadas en la empacadora L1 33
Figura 16. Modelo 3D de la empacadora L1 con señalización de alguno de los conceptos de seguridad propuestos. 34
Figura 17. Vistas frontal y posterior de la lavadora L3 con señalización de algunos los conceptos de seguridad diseñados.....35
Figura 18. Comparativo del nivel de riesgo antes y con el concepto presentado de la intervención. 40

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

ISO.	International Organization for Standardization
CAD	Computer Aided Design
EPP	Equipo de Protección Personal
PL	Performance Level
BOM	Bill of Materials
PhD	Philosophiae Doctor
UdeA	Universidad de Antioquia

RESUMEN

El presente informe corresponde al desarrollo de la práctica empresarial realizada en la empresa SAMCO SAFETY, dentro de un proyecto global de implementación de soluciones de seguridad industrial en plantas de una empresa de bebidas en México, en alianza con la compañía SCHMERSAL.

La práctica se centró en dos equipos: la empacadora de la línea 1 en la planta de Culiacán y la lavadora de la línea 3 en la planta de Chihuahua, los cuales presentaban riesgos asociados a partes móviles y accesos no controlados.

El objetivo principal fue apoyar al equipo de ingeniería de SAMCO en el levantamiento del modelado 3D de cada una de las máquinas con su respectiva documentación técnica de soluciones de seguridad, empleando Autodesk Inventor y lineamientos de normas internacionales como la ISO 12100 y la ISO 14120.

La metodología comprendió la revisión de información recolectada en planta, el modelado tridimensional de las zonas críticas, el diseño de guardas y soportes en el entorno virtual, la elaboración de planos técnicos estandarizados, la lista de materiales requerida y la validación de las propuestas con el equipo de ingeniería y el cliente.

Como resultado, se generaron modelos digitales y documentación técnica precisa, que sirven de base para la implementación de las soluciones diseñadas, garantizando trazabilidad en el proceso y contribuyendo a la reducción de riesgos y mejora de la seguridad en las líneas de producción intervenidas.

Palabras clave: Empacadora, Lavadora, SAMCO, SCHMERSAL, Diseño Mecánico, Seguridad industrial, Modelado 3D, Autodesk Inventor.

ABSTRACT

This report corresponds to the development of the business practice carried out in the company SAMCO SAFETY, within a global project of implementation of industrial safety solutions in plants of a beverage company in Mexico, in alliance with the company SCHMERSAL.

The internship focused on two pieces of equipment: the packer of Line 1 at the Culiacán plant and the washer of Line 3 at the Chihuahua plant, which presented risks associated with moving parts and uncontrolled access points.

The main objective was to support the SAMCO engineering team in the 3D modeling of each machine and the technical documentation of safety solutions, using Autodesk Inventor and guidelines from international standards such as ISO 12100 and ISO 14120.

The methodology included the review of information collected on site, three-dimensional modeling of critical areas, the design of guards and supports in a virtual environment, the preparation of standardized technical drawings, the required bill of materials, and the validation of the proposals with the engineering team and the client.

As a result, digital models and precise technical documentation were generated, serving as the basis for the implementation of the designed solutions, ensuring process traceability and contributing to risk reduction and improved safety in the intervened production lines.

Keywords: Packer, Washer, SAMCO, SCHMERSAL, Mechanical Design, Industrial Safety, 3D Modeling, Autodesk Inventor.

I. INTRODUCCIÓN

La seguridad en maquinaria industrial constituye un pilar fundamental en los procesos productivos, especialmente en entornos automatizados, donde la interacción entre operarios y equipos en movimiento implica riesgos considerables. La ausencia de guardas de protección y los accesos no controlados a zonas peligrosas pueden generar accidentes laborales, detenciones no programadas de línea e incluso incumplimiento de normativas internacionales, afectando tanto la productividad como la integridad de los trabajadores [1].

En este contexto, el Grupo SCHMERSAL, cuya empresa es referente en sistemas de seguridad para maquinas industriales [2], estableció una alianza estratégica con una empresa del sector de bebidas en México para la ejecución de un proyecto global de seguridad industrial en sus plantas productivas, dicha alianza se establece para la ejecución de un proyecto global de seguridad industrial en sus plantas embotelladoras. Como parte de esta iniciativa, la empresa SAMCO SAFETY, socio técnico de SCHMERSAL en Colombia, participa en la propuesta de diseño y documentación de soluciones mecánicas orientadas a reducir riesgos asociados al funcionamiento de maquinaria industrial.

Dentro del alcance del proyecto se priorizó la intervención de dos máquinas: la empacadora de la línea 1 en la planta de Culiacán y la lavadora de la línea 3 en la planta de Chihuahua, ambas con riesgos asociados al movimiento de componentes y accesos no restringidos. Estas máquinas hacen parte del conjunto de equipos típicos de una línea embotelladora, cuya disposición general se presenta en la Figura 1, donde se observa la ubicación de la empacadora y la lavadora dentro del flujo del proceso.

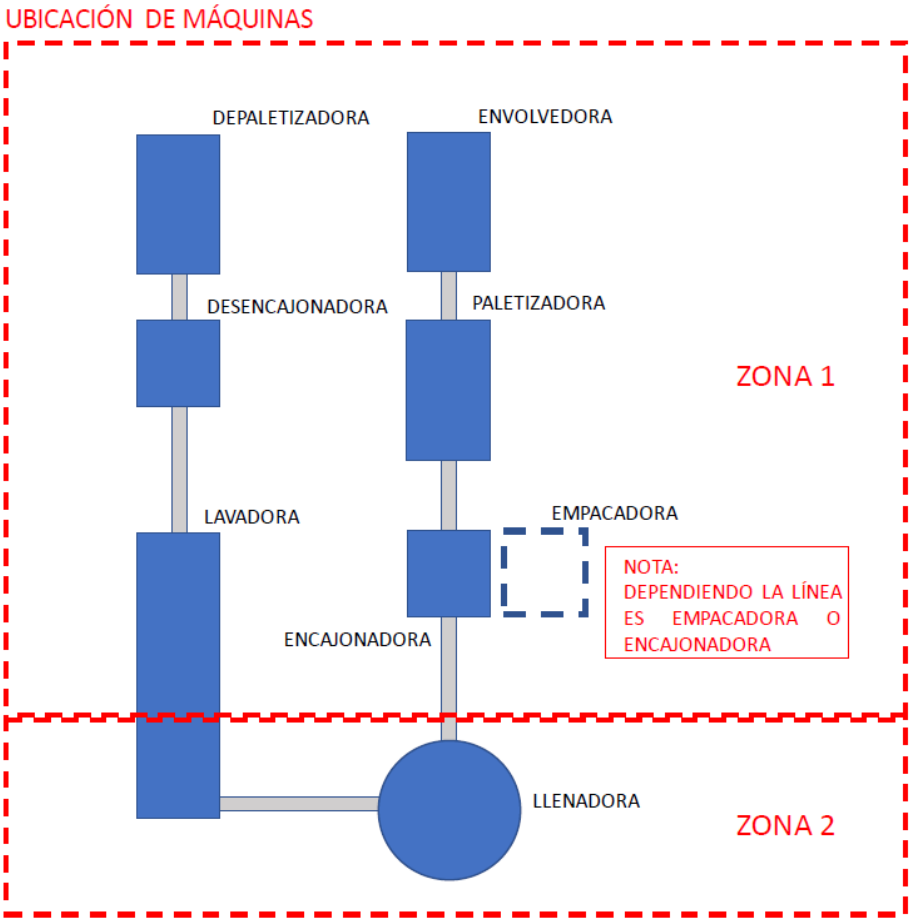


Figura 1. Esquema general de ubicación de máquinas en la línea de producción embotelladora. Se destacan la empacadora y la lavadora como equipos intervenidos en el proyecto.

El propósito de la práctica fue apoyar al equipo de ingeniería de SAMCO SAFETY mediante la revisión del levantamiento virtual, modelado tridimensional y documentación técnica de soluciones de seguridad, empleando Autodesk Inventor y lineamientos de normas internacionales como la ISO 12100 y la ISO 14120. Las actividades incluyeron la revisión de información recolectada en planta, el modelado tridimensional de zonas críticas, el diseño de guardas y soportes adaptados a las condiciones reales, la elaboración de planos técnicos estandarizados y la lista de materiales correspondientes.

De esta manera, el presente trabajo contribuyó a la reducción de riesgos y mejora de las condiciones de seguridad en la operación de maquinaria industrial, al tiempo que representó una aplicación práctica de conocimientos en diseño mecánico, automatización y seguridad industrial.

II. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Apoyar el diseño y la documentación técnica de soluciones de seguridad en maquinaria industrial, específicamente en la empacadora de la línea 1 de la planta de Culiacán y la lavadora de la línea 3 de la planta de Chihuahua, mediante el uso de herramientas CAD y el cumplimiento de normativas internacionales, con el fin de contribuir a la reducción de riesgos en los procesos de producción.

B. Objetivos específicos

- Levantar virtualmente, mediante herramientas CAD, la estructura y entorno de las máquinas intervenidas, con base en fotografías, dimensiones y observaciones realizadas por el equipo técnico en planta.

- Desarrollar propuestas gráficas de guardas físicas, soportes y elementos de fijación requeridos para controlar accesos a zonas de riesgo.

- Elaborar los planos técnicos detallados de los componentes diseñados, aplicando normas de dibujo técnico e incluyendo dimensiones, tolerancias, materiales y observaciones de fabricación.

- Documentar el proceso de diseño de cada solución implementada, asegurando la trazabilidad del trabajo y facilitando su validación por parte del cliente y del equipo de ingeniería.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Seguridad industrial en maquinaria

La seguridad en maquinaria industrial constituye un elemento fundamental en los sistemas productivos modernos, especialmente en entornos automatizados donde existe una interacción constante entre los operarios y los equipos en movimiento. La presencia de partes móviles, transmisión de potencia, sistemas neumáticos y eléctricos, así como puntos de atrapamiento, corte o impacto, representan fuentes potenciales de accidentes laborales que pueden afectar tanto la integridad física de los trabajadores como la continuidad operativa de los procesos industriales. [1].

En la Figura 2 se ejemplifica una condición de riesgo presente en la empacadora de la línea 3, donde la ausencia de cerramiento lateral permite el acceso directo a componentes móviles y a un motor eléctrico, generando un alto riesgo de atrapamiento, golpes y contacto con partes energizadas.



Figura 2. Zona lateral sin cerramiento en la empacadora de la línea 3, con acceso directo a componentes móviles y motor.

Este tipo de condiciones evidencia la necesidad de implementar soluciones de ingeniería orientadas al control de accesos y al aislamiento físico de las fuentes de peligro, priorizando medidas de protección colectiva sobre las administrativas o individuales.

La ocurrencia de incidentes en maquinaria no solo genera consecuencias humanas, sino también impactos económicos asociados a paradas no programadas, daños en equipos, sanciones legales y deterioro de la imagen corporativa. Por esta razón, la seguridad en máquinas ha evolucionado hacia un enfoque preventivo, en el cual los peligros se controlan desde la etapa de diseño, priorizando soluciones de ingeniería por encima de acciones correctivas posteriores.

Este enfoque preventivo se basa en la implementación de tres niveles jerárquicos de protección: el diseño intrínsecamente seguro, la incorporación de resguardos físicos y dispositivos de control, y, como última medida, el uso de advertencias y equipos de protección personal (EPP). Esta jerarquía busca minimizar el riesgo residual, garantizando que las máquinas puedan operar de manera segura sin comprometer su productividad ni su funcionalidad [1].

3.2. Norma ISO 12100: gestión del riesgo en maquinaria

La norma ISO 12100 establece los principios generales para el diseño seguro de la maquinaria mediante un enfoque sistemático de gestión del riesgo. Esta norma define una metodología estructurada que permite identificar los peligros, estimar y evaluar los riesgos asociados, así como seleccionar e implementar medidas de protección adecuadas [1]. Con el fin de visualizar este proceso de forma clara, la Figura 2 [3], presenta un esquema general del ciclo de gestión del riesgo, el cual resume las etapas de identificación, evaluación y reducción del riesgo de acuerdo con los lineamientos establecidos por la norma.

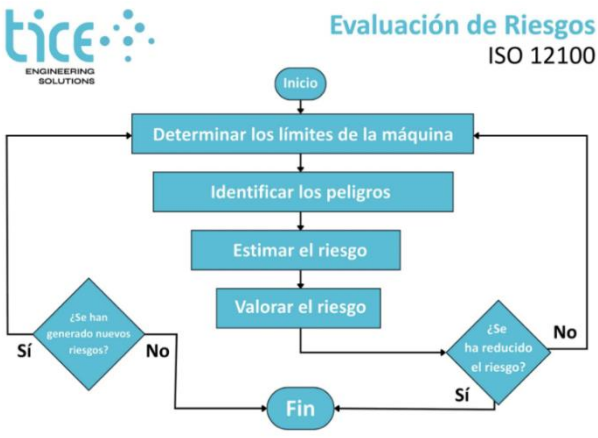


Figura 3. Diagrama general del proceso de reducción de riesgo según ISO 12100.

3.2.1. Identificación del peligro

La identificación de peligros constituye la primera etapa del proceso de gestión del riesgo. En esta fase se reconocen todas las fuentes potenciales de daño, tales como partes móviles expuestas, puntos de atrapamiento, riesgos de impacto, proyección de partículas y accesos no controlados a zonas peligrosas. Esta etapa requiere el análisis detallado de la geometría de la máquina, su modo de operación y las posibles intervenciones del operario durante su funcionamiento o mantenimiento [1].

3.2.2. Estimación del riesgo (probabilidad y severidad)

La estimación del riesgo consiste en determinar la magnitud del riesgo asociado a cada peligro identificado, considerando dos factores principales: la severidad del posible daño y la probabilidad de ocurrencia. La probabilidad depende de la frecuencia de exposición al peligro, la posibilidad de evitar el daño y la confiabilidad de los sistemas existentes. Esta estimación permite clasificar los riesgos de forma objetiva y establecer prioridades de intervención [1].

3.2.3. Evaluación del riesgo

La evaluación del riesgo es la etapa en la cual se determina si el nivel de riesgo estimado es aceptable o si es necesario implementar medidas adicionales de protección. Esta decisión se basa en criterios técnicos y normativos, permitiendo definir qué peligros requieren acciones correctivas inmediatas. La evaluación del riesgo es fundamental para orientar el diseño seguro de la maquinaria y justificar técnicamente la selección de soluciones de seguridad [1].

3.2.4. Métodos de reducción del riesgo

La reducción del riesgo se realiza siguiendo una jerarquía de medidas definida por la norma ISO 12100. En primer lugar, se debe priorizar el diseño intrínsecamente seguro, eliminando el peligro desde su origen. Cuando esto no es posible, se deben implementar medidas técnicas de protección, como resguardos físicos y dispositivos de control de seguridad. Finalmente, cuando persisten

riesgos residuales, se aplican señales de advertencia e instrucciones de uso, así como el empleo de equipos de protección personal [1].

3.2.5. Validación de las medidas de protección

La validación de las medidas de protección consiste en verificar que las soluciones implementadas cumplen efectivamente su función de reducción del riesgo. Esta etapa incluye la revisión del diseño, la inspección de la correcta instalación de los resguardos y dispositivos de seguridad, así como la comprobación de su funcionalidad durante condiciones normales y anormales de operación. La validación permite confirmar que el riesgo residual se encuentra dentro de niveles aceptables y que las medidas adoptadas son confiables [1].

3.3. Norma ISO 14120: Resguardos en maquinaria

La norma ISO 14120 establece los requisitos generales para el diseño, construcción e implementación de resguardos físicos utilizados en maquinaria industrial. Su objetivo principal es garantizar que los resguardos impidan el acceso de las personas a zonas peligrosas, sin afectar de manera negativa la operación normal de la máquina. Esta norma define criterios técnicos orientados a la resistencia mecánica, estabilidad estructural, facilidad de montaje, mantenimiento y compatibilidad con otros sistemas de seguridad, constituyéndose en una referencia fundamental para el diseño de elementos de protección en entornos industriales automatizados [4].

En la Figura 4 se evidencia un ejemplo real de una condición insegura identificada en la empacadora de la línea 1, donde se observa un acceso expuesto entre la banda transportadora y la estructura de la máquina, sin la presencia de un resguardo físico, lo que representa un riesgo potencial de atrapamiento y contacto con partes móviles



Figura 4. Acceso expuesto entre banda transportadora y estructura de la empacadora línea 1 sin resguardo físico.

3.3.1. Requisitos funcionales de los resguardos

Los requisitos funcionales de los resguardos, según la norma ISO 14120, se centran en la capacidad del sistema de protección para impedir el acceso a las zonas peligrosas durante la operación normal de la máquina. Entre los aspectos más relevantes se incluyen la continuidad de la protección, la eliminación de puntos de acceso no controlado, la compatibilidad con dispositivos de enclavamiento y la facilidad de inspección. Asimismo, los resguardos deben permitir las tareas de mantenimiento de forma segura, sin comprometer su función principal de protección [4].

3.3.2. Requisitos de diseño y construcción

La norma ISO 14120 también establece requisitos específicos relacionados con el diseño y la construcción de los resguardos. Estos incluyen la selección adecuada de materiales, la resistencia

a cargas mecánicas, la protección frente a vibraciones, impactos y condiciones ambientales adversas. Asimismo, se exige que los resguardos incorporen elementos de fijación seguros, bordes sin aristas cortantes y geometrías que eviten el atrapamiento o el acceso mediante extremidades o herramientas. El adecuado diseño estructural permite que los resguardos mantengan su integridad a lo largo del tiempo, incluso bajo condiciones de operación exigentes [4].

Adicionalmente, la norma contempla el uso de resguardos distanciadores como una estrategia de seguridad mediante separación física. Un ejemplo de este tipo de diseño se presenta en la Figura 5 [4], donde se ilustra un resguardo distanciador recomendado por la norma para impedir el acceso involuntario a zonas de peligro.

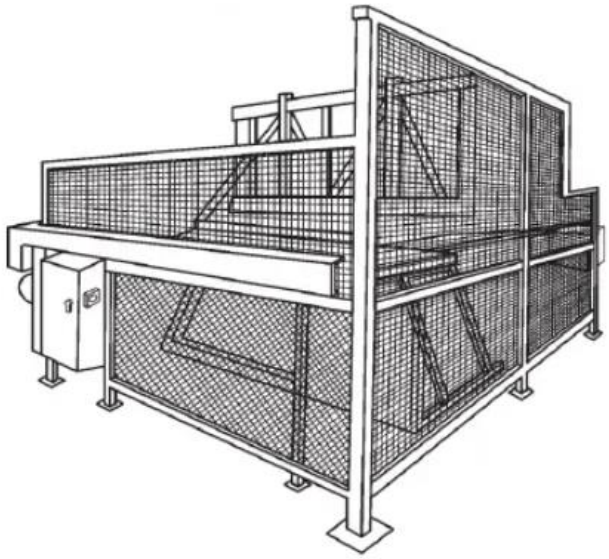


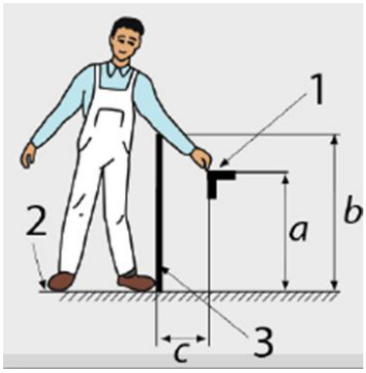
Figura 5. Ejemplo de resguardo distanciador según lineamientos de la norma ISO 14120 (figura de referencia normativa).

En el diseño de guardas tipo túnel y cerramientos metálicos modulares se tuvieron como referencia sistemas de protección perimetral ampliamente utilizados en la industria, como los desarrollados por fabricantes especializados en seguridad de maquinaria. Un ejemplo de ello son los sistemas modulares de resguardos industriales fabricados por la empresa italiana SATECH, los cuales cumplen con estándares internacionales para cerramientos de seguridad y sirven como línea base para el diseño de soluciones robustas y adaptables en entornos industriales [5].

3.3.3. Distancias mínimas de seguridad (ISO 13857)

La norma ISO 13857 establece los criterios dimensionales que deben aplicarse en el diseño de resguardos físicos con el fin de impedir que las personas alcancen zonas peligrosas mediante las extremidades superiores o inferiores. Estos criterios se basan en estudios antropométricos que consideran el alcance de dedos, manos, brazos, piernas y cuerpo, definiendo distancias mínimas de seguridad en función del tamaño de las aberturas y la geometría de los cerramientos [6].

En la Figura 6 [6], se presentan los valores de referencia para la relación entre la altura de los cerramientos y la distancia horizontal respecto a la zona peligrosa, los cuales permiten determinar la ubicación adecuada de los resguardos fijos en relación con partes móviles, motores, transmisiones y mecanismos en movimiento.

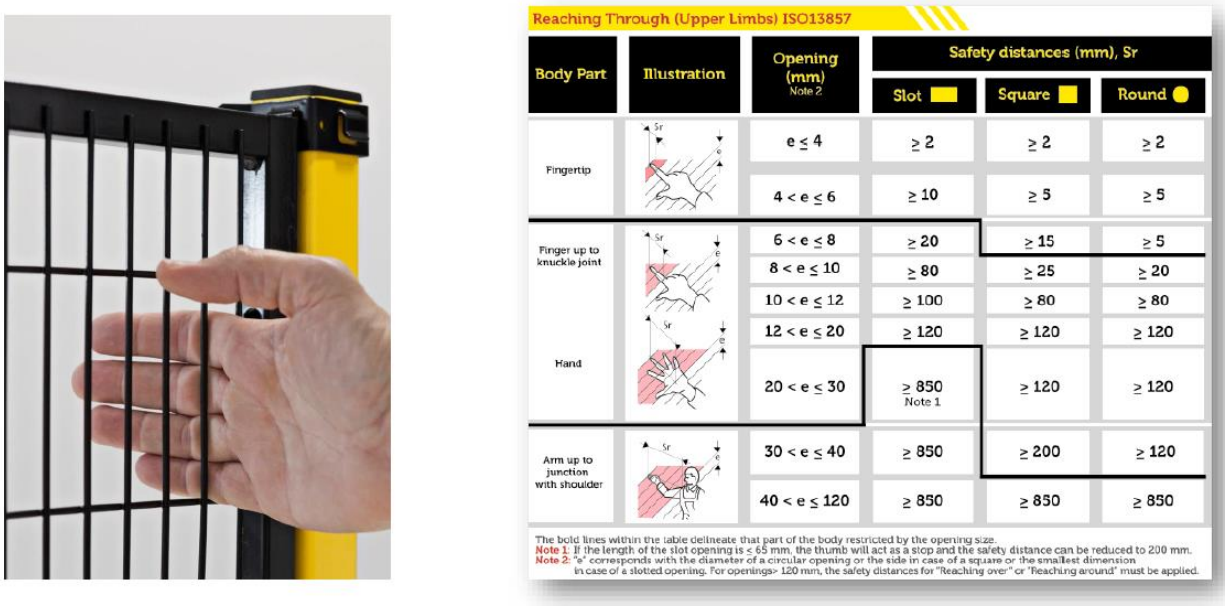


Height of the hazard zone (mm), a Note 2	Height of the protective structure (mm), b Note 1								
	1000	1200	1400 Note 3	1600	1800	2000	2200	2400	2500
2600	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	900	800	700	600	600	500	400	300	100
2400	100	100	100	100	100	100	100	100	-
	1100	1000	900	800	700	600	400	300	100
2200	600	600	500	500	400	350	250	-	-
	1300	1200	1000	900	800	600	400	300	-
2000	1100	900	700	600	500	350	-	-	-
	1400	1300	1100	900	800	600	400	-	-
1800	1100	1000	900	900	600	-	-	-	-
	1500	1400	1100	900	800	600	-	-	-
1600	1300	1000	900	900	500	-	-	-	-
	1500	1400	1100	900	800	500	-	-	-
1400	1300	1000	900	800	100	-	-	-	-
	1500	1400	1100	900	800	-	-	-	-
1200	1400	1000	900	500	-	-	-	-	-
	1500	1400	1100	900	700	-	-	-	-
1000	1400	1000	900	300	-	-	-	-	-
	1500	1400	1000	800	-	-	-	-	-
800	1300	900	600	-	-	-	-	-	-
	1500	1300	900	600	-	-	-	-	-
600	1200	500	-	-	-	-	-	-	-
	1400	1300	800	-	-	-	-	-	-
400	1200	300	-	-	-	-	-	-	-
	1400	1200	400	-	-	-	-	-	-
200	1100	200	-	-	-	-	-	-	-
	1200	900	-	-	-	-	-	-	-
0	1100	200	-	-	-	-	-	-	-
	1100	500	-	-	-	-	-	-	-

Note 1: Protective structures less than 1000 mm are not mentioned as they do not ensure adequate restriction of movement.
Note 2: For danger zones above 2500 mm (Low Risk) or 2700 mm (High Risk) see safety distances for reaching up.
Note 3: For high-risk danger points, guards less than 1400 mm should not be used without additional engineering controls provided.
Note 4: The upper values in the table apply to Low Risk and the lower values apply to High Risk.

Figura 6. Relación entre altura del cerramiento y distancia a la zona de peligro.

La Figura 7 [6], muestra los límites de acceso a través de mallas, cuadrículas y aberturas, indicando las dimensiones máximas permitidas para evitar el acceso de los dedos y las manos. Estos criterios son fundamentales para la selección del tipo de malla, distancia entre barrotes y tamaño de perforaciones en los cerramientos metálicos.



Reaching Through (Upper Limbs) ISO13857

Body Part	Illustration	Opening (mm) Note 2	Safety distances (mm), Sr		
			Slot ■	Square ■	Round ●
Fingertip		e ≤ 4	≥ 2	≥ 2	≥ 2
		4 < e ≤ 6	≥ 10	≥ 5	≥ 5
Finger up to knuckle joint		6 < e ≤ 8	≥ 20	≥ 15	≥ 5
		8 < e ≤ 10	≥ 80	≥ 25	≥ 20
		10 < e ≤ 12	≥ 100	≥ 80	≥ 80
Hand		12 < e ≤ 20	≥ 120	≥ 120	≥ 120
		20 < e ≤ 30	≥ 850 Note 1	≥ 120	≥ 120
Arm up to junction with shoulder		30 < e ≤ 40	≥ 850	≥ 200	≥ 120
		40 < e ≤ 120	≥ 850	≥ 850	≥ 850

The bold lines within the table delineate that part of the body restricted by the opening size.
Note 1: If the length of the slot opening is < 65 mm, the thumb will act as a stop and the safety distance can be reduced to 200 mm.
Note 2: "e" corresponds with the diameter of a circular opening or the side in case of a square or the smallest dimension in case of a slotted opening. For openings> 120 mm, the safety distances for "Reaching over" or "Reaching around" must be applied.

Figura 7. Dimensiones máximas de aberturas en resguardos para limitar el acceso de manos y dedos.

En la Figura 8 [6], se ilustran los principios de “alcance alrededor” (reaching around), que explican cómo una persona puede intentar acceder a una zona peligrosa rodeando un resguardo. Estos esquemas son esenciales para definir la longitud de los resguardos laterales, superiores e inferiores, evitando accesos desde puntos indirectos.

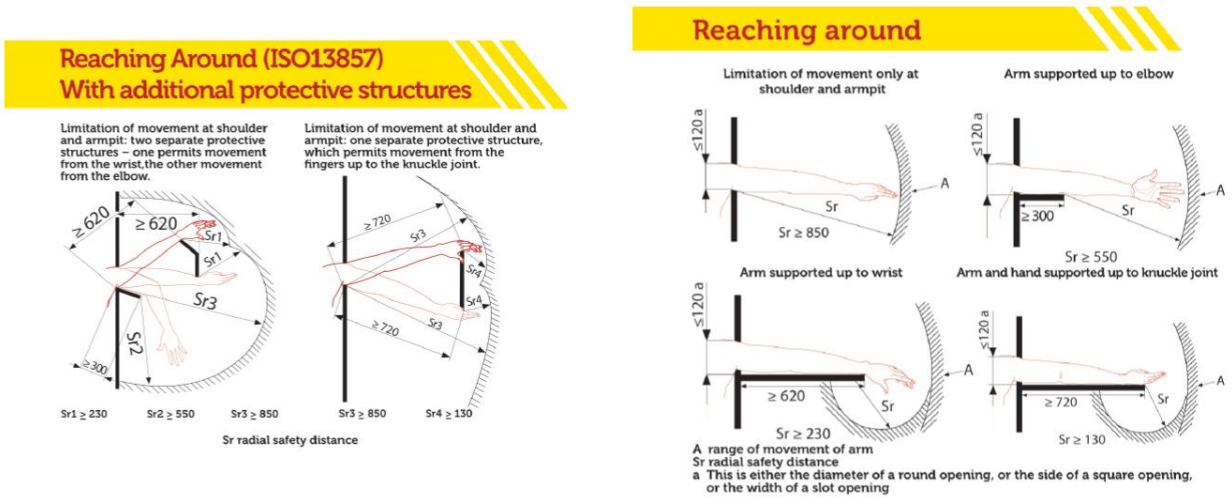


Figura 8. Ejemplos de “alcance alrededor” en resguardos físicos según ISO 13857.

La Figura 9 [6], presenta los parámetros de acceso mediante extremidades inferiores, detallando las distancias mínimas para evitar el ingreso de pies y piernas por aberturas inferiores. Estos criterios fueron considerados para el diseño de láminas tapa-pies y protecciones en la base de las máquinas.

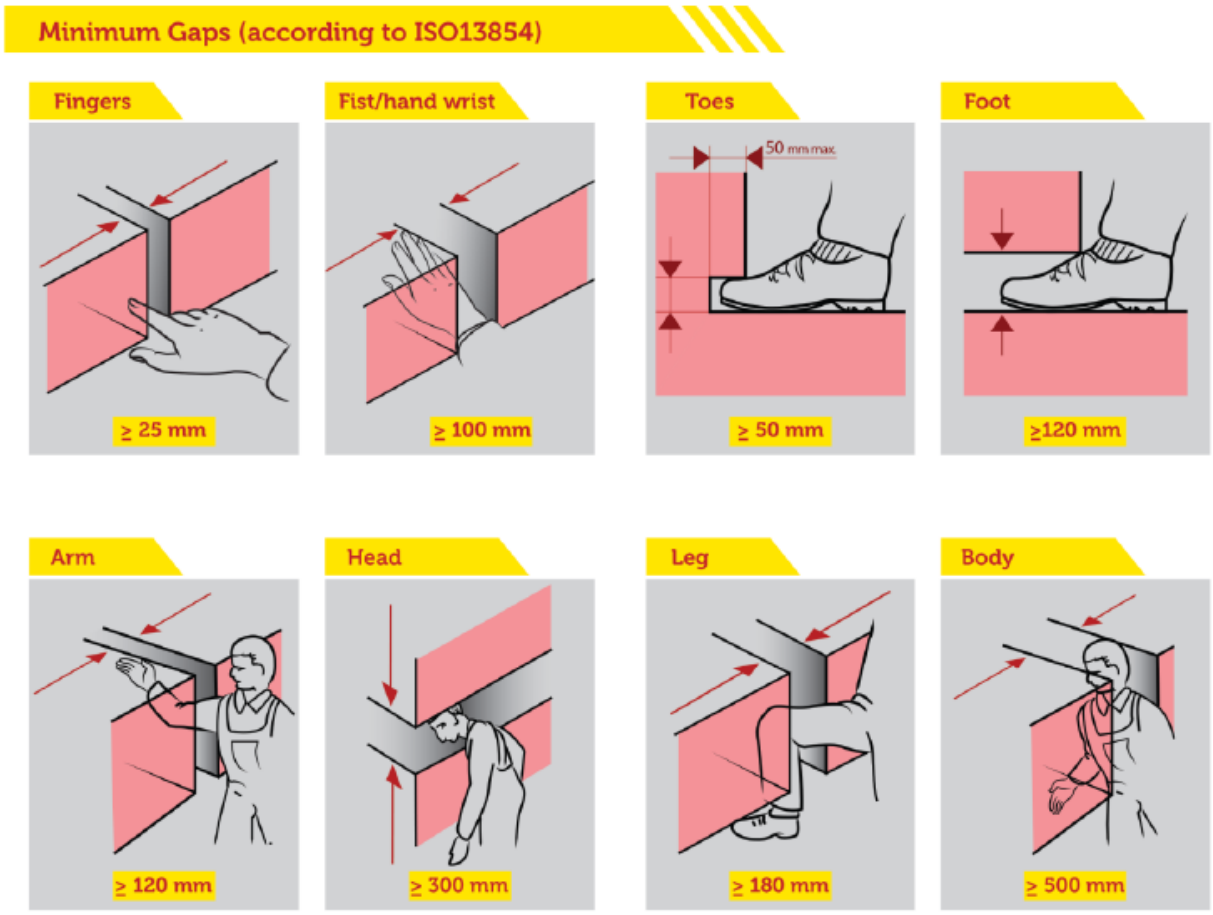


Figura 9. Distancias mínimas para prevenir el acceso de extremidades inferiores.

Estos lineamientos normativos fueron utilizados como referencia técnica durante el diseño de los cerramientos y resguardos desarrollados en el presente proyecto, garantizando el cumplimiento de los requisitos de seguridad y la reducción efectiva del riesgo mecánico.

3.3.4. Verificación de cumplimiento

Con el objetivo de asegurar que los resguardos diseñados cumplieran con los criterios establecidos por la norma ISO 14120, se aplicó una verificación técnica basada en los requisitos funcionales y constructivos definidos por la norma. Esta verificación se realizó mediante una lista de control (checklist), la cual permitió confirmar que cada solución mecánica cumpliera con los principios básicos de seguridad, resistencia estructural y ergonomía.

La Tabla 1 presenta el checklist técnico utilizado para la verificación de los resguardos diseñados durante el desarrollo del proyecto.

Tabla 1. Lista de verificación de cumplimiento de resguardos según criterios de ISO 14120

Item	Criterio de verificación	Cumple
1	El resguardo está firmemente fijado a la estructura	Si
2	No presenta bordes cortantes	Sí
3	El resguardo impide el acceso directo	Sí
4	Cumple distancias mínimas	Sí
5	No afecta el funcionamiento normal de la maquina	Sí

El uso de listas de verificación es una práctica recomendada en proyectos de seguridad de maquinaria, ya que permite evaluar de forma sistemática aspectos como la fijación segura de los resguardos a la estructura de la máquina, la resistencia mecánica frente a impactos o esfuerzos accidentales, la ausencia de bordes cortantes, las dimensiones adecuadas de las aberturas según la norma ISO 13857 y la accesibilidad controlada para tareas de mantenimiento.

En el presente proyecto, la aplicación de este checklist permitió validar que los diseños desarrollados en Autodesk Inventor cumplían con los parámetros técnicos exigidos antes de su liberación para fabricación. De esta manera, se garantizó que las soluciones propuestas no solo resolvieran los riesgos identificados, sino que también cumplieran con los requisitos normativos de seguridad industrial.

3.4. Dispositivos electrónicos de seguridad

Los dispositivos electrónicos de seguridad complementan la función de los resguardos físicos al incorporar sistemas de detección y control que permiten detener la máquina de forma automática ante condiciones inseguras. Estos dispositivos forman parte de los sistemas de seguridad funcional y su objetivo principal es reducir el riesgo residual, evitando que el operador acceda a zonas peligrosas mientras existan movimientos o energías activas. Su diseño e implementación se encuentran regulados por normas internacionales como la ISO 14119, ISO 13849-1 y la IEC 62046, las cuales establecen criterios de confiabilidad, redundancia y validación de estos sistemas [7].

3.4.1. Cortina óptica

Las cortinas ópticas de seguridad son dispositivos optoelectrónicos diseñados para proteger zonas peligrosas mediante la generación de un campo de detección compuesto por haces infrarrojos entre un transmisor y un receptor. Cuando una persona u objeto interrumpe este campo, el sistema envía una señal de parada inmediata a la máquina, evitando el acceso a partes móviles o zonas de riesgo.

Este tipo de dispositivos se ilustra en la Figura 10 [8], donde se muestra una cortina óptica de seguridad del fabricante Schmersal, el cual resulta especialmente adecuado en aplicaciones donde es necesario un acceso frecuente del operario, como líneas de empaque, prensas, robots industriales y transportadores, ya que permiten mantener la productividad sin comprometer la seguridad.

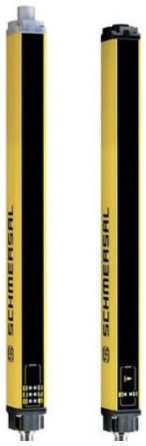


Figura 10. Cortina óptica fabricante Schmersal

Fabricantes especializados como Schmersal indican que estas soluciones son ampliamente utilizadas en máquinas empacadoras, paletizadoras, prensas e inyectoras, debido a su alta confiabilidad y simplicidad de instalación [8].

El rendimiento de una cortina óptica depende de parámetros como la altura y el ancho del campo de protección, así como de su resolución. La resolución representa la capacidad del sistema para detectar objetos de cierto tamaño, lo cual permite diferenciar entre protección de dedos, manos, extremidades o cuerpo completo. Estos criterios biométricos y las distancias mínimas de instalación se encuentran definidos en la norma ISO 13855, garantizando que la detención de la máquina ocurra antes de que el operario pueda alcanzar la zona peligrosa [9].

Adicionalmente, las cortinas ópticas modernas cuentan con elevados niveles de protección ambiental, facilidad de parametrización y certificaciones internacionales (como categoría 4, SIL 3 y PL e), lo que las convierte en una solución confiable para entornos industriales exigentes [8].

3.4.2. Enclavamientos de seguridad

Los enclavamientos de seguridad con bloqueo son dispositivos que no solo supervisan el estado de los resguardos móviles, sino que también impiden físicamente su apertura mientras exista una condición de riesgo, garantizando que el acceso a zonas peligrosas solo sea posible cuando la máquina se encuentra en estado seguro [10].

Estos sistemas incorporan mecanismos de bloqueo electromecánico o magnético, que mantienen cerradas las puertas o compuertas hasta que el movimiento peligroso ha cesado por completo. Su aplicación es especialmente relevante en máquinas con alto nivel de riesgo, donde una apertura prematura podría ocasionar accidentes graves [10].

Un ejemplo de este tipo de dispositivos es el interruptor de seguridad con enclavamiento AZM300 con función antipánico, de la marca Schmersal, el cual se muestra en la Figura 11 [10]. Este dispositivo integra un sistema de codificación mediante tecnología RFID, que permite

identificar el actuador autorizado y reduce la posibilidad de manipulación o anulación indebida del sistema de seguridad, aumentando así la confiabilidad de la protección [10].



Figura 11. Interruptor de Seguridad - AZM 300

La selección y aplicación de estos dispositivos se realiza con base en los niveles de desempeño requeridos (Performance Level – PL), definidos en la norma ISO 13849-1, así como en los lineamientos establecidos por la norma ISO 14119, que regula el uso de dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos móviles.

3.4.3. Sensores magnéticos

Los sensores magnéticos de seguridad funcionan mediante la detección de campos magnéticos codificados, lo que permite supervisar la posición de puertas y resguardos móviles sin contacto físico directo. A diferencia de los interruptores mecánicos convencionales, estos dispositivos presentan mayor resistencia al desgaste, mayor vida útil y un comportamiento más confiable en entornos industriales con polvo, vibraciones o humedad [11].

Estos sensores permiten garantizar que las máquinas solo operen cuando los resguardos se encuentran en posición segura, contribuyendo a la prevención de accesos no autorizados a zonas peligrosas. Su aplicación es común en puertas de cerramientos, tapas de inspección y protecciones móviles [11].

Un ejemplo de estos dispositivos es el sensor magnético de seguridad BNS 36 de Schmersal, mostrado en la Figura 12 [11], el cual está diseñado para aplicaciones industriales exigentes. Este tipo de sensor cuenta con codificación magnética resistente a manipulaciones simples, lo que evita su activación mediante imanes convencionales y reduce el riesgo de anulación del sistema de seguridad.



Figura 12. Sensor Magnético de Seguridad BNS 36

Adicionalmente, estos dispositivos pueden alcanzar altos niveles de desempeño en seguridad (PL e, categoría 4) cuando se integran con relés o controladores de seguridad adecuados, cumpliendo con los lineamientos de las normas ISO 13849-1 e ISO 14119, así como con los criterios de supervisión establecidos en la IEC 62046.

3.5. Herramientas de diseño y documentación técnica

El uso de software CAD (Computer-Aided Design) constituye un componente esencial en el diseño de sistemas de seguridad industrial, ya que permite modelar, analizar y documentar soluciones con precisión y coherencia técnica. Entre estas herramientas, Autodesk Inventor destaca por integrar capacidades de diseño paramétrico, directo, de formas libres y basado en reglas, además de ofrecer módulos especializados para maquinaria, estructuras, chapa metálica. Asimismo, su enfoque de definición basada en modelos (MBD) facilita la incorporación de información de fabricación directamente en el modelo 3D, mejorando la trazabilidad y reduciendo la dependencia de la documentación [12].

Durante la práctica profesional, Autodesk Inventor fue la herramienta central para la captura virtual de las máquinas, la elaboración de modelos 3D y el diseño de cerramientos, soportes y

elementos de protección. De igual manera, se empleó para generar documentación técnica bajo normas internacionales (ISO 128, ISO 2768, ISO 5459), incluyendo planos de detalle, listas de materiales (BOM) y especificaciones que aseguran consistencia entre el diseño y los procesos de manufactura. En conjunto, estas funcionalidades permitieron anticipar interferencias, validar ensamblajes y minimizar errores en etapas futuras.

IV. METODOLOGÍA

El desarrollo de la práctica se llevó a cabo siguiendo un enfoque metodológico de **investigación aplicada**, cuyo propósito principal fue proponer soluciones de seguridad industrial para dos máquinas específicas ubicadas en plantas industriales del sector de bebidas en México. Este enfoque permitió integrar los fundamentos normativos con herramientas de diseño asistido por computador (CAD) para obtener resultados tangibles en materia de protección y reducción de riesgos.

El proceso metodológico se estructuró en seis fases consecutivas, cada una con actividades definidas, objetivos parciales y productos específicos que garantizaron la trazabilidad de las soluciones diseñadas.

Fase 1. Recolección y análisis de información inicial

La primera fase correspondió a la recopilación de la información técnica suministrada por Schmersal y la empresa usuaria de la maquinaria. Esta información incluyó:

- Registros fotográficos (ver figura 13) y videos de los equipos.
- Esquemas dimensionales preliminares.
- Listados de riesgos identificados en planta.

Con estos insumos se realizó un análisis inicial de riesgos basado en la norma ISO 12100:2010 [1]. Principios generales para el diseño. El objetivo fue reconocer los peligros existentes en cada máquina y priorizar las zonas críticas para intervenir.



Figura 13. Fotografía de la empacadora L1 utilizada como insumo inicial para el levantamiento virtual.

Fase 2. Levantamiento virtual y modelado 3D

El levantamiento virtual de la empacadora de la línea 1 y la lavadora l3 se realizó a partir del análisis de fotografías, videos y registros técnicos suministrados por el equipo de campo de Schmersal y SAMCO. Debido a que no fue posible el acceso presencial a la planta, el proceso de modelado se basó en la interpretación dimensional de los elementos visibles, referencias geométricas y proporciones relativas entre componentes.

La información recopilada permitió construir un modelo tridimensional en Autodesk Inventor, en el cual se representaron la estructura general de la máquina, los principales elementos móviles, los accesos del personal y el entorno inmediato de operación. Este modelo 3D (figura 14) sirvió como base para la localización de riesgos y para el desarrollo de las soluciones de seguridad.

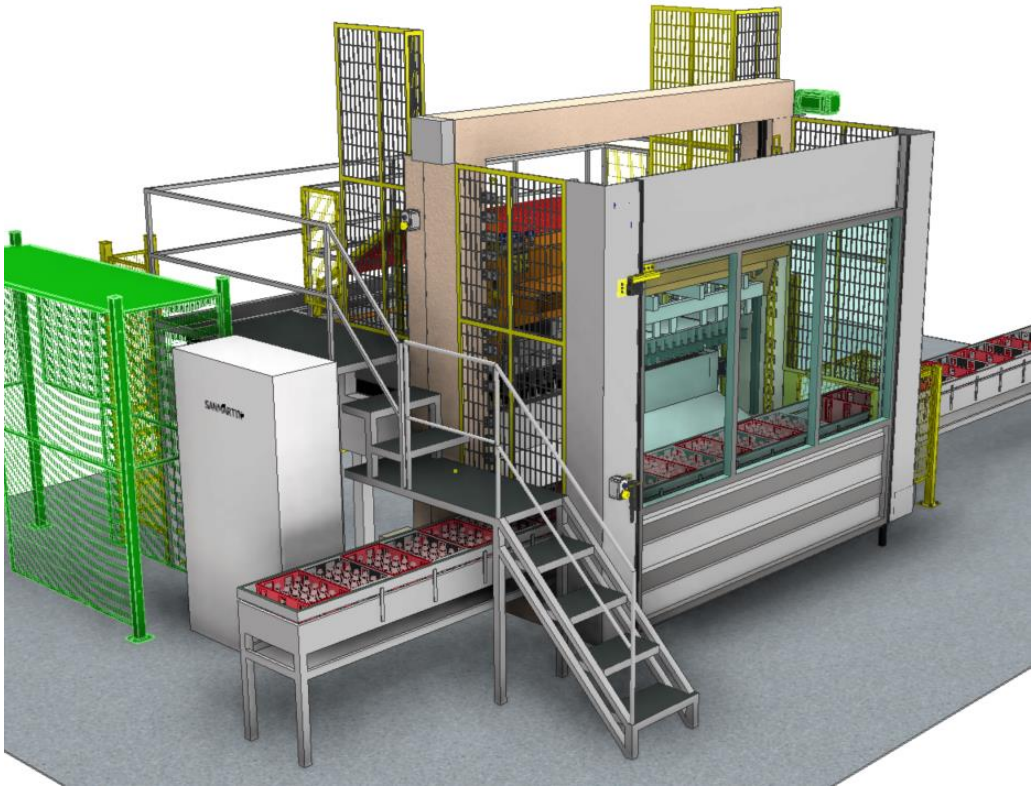


Figura 14. Entorno 3D de la Empacadora L3 elaborado en Autodesk Inventor a partir de la información recolectada.

Fase 3. Identificación de zonas de riesgo

A partir de los modelos creados se realizó una evaluación detallada para ubicar los puntos de mayor exposición a riesgos mecánicos. En la Figura 15 se ilustran algunos de los peligros detectados en ambas máquinas, los cuales incluyen:

- En la empacadora: áreas de acceso no controlado al brazo robótico, espacios abiertos en la zona de empaquetado y falta de resguardos en túneles de transporte.
- En la lavadora: escaleras y plataformas con aberturas sin protección, cerramientos deteriorados y ausencia de soportes adecuados para dispositivos de seguridad.

El análisis se contrastó con la norma ISO 14120:2015 – Requisitos generales para el diseño y construcción de resguardos [4], con el fin de garantizar que las soluciones propuestas cumplieran

con los criterios de resistencia mecánica, ergonomía y accesibilidad, conforme a los lineamientos de las normas ISO 14120:2015 [4] e ISO 13857:2019 [6].



a) pistón sin cerramiento



b) lateral de la máquina sin protección que permite ingreso indebido



c) brazo robótico sin sistema anticaída



d) parte posterior sin cerramiento

Figura 15. Zonas de riesgo identificadas en la empacadora L1

Fase 4. Diseño de soluciones de seguridad

Con base en el levantamiento y en la identificación de riesgos, se desarrollaron las soluciones técnicas de seguridad, entre ellas:

- Guardas tipo túnel para cubrir accesos expuestos.
- Cerramientos completos para escaleras y plataformas.
- Soportes metálicos para la instalación de cortinas ópticas.
- Bases y soportes para llaves de seguridad tipo BNS.
- Láminas de protección y refuerzo para paneles.

Estos elementos fueron modelados en Autodesk Inventor, verificando interferencias, restricciones de espacio y condiciones reales de montaje, de acuerdo con los lineamientos de las normas ISO 14120:2015, ISO 13849-1:2015 e IEC 61496-1:2020.

Las soluciones definidas fueron incorporadas directamente en los modelos tridimensionales, permitiendo anticipar interferencias y validar su propuesta. Este proceso se evidencia en la Figura 16, donde se aprecia la integración de los elementos de seguridad en la empacadora L1, y en la Figura 17, correspondiente a la lavadora L3, en la cual se destacan las protecciones propuestas.

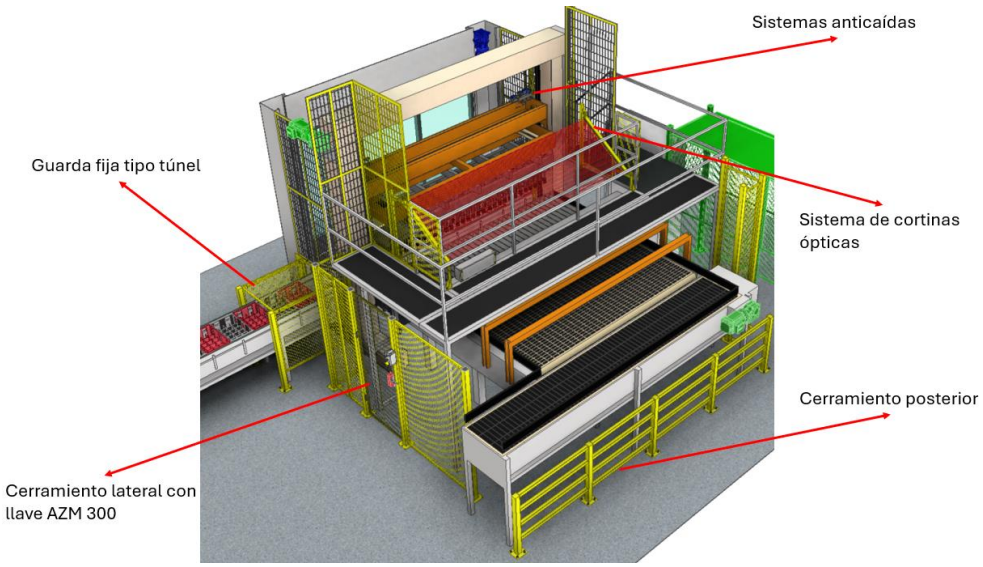
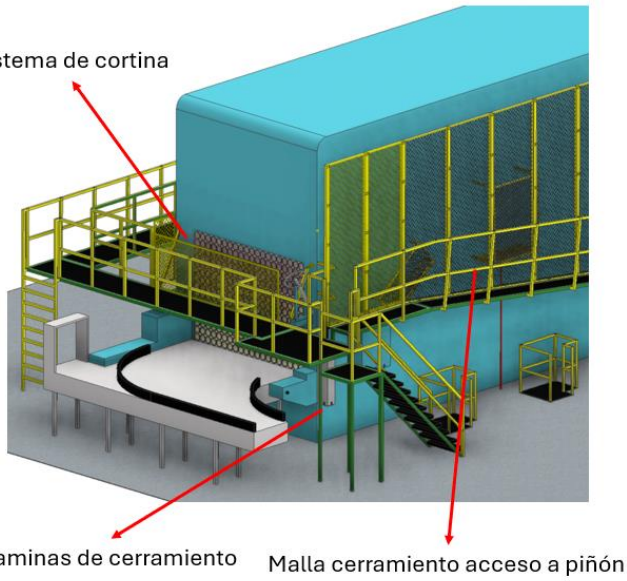
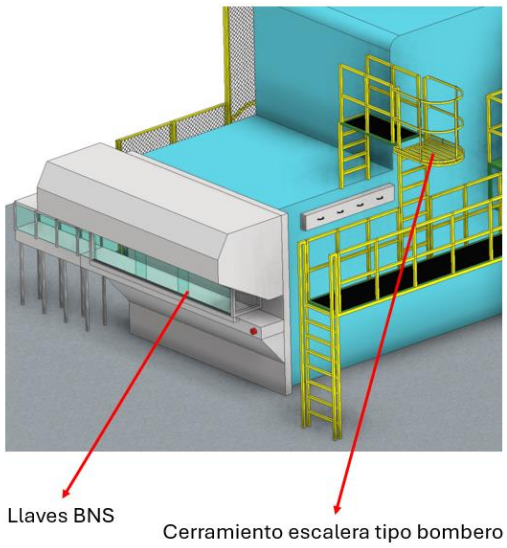


Figura 16. Modelo 3D de la empacadora L1 con señalización de alguno de los conceptos de seguridad propuestos.



a) Vista frontal de la lavadora L3 con propuestas de cerramientos y cortinas ópticas.



b) Vista posterior de la lavadora L3 con propuestas de tapa pies y soportes para llaves de seguridad tipo BNS.

Figura 17. Vistas frontal y posterior de la lavadora L3 con señalización de algunos los conceptos de seguridad diseñados.

Fase 5. Validación y retroalimentación

Los modelos tridimensionales y las soluciones propuestas fueron presentados al equipo de ingeniería de SCHMERSAL para su revisión. Posteriormente, se ajustaron de acuerdo con las observaciones recibidas y se validaron con el cliente final. Este proceso de retroalimentación fue esencial para garantizar la viabilidad técnica y el cumplimiento normativo de las propuestas, conforme a los lineamientos establecidos en las normas ISO 12100:2010 e ISO 14120:2015, que aseguran la reducción efectiva de riesgos y la integridad de los resguardos diseñados.

Fase 6. Documentación técnica final

Finalmente, se elaboraron los planos técnicos normalizados de cada solución, los cuales incluyeron:

- Vistas generales y de detalle.
- Especificaciones dimensionales.
- Materiales propuestos.
- Notas de fabricación.

Como resultado del desarrollo del proyecto, se generó la documentación técnica necesaria para la implementación de las soluciones de seguridad propuestas. Dicha documentación se presenta en los Anexos A, B, C y D del presente informe; sin embargo, por motivos de extensión y claridad, en estos anexos se exhibe únicamente una selección representativa de los planos desarrollados. En el Anexo A se incluyen algunos planos generales de las soluciones de seguridad implementadas; el Anexo B presenta una selección de planos de subensambles; el Anexo C contiene planos de fabricación representativos; y el Anexo D corresponde a la lista de materiales, donde se especifican los componentes, cantidades y características requeridas para la implementación del proyecto.

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de resultados permite evaluar la efectividad de las soluciones de seguridad desarrolladas durante la práctica, verificando su coherencia con los lineamientos normativos, las necesidades del usuario industrial y los criterios de diseño seguro aplicados en cada etapa. Los resultados se organizan según la máquina intervenida, destacando las mejoras alcanzadas, las normas aplicadas y la reducción del riesgo obtenida tras la implementación de las medidas.

5.1. Resultados obtenidos en la empacadora (Línea 1 - Culiacán)

A partir del levantamiento virtual y la identificación precisa de peligros mecánicos, se desarrollaron soluciones orientadas a eliminar accesos no controlados, reducir puntos de atrapamiento y garantizar condiciones seguras durante la operación y mantenimiento. Entre las principales acciones implementadas se encuentran:

- Guardas tipo túnel para evitar el ingreso de extremidades a zonas con partes móviles.
- Cerramientos laterales y posteriores, diseñados para impedir el acceso no autorizado al área de trabajo.
- Sistemas anticaídas para prevenir el desplazamiento o caída del conjunto asociado al brazo robótico.
- Cerramiento de pistón, destinado a evitar atrapamientos por movimientos lineales no controlados.
- Integración de dispositivos electrónicos de seguridad, incluyendo llaves AZM 300 con función antipánico, sensores magnéticos, dispositivos de mandos y cortinas ópticas para control de acceso.
- Batientes estructurales para mejorar la estabilidad y cierre seguro de paneles.

El diseño de cada solución se realizó en Autodesk Inventor, verificando interferencias, espacio disponible y condiciones de montaje real, en conformidad con las normas ISO 12100, ISO 14120, ISO 14119, ISO 13857 y ISO 13849-1.

La Tabla 2 resume la relación entre cada solución y su fundamento normativo.

Tabla 2. Soluciones implementadas en la empacadora y su relación normativa.

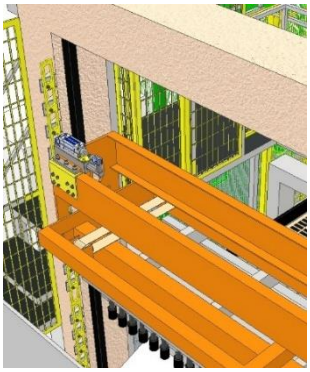
Solución	Función principal	Norma aplicable
Guarda tipo túnel	Limitar acceso a partes móviles	ISO 14120, ISO 13857
Cerramientos laterales	Restringir acceso a zonas peligrosas	ISO 14120
Sistema anticaída	Prevenir caída de elementos estructurales	ISO 12100
Cerramiento pistón	Evitar atrapamiento por movimiento	ISO 13857
Llave AZM 300 antipánico	Enclavamiento de puertas y acceso controlado	ISO 14119, ISO 13849-1
Cortina óptica	Detención de movimiento ante intrusión	IEC 62046, ISO 13855

Tras la validación por parte del equipo de ingeniería de SAMCO y del cliente, se generaron 48 planos de los cuales algunos ejemplos representativos se incluyen en los anexos del presente informe. El análisis final evidenció una reducción del riesgo desde un nivel alto a un nivel bajo, confirmando la efectividad de las medidas aplicadas.

La Figura 18 presenta una comparativa visual del estado inicial de las zonas críticas y los conceptos de intervención propuestos, donde se evidencia la eliminación de accesos peligrosos, la mejora en el control del movimiento y la incorporación de elementos de enclavamiento y protección optoelectrónica.



a.1. Brazo robótico actual sin sistema anticaída.



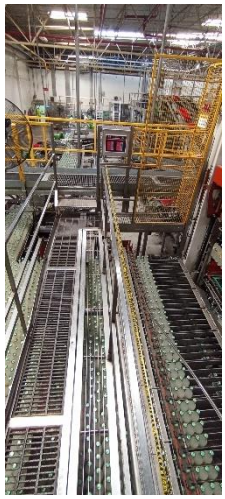
a.2. concepto de sistema anticaída presentado.



b.1. Lateral de la maquina sin protección



b.2. concepto de cerramiento lateral presentado.



c.1. pasillo sin adecuada protección.



c.2. concepto presentado de cortina optica.

Figura 18. Comparativo del nivel de riesgo antes y con el concepto presentado de la intervención.

5.2. Resultados obtenidos en la lavadora (Línea 3 - Chihuahua)

En la lavadora se desarrollaron soluciones enfocadas en la protección perimetral, la supervisión de accesos y la mitigación de riesgos por caída o atrapamiento. Las principales mejoras implementadas fueron:

- Láminas y mallas de seguridad para cerrar aberturas estructurales.
- Cortinas ópticas en zonas de carga y descarga.
- Cerramientos completos en plataformas y escaleras.
- Llaves de seguridad tipo BNS para verificar el estado de puertas móviles.
- Láminas tapa-pies para evitar lesiones en extremidades inferiores.
- Guaya de seguridad como sistema adicional de paro de emergencia.

5.3. Impacto general y cumplimiento de objetivos

Los resultados evidencian el cumplimiento integral de los objetivos de la práctica, logrando:

- Reducción del riesgo en ambas máquinas intervenidas.
- Diseño de soluciones completamente alineadas con las normas internacionales de seguridad industrial.
- Integración de dispositivos mecánicos y electrónicos adecuados a las necesidades operativas.
- Generación de documentación técnica completa (modelos 3D, planos normalizados, listas de materiales).
- Fortalecimiento de competencias en diseño mecánico, seguridad funcional y gestión de proyectos técnicos.

La combinación del análisis normativo, el levantamiento virtual, el diseño técnico y la validación del riesgo permitió consolidar soluciones sólidas y aplicables, contribuyendo al mejoramiento de las condiciones de seguridad en las líneas de producción de la empresa usuaria de la maquinaria intervenida.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo de la práctica empresarial en la empresa SAMCO Ingeniería S.A.S. permitió integrar conocimientos académicos y competencias profesionales en un entorno industrial real, consolidando un proceso completo de diseño, documentación y validación de soluciones orientadas a la seguridad de maquinaria.

El trabajo realizado en entornos industriales de una empresa del sector de bebidas en México, particularmente en la empacadora de la línea 1 (Culiacán) y la lavadora de la línea 3 (Chihuahua), evidenció la importancia de aplicar metodologías estructuradas de análisis de riesgo y diseño seguro, basadas en los lineamientos de las normas ISO 12100, ISO 14120, ISO 13849-1 e ISO 14119. Gracias a ello, fue posible eliminar los principales peligros mecánicos identificados inicialmente, garantizando un entorno operativo más seguro y eficiente.

La práctica permitió desarrollar habilidades avanzadas en modelado tridimensional con Autodesk Inventor, generación de planos técnicos normalizados y manejo de criterios normativos internacionales, lo cual fortaleció las competencias del estudiante en el ámbito del diseño mecánico aplicado a la seguridad industrial. Asimismo, el proceso de validación técnica con el equipo de ingeniería de SAMCO y con el cliente final reafirmó la relevancia del trabajo colaborativo y de la comunicación efectiva en proyectos de ingeniería.

En términos de resultados técnicos, se generaron más de 80 planos entre ensambles, subensambles y piezas individuales, acompañados de listas de materiales y documentación de respaldo, constituyendo un conjunto completo de entregables aptos para la fabricación e implementación directa de las soluciones diseñadas. Estas acciones contribuyeron de forma directa a la reducción del riesgo operacional y al cumplimiento de los estándares de seguridad exigidos por las políticas internas de Schmersal y de la empresa usuaria de la maquinaria.

En conclusión, la práctica empresarial representó una experiencia integral de aplicación de conocimientos, innovación técnica y responsabilidad profesional, en la que se logró un equilibrio

entre el cumplimiento normativo, la viabilidad técnica y la funcionalidad operativa de las máquinas intervenidas. Este proceso no solo aportó mejoras sustanciales a los equipos industriales involucrados, sino que también fortaleció la formación del practicante en el campo de la ingeniería mecánica aplicada a la automatización y seguridad industrial.

REFERENCIAS

[1] International Organization for Standardization (ISO), ISO 12100:2010 - Safety of machinery — General principles for design — Risk assessment and risk reduction, ISO, 2010.

[2] Schmersal The Dna Of Safety, «SCHMERSAL: SEGURIDAD EN MÁQUINAS, AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL, ASCENSORES Y ÁREAS CLASIFICADAS (EX),» [En línea]. Available: https://www.schmersal-latam.com/inicio.

[3] Grupo Tice, «Evaluación de riesgos según ISO 12100,» [En línea]. Available: https://www.grupo-tice.com/evaluacion-de-riesgos-segun-iso-12100/.

[4] International Organization for Standardization (ISO), ISO 14120:2015 - Safety of machinery — Guards — General requirements for the design and construction of fixed and movable guards, ISO, 2015.

[5] SATECH MODULAR MACHINE GUARDS, «ACERCA DE NOSOTROS,» [En línea]. Available: https://www.satech.it/en/your-partner-for-machine-perimeter-protection/.

[6] International Organization for Standardization (ISO), ISO 13857, 2019 - Safety of machinery — Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs, ISO, 2019.

[7] International Organization for Standardization (ISO), ISO 14119:2013 – Safety of machinery – Interlocking devices associated with guards, ISO, 2013.

[8] SCHMERSAL THE DNA OF SAFETY, «Cortina de luz - Detecte personas y objetos - Schmersal,» [En línea]. Available: https://www.schmersal-latam.com/seguridad-industrial/cortina-de-luz.

[9] International Organization for Standardization (ISO), ISO 13855- posicionamiento de los protectores, ISO, 2011.

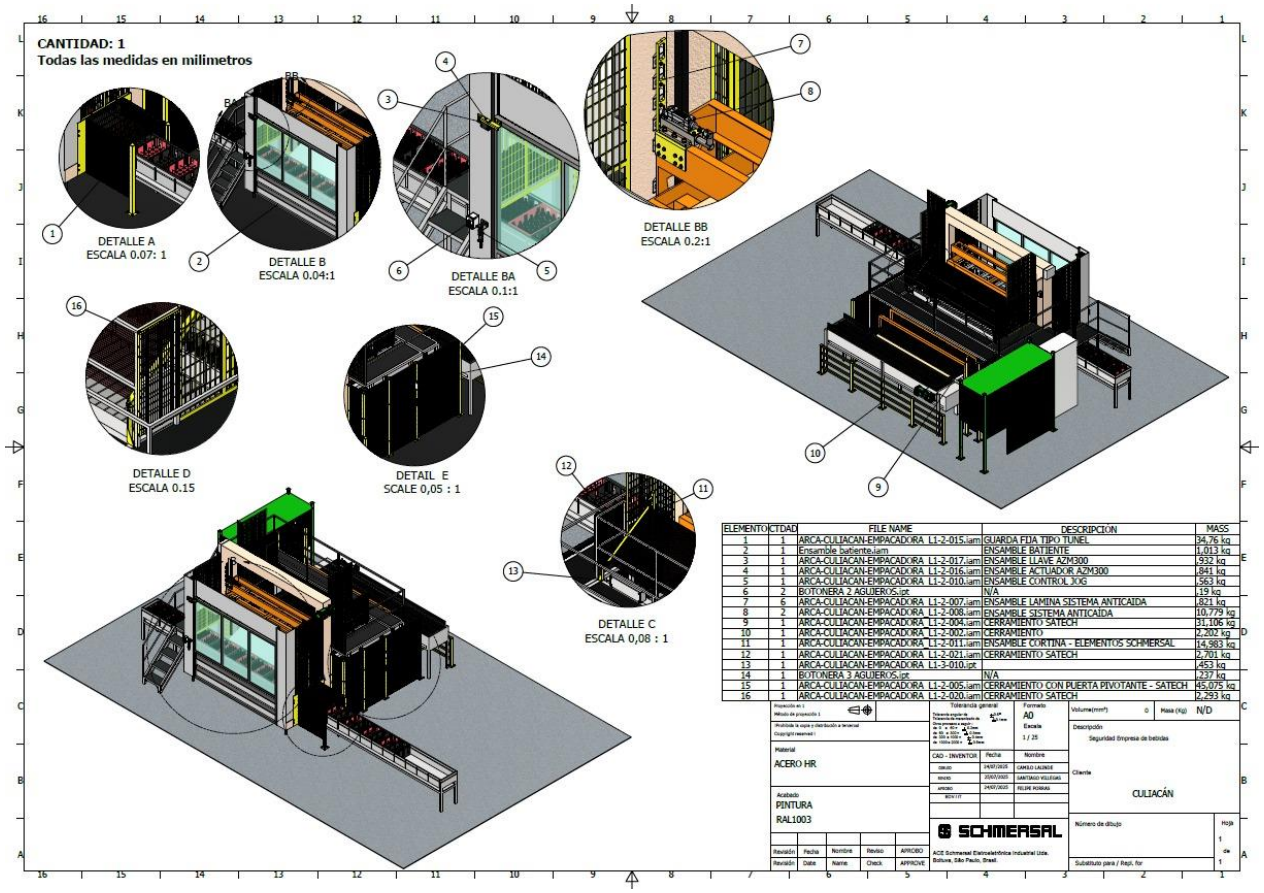
[10] SCHMERSAL THE DNA OF SAFETY , «Interruptor de Seguridad - AZM 300,» [En línea]. Available: https://www.schmersal-latam.com/seguridad-industrial/interruptor-de-seguridad-azm-300.

[11] SCHMERSAL THE DNA OF SAFETY, «Sensor Magnético de Seguridad BNS 36 Schmersal,» [En línea]. Available: https://www.schmersal-latam.com/seguridad-industrial/sensor-magnetico-de-seguridad-bns-36.

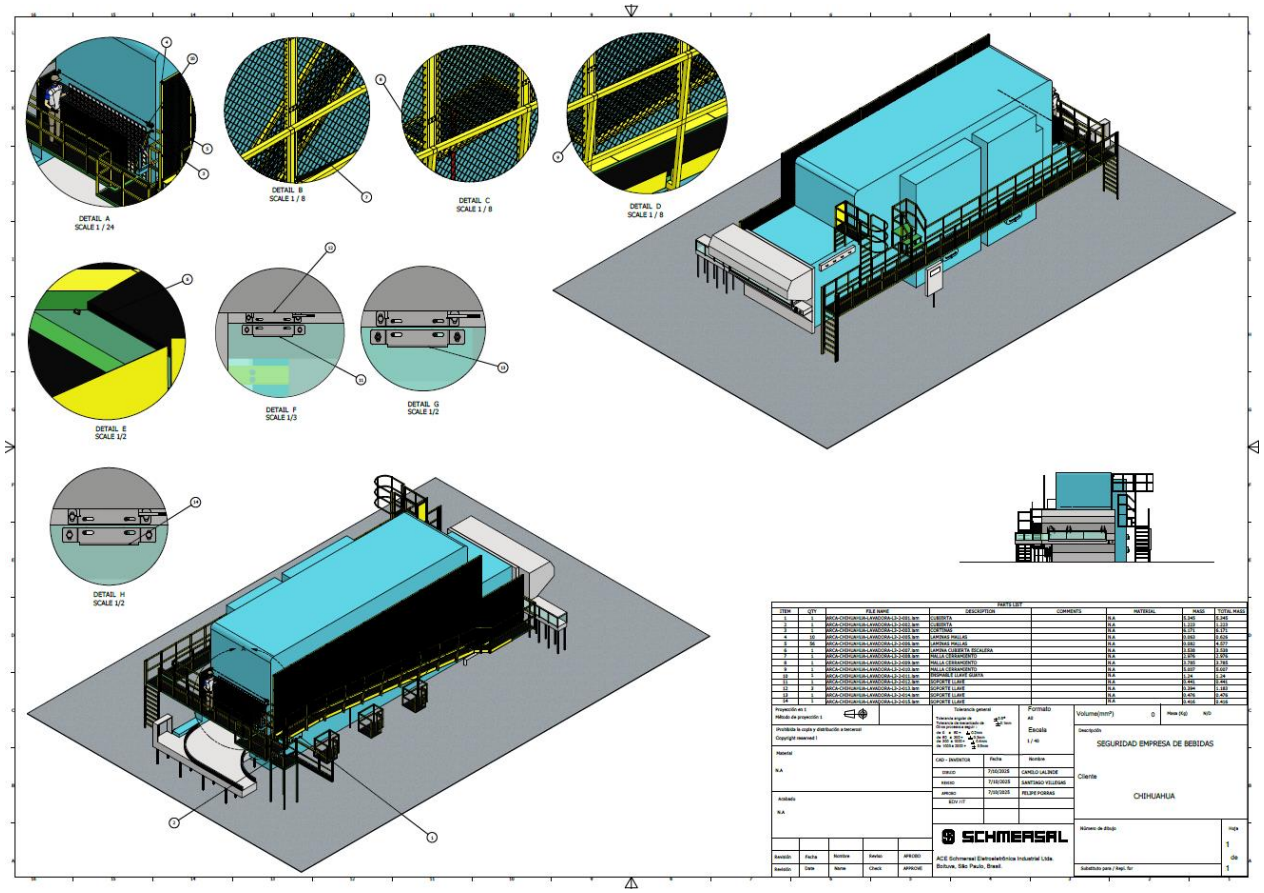
[12] Autodesk, «¿Qué es Autodesk Inventor?,» [En línea]. Available: https://www.autodesk.com/mx/products/inventor/overview.

ANEXOS

Anexo A. Planos generales de soluciones de seguridad

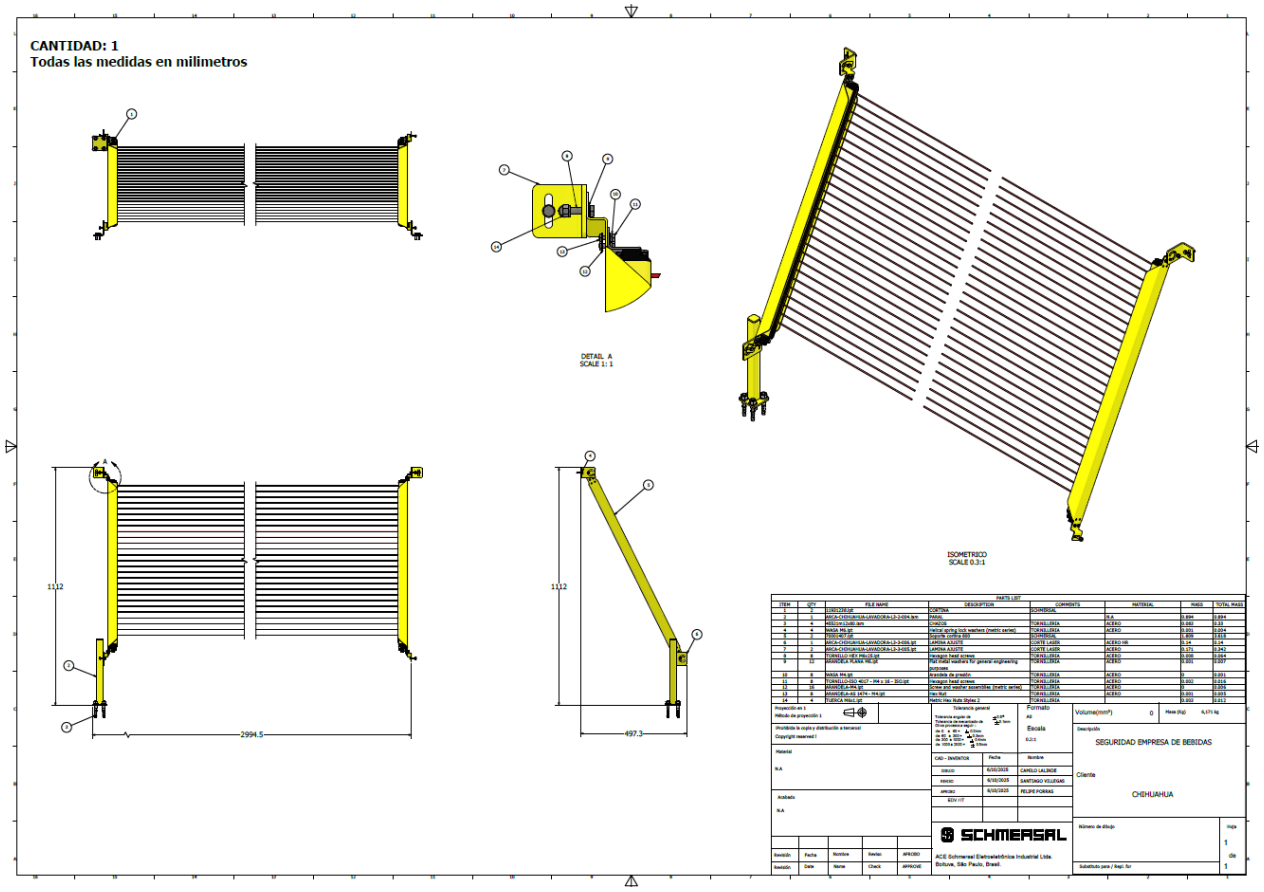


Anexo A.1. planos generales de las soluciones de seguridad diseñadas para la empacadora de la línea 1 Culiacán.

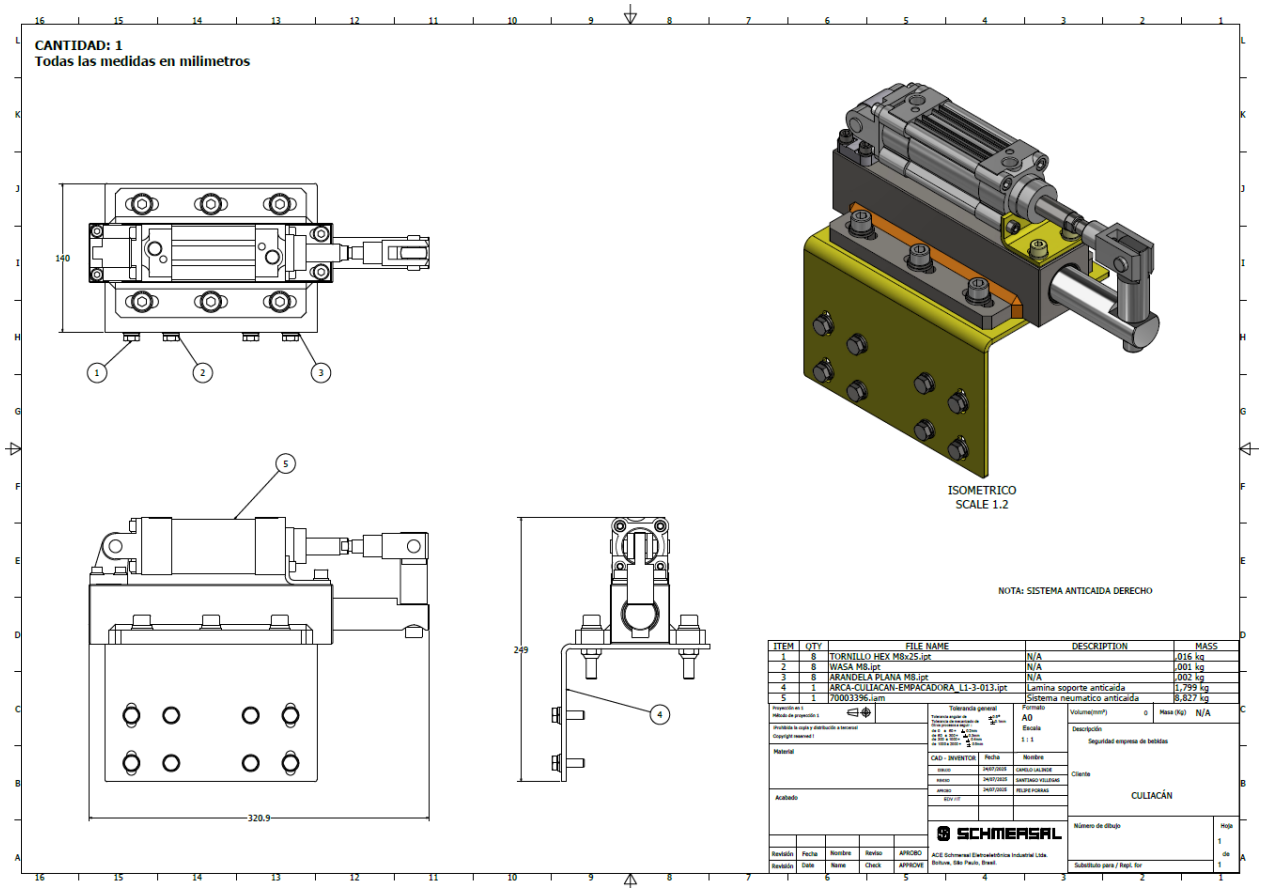


Anexo A.2. planos generales de las soluciones de seguridad diseñadas para la Lavadora de la línea 3 Chihuahua.

Anexo B. Planos de subensambles soluciones de seguridad

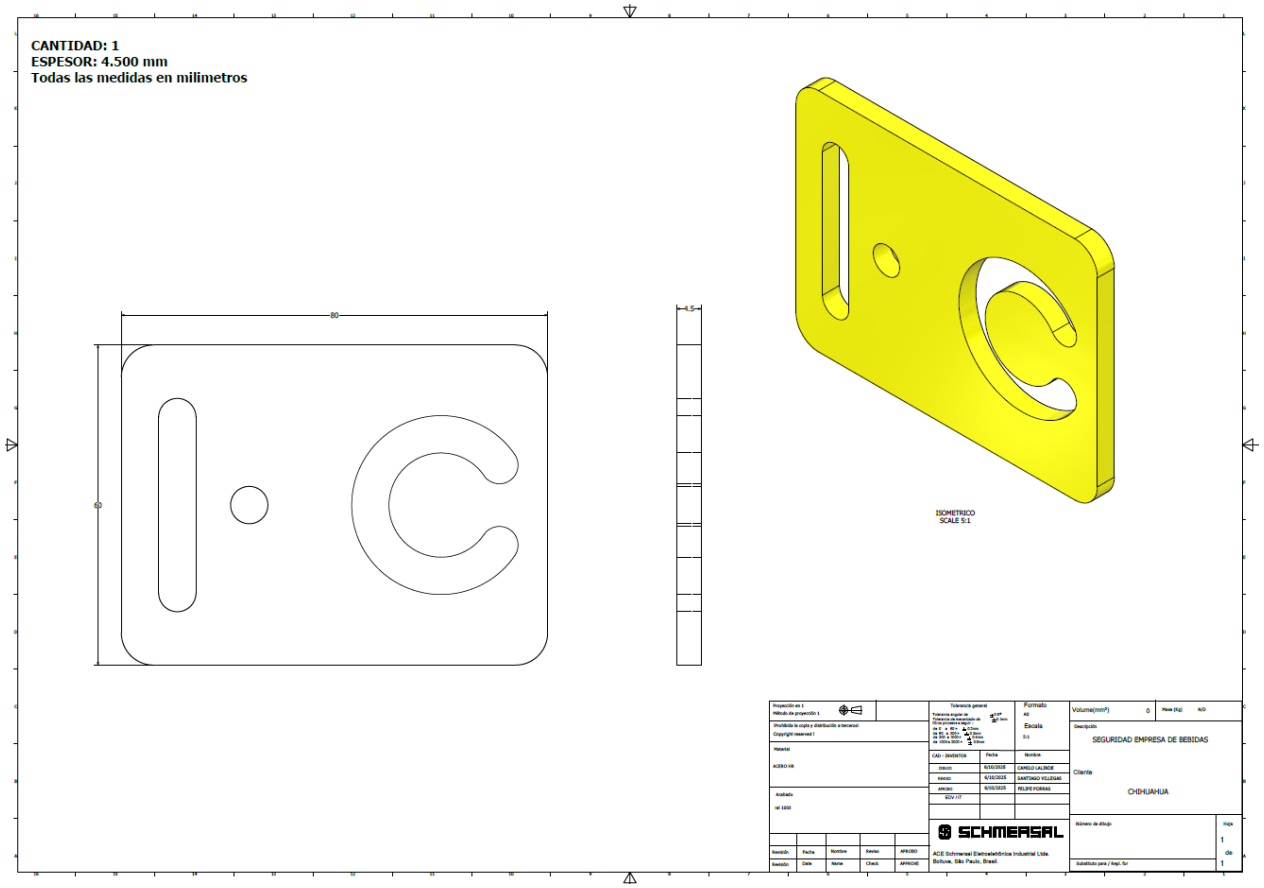


Anexo B.1. Planos de subensamble correspondiente a la cortina diseñada para la seguridad de la lavadora de la línea 3 de Chihuahua.



Anexo B.2. Planos de subensamble correspondiente al sistema anticaída para la seguridad de la empacadora de la línea 1 de Culiacán.

Anexo C. Plano de fabricación de pieza para soluciones de seguridad



Anexo C. plano de pieza de fabricación para el sistema de cortinas instalado en la máquina de la lavadora de la línea Chihuahua.

Anexo D. Lista de materiales para las maquinas intervenidas

SCHMERSAL ACE

Datos del proyecto

CLIENTE: EMPRESA DE BEBIDAS
PROYECTO: EMPACADORA L1
DESCRIPCIÓN: Proyecto de Seguridad - Lista de materiales mecánicos

LISTA DE MATERIALES TOTALES

-CULIACAN-EMPACADORA_L1-1-001

Item	Cant.	Nombre	Descripción	Observación	Material	Masa (kg.)	
						Unit.	Total
1	2	-CULIACAN-EMPACADORA_L1-3-001.ipt			ACERO HR	4,27	8,540
2	2	-CULIACAN-EMPACADORA_L1-3-002.ipt			ACERO HR	0,018	0,036
3	4	-CULIACAN-EMPACADORA_L1-3-003.ipt			ACERO HR	0,047	0,188
4	2	-CULIACAN-EMPACADORA_L1-3-004.ipt			ACERO HR	0,084	0,168
5	2	-CULIACAN-EMPACADORA_L1-3-005.ipt			ACERO HR	0,658	1,316
6	2	-CULIACAN-EMPACADORA_L1-3-006.ipt			ACERO HR	0,125	0,250
7	5	-CULIACAN-EMPACADORA_L1-3-007.ipt			ACERO HR	0,447	2,235
8	5	-CULIACAN-EMPACADORA_L1-3-008.ipt			ACERO HR	0,084	0,420
9	2	-CULIACAN-EMPACADORA_L1-3-009.ipt			ACERO HR	0,021	0,042
10	1	-CULIACAN-EMPACADORA_L1-3-010.ipt			ACERO HR	0,453	0,453
11	30	-CULIACAN-EMPACADORA_L1-3-011.ipt			ACERO HR	0,03	0,900
12	60	-CULIACAN-EMPACADORA_L1-3-012.ipt			ACERO HR	0,006	0,360
13	2	-CULIACAN-EMPACADORA_L1-3-013.ipt	Lamina soporte anticaida		ACERO HR	1,799	3,598
14	4	-CULIACAN-EMPACADORA_L1-3-014.ipt			ACERO HR	0,088	0,352
15	2	-CULIACAN-EMPACADORA_L1-3-015.ipt			ACERO HR	0,383	0,766
16	4	-CULIACAN-EMPACADORA_L1-3-016.ipt			ACERO HR	0,012	0,048
17	1	-CULIACAN-EMPACADORA_L1-3-017.ipt			ACERO HR	0,578	0,578
18	1	-CULIACAN-EMPACADORA_L1-3-018.ipt			ACERO HR	0,742	0,742
19	1	-CULIACAN-EMPACADORA_L1-3-019.ipt			ACERO HR	0,303	0,303
20	2	-CULIACAN-EMPACADORA_L1-3-020.ipt			ACERO HR	0,037	0,074
21	2	-CULIACAN-EMPACADORA_L1-3-021.ipt			ACERO HR	0,004	0,008
22	4	-CULIACAN-EMPACADORA_L1-3-022.ipt			ACERO HR	0,057	0,228
23	2	-CULIACAN-EMPACADORA_L1-3-023.ipt			ACERO HR	0,142	0,284
24	1	-CULIACAN-EMPACADORA_L1-3-024.ipt			ACERO HR	0,224	0,224
25	1	-CULIACAN-EMPACADORA_L1-3-025.ipt			ACERO HR	0,321	0,321
26	16	TORNILLO HEX M8x25.ipt	ISO metric hexagon precision bolts and screws		ACERO 1020	0,016	0,256
27	60	Tornillo_M8 x20.ipt	ISO metric hexagon precision bolts and screws		ACERO 1020	0,014	0,840
28	30	Tornillo_M8 x40.ipt	ISO metric hexagon precision bolts and screws		ACERO 1020	0,022	0,660
29	16	TORNILLO--4014-M6 x60.ipt	Hexagon head bolt - product grades A and B		ACERO 1020	0,016	0,256
30	8	TORNILLO-4017-M8 x35.ipt	Hexagon head screws - Product grades A and B		ACERO 1020	0,019	0,152
31	2	TORNILLO-AVELLANADO-M6X50.ipt	Hexagon socket countersunk head cap screws		ACERO 1020	0,012	0,024
32	8	TORNILLO-M10 x25.ipt	ISO metric hexagon precision bolts and screws		ACERO 1020	0,026	0,208
33	22	TORNILLO-M6 x 16.ipt	Hexagon head screws		ACERO 1020	0,006	0,132
34	8	TORNILLO-M6 x 25.ipt	Hexagon head screws		ACERO 1020	0,008	0,064
35	16	TORNILLO-M6 x 40.ipt	Hexagon head screws		ACERO 1020	0,011	0,176
36	2	TORNILLO-M6 x55.ipt	Hexagon head bolt - product grades A and B		ACERO 1020	0,015	0,030
37	8	TORNILLO-M8 x30.ipt	Hexagon head screws - Product grades A and B		ACERO 1020	0,017	0,136
38	66	WASA M6.ipt	Lock Washers (Metric Series) Regular Helical Spring Lock Washers		ACERO 1020	0,001	0,066
39	122	WASA M8.ipt	Arandela de presión		ACERO 1020	0,001	0,122
40	8	WASA-M10.ipt	Lock Washers (Metric Series) Regular Helical Spring Lock Washers		ACERO 1020	0,003	0,024
41	38	TUERCA_M8.ipt	ISO metric hexagon nuts, including thin nuts, slotted nuts and castle nuts		ACERO 1020	0,006	0,228
42	8	TUERCA-M10.ipt	Hexagon nuts, style 1 - Product grades A and B		ACERO 1020	0,01	0,080
43	44	TUERCA-M6.ipt	Hexagon nuts, style 1 - Product grades A and B		ACERO 1020	0,003	0,132
44	160	ARANDELA PLANA M8.ipt	Plain washers - Normal series - Product grade A		ACERO 1020	0,002	0,320
45	16	ARANDELA-M10.ipt	Flat metal washers for general engineering purposes (metric series)		ACERO 1020	0,002	0,032
46	108	ARANDELA-M6.ipt	Plain washers - Normal series - Product grade A		ACERO 1020	0,001	0,108
47	2244 mm	PERFIL TUBULAR CUADRADO	PTS 60X60X3		ACERO 1020	5,82	11,64
48	4000 mm	PERFIL ESTRUCTURAL TUBULAR CUADRADO.ipt	PTS 60X60X2 mm		ACERO 1020	2,849	2,849
49	15280 mm	PERFIL ESTRUCTURAL TUBULAR.ipt	PTS 40X40X2 mm		ACERO 1020	2,202	2,202
50	300 mm	PERFIL ESTRUCTURAL TUBULAR CUADRADO	PTS 30x30x2		ACERO 1020	0,246	0,246
51	1670 mm	ISO 10799-2 40x40x2 1750781831988.ipt	PTS		ACERO 1020	1,925	3,85
52	3	11116101_asm.iam	Paral estructural de soporte		ACERO 1020	7,148	21,444
53	5	11116101	POSTE 60 x 60 x 2220		ACERO 1020	5,663	28,315
54	1	11117000	PUERTA PIVOTANTE		ACERO 1020	7,203	7,203
55	8	50000751	KIT DE CORTE				0
56	1	50000104	TORNILLOS MALLAS		ACERO 1020		0
57	6	COCA-SP-TVQD-3-010.ipt	LAMINA SISTEMA ANTICAIDA		ACERO HR	0,245	1,47
58	30	COCA-SP-TVQD-3-011.ipt	SEPARADOR		ACERO HR	0,006	0,18
59	2	70003396.iam	Sistema neumatico anticaida			8,827	17,654
60	2	slc440-0810.ipt	ELEMENTO SCHMERSAL			4,423	8,846
61	1	COD SATECH. U601007014800021	Marco 20 L=700 A=1480mm		ACERO 1020	2,122	2,122
62	20	Chazo1_2inx3in.iam	N/A		ACERO 1020	0,083	1,66
63	2	50000742	Marco 20 L=300 A=2080mm		ACERO 1020	0,459	0,918
64	1	50000743	Marco 20 L=700 A=2080mm		ACERO 1020	3,989	3,989
65	2	50000744.ipt	Marco 20 L=800 A=2080mm		ACERO 1020	9,662	19,324
66	3	50000745.ipt	Marco 20 L=1000 A=2080mm Kit de corte		ACERO 1020	3,983	11,949
67	1	50000746.ipt	Marco 20 L=700 A=1480mm		ACERO 1020	2,53	2,53
68	1	50000747	Marco 20 L=1500 A=2080mm		ACERO 1020	1,438	1,438

Anexo D.1 listas de materiales (BOM) correspondiente a la maquina empacadora de la línea 1 de Culiacán.

SCHMERSAL
ACE

Datos del proyecto

CLIENTE: EMPRESA DE BEBIDAS
PROYECTO: LAVADORA L3
DESCRIPCIÓN: Proyecto de Seguridad - Lista de materiales mecánicos

LISTA DE MATERIALES TOTALES

-CHIHUAHUA-LAVADORA-L3

Item	Cant.	Nombre	Descripción	Observación	Material	Masa (kg)	
						Unit.	Total
1	1	-CHIHUAHUA-LAVADORA-L3-3-001.ipt		CORTE LASER	ACERO HR	4,898	4,898
2	7	-CHIHUAHUA-LAVADORA-L3-3-002.ipt		CORTE LASER	ACERO HR	0,053	0,371
3	1	-CHIHUAHUA-LAVADORA-L3-3-003.ipt		CORTE LASER	ACERO HR	0,904	0,904
4	5	-CHIHUAHUA-LAVADORA-L3-3-004.ipt		CORTE LASER	ACERO HR	0,053	0,265
5	2	-CHIHUAHUA-LAVADORA-L3-3-005.ipt		CORTE LASER	Steel, Cast	0,171	0,342
6	1	-CHIHUAHUA-LAVADORA-L3-3-006.ipt		CORTE LASER	ACERO HR	0,14	0,140
7	1	-CHIHUAHUA-LAVADORA-L3-3-007.ipt		CORTE LASER	Steel, Cast	0,034	0,034
8	1	-CHIHUAHUA-LAVADORA-L3-3-008.ipt		CORTE LASER	Steel, Cast	0,151	0,151
9	1	-CHIHUAHUA-LAVADORA-L3-3-009.ipt	SOPORTE CANCAMO	CORTE LASER	Steel	0,322	0,322
10	1	-CHIHUAHUA-LAVADORA-L3-3-010.ipt		CORTE LASER	ACERO INOX AISI	0,058	0,058
11	10	-CHIHUAHUA-LAVADORA-L3-3-011.ipt		CORTE LASER	ACERO HR	0,05	0,500
12	56	-CHIHUAHUA-LAVADORA-L3-3-012.ipt		CORTE LASER	ACERO HR	0,063	3,528
13	1	-CHIHUAHUA-LAVADORA-L3-3-013.ipt		CORTE LASER	ACERO HR	3,485	3,485
14	32	-CHIHUAHUA-LAVADORA-L3-3-014.ipt		CORTE LASER	ACERO HR	0,012	0,384
15	1	-CHIHUAHUA-LAVADORA-L3-3-015.ipt		CORTE LASER	Stainless Steel	0,137	0,137
16	1	-CHIHUAHUA-LAVADORA-L3-3-016.ipt		CORTE LASER	Stainless Steel	0,155	0,155
17	3	-CHIHUAHUA-LAVADORA-L3-3-017.ipt		CORTE LASER	Stainless Steel	0,098	0,294
18	1	-CHIHUAHUA-LAVADORA-L3-3-018.ipt		CORTE LASER	Stainless Steel	0,162	0,162
19	2	70001407.ipt	Soporte cortina 800	SCHMERSAL	Stainless Steel	1,800	3,600
20	300,000 mm	ISO 10799-2 30x30x3 1757963027525.ipt	Structural steels - Cold-formed, welded, structural hollow sections	PERFILERIA	Steel, Cast	0,708	
21	4	COD SATECH. U601007014800021 - Corte 3.iam	Marco 20 L=700 A=1480mm	SATECH		3,025	12,100
22	1	COD SATECH. U601003014800021.iam	Marco 20 L=300 A=1480mm	SATECH		2,590	2,590
23	12	TORNILLO BUTTON - M3 x 0.5 x 10.ipt	Broached Hexagon Socket Button Head Cap Screw - Metric	TORNILLERIA	Steel, Mild	0,001	0,012
24	22	TORNILLO HEX M6x25.ipt	Hexagon head screws	TORNILLERIA	Stainless Steel, 44	0,008	0,176
25	2	TORNILLO HEX M6x25-SIN-CABEZA_2.ipt		TORNILLERIA	Generic	0,001	0,002
26	2	TORNILLO HEX M8x16.ipt	N/A	TORNILLERIA	Steel, Mild	0,012	0,024
27	64	Tornillo hexagonal M8 x 40.ipt	ISO metric hexagon precision bolts and screws	TORNILLERIA	Steel, Mild	0,022	1,408
28	48	TORNILLO-ISO 4017 - M4 x 12 - ISO.ipt	Hexagon head screws	TORNILLERIA	Stainless Steel, 44	0,002	0,096
29	8	TORNILLO-ISO 4017 - M4 x 16 - ISO.ipt	Hexagon head screws	TORNILLERIA	Stainless Steel, 44	0,002	0,016
30	376	TORNILLO-M4 x 16 - ISO.ipt	Hexagon head screws	TORNILLERIA	Stainless Steel, 44	0,002	0,752
31	20	TUERCA M6x1.ipt	Metric Hex Nuts Styles 2	TORNILLERIA	Steel, Mild	0,003	0,060
32	64	TUERCA M8x1.25.ipt	Hex Nut. Product grades A and B	TORNILLERIA	Stainless Steel, 44	0,006	0,384
33	432	WASA M4.ipt	Arandela de presión	TORNILLERIA	Acero, suave	0	0,000
34	8	WASA M6.ipt	Helical spring lock washers (metric series)	TORNILLERIA	Steel, Mild	0,001	0,008
35	64	WASA M8.ipt	Arandela de presión	TORNILLERIA	Acero, suave	0,001	0,064

Anexo D.2. listas de materiales (BOM) correspondiente a la maquina lavadora de la línea 3 de Chihuahua.