



Evaluación de riesgos y medidas de control en maquinaria en una empresa de producción de alimentos.

Risk assessment and control measures for machinery in a food production company.

Jayling Selena Fu-López ¹ *; Juan Daniel Calva Valarezo ²; Hugo Alfredo Pérez Benítez ³; Franklin Vicente López Rocafuerte ⁴ & Jaime Patricio Fierro Aguilar ⁵

Recibido: 06/04/2024 – Aceptado: 09/06/2024 – Publicado: 01/07/2024

* Autor para correspondencia.



Artículos de
Investigación

Artículos
de Revisión

Artículos
de Ensayos

Resumen.

El estudio analizó los riesgos en maquinaria de una planta alimenticia mediante la matriz HRN, para diseñar un sistema de seguridad basado en criticidad. Se recopiló información y se analizó cada tarea con la matriz HRN para determinar criticidad. Se creó una matriz de evaluación de riesgos y se clasificaron y priorizaron. Se formularon planes de acción para riesgos críticos, como requerimientos de guardas y capacitación. Los resultados evidenciaron criticidad de ciertos equipos como la laminadora. El 10% de las tareas implicaban alto riesgo, resaltando la necesidad de control. Se concluyó que el sistema de seguridad basado en criticidad es factible y mejoraría la seguridad. Se brindó una metodología replicable para que otras plantas analicen riesgos e implementen sistemas similares. El sistema propuesto tiene alto impacto potencial al reducir accidentes y ausentismo. Se recomendó analizar desempeño del sistema, realizar análisis costo-beneficio y extender el modelo a otros sectores críticos.

Palabras clave.

Seguridad industrial; Matriz HRN; Productividad; Criticidad; Riesgos; Protección de máquinas.

Abstract.

The study analyzed the risks in machinery in a food plant using the HRN matrix to design a safety system based on criticality. Information was collected and each task was analyzed with the HRN matrix to determine criticality. A risk assessment matrix was created, and risks were ranked and prioritized. Action plans were formulated for critical risks, such as guarding and training requirements. The results showed the criticality of certain equipment, such as the laminating machine. Ten percent of the tasks involved high risk, highlighting the need for control. It was concluded that the safety system based on criticality is feasible and would improve safety. A replicable methodology was provided for other plants to analyze risks and implement similar systems. The proposed system has a high potential impact by reducing accidents and absenteeism. It was recommended to analyze the performance of the system, perform a cost-benefit analysis, and extend the model to other critical sectors.

Keywords.

Industrial safety; HRN Matrix; Productivity; Criticality; Hazards; Machine guarding; Machine safety.

1. Introducción

La seguridad industrial se ha convertido en una prioridad para garantizar la integridad de los trabajadores y la productividad de las empresas manufactureras. La identificación y control de riesgos asociados a la operación de maquinaria es un elemento clave en esta materia. El presente estudio propone el diseño de un sistema de seguridad de maquinaria específico para una planta de producción alimenticia, a través de la evaluación de criticidad de los equipos [1].

Para lograr cumplir con el objetivo se plantea primero realizar un análisis de riesgos en la maquinaria mediante la metodología de matriz HRN para identificar los equipos críticos; luego establecer medidas de control, requerimientos de guardas y cronograma de capacitación

para mitigar los riesgos; y finalmente evaluar la factibilidad técnica y económica de implementar el sistema de seguridad propuesto en la planta alimenticia [2].

Mediante el uso de metodologías como la matriz HRN, se realiza un análisis detallado de los riesgos y se establecen medidas técnicas, administrativas y de capacitación para mitigar aquellos críticos. El sistema propuesto busca reducir la accidentalidad y ausentismo, mejorando las condiciones de seguridad y productividad en la empresa. Este artículo sienta las bases para implementar este enfoque proactivo de seguridad en otras plantas del sector de alimentos y bebidas.

1.1.- Seguridad industrial

La seguridad industrial es una disciplina que identifica, evalúa y controla los peligros laborales para prevenir daños materiales y accidentes. Es importante para la integridad y

¹ Investigador independiente; fujayling@gmail.com ; <https://orcid.org/0009-0002-0003-1424>, Guayaquil; Ecuador.

² Investigador independiente; juan.calva1999@hotmail.com ; , Guayaquil; Ecuador.

³ Universidad de Guayaquil; hugo.perezb@ug.edu.ec ; <https://orcid.org/0000-0001-7460-4032>, Guayaquil; Ecuador.

⁴ Universidad de Guayaquil; franklin.lopezr@ug.edu.ec ; <https://orcid.org/0000-0002-0645-1756>, Guayaquil; Ecuador.

⁵ Universidad de Guayaquil; jaime.fierroa@ug.edu.ec ; <https://orcid.org/0000-0003-2725-8290>, Guayaquil; Ecuador.



competitividad de las empresas, y requiere el compromiso de todos los niveles de la organización [3].

La seguridad industrial debe ser integral, prioritaria y con compromiso de todos. Debe ser considerado por igual por parte de todos los miembros de la empresa, independientemente de su función o nivel jerárquico [4].

1.2.- Máquinas y mecanismos

Una máquina es un dispositivo creado por el ser humano para facilitar el trabajo y reducir el esfuerzo. Las máquinas pueden ser simples, que realizan un trabajo en un solo paso, o compuestas, que realizan un trabajo en varios pasos [5]. Las máquinas simples son conocidas desde la antigüedad y se utilizan para compensar una fuerza resistente o realizar el levantamiento de un peso en condiciones más favorables. Las máquinas compuestas están formadas por una combinación de máquinas simples [6].

Una máquina simple es un dispositivo que realiza un trabajo en un solo paso. Las cuatro máquinas simples más comunes son la rueda, la palanca, el plano inclinado y el tornillo [6]. La rueda es un dispositivo circular que facilita el movimiento de objetos pesados. La palanca es una barra rígida que se apoya en un punto y que se utiliza para multiplicar la fuerza. El plano inclinado es una superficie plana que tiene una pendiente, y se utiliza para levantar objetos pesados. El tornillo es un plano inclinado enrollado en un cilindro, y se utiliza para mover objetos pesados en una dirección vertical [6].

Las máquinas compuestas son combinaciones de máquinas simples. Las máquinas compuestas se utilizan para realizar tareas más complejas que no pueden ser realizadas por una sola máquina simple [6].

1.3.- Seguridad en maquinaria

La seguridad en máquinas es un principio fundamental que busca garantizar la salud de los trabajadores. Para ello, las máquinas deben cumplir con ciertos requisitos mínimos de seguridad desde su diseño. Siendo necesario tomar precauciones durante la utilización, instalación, reparación y mantenimiento de las máquinas [7].

La seguridad de la maquinaria es importante para prevenir lesiones graves o incluso la muerte. Las máquinas pueden causar una variedad de lesiones, incluyendo aplastamiento, golpes, cortes, quemaduras y electrocuciones [8].

Para prevenir accidentes, los trabajadores deben evaluar los riesgos asociados con el uso de máquinas e implementar medidas de seguridad para mitigar esos riesgos. Estas medidas pueden incluir: Instalar máquinas de forma segura; Seleccionar máquinas adecuadas para la tarea; Instalar todas las protecciones de seguridad; Desarrollar un sistema de trabajo seguro para el uso y mantenimiento de la máquina [9]. Los trabajadores deben tomar medidas de seguridad para prevenir accidentes con máquinas. Estas medidas incluyen: Instalar máquinas de forma segura, Seleccione máquinas adecuadas para la tarea, Instalar todas las

protecciones de seguridad, Desarrollar un sistema de trabajo seguro para el uso y mantenimiento de máquinas.

Los trabajadores deben recibir capacitación constante sobre seguridad de máquinas y seguir las instrucciones de seguridad.

Las medidas de seguridad para los trabajadores incluyen: Usar la vestimenta y los EPP requeridos, Comprobar el correcto mantenimiento de la máquina, Usar de forma correcta la máquina [10].

Por lo tanto, los trabajadores no deben: Generar distracciones a los operarios que están usando las máquinas, Llevar ropa suelta, anillos, cadenas, colgantes e incluso pelo largo suelto; Retirar protecciones de la máquina; Usar una aplicación o máquina que tenga señalética o etiqueta de peligro [11].

Las máquinas de producción pueden ser peligrosas, por lo que es importante tomar medidas para garantizar la seguridad de los trabajadores. Estas medidas incluyen:

- Evaluación de riesgos: Antes de utilizar cualquier máquina, se debe realizar una evaluación de riesgos para identificar los posibles peligros asociados.
- Mantenimiento adecuado: Las máquinas deben mantenerse en buen estado de funcionamiento a través de un programa de mantenimiento regular.
- Capacitación y formación: Todos los trabajadores que operan máquinas deben recibir una capacitación adecuada sobre su uso seguro.
- Protecciones y dispositivos de seguridad: Es esencial contar con las protecciones y dispositivos de seguridad adecuados en las máquinas.
- Supervisión y seguimiento: La supervisión constante de los trabajadores que operan máquinas es esencial para garantizar que sigan las medidas de seguridad establecidas [12].

1.4.- Seguridad y salud de los trabajadores

La seguridad y la salud de los trabajadores es un tema importante en Ecuador. Cada año, miles de trabajadores se lesionan o enferman en el trabajo, lo que tiene un impacto significativo en los trabajadores, las empresas y la sociedad en su conjunto [13].

En 2021, se produjo más de 30 000 accidentes laborales en Ecuador, que provocaron más de 1.000 muertes y más de 20.000 días de trabajo perdidos. El costo anual de las lesiones y enfermedades laborales en Ecuador supera los 1.000 millones de dólares.

El Gobierno de Ecuador ha tomado medidas para mejorar la seguridad y la salud de los trabajadores, incluyendo la promulgación de leyes y reglamentos, la creación de organismos de supervisión y la promoción de la participación de los trabajadores y los trabajadores [14].

Sin embargo, aún queda mucho por hacer para reducir las lesiones y enfermedades laborales. Para ello, es importante que los trabajadores y los trabajadores trabajen juntos para promover una cultura de prevención y conciencia en todos los niveles [15].

1.5.- Riesgos laborales

Los riesgos laborales son condiciones o situaciones presentes en el entorno de trabajo que tienen el potencial de causar daños, lesiones o enfermedades a los trabajadores. Estos riesgos pueden clasificarse en cuatro categorías principales: físicos, químicos, biológicos y ergonómicos [16].

Identificación y evaluación de peligros

El primer paso para garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores es identificar los peligros existentes en el lugar de trabajo. Se pueden utilizar una variedad de métodos para identificar los peligros, tales como inspecciones en el lugar de trabajo, revisión de registros de seguridad, entrevistas a los trabajadores y herramientas de análisis de riesgos [17].

Control de riesgos

Una vez identificados los peligros, se deben implementar medidas de control para mitigarlos. Estas medidas pueden incluir:

- **Medidas de ingeniería:** Estas medidas se centran en la eliminación o reducción del peligro en la fuente. Por ejemplo, se puede instalar una barrera para evitar que los trabajadores entren en contacto con un peligro físico, o se puede utilizar un sistema de ventilación para controlar la exposición a sustancias químicas.
- **Medidas administrativas:** Estas medidas se centran en el cambio de los procedimientos de trabajo o la organización del trabajo. Por ejemplo, se puede establecer un procedimiento de trabajo seguro para realizar una tarea específica, o se puede proporcionar capacitación a los trabajadores sobre cómo trabajar de forma segura.
- **Equipos de protección personal (EPP):** Los EPP son elementos que se utilizan para proteger a los trabajadores de los peligros. Los EPP deben usarse siempre que no sea posible eliminar o reducir el peligro a través de medidas de ingeniería o administrativas [18].

Estrategias de mitigación de riesgos

Los peligros laborales pueden mitigarse mediante una variedad de estrategias, que pueden clasificarse en tres categorías principales:

- **Controles de ingeniería:** Estos controles implican la modificación del lugar de trabajo o de los equipos para reducir o eliminar los peligros.
- **Controles administrativos:** Estos controles implican cambiar la forma de trabajo para reducir el riesgo de lesiones y enfermedades.

INQUIIDE

Ingeniería Química y Desarrollo

<https://revistas.ug.edu.ec/index.php/inqd>

- **Equipos de protección individual (EPI):** Los EPI se utilizan para proteger a los trabajadores de los peligros que no pueden eliminarse o reducirse mediante controles técnicos o administrativos [19].

Formación sobre seguridad

La formación sobre seguridad es fundamental para que los trabajadores puedan identificar y evitar los peligros, y para que utilicen correctamente los EPI. La formación debe impartirse a todos los trabajadores, independientemente de su cargo o responsabilidades [20].

1.6.- Sistemas de seguridad de maquinaria en fábricas

La maquinaria industrial puede ser peligrosa para los trabajadores si no se mantiene ni maneja de manera adecuada. Por ello, es fundamental implementar sistemas de seguridad en las máquinas para prevenir accidentes y lesiones [21].

Los sistemas de seguridad más comunes en maquinaria industrial son:

- **Resguardos:** Barreras físicas que impiden que los trabajadores accedan a zonas peligrosas de la máquina.
- **Enclavamientos:** Dispositivos que aseguran que la máquina no pueda ponerse en marcha si no se ha colocado el resguardo correspondiente [22].
- **Botones de parada de emergencia:** Botones que permiten detener rápidamente la máquina en situaciones de emergencia.
- **Señales de advertencia:** Señales que alertan a los trabajadores sobre posibles peligros asociados a la maquinaria.
- **Equipos de protección individual (EPI):** Equipos que protegen a los trabajadores de los peligros inherentes a la maquinaria y los procesos de trabajo [23].

La implementación y el mantenimiento adecuado de estos sistemas de seguridad es esencial para garantizar un entorno laboral seguro en las fábricas y proteger la salud y el bienestar de los trabajadores [24].

1.7.- Evaluación de riesgos

La evaluación de riesgos es un proceso para identificar, analizar y evaluar los peligros en un lugar de trabajo, determinar la probabilidad de que ocurran eventos adversos y evaluar las posibles consecuencias. Su objetivo es implementar medidas preventivas para controlar y reducir los riesgos, garantizando un entorno seguro [25]. Sus principales ventajas son la prevención de accidentes, mejora de la cultura de seguridad, reducción de responsabilidades legales y aumento de la eficacia.

Las etapas de la evaluación son: identificación de peligros mediante inspecciones, evaluación de riesgos considerando probabilidad y consecuencias, determinación de controles y medidas de seguridad, aplicación de controles, y supervisión y revisión periódica [26].



Existen evaluaciones cualitativas, que clasifican los riesgos en altos, medios o bajos, y cuantitativas, que asignan valores numéricos. Algunas herramientas útiles son listas de verificación de peligros, matrices de evaluación de riesgos y programas informáticos especializados [27].

1.8.- Matriz HRN

El método HRN (Hazard Rating Number) es la principal herramienta utilizada para cuantificar y calificar el nivel de riesgo en maquinaria. También conocido como Número de Clasificación de Riesgos, este método permite clasificar un riesgo para determinar si es aceptable o no [28].

La efectividad del método HRN radica en que, a partir de un riesgo identificado relacionado con un peligro considerado, se obtiene una función que relaciona la severidad del daño con la probabilidad de ocurrencia de ese daño para un número determinado de trabajadores expuestos.

De esta manera, el método HRN posibilita una evaluación cuantitativa del nivel de riesgo. Esto permite priorizar los riesgos y enfocar los esfuerzos de control en aquellos que revisten mayor criticidad. Por este motivo, el método HRN es ampliamente utilizado como una valiosa herramienta en la gestión de riesgos de maquinaria [29].

Cuantificando los niveles de peligro en máquinas con el método HRN

Para cuantificar los niveles de peligro en una máquina utilizando el método HRN, primero se deben identificar todos los riesgos y peligros presentes (por ejemplo, falta de puesta a tierra eléctrica, riesgo de aplastamiento de dedos, riesgo de accionamiento involuntario, etc).

Luego, se aplica la siguiente fórmula para cada peligro encontrado:

$$\text{HRN} = \text{LO} \times \text{FE} \times \text{DPH} \times \text{NP}$$

Donde:

- HRN = Nivel de riesgo cuantificado
- LO = Probabilidad de ocurrencia
- FE = Frecuencia de exposición al riesgo
- DPH = Gravedad del daño potencial
- NP = Número de personas expuestas al riesgo

Los parámetros y variables representados en cada elemento de la fórmula están listados y cuantificados en las tablas siguientes.

Para la probabilidad de ocurrencia (LO) de un accidente, se utilizan niveles que varían de 0,033 a 15, según la tabla a continuación:

Tabla 1.- Probabilidad de ocurrencia (LO)

0.033	Cuasi imposible	Puede ocurrir en circunstancias extremas
1	Altamente improbable	Pero puede ocurrir
1.5	Improbable	Aunque concebible
2	Possible	Pero no habitual
5	Alguna posibilidad	Podría ocurrir
8	Probable	No sorprendente
10	Muy probable	Esperado
15	Seguro	Sin duda

Para la frecuencia de exposición se utiliza

Tabla 2.- Frecuencia de exposición (FE)

0.5	Anualmente
1	Mensualmente
1.5	Semanalmente
2.5	Diariamente
4	En términos de horas
5	Constante

Para el grado de la posible lesión (DPH):

Tabla 3.- Grado de la posible lesión (DPH)

0.1	Rasguño / escoriación
0.5	Dilaceración / corte / enfermedad leve
1	Fractura leve de huesos - dedos de la mano / dedos del pie
2	Fractura grave de hueso - mano / brazo / pierna
4	Pérdida de 1 o 2 dedos de las manos / dedos de los pies
8	Amputación de pierna / mano, pérdida parcial de la audición o visión
10	Amputación de 2 piernas o manos, pérdida parcial de la audición o visión en ambos oídos u ojos
12	Enfermedad permanente o crítica
15	Fatalidad

El número de personas viene dado por:

Tabla 4.- Número de personas bajo el riesgo (NP)

1	1 – 2 personas
2	3 – 7 personas
4	8 – 15 personas
8	16 – 50 personas
12	Más de 50 personas

La tabla abajo muestra los niveles de riesgo que pueden obtenerse a través de la aplicación de la fórmula del HRN.

Tabla 5.- HRN (Hazard Rating Number)

Resultado	Riesgo	Evaluación.
0 – 1	Aceptable	Considerar posibles acciones. Mantener las medidas de protección.
1 – 5	Muy bajo	
5 – 10	Bajo	Garantizar que las medidas actuales de protección son efectivas. Mejorar con acciones complementarias.
10 – 50	Significativo	
50 – 100	Alto	Deben realizarse acciones para reducir o eliminar el riesgo. Garantizar la implementación de protecciones o dispositivos de seguridad.
100 – 500	Muy alto	
500 – 1000	Extremo	Acción inmediata para reducir o eliminar el riesgo.
Mayor que 1000	Inaceptable	Interrumpir actividad hasta eliminación o reducción del riesgo.



La graduación de color varía desde el verde, para resultados de HRN aceptables, hasta el rojo, para niveles que sean inaceptables y que necesiten intervención inmediata. Cabe recalcar que esta variación de colores fue definida por el autor del presente estudio. Se eligieron estos colores por poseer semejanza a los semáforos de tránsito, haciendo, de esta forma, mucho más nítidas las gravedades encontradas en la evaluación.

Plazos para adecuar la maquinaria a las normas de seguridad laboral.

El cuadro anterior debe utilizarse para priorizar la toma de acciones. Es bastante saludable definir el tiempo para tomar acción de reducir cada franja de resultado. Por saber esto, se propone lo siguiente:

- Para el rango que va de 0 a 5, buscar la mejora sin un plazo definido.
- Para el resultado que va de 5 a 50, actuar en la reducción de riesgos dentro de los próximos 4 meses.
- Para el rango que va de 50 a 1000, en un máximo de una semana.
- Para el rango mayor a 1000 se debe interrumpir las actividades inmediatamente.

Siguiendo lo presentado, tenemos aquello que es necesario para un mejor control sobre los accidentes laborales en máquinas, evitando así perjuicios a la vida de los colaboradores y a las arcas de las empresas en las que actuamos.

Modos seguros de operación y mantenimiento

Los modos seguros de operación y mantenimiento son esenciales para la seguridad de trabajadores y equipos, y ayudan a prevenir accidentes y daños. Algunos modos comunes son bloqueo/etiquetado para evitar activación durante mantenimiento, aislamiento para prevenir liberación de materiales peligrosos, equipo de protección personal como gafas y guantes, y prácticas laborales seguras [30].

Principios generales para garantizar seguridad son planificación para identificar peligros, comunicación de riesgos y prácticas seguras, capacitación de trabajadores, inspección de equipos, y documentación de actividades. Seguir estas medidas ayuda a proteger a trabajadores y equipos. También es clave utilizar herramientas adecuadas, seguir instrucciones del fabricante, mantener el orden y la limpieza, estar atento a peligros, tomar descansos y reportar situaciones inseguras [31].

Principio de acceso cero

El principio de acceso cero es un planteamiento de seguridad cuyo objetivo es evitar cualquier contacto físico entre las personas y las partes peligrosas de las máquinas. [32] Para ello se utilizan diversos métodos de protección, como barreras físicas, enclavamientos y sensores de

proximidad. El objetivo del acceso cero es crear un sistema "a prueba de fallos" en el que sea físicamente imposible que alguien entre en contacto con una pieza peligrosa de una máquina, aunque cometa un error.

Modos de intervención

Los modos de intervención abarcan un rango que va desde el trabajo completamente fuera de las protecciones de las máquinas, hasta intervenciones que requieren el desmontaje de componentes o incluso la presencia de energías peligrosas. Cada uno de estos modos implica desafíos y consideraciones específicas en términos de seguridad laboral [33].

Modo 0: Cero acceso, trabajando fuera de las protecciones

- Imposibilidad de acceso físico accidental o deliberado a partes peligrosas cargadas de energía.
- Se requiere herramienta, clave o contraseña para deshabilitar o quitar protecciones
- Seguridad del personal y protección ante objetos que puedan ser expulsados o caer.

Modo 1 y 2: Intervenciones a través o dentro de las protecciones.

- Requieren sistemas de seguridad basados en evaluación de riesgos inicial.
- Antes de intervenir, detener equipos con control normal de parada, no de bloqueo o emergencia.
- En modo 1, el cuerpo evita cierre de guardas y reinicio de equipo.
- En modo 2, uno de los sistemas de control de seguridad debe bloquearse.
- Cada participante debe usar su propio candado y tener la única llave.

Modo 3: Intervenciones que requieren desmontaje (realizar LOTO).

- Todas las fuentes de energía peligrosa deben bloquearse y etiquetarse (LOTO).
- Liberar cualquier energía peligrosa almacenada.
- Todo el personal debe seguir procedimiento LOTO.
- Cada empleado coloca su propio bloqueo y etiqueta, usar bloqueos grupales si es necesario.

Modo 4: Intervenciones que requieren energía peligrosa.

- Reconocer actividades con energía peligrosa y tratar de mitigarlas.
- Sólo se permiten si no hay alternativa más segura.
- Personal autorizado y capacitado siguiendo un procedimiento seguro.
- Restringir acceso a la zona de trabajo.
- Minimizar número de personas y duración de intervención.
- Controles de tipo "mantenido y opera" a distancia segura.

2. Materiales y métodos.

Metodología

La metodología empleada en este estudio consistió en las siguientes etapas:

1. Revisión de literatura. -

Inicialmente se realizó una revisión de fuentes secundarias para obtener información relevante que sirva como marco teórico y estado del arte sobre el tema de estudio.

2. Recolección de datos. -

Se recopiló información detallada sobre la maquinaria de producción de la fábrica alimentaria a través de:

- Registros de la empresa
- Observación directa de las máquinas en operación
- Datos pre-almacenados en sistemas internos

3. Análisis de riesgos. -

Cada actividad realizada en las máquinas fue analizada mediante la matriz HRN (Hazard Risk Number) para identificar peligros, evaluar riesgos, seleccionar métodos de protección y determinar la criticidad de la maquinaria. Los pasos fueron:

- Identificación de peligros potenciales
- Evaluación de probabilidad y gravedad de cada riesgo
- Selección de métodos adecuados de protección
- Creación de matriz HRN con toda la información
- Definición de criticidad de máquinas según nivel de riesgo

4. Nueva matriz de evaluación. -

Se desarrolló una nueva matriz para identificar peligros, probabilidad y gravedad de cada pieza de maquinaria.

5. Clasificación y priorización de riesgos. -

Los riesgos fueron clasificados y priorizados con base en la probabilidad y gravedad determinadas previamente.

6. Planes de acción. -

Finalmente, se formularon planes de acción específicos, factibles y medibles para mitigar los riesgos críticos identificados.

7. Capacitación. -

Se ejecutó un programa de capacitación al personal sobre los temas del estudio para reforzar sus conocimientos en seguridad.

Materiales.

➤ Para la revisión de literatura:

- Bases de datos académicas como Scopus, Web of Science, etc.
- Libros, artículos científicos y otras fuentes secundarias sobre seguridad industrial y análisis de riesgos.

➤ Para la recolección de datos:

- Registros físicos y digitales de la empresa sobre las máquinas.
- Equipos de observación y medición para el análisis en sitio (cámaras, luxómetros, sonómetros, etc).
- Software especializado de la empresa con datos pre-almacenados.

➤ Para el análisis de riesgos:

- Metodología HRN y sus formatos.
- Software de análisis de riesgos.
- Matriz digital para documentar los resultados.

➤ Para la nueva matriz de evaluación:

INQUIIDE

Ingeniería Química y Desarrollo

<https://revistas.ug.edu.ec/index.php/inqd>

- Formato de matriz de probabilidad y gravedad de riesgos.
- Software para análisis cuantitativo de riesgos.

➤ Para la priorización de riesgos:

- Matriz de criticidad de riesgos.
- Criterios de aceptabilidad de riesgo.

➤ Para los planes de acción:

- Metodologías de formulación de planes (5W2H).
- Software de gestión de proyectos (MS Project).

➤ Para la capacitación:

- Material audiovisual sobre seguridad industrial.
- Equipos informáticos y audiovisuales para las sesiones.
- Manuales y guías para los participantes.

3. Resultados.

Análisis de resultados

Actualmente la empresa cuenta con 3 líneas de producción de galletas tradicionales, de estas 3 líneas se ha considerado como línea piloto la línea “6” al ser la más actualizada, esta consta de 7 equipos principales que hacen posible el desarrollo del proceso. En la figura 1 se muestra un layout del área de galletas.

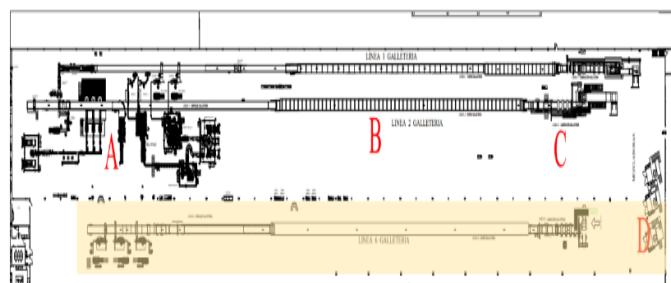


Fig. 1 Layout del área

A: Empaque Galletería

B: Hornos Galletería

C: Laminación Galletería

D: Amasadoras Galletería

Para el desarrollo de planes de acción y métodos de control necesarios se ha reunido un equipo multidisciplinario con roles definidos previamente:

- Coordinador de SHE: Encargado del análisis de la metodología.
- Técnico mecánico: Revisar la factibilidad de la implementación de los controles de ingeniería.
- Técnico eléctrico: Revisar la factibilidad de la implementación de los controles de ingeniería.
- Jefe de línea: Revisar y aprobar la información recopilada.
- Operador: Como dueño del proceso es necesaria su participación para determinar la validez de cualquier propuesta.
- Autores de tesis: Recolección de información y elaboración de la propuesta.



Con la información desarrollada se ha levantado una matriz de información donde se detalla la actividad, los peligros, riesgos del área y el análisis de riesgo por medio de la matriz cero acceso y matriz HRN.

Seguimiento de tareas.

Se ha desarrollado un formato que permite el registro de las actividades en el proceso de fabricación de galletas considerando el área, equipo, tarea que se realiza, descripción, frecuencia con la que se realiza, modo de intervención, controles y planes de acción.

Por medio de recolección de información junto al operario se ha logrado registrar la frecuencia, personas expuestas y procedimientos de cada puesto de trabajo. Así mismo, se evalúa la posibilidad de mitigar el riesgo existente. Teniendo un total de 208 tareas identificadas.

Tabla 6.- Cantidad de tareas registradas por equipo

N.	Equipos	Tareas
1	Amasadora	15
2	Laminadora	55
3	Horno	20
4	Bañadora de aceite	25
5	Bandas	18
6	Cavannas	57
7	Selladora	17
Total		207

Según la Tabla 6, se muestra la cantidad total de tareas registradas por cada equipo en la fábrica alimentaria. Algunas observaciones:

- La laminadora y las cavannas tienen la mayor cantidad de tareas registradas (55 y 57 respectivamente). Esto indica que son equipos complejos con numerosos procesos y puntos de intervención.
- El horno, la bañadora de aceite y la amasadora también tienen una cantidad relativamente alta de tareas (20-25), lo que sugiere que son equipos importantes en el proceso.
- Las bandas y la selladora tienen la menor cantidad de tareas (17-18), indicando que son equipos más simples o con menos puntos críticos de intervención.
- En total se registran 207 tareas en los 7 equipos. Esto da una idea del alcance del sistema de producción.
- El análisis de la cantidad de tareas por equipo es útil para tener una primera noción de la criticidad y complejidad de cada máquina. Esta información debe complementarse con otros datos para el diseño del sistema de seguridad.

Modos de intervención

La identificación de las tareas en cada equipo permite categorizar las tareas según el nivel de exposición a partes expuestas para determinar la probabilidad de que el operario pueda sufrir accidentes durante la ejecución de sus labores diarias. La tabla # 7 muestra la cantidad de tareas que se realizan en los diferentes modos de intervención.

Tabla 7.- Modos de intervención por equipo

INQUIIDE

Ingeniería Química y Desarrollo

<https://revistas.ug.edu.ec/index.php/inqd>

Equipos	Tareas	Modo 0	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4
Amasadora	15	2	4	3	3	3
Laminadora	55	6	8	5	13	23
Horno	20	1	0	0	15	4
Bañadora de aceite	25	14	0	0	5	6
Bandas	18	0	0	0	9	9
Cavannas	57	12	17	0	27	1
Selladora	17	16	0	0	0	1

Según la Tabla 7, se muestran los diferentes modos de intervención por equipo en una fábrica alimentaria. Algunas observaciones:

- La laminadora tiene el mayor número de tareas (55) y la mayor cantidad de intervenciones en los modos más críticos (Modo 4 con 23 y Modo 3 con 13). Esto indica que la laminadora es un equipo muy importante y crítico para el proceso.
- El horno tiene pocas intervenciones en los modos más críticos (Modo 4 con 15 y ninguna en Modo 3). Sin embargo, tiene 20 tareas, lo que still indica relevancia.
- Las bandas y la selladora tienen la menor cantidad de tareas (17-18) y pocas o ninguna intervención en los modos críticos. Son equipos importantes, pero no tan críticos.
- El análisis de criticidad considerando las tareas totales y los modos de intervención es clave para priorizar los equipos en el diseño del sistema de seguridad. La laminadora y las cavannas parecen ser los más críticos según esta tabla.

Evaluación de riesgos

Para evaluar los riesgos se desarrolló una matriz que categorice el peligro, modo de intervención, frecuencia de exposición, facilidad de acceso, probabilidad de ocurrencia, y gravedad de la lesión. Así como también se realizó un análisis con el tipo de actividad, descripción, peligro, riesgo, nivel de riesgo inicial según HRN (probabilidad, exposición, severidad, personas expuestas), controles que deberían aplicarse, y la escala de tiempo en que deben ser solventados para poder establecer un cronograma de trabajo.

La primera actividad dentro de la matriz corresponde a la elevación de la artesa la cual está asociada a los riesgos mecánicos por la manipulación mecánica de cargas. Esta actividad se la realiza varias veces por turno, dependiendo la demanda de producción por lo tanto la frecuencia de exposición es alta (4), el operario puede acceder a esta área fácilmente (3) obteniendo que es “muy probable” que ocurra un daño y finalmente se considera que la gravedad de la lesión puede ser un “recordable” que implica tratamiento médico (2), esto da una puntuación de “riesgo alto”.

En la Matriz de evaluación HRN se ha considerado que la probabilidad de ocurrencia de golpes al momento de levantar la artesa es posible pero inusual (2), al ser una

actividad rutinaria los operarios se encuentran expuestos de manera constante (5), la severidad de la lesión puede ocasionar la pérdida de un miembro (4) y la cantidad de personas expuestas son 2. Como resultado se tiene 80 que corresponde a un riesgo alto que debe ser solventado en un plazo menor a una semana.

Tabla 8.- Niveles de riesgo identificados

Equipos	Riesgo Alto	Riesgo Medio	Riesgo Bajo	Total
Amasadora	1	0	14	15
Laminadora	9	12	34	55
Horno	3	1	16	20
Bañadora de Aceite	4	0	21	25
Bandas	3	5	10	18
Cavannas	-	1	56	57
Selladora	-	0	17	17
Total	20	19	168	207
% Riesgo	10%	9%	81%	100%

Según la Tabla 8, se muestran los niveles de riesgo identificados en las tareas de cada equipo:

- El 81% de las tareas registradas tienen un riesgo bajo, el 9% riesgo medio y el 10% riesgo alto. Esto indica que la mayoría de las tareas son de bajo riesgo.
- La laminadora tiene la mayor cantidad de tareas de alto riesgo (9), seguida por la bañadora de aceite (4). Estos parecen ser los equipos más críticos en cuanto a seguridad.
- El horno también tiene una cantidad considerable de tareas de alto riesgo (3). Es otro equipo importante que considerar.
- Las cavannas y la selladora no tienen tareas detectadas de alto riesgo. Son aparentemente los equipos de menor criticidad.
- En general, la laminadora, el horno y la bañadora de aceite deberían ser priorizados en el diseño del sistema de seguridad dado sus mayores niveles de riesgo.
- El análisis de riesgo a nivel de tareas es fundamental para determinar los puntos críticos a gestionar en cada máquina.

Requerimientos de guardas

Una vez analizados los riesgos se determinó las necesidades de colocar guardas que eviten el acceso a partes expuestas, para esto es necesario contar con una empresa contratista dedicada al diseño, prueba e instalación de estas.

El operario al realizar su trabajo diario se acerca al equipo y realiza actividades que lo exponen a riesgos de atrapamiento y quemaduras, por lo tanto, se considera necesario colocar en los equipos como la laminadora guardas fijas que puedan ser removidas únicamente por los técnicos para realizar mantenimientos.

Cronograma de capacitación

INQUIIDE

Ingeniería Química y Desarrollo

<https://revistas.ug.edu.ec/index.php/inqd>

Para la elaboración de este apartado se tuvo en consideración las especificaciones del Segundo Suplemento No. 309 [34]

El cronograma muestra los temas que deben ser abarcados y las fechas propuestas para capacitación de personal con el fin de reforzar los conocimientos en seguridad de maquinaria, así como socializar los cambios en los mapas de seguridad.

La planificación del personal se la realiza anticipadamente, se tienen 3 turnos que van rotando semana a semana, el cronograma está organizado de manera que todos los turnos puedan recibir la misma capacitación con duración máxima de 40 minutos sin interrumpir sus actividades.

En la tabla #10 se detalla el tema, encargado y semana en la que se realizará a partir de la aprobación del proyecto.

Tabla 9.- Cronograma de capacitación

Tema	Facilitador	Semana											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Identificación de riesgos	Auxiliar 1	X	X	X									
Modos de intervención	Auxiliar 2				X	X	X						
Seguridad de maquinaria	Auxiliar 3							X	X	X			
Actualización mapas SHE	Auxiliar 4										X	X	X

Según la Tabla 9, el cronograma de capacitación para el sistema de seguridad de maquinaria se extiende por 12 semanas e incluye los siguientes temas:

- Identificación de riesgos (3 semanas): Impartido por el auxiliar 1 en las semanas 1, 2 y 3.
- Modos de intervención (3 semanas): Dictado por el auxiliar 2 en las semanas 4, 5 y 6.
- Seguridad de maquinaria (3 semanas): Facilitado por el auxiliar 3 en las semanas 7, 8 y 9.
- Actualización mapas SHE (3 semanas): Auxiliar 4 en las semanas 10, 11 y 12.
- El cronograma muestra una capacitación progresiva, comenzando por conceptos básicos de riesgos y luego profundizando en aspectos más específicos de seguridad de maquinaria.
- La actualización al final busca reforzar los procedimientos establecidos en el nuevo sistema.
- La duración de 12 semanas permite reforzar bien los conceptos y asegurar la adopción por parte de los trabajadores.
- El cronograma se ve apropiado y alineado a las necesidades de capacitación identificadas previamente en el análisis.

4. Conclusiones.

El presente estudio permitió realizar un análisis detallado de los riesgos asociados a la maquinaria en una planta de



producción alimenticia, a través de metodologías reconocidas como la matriz HRN. Los resultados evidencian la criticidad de ciertos equipos como la laminadora, que presentó la mayor cantidad de tareas de alto riesgo.

La evaluación por niveles de riesgo demostró que, si bien la mayoría de las tareas registradas fueron de bajo riesgo, existe un porcentaje considerable (10%) que implica un riesgo alto para la integridad de los trabajadores. Esto resalta la necesidad de implementar medidas de control para aquellas tareas críticas.

El estudio permite concluir que un sistema de seguridad de maquinaria basado en la evaluación de criticidad es factible y puede mejorar sustancialmente las condiciones de los trabajadores. Las propuestas como requerimientos de guardas y cronograma de capacitación apuntan en esta dirección.

La investigación brinda una metodología replicable para que otras plantas industriales puedan analizar sus riesgos e implementar sistemas de seguridad en maquinaria. Los formatos y herramientas presentadas facilitan la adopción de este enfoque proactivo para la prevención.

El sistema de seguridad de maquinaria basado en criticidad que se propone tiene un alto potencial de impacto al reducir accidentes, ausentismo y costos asociados. La investigación sienta las bases para mejorar la seguridad industrial en el sector manufacturero a nivel global.

Como futuras líneas de investigación se recomienda analizar el desempeño del sistema implementado, realizar análisis costo-beneficio de las medidas adoptadas y extender el modelo a otros sectores con maquinaria crítica dentro de la línea de producción de alimentos.

5.- Referencias.

- [L. Gómez Avila, «CORE,» octubre 2017. [En línea]. Available: 1 <https://core.ac.uk/download/pdf/326424195.pdf>. [Último acceso: 29 mayo 2023].
- [A. Sánchez Oropeza, I. González Hernández, R. Granillo Macías, Z. Beltrán Rodríguez, L. Ramírez López y B. Sotero Montalvo,] «Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo,» 5 enero 2022. [En línea]. Available: <https://repository.uah.edu.mx/revistas/index.php/sahagun/article/view/7119/8475>. [Último acceso: 2023].
- [A. A. Barragán Fabre, D. C. Pilay Parrales y F. J. Duque-Aldaz, 3 «Análisis de la percepción de la afectación del ruido ambiental urbano] asociado a la calidad de vida y salud a personas de la generación Z,» Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química, Guayaquil, 2022.
- [R. Valdez Zegarra, «Redalyc,» enero-junio 2010. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/4259/425942454008.pdf>.]
- [McGraw-Hill, «MHEducation,» 28 abril 2019. [En línea]. Available: 5 <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/844861626X.pdf>.]
- [E. Martínez Ramírez, «Universidad Politécnica de Madrid,» 24 6 febrero 2020. [En línea]. Available:] http://ocw.upm.es/pluginfile.php/1384/mod_label/intro/Tema5.1.Las%20maquinas-y-mecanismos.pdf.
- [Organización Iberoamericana de Seguridad Social, «OISS,» 2018. 7 [En línea]. Available: <https://oiss.org/wp-content/uploads/2018/11/3-Maquinas-MP.pdf>.
- [Organización Internacional del Trabajo, «OIT,» 2023. [En línea]. 8 Available: <https://www.ilo.org/global/topics/labour-administration-inspection/resources-library/publications/guide-for-labour-inspectors/machinery-plant-equipment/lang--es/index.htm>.
- [F. J. Duque-Aldaz, J. P. Fierro-Aguilar, H. A. Pérez-Benítez y G. W. 9 Tobar-Farías, «Afectación a la calidad de vida y salud en la 1 generación Z debido a la contaminación acústica, conjunto de acciones municipales y agentes generadores de contaminación acústica,» *Magazine De Las Ciencias: Revista De Investigación E Innovación*, vol. 8, nº 1, pp. 62-77, 2023.
- [F. J. Duque-Aldaz, H. Pérez Benítez, J. Fierro Aguilar y G. Tobar 1 Farías, «Mitigación de la contaminación por Ruido Ambiental en los 0 alrededores de una Institución de Educación Superior mediante la 1 Implementación de Estrategias en un Plan de Marketing Social,» *Investigación, Tecnología E Innovación*, vol. 14, nº 17, p. 30-45, 2022.
- [M. M. Gómez Coello, J. L. Portilla Marcillo y F. J. Duque-Aldaz, 1 «Diseño de un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional 1 basado en la Norma ISO 45001: 2018 en la empresa Hazarmavet 1 S.A.,» Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química, Guayaquil, 2022.
- [F. Duque-Aldaz, E. Pazán Gómez, W. Villamagua Castillo y A. 1 López Vargas, «Sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional 2 según ISO:45001 en laboratorio cosmético y natural,» *Revista 1 Científica Ciencia Y Tecnología*, vol. 24, nº 41, 2024.
- [P. Cajás Vasco, D. Álvarez Calderón, P. Merino Salazar y A. Gómez 1 García, «INNOVA RESEARCH JOURNAL,» 8 diciembre 2017. [En 3 línea]. Available:] <https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/322/529>.
- [«Ministerio de Trabajo,» diciembre 2012. [En línea]. Available: 1 <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/12/Reglamento-de-Seguridad-y-Salud-de-los-Trabajadores-y-Mejoramiento-del-Medio-Ambiente-de-Trabajo-Decreto-Ejecutivo-2393.pdf>.
- [«ILO,» 2013. [En línea]. Available: 1 <https://www.ilo.org/safework/cis/lang--en/index.htm>.]
- [«World Health Organization,» 2023. [En línea]. Available: 1 <https://www.who.int/health-topics/occupational-health>.]
- [«Centers for Disease Control and Prevention,» [En línea]. Available: 1 <https://www.cdc.gov/niosh/>.]
- [«ILO,» 2023. [En línea]. Available: 1 <https://www.ilo.org/safework/lang--en/index.htm>.]
- [F. J. Duque-Aldaz, J. P. Fierro Aguilar, H. A. Pérez Benítez y G. W. 1 Tobar Farías, «Afectación del ruido ambiental a Instituciones 9 Educativas; conjunto de acciones desde la Participación Ciudadana y 1 Centros Educativos,» *Journal of Science and Research*, vol. 8, nº 2, p. 29-48, 2023.
- [«Occupational Safety and Health Administration,» 2023. [En línea]. 2 Available: <https://www.osha.gov/training>.]

- [«Health and Safety Executive,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.hse.gov.uk/work-equipment-machinery/index.htm>.
1
1]
[«University of Toronto,» agosto 2015. [En línea]. Available: <https://ehs.utoronto.ca/wp-content/uploads/2015/10/Machine-Safety-Guidelines-2015.pdf-Updated.pdf>.
1]
[«OSHA,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.osha.gov/laws-regulations/standardnumber/1910/1910.212>.
3
1]
[«Centers for Disease Control and Prevention,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/machine/default.html>.
4
1]
[E. Castejón, F. Benavides y S. Moncada, «Dialnet,» 1998. [En línea]. Available: https://archivosdeprevencion.eu/view_document.php?tpd=2&i=851.
1]
[«OSHA,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.osha.gov/safety-management/hazard-Identification>.
6
1]
[E. Stefana, F. Ustolin y N. Paltrinieri, «ScienceDirect,» 2022. [En línea]. Available: [https://pdf.sciencedirectassets.com/271494/1-s2.0-S0950423021X00071/1-s2.0-S0950423021003041/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEMv%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2Fw EaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIFCJWpYOaLHsuZnnNWf2iKY454NK57Lxam5h%2BknxDzAiEAtLdAvhimEG.](https://pdf.sciencedirectassets.com/271494/1-s2.0-S0950423021X00071/1-s2.0-S0950423021003041/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEMv%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2Fw EaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIFCJWpYOaLHsuZnnNWf2iKY454NK57Lxam5h%2BknxDzAiEAtLdAvhimEG.)
1]
[G. C. Sulca Córdova y E. R. Becerra Paguay, «Dialnet,» 2017. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7055561>.
1]
[HARIPRASADH, «IJRTI,» 2022. [En línea]. Available: <https://ijrti.org/papers/IJRTI2206201.pdf>.
9
1]
[Sullivan, Pugh, Melendez y Hunt, «U.S. DEPARTMENT OF ENERGY,» agosto 2010. [En línea]. Available: <https://www.energy.gov/femp/articles/operations-and-maintenance-best-practices-guide-achieving-operational-efficiency>.
1]
[P. Viveros, R. Stegmaier, F. Kristjanpoller, L. Barbera y A. Crespo, «SciELO,» 2013. [En línea]. Available: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052013000100011.
1]
[S. Ranjan, «RLS HUMAN CARE,» 31 octubre 2017. [En línea]. Available: <https://rlsdhamal.com/principles-of-machine-guarding/>.
2
1]
[M. Camacho, «Seguridad en maquinarias aplicada a una planta de producción de helados: Análisis de tareas, evaluación de riesgos y controles orientados al cero acceso,» Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 2015.
1]
[Ministerio del Trabajo, 12 mayo 2023. [En línea]. Available: <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2023/07/AM-MDT-2023-062-SSRO30912052023.pdf?x42051>.
1]