



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**CONTROL DE METALES EN EL EMPAQUE DE HARINA DE TRIGO
APLICANDO UN ANÁLISIS DE RIESGOS Y PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL**

Rony Samuel Padilla Hernández
Asesorado por el Ing. Erwin Vinicio Ruíz Díaz

Guatemala, junio de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CONTROL DE METALES EN EL EMPAQUE DE HARINA DE TRIGO
APLICANDO UN ANÁLISIS DE RIESGOS Y PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

RONY SAMUEL PADILLA HERNÁNDEZ
ASESORADO POR EL ING. ERWIN VINICIO RUÍZ DÍAZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JUNIO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayora
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

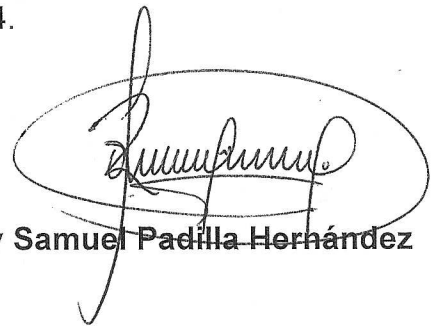
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor Elizabeth Garcia Tobar
EXAMINADORA	Inga. María Martha Wolford Estrada
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

CONTROL DE METALES EN EL EMPAQUE DE HARINA DE TRIGO APLICANDO UN ANÁLISIS DE RIESGOS Y PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 10 de enero de 2014.

A handwritten signature in black ink, enclosed within an oval-shaped scribble. The signature is cursive and appears to read 'Rony Samuel Padilla Hernández'.

Rony Samuel Padilla Hernández

Guatemala 28 de enero de 2015

Ingeniero
César Ernesto Urquizu Rodas
Director de Escuela
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Director:

Por medio de la presente informo a usted, que como Asesor, del presente trabajo de graduación, del estudiante universitario **Rony Samuel Padilla Hernández**, procedí a revisar el contenido de la presente tesis, cuyo título es: "**CONTROL DE METALES EN EL EMPAQUE DE HARINA DE TRIGO APLICANDO UN ANÁLISIS DE RIESGOS Y PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL**", el cual encuentro satisfactorio.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo constituyen, un valioso aporte de parte de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a uno de los muchos problemas, que padece la industria privada, por ello se plantean soluciones viables a los problemas que se mencionan en el presente informe final. Con la implementación de dichas mejoras, se beneficiara a la sociedad general y empresas que utilicen la harina de trigo como parte de su materia prima, en la elaboración de alimentos para la sociedad guatemalteca.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole a usted, darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me es grato subscribirme, atentamente.


Erwin Vinicio Ruiz Díaz
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 8,672
Erwin Vinicio Ruiz Díaz
Ingeniero Mecánico Industrial
Asesor de Tesis
Colegiado 8,672



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **CONTROL DE METALES EN EL EMPAQUE DE HARINA DE TRIGO APLICANDO UN ANÁLISIS DE RIESGOS Y PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL**, presentado por el estudiante universitario **Rony Samuel Padilla Hernández**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

INGA. KARLA MARTÍNEZ
Colegiada 5.701

Inga. Karla Lizbeth Martínez Vargas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, abril de 2015.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **CONTROL DE METALES EN EL EMPAQUE DE HARINA DE TRIGO APLICANDO UN ANÁLISIS DE RIESGOS Y PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL**, presentado por el estudiante universitario **Rony Samuel Padilla Hernández**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, junio de 2015.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **CONTROL DE METALES EN EL EMPAQUE DE HARINA DE TRIGO APLICANDO UN ANÁLISIS DE RIESGOS Y PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL**, presentado por el estudiante universitario: **Rony Samuel Padilla Hernández** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Angel Roberto Sic Garcia
Decano



Guatemala, junio de 2015

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la fortaleza día con día para no desfallecer y alcanzar mis sueños, porque su misericordia y amor han sido el mayor respaldo que he tenido en mi vida.
- Mis padres** Por ser el principal pilar en mi vida, ayudarme, guiarme y aconsejarme en todo el trayecto de mi vida, siendo el más grande ejemplo a seguir.
- Mis hermanas** Por ser el más grande tesoro que la vida me ha dado y permitirme ser partícipe de tan grandiosas experiencias compartidas.
- Mis sobrinos** Porque convivir con ellos ha sido de las más gratas y hermosas experiencias vividas.
- Mis abuelos** Matea Ramírez, Pedro Padilla (q. e. p. d.), Irma Orellana y Samuel Hernández (q. e. p. d.), por ser un ejemplo de vida a seguir.
- Mis amigos** Por su apoyo y ayuda a lo largo de este proceso de aprendizaje y formación.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	En primer lugar por darme la vida, sabiduría y entendimiento necesario para alcanzar una meta más en mi desarrollo profesional. “El corazón del hombre traza su rumbo, pero sus pasos los dirige el Señor.” Proverbios 16:9.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por permitirme desarrollar mi carrera como profesional en tan prestigiosa casa de estudio.
Facultad de Ingeniería	En especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, por brindarme los conocimientos necesarios para poder desenvolverme en la industria.
Mis padres	Por brindarme su cariño, comprensión, apoyo y por inculcarme buenos valores para ser un buen profesional.
Mis hermanas	Por creer en mí, por su confianza y sabiduría y ser una de las mayores motivaciones en este proceso de formación profesional.
Mis cuñados	Por aconsejarme y darme palabras de aliento en el momento justo

Mis sobrinos

Por ser una motivación más para alcanzar esta meta profesional.

Mi asesor

Ing. Erwin Vinicio Ruíz Díaz, por brindarme sus conocimientos y darme parte de su tiempo para la realización de este trabajo de graduación.

Mis amigos

Por sus consejos, cariño, comprensión y por todos los momentos compartidos; especialmente a Magda Pérez, Christian Serrano, Jessicka Juárez y Glenda Contreras por su gran ayuda y apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA.....	1
1.1. Descripción de la empresa	1
1.2. Misión, visión y valores.....	1
1.3. Materia prima.....	3
1.3.1. Productos ofrecidos	4
1.4. Organización	5
2. SITUACIÓN ACTUAL.....	7
2.1. Empaque de harina de trigo	7
2.1.1. Diagrama del área de empaque	7
2.2. Maquinaria utilizada.....	9
2.2.1. Mecanismos de transporte de harina.....	9
2.2.2. Turbocernedor	12
2.2.3. Báscula.....	13
2.2.4. Sistema de ensacado	14
2.2.5. Despachos a granel.....	16
2.3. Manejo de impurezas actual.....	17
2.3.1. Sistema de turbocernido.....	17

2.3.2.	Masas patrón.....	18
2.3.3.	Impurezas rechazadas situación actual	19
3.	PROPUESTA DE MEJORA	21
3.1.	Inocuidad en los alimentos y normativa HACCP	21
3.2.	Análisis de riesgos y puntos críticos de control en el empaque de harina de trigo	23
3.2.1.	Riesgos físicos en el empaque de harina.....	24
3.2.2.	Punto crítico de control (PCC).....	26
3.2.3.	Identificación del punto crítico de control.....	28
3.2.3.1.	Diagrama de puntos críticos de control.....	33
3.3.	Diagrama de empaque propuesto.....	34
3.4.	Separadores magnéticos en la industria alimenticia	36
3.4.1.	Separador de rejilla	36
3.4.2.	Separador de bala.....	37
3.4.3.	Separador de cajón	37
3.4.4.	Separador de trampa o placa	38
3.4.5.	Detectores de metal	39
3.5.	Manejo y control de partículas ferrosas sugerido.....	40
4.	MONTAJE DE SEPARADORES MAGNÉTICOS.....	43
4.1.	Análisis de área de montaje	43
4.1.1.	Mediciones de área y flujo de producto.....	43
4.2.	Selección del separador magnético	44
4.2.1.	Especificaciones de los separadores magnéticos ...	46
4.2.2.	Comparativo de separadores	51
4.2.3.	Separador de cajón	54
4.3.	Montaje de separador de cajón.....	55

4.3.1.	Cronograma de montaje	55
4.3.2.	Insumos necesarios	56
4.3.3.	Montaje	58
5.	SEGUIMIENTO Y PLAN DE MONITOREO DE SEPARADORES MAGNÉTICOS	63
5.1.	Diseño e importancia del plan de monitoreo.....	63
5.1.1.	Daños a los magnetos	63
5.1.2.	Pérdidas de magnetismo	64
5.2.	Periodicidad de las mediciones	65
5.3.	Hojas de control.....	67
5.3.1.	Mediciones a considerar en un magneto	69
5.3.2.	Equipos de medición	70
5.3.3.	Rangos de aceptación	72
5.4.	Ficha de seguimiento	72
5.4.1.	Observaciones periódicas	73
5.5.	Historial de falla de tamiz de turbocernedor	73
5.6.	Porcentaje de falla del tamiz de cernido luego de la implementación	76
5.7.	Tendencias futuras de la seguridad alimentaria	79
5.8.	Norma Mundial de Seguridad Alimentaria del Consorcio Minorista Británico (BRC)	82
	CONCLUSIONES	85
	RECOMENDACIONES	87
	BIBLIOGRAFÍA.....	89
	APÉNDICES	91
	ANEXOS.....	93

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama empresarial.....	5
2.	Proceso de empaque de harina	8
3.	Rosca transportadora.....	10
4.	Elevador de cangilones	11
5.	Turbocernedor.....	12
6.	Proceso de llenado en una báscula	13
7.	Proceso de ensacado en carrusel de 6 bocas	14
8.	Sistema de cierre de sacos	15
9.	Tren de cosido de sacos	16
10.	Sistema de turbocernido	18
11.	Matriz para análisis de riesgos.....	25
12.	Secuencia de decisión para identificar los PCC	27
13.	Identificación y análisis de peligros en el transporte de harina	29
14.	Identificación y análisis de peligros en los turbocernedores.....	30
15.	Identificación y análisis de peligros en las básculas	31
16.	Identificación y análisis de peligros en el sistema de empaque de harina	32
17.	Diagrama de PCC identificados	33
18.	Diagrama de empaque propuesto.....	35
19.	Variedad de rejillas magnéticas	36
20.	Separador de bala.....	37
21.	Imán de cajón.....	38
22.	Separador magnético de placa	38

23.	Detector de metal.....	39
24.	Varilla imantada de un separador magnético.....	40
25.	Vistas del área de montaje	44
26.	Tolva de recepción de harina.....	47
27.	Vistas del separador de cajón.....	48
28.	Vistas separador de bala	49
29.	Vistas del separador de trampa	51
30.	Cronograma de actividades	56
31.	Identificación y análisis de peligros en los separadores magnéticos	59
32.	Diagrama de PCC modificado	60
33.	Vistas del separador instalado.....	61
34.	Hoja de control propuesta.....	68
35.	Gaussímetro	71
36.	Máquina para imantar	71
37.	Medidor de polos	72

TABLAS

I.	Análisis de riesgos	26
II.	Equipos asignados a etapas del proceso	28
III.	Ficha técnica del separador de rejilla.....	46
IV.	Ficha técnica del separador de cajón	47
V.	Ficha técnica del separador de bala	48
VI.	Ficha técnica del separador de trampa.....	50
VII.	Comparativo de separadores magnéticos	52
VIII.	Costos estimados en el montaje	58
IX.	Resumen de unidades de medida	70
X.	Márgenes de ganancia y pérdida por rechazo de producto	77
XI.	Rebaja en márgenes de ganancia, año 2012	77

XII.	Rebaja en márgenes de ganancia, año 2013.....	78
XIII.	Control de metales en Norma BRC.....	84

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetro
Gauss	Densidad de flujo magnético
°C	Grado centígrado
lb	Libra
m	Metro
μm	Micrómetro
mm	Milímetro
qq	Quintal
T	Tesla equivale al Gauss en el sistema internacional
TM/h	Tonelada métrica por hora

GLOSARIO

Coercitividad	Es un término utilizado para referirse a la resistencia de un material a oponerse a la desimanación.
Desimanación	Acción de reducir la fuerza magnética de un imán.
Ferrita	Es un término utilizado para referirse a una gran variedad de materiales compuestas de óxido de hierro más un metal.
Flujo magnético	Es definido como la cantidad de líneas de fuerza que atraviesa una superficie determinada.
Inducción magnética	Es la corriente que se produce en el interior de un material conductor, al ser sometido a un campo magnético variable.
Lantánidos	Es un grupo de 15 elementos de la tabla periódica, desde el Lantano (Núm. 57) al Lutecio (Núm. 71).
Sistema c.g.s.	Es un sistema de unidades de medida basados en el centímetro, gramo y segundo.
Sistema m.k.s.	Es un sistema de unidades de medida basados en el metro, kilogramo y segundo.

RESUMEN

El empaque de harina de trigo utiliza un mecanismo de cernido para evitar que partículas extrañas sean incorporadas al producto empaçado o a los despachos de harina a granel; este mecanismo llamado turbocernedor consta de un tamiz para poder eliminar todas aquellas partículas que sean de mayor tamaño a la harina.

Debido a la falta de un mecanismo que elimine las partículas ferrosas en el área de empaque, se han suscitado problemas en los tamices de cernido de los turbocernedores, provocando el daño total o parcial de las telas de cernido; el daño del tamiz provocaría la incorporación de partículas ferrosas al producto terminado, sea este empaçado en sacos o despachos a granel.

La presencia de metales en los productos afecta de manera directa a la calidad y seguridad alimentaria de los alimentos. El presente trabajo de graduación se realizó con el fin de identificar los riesgos de contaminación y puntos críticos de control en el área de empaque de harina de trigo, acorde a los principios del sistema HACCP, proponiendo como alternativa el montaje de separadores magnéticos en las líneas de empaque para eliminar la presencia de metales en el producto final.

El montaje de estos dispositivos permitirá a la empresa garantizar la inocuidad de sus productos, así como reducción de pérdidas derivadas de los rechazos de producto no conforme.

OBJETIVOS

General

Determinar la presencia de partículas ferrosas en el área de empaque para mejorar la inocuidad de la harina de trigo.

Específicos

1. Definir las distintas normas de calidad orientadas al manejo de metales para mejorar la inocuidad en los procesos de producción de alimentos.
2. Analizar los riesgos y puntos críticos de control para el montaje de separadores magnéticos.
3. Analizar los distintos tipos de separadores magnéticos utilizados en la industria alimentaria.
4. Diseñar un plan de mantenimiento preventivo de los separadores magnéticos en el proceso de producción de harina de trigo.
5. Identificar las mejoras obtenidas mediante el montaje de separadores magnéticos en el área de empaque de harina.

INTRODUCCIÓN

La inocuidad alimentaria se refiere a la garantía que ofrecen las empresas productoras de alimentos, de que el consumo de su producto no causará ningún daño a la salud de las personas. La inocuidad en los alimentos y la seguridad alimentaria son las características principales que un producto alimenticio debe brindar para el cumplimiento de requisitos legales y reglamentarios que rigen en la actualidad en nuestro país.

En todos los procesos de producción de alimentos se presentan determinadas situaciones que ponen en peligro la inocuidad de los alimentos; cada una de estas situaciones se pueden dividir en tres categorías: riesgos biológicos, químicos y físicos. En este último grupo se encuentra el manejo de los metales en el proceso de producción.

La producción de harina de trigo afronta grandes retos en cuanto al tema de inocuidad alimentaria, debido a las impurezas o desechos sólidos que se presentan en la materia prima o por el desgaste que sufre la maquinaria debido a su funcionamiento continuo. Con base en ello, el mayor riesgo físico de contaminación del producto se debe a metales o partículas ferrosas presentes a lo largo de la línea de producción.

La seguridad y calidad en los alimentos es de suma importancia; se han formulado varias normas que garantizan la inocuidad en los alimentos, entre ellas las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), el Sistema de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (HACCP), la Norma Mundial de Seguridad

Alimentaria del Consorcio Minorista Británico (BRC) y la Norma Internacional de Alimentos (IFS).

Actualmente el manejo de metales en la industria harinera se lleva a cabo por medio de separadores magnéticos instalados en distintos puntos de control, que en su mayoría son montados en el proceso de limpieza de trigo, para evitar que materiales ferrosos sean incorporados al proceso de molienda.

El proceso de empaque de harina utiliza un sistema de cernido (turbocernido), para eliminar toda aquella partícula que sea de mayor tamaño a la harina, desechándola a depósitos de impurezas para su posterior análisis o estudio. En muchas ocasiones la presencia de piezas ferrosas en la harina provoca el daño del tamiz de cernido, pudiendo ocasionar contaminación por metales en el producto final.

El presente trabajo de graduación estará dividido en los siguientes capítulos: antecedentes generales de la empresa, situación actual en el empaque de harina, propuesta de uso de separadores magnéticos en el empaque de harina, montaje de separadores magnéticos y seguimiento y control de separadores magnéticos

1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA

1.1. Descripción de la empresa

La empresa inicia operaciones alrededor de los años 30 en el occidente de Guatemala por medio de un molino artesanal de trigo; la necesidad de abastecer la creciente demanda creó la necesidad de mejorar sus procesos sustituyendo la producción artesanal por un pequeño molino industrial. Alrededor de 1960 inician las operaciones en la capital, el auge comercial de los productos ofrecidos conlleva a la adquisición de nuevos molinos en la región, fortaleciendo su participación en el mercado.

Su incansable crecimiento ha llevado a la empresa a plantear nuevas estrategias de negocios, dándole valor agregado a la producción de harina por medio de productos derivados del trigo y otros cereales, como harina de maíz, pastas y galletas, consolidándose en la actualidad como un conjunto de empresas dedicadas a la producción y comercialización de productos derivados de cereales.

1.2. Misión, visión y valores

- Misión: “diseñar, desarrollar, producir y comercializar productos derivados de la cadena de valor del trigo, que satisfagan las necesidades de nuestros clientes, apoyándonos en la mejora continua de nuestros procesos, productos y servicios, cumpliendo con los requisitos de calidad de nuestro sistema de control de calidad.”

- Visión: “ser líder en negocios asociados a la cadena de valor del trigo y productos derivados como pastas y galletas, con participación significativa en harinas de maíz, en Centroamérica, con presencia activa en México y el Caribe, dentro de un marco de responsabilidad social empresarial que mejore la calidad de vida de nuestros colaboradores y cumpla con las expectativas de nuestros accionistas.”

- Valores y políticas: la cultura operativa se fundamenta en cuatro valores principales, que forman los pilares del éxito sostenible de cada una de sus empresas asociadas, siendo estos los siguientes:
 - “Integridad: nuestra conducta es guiada por valores éticos universales y principios morales, sabemos medir nuestros derechos por nuestros deberes y atribuciones diarias.

 - Responsabilidad: respondemos por nuestros actos y por los actos de la empresa de la que somos responsables; respetamos la ley de los países en que trabajamos, y cumplimos con nuestras responsabilidades ante nuestros clientes internos y externos.

 - Respeto: este valor ético se fundamenta en la atención que prestamos a los derechos de los demás para lograr la armonía de la colectividad, entendemos que como seres humanos todos somos iguales y merecemos ser tratados con dignidad.

 - Excelencia: forjamos con nuestro trabajo basados en resultados dignos de aprecio y admiración, rechazamos la mediocridad y la ineficiencia, pues buscamos la excelencia mediante el esfuerzo constante y tenaz el trabajo en equipo y la comunión de intereses.”

Dentro de la organización se maneja un sistema de políticas de calidad a fin de establecer procedimientos y controles que mejoren la inocuidad en cada uno de los procesos, estas políticas inician con el seguimiento y control de las materias primas, materiales e insumos de empaque. Actualmente la empresa cuenta con un sistema de gestión de calidad fundamentado por los principios de las normas ISO 9001, HACCP y BPM, a fin de garantizar productos que no atenten con la salud de los consumidores.

1.3. Materia prima

El trigo es una de las tres especies de cereales más importantes en el mundo, comparte esta distinción con el maíz y el arroz; existen diferentes criterios para la determinar las distintas clases de trigo que se manejan en el mercado:

- Según su ciclo biológico: esta clasificación hace referencia al ciclo de siembra y cosecha de los trigos, los cuales pueden ser:
 - Trigos de invierno: se siembra a inicios de septiembre y continúa hasta octubre. La cosecha comienza en mayo y termina hasta pasado julio. Este trigo madura más lentamente produciendo cosechas de mayor rendimiento y menor proteína.
 - Trigos de primavera: se siembra durante el mes de abril y se cosecha a mediados de agosto del mismo año. Este tipo de cosecha, favorece la producción de granos de maduración rápida y con alto contenido proteínico.

- Según el color del grano: esta clasificación se basa en el color de la cáscara o testa, según esta clasificación existen trigos rojos (*red*), blancos (*white*) y amarillos (*yellow*).
- Según la textura del endospermo: esta clasificación está relacionada con la manera en la que el grano se fracciona en la molienda; la textura puede ser harinosa o vítrea, los granos harinosos o trigo común suelen ser opacos, en cambio los granos vítreos o trigo *durum* parecen brillantes contra la luz intensa.
- Según su dureza: esta última clasificación está estrechamente relacionada con la forma de fragmentación del grano; se pueden dividir en trigos duros y blandos.

1.3.1. Productos ofrecidos

Entre los productos ofrecidos se tiene una variedad de harinas de trigo y de maíz, subproductos de consumo humano y animal. La clasificación de la harina viene determinada directamente del tipo de trigo utilizado en el proceso de molienda, específicamente de la dureza del trigo; se tienen cuatro tipos de harinas:

- Harina dura: para su elaboración se utiliza trigo duro o un alto porcentaje del mismo cuando se realizan mezclas de trigo (mayor al 70 %).
- Harina suave: esta utiliza únicamente trigo blando para su producción.
- Harina semifuerte: esta utiliza una mezcla de las dos clases de trigos; en su mayoría se realiza mezcla de 60 % de trigo duro y 40 % de trigo suave, dependiendo de las características que se deseen obtener.

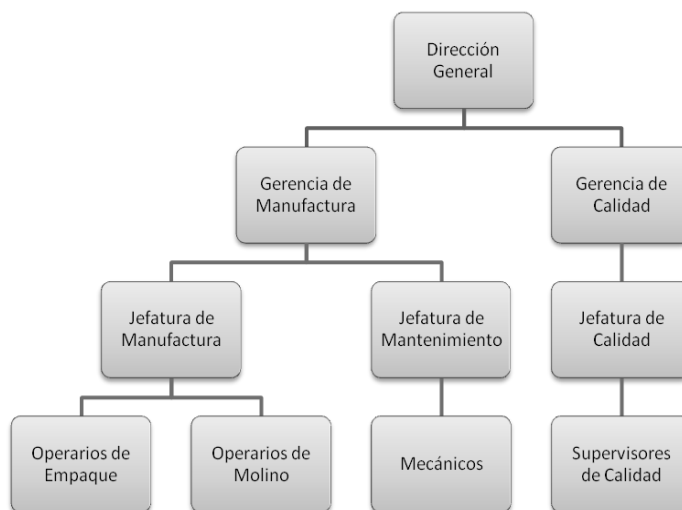
- Harinas integrales: en este caso no se mezclan trigos, sino que para su producción se realiza una mezcla de harina (dura) y subproducto (granillo, salvado, etc.).

Los subproductos están constituidos por todos los productos que se desechan del grano de trigo, los cuales no forman parte del endospermo y por consiguiente no se puede producir harina con ellos; de manera general, se pueden incluir entre estos productos la cascarilla y el embrión del trigo. Entre los subproductos obtenidos se encuentran el salvadillo, granillo, afrecho y germen.

1.4. Organización

La organización general del departamento de manufactura se compone de la siguiente manera:

Figura 1. Organigrama empresarial



Fuente: elaboración propia.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Empaque de harina de trigo

El empaque de harina de trigo es el último proceso que se tiene en un molino, finalizado el proceso de molienda se realiza un muestreo de la harina producida a fin de determinar la calidad de la misma; en este muestreo se verifican distintos parámetros que pueden ser establecidos por el cliente.

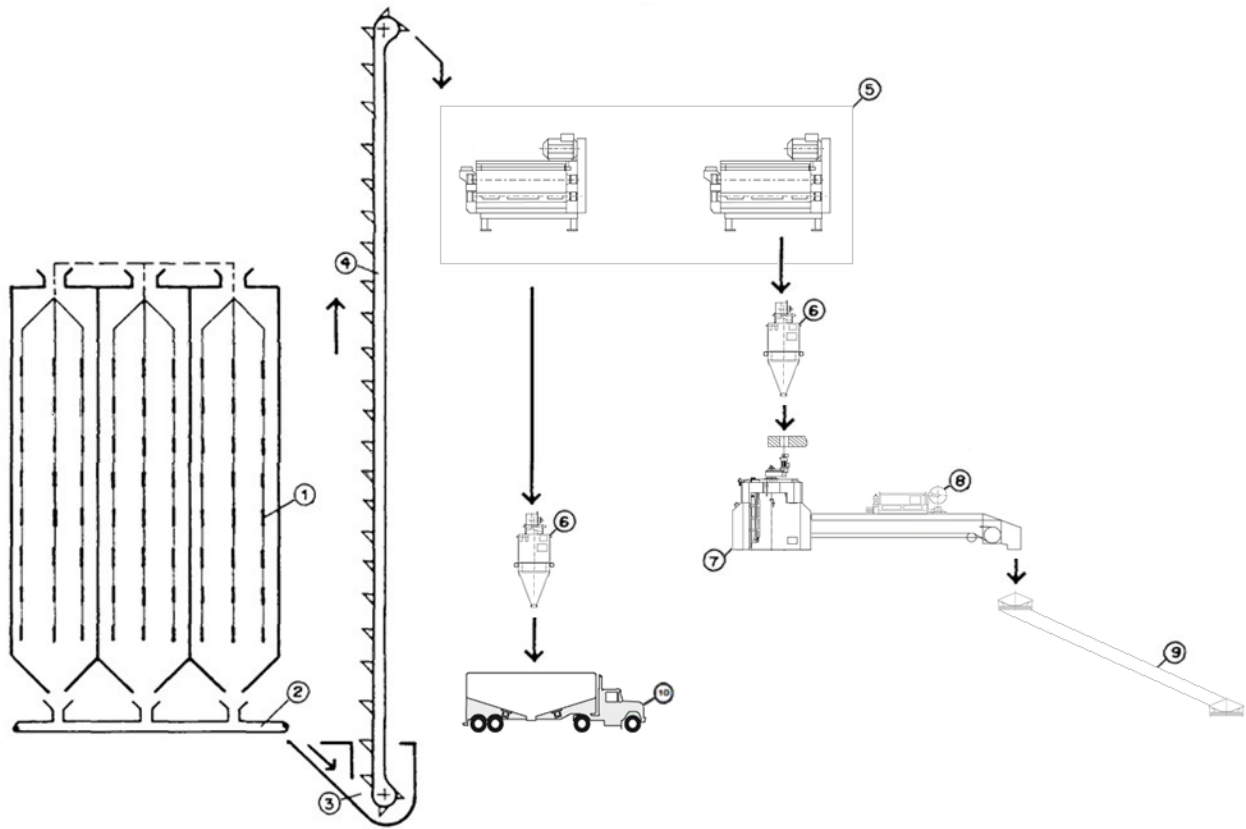
Si todos los parámetros medidos en cada una de las muestras analizadas cumplen con las especificaciones o están dentro de los parámetros de aceptación del cliente, se procede al empaque del producto en distintas presentaciones, es decir al despacho de harina a granel, dependiendo de las instalaciones o capacidad instalada de la planta de producción.

El proceso de empaque es considerado un punto importante en el tema de seguridad alimentaria, por ser el último punto en el cual se puede garantizar un producto inocuo para el cliente final.

2.1.1. Diagrama del área de empaque

El empaque de harina se puede hacer de dos maneras: en sacos de distintas presentaciones de peso o en despachos a granel, teniendo de esta manera procesos independientes para cada una de las opciones de empaque, el diagrama actual de los procesos de ensacado y despachos a granel se da a conocer en la figura siguiente.

Figura 2. **Proceso de empaque de harina**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2013.

Este sistema tiene los siguientes componentes, numerados en el diagrama:

1. Silos de harina
2. Transportador horizontal
3. Tolva de recepción
4. Elevador de cangilones
5. Turbocernedor

6. Básculas
7. Carrusel de ensacado
8. Cosedora
9. Resbaladero de sacos a bodega
10. Carga de harina a granel

2.2. Maquinaria utilizada

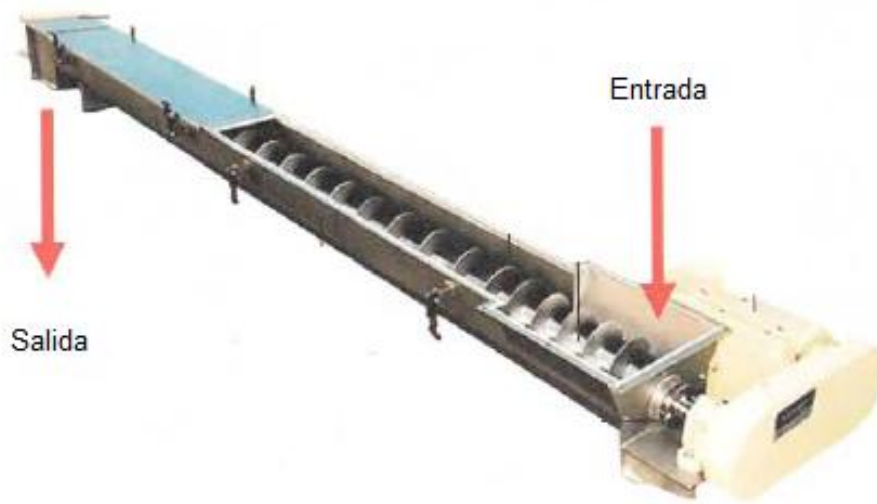
Los componentes principales del proceso de empaque son los siguientes:

2.2.1. Mecanismos de transporte de harina

Estos mecanismos son los encargados de movilizar la harina de los silos a las máquinas empacadoras o en todo caso al despacho a granel; existen dos tipos de transportadores:

- Roscas transportadoras: es un mecanismo de transporte horizontal, también conocido como transportador helicoidal, el cual se puede utilizar en productos en grano o harinosos. Se trata de un tornillo helicoidal (tornillos de Arquímedes) al que un motor le transmite un movimiento rotatorio, provocando que el producto se desplace a lo largo del eje. Este tipo de transportador posee una capacidad de carga de 120 TM/h; es un mecanismo sencillo y relativamente barato; una de sus desventajas más notorias es la dificultad para realizar una limpieza completa y en ciertas ocasiones no vacía completamente el producto.

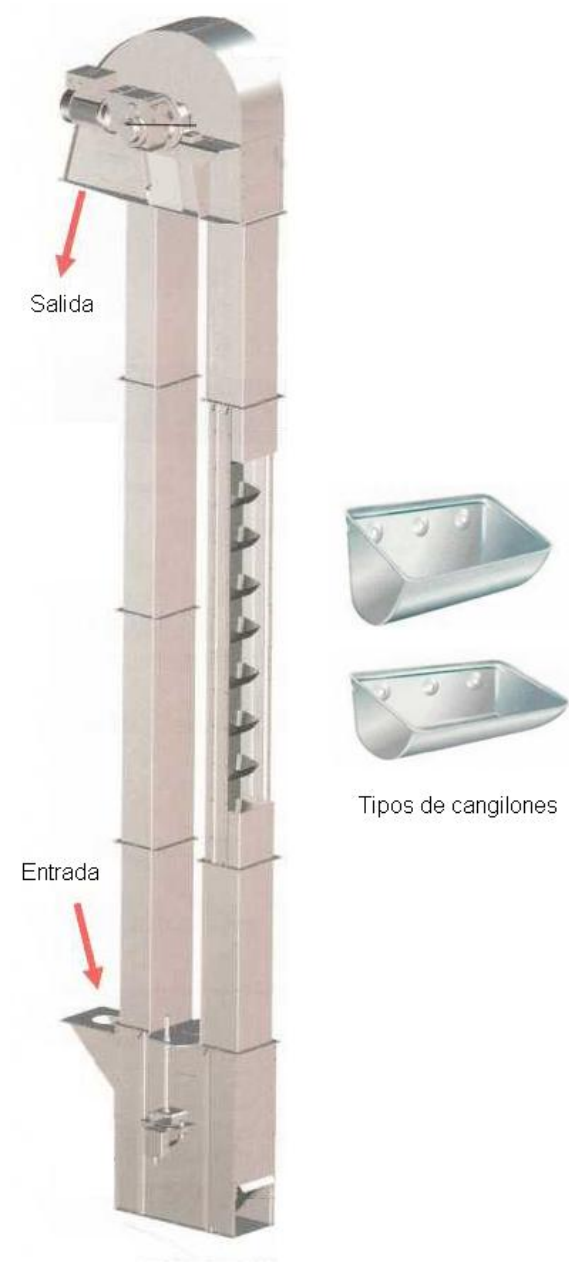
Figura 3. **Rosca transportadora**



Fuente: ULMER, Karl. *Tecnología y mecánica molinería*. Bühler. p. 47.

- Elevador de cangilones: este es uno de los mecanismos de transporte más antiguos; es utilizado para el transporte de granos y productos harinosos debido a su gran capacidad de carga y bajo consumo energético. Está constituido de una cinta o cadena accionada por una polea que la soporta e impulsa, sobre la cual va fijado un determinado número de cangilones. Los elevadores de cangilones ofrecen la ventaja de un montaje fácil, permiten alcanzar una gran altura (70 metros); su consumo energético es bajo y ocupan poco espacio, a pesar de que su precio es moderado se tiene la desventaja de poseer costos de instalación relativamente elevados.

Figura 4. Elevador de cangilones



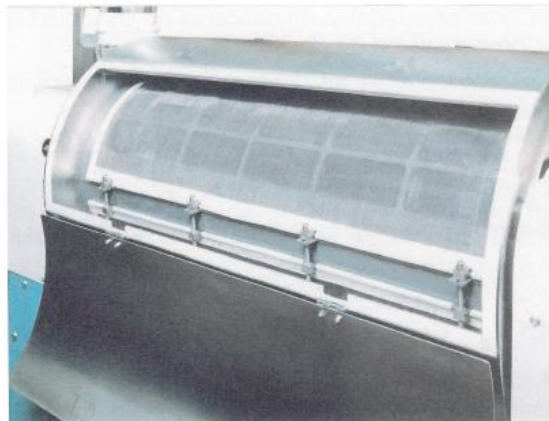
Fuente: ULMER, Karl. *Tecnología y mecánica molinería*. Bühler. p. 62 y 64.

2.2.2. Turbocernedor

Este mecanismo es de suma importancia en el proceso de empaque, ya que es considerado el último punto en el cual se puede realizar alguna acción para garantizar la inocuidad del producto a despachar. El turbocernedor está constituido por un tamiz circular por medio del cual se hace pasar la harina y al mismo tiempo se eliminan las impurezas que estén presentes en la misma.

Los tamices del turbocernedor pueden ser fabricadas de distintos materiales como acero templado o el nital (poliéster) que es un material sintético muy resistente; sin embargo para este mecanismo es recomendable utilizar tamices metálicos debido a su resistencia y durabilidad.

Figura 5. Turbocernedor



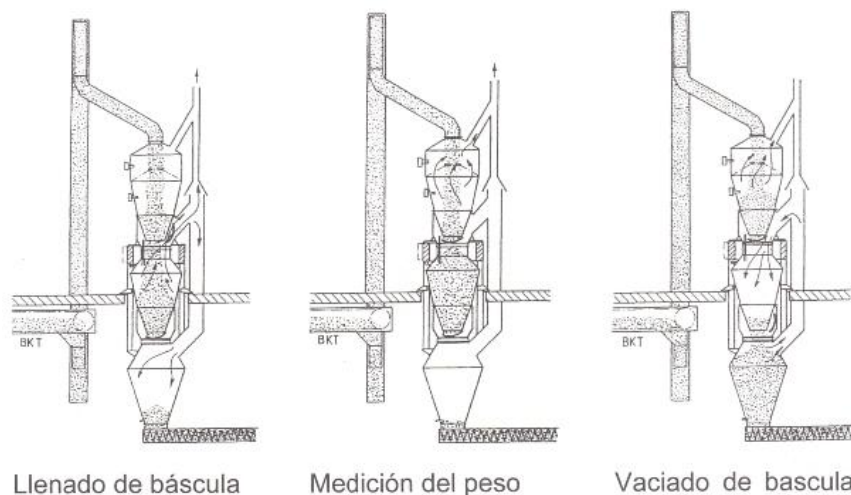
Fuente: ULMER, Karl. *Tecnología y mecánica molinería*. Bühler. p. 231.

2.2.3. Báscula

Este es uno de los inventos más antiguos que ha sido afectado por el crecimiento tecnológico y ha logrado convertirse en una necesidad en las empresas, debido a la creciente necesidad de manejar datos exactos a lo largo del proceso productivo. Una báscula es un dispositivo que permite medir el peso del producto que circula a través de ella.

La medición del peso que fluye a través de la báscula se realiza utilizando una celda de carga, la cual está constituida por un dispositivo electrónico que mide la fuerza (peso) aplicada sobre un elemento mecánico, como una palanca, convirtiendo esta fuerza en una señal eléctrica. La velocidad de dosificación y cantidad a pesar puede ser parametrizada según requerimientos del producto a empacar o despachar.

Figura 6. **Proceso de llenado en una báscula**



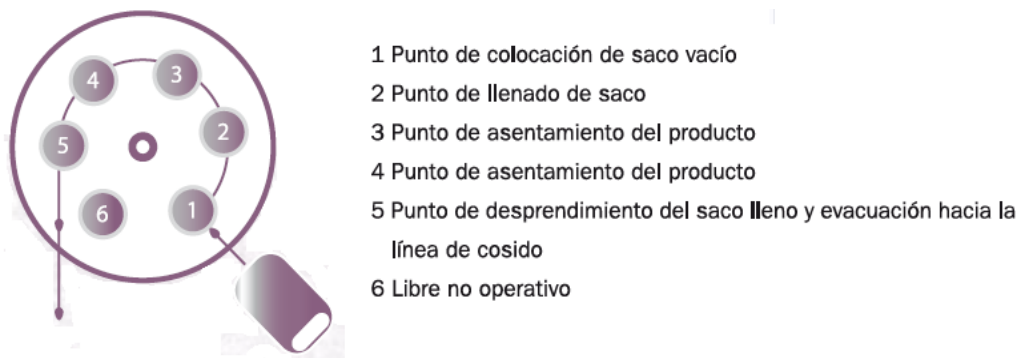
Fuente: ULMER, Karl. *Tecnología y mecánica molinería*. Bühler. p. 194.

2.2.4. Sistema de ensacado

Este sistema de ensacado está diseñado para empacar en distintas presentaciones; actualmente se empacan presentaciones de 25, 50 y 100 lbs. Este es un sistema integrado por los siguientes dispositivos:

- Carrusel de ensacado de varias bocas: este es utilizado cuando se requiere de una capacidad elevada de ensacado alrededor de los 900 sacos por hora, dependiendo de las capacidades del operador, ya que él es el encargado de colocar el saco en la primer boca del carrusel. El proceso de llenado del saco en el carrusel es el siguiente:

Figura 7. **Proceso de ensacado en carrusel de 6 bocas**



Fuente: Catálogo *Bagging Carrousel BM-J/6*, *Payper bagging technology*. p. 2.

- Elemento extensor de sacos: este dispositivo permite alinear la boca del saco para que al entrar en la cosedora se pueda realizar una costura uniforme y segura.
- Cosedora: esta tiene la función de sellar el saco, de modo que pueda ser almacenado, evitando que la harina se escape del mismo. Un aspecto

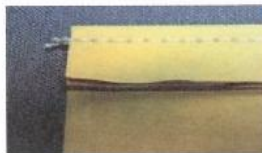
importante en este punto es el tipo de costura que se utilizará para sellar cada uno de los sacos empacados; esto dependerá directamente de las necesidades de la planta productora; los sistemas más usados se citan en la figura siguiente:

Figura 8. **Sistema de cierre de sacos**



Cierre sencillo

- Muy económico
- Longitud adicional pequeña
- Estanqueidad limitada



Cierre de sobre (sencillo)

- Cierre de alta seguridad
- Solución económica
- Longitud adicional del saco (similar al anterior)
- No es necesario cortar el saco



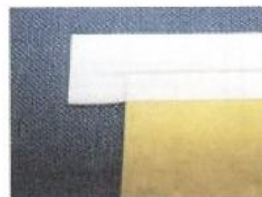
Cierre a contra punto

- Buena higiene
- Buena presentación (vistoso)
- Consumo más elevado de material
- Problemas de reciclado por los recortes



Cierre de banda de crepe sobre costura

- Muy estanco
- Buena higiene
- Buena presentación (vistoso)
- No son posibles capacidades altas (aprox. 8 sacos/min)
- Caro

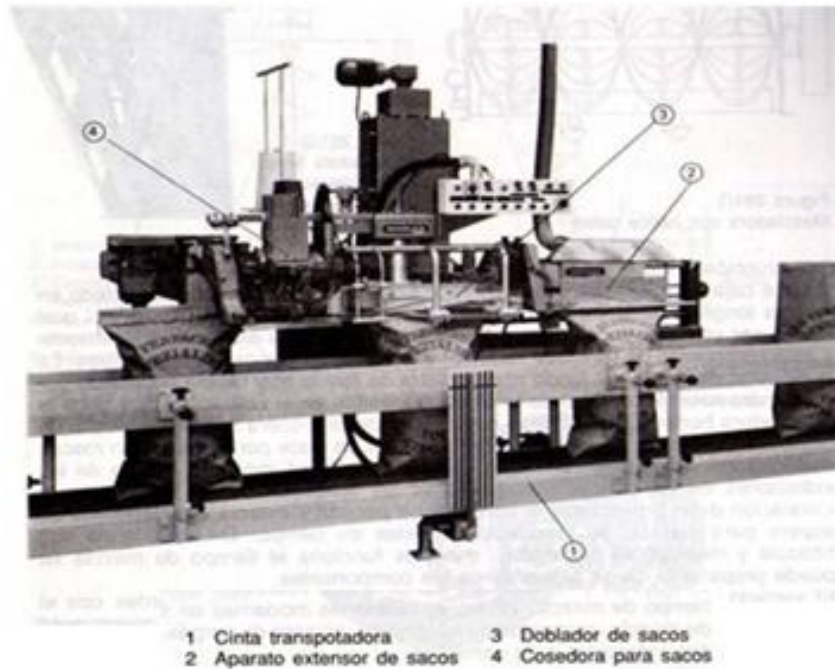


Cierre en caliente sobre costura

- Muy estanco
- Buena higiene
- Buena presentación (vistoso)
- No son posibles capacidades altas (aprox. 14 sacos/min)
- Caro

Fuente: ULMER, Karl. *Tecnología y mecánica molinería*. Bühler. p. 203.

Figura 9. **Tren de cosido de sacos**



Fuente: *Manual técnico de manufactura de la empresa*. p. 42.

2.2.5. **Despachos a granel**

En este caso se carece de un sistema de ensacado debido a que el producto despachado a los clientes se irá a granel en un camión especial para dicho fin. Esta línea de despacho se encuentra independiente de la línea de ensacado, por lo que se puede estar realizando algún despacho a granel y también se puede estar empacando harina en la otra línea.

El despacho a granel se da para clientes específicos; en su mayoría el producto es comercializado en las distintas presentaciones de sacos que la empresa ofrece.

2.3. Manejo de impurezas actual

El flujo del producto en el proceso de producción y empaque de harina de trigo se realiza a través de tuberías, por lo cual resulta difícil la incorporación de algún material que pueda alterar la inocuidad del producto; sin embargo uno de los riesgos físicos de contaminación a los que está sometido este proceso, es la contaminación por metales debido al desgaste que sufren las piezas internas de la maquinaria por su uso continuo.

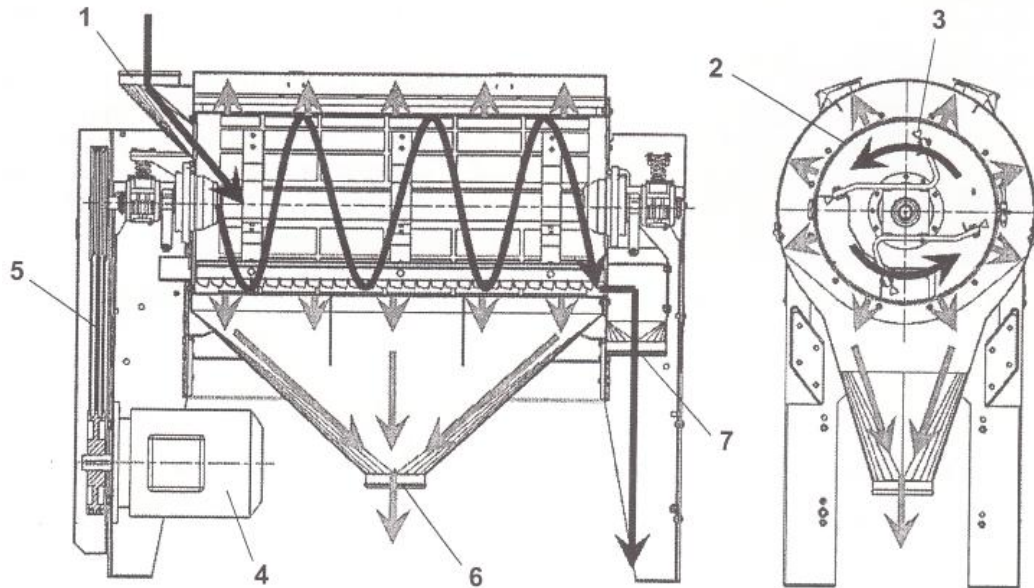
2.3.1. Sistema de turbocernido

Independientemente del tipo de despacho de harina que se realice en la planta, a granel o en sacos, el proceso de empaque es considerado un punto importante en el tema de seguridad alimentaria; esto debido a que es el último punto en el cual se puede garantizar un producto inocuo para el cliente. Razón por la cual en este proceso se cuenta con un sistema de cernido adicional a los sistemas de cernido del molino, en el cual se extraen todas aquellas partículas o impurezas que pueda afectar con la inocuidad del producto.

El turbocernedor realiza un último tamizado a la harina para eliminar cualquier tipo de impureza presente en la misma; este posee una caja tamizadora fijada al eje del rotor y el producto se hace fluir a través del interior del tamiz, dejando pasar únicamente el producto fino y descartando toda partícula que sea de mayor tamaño al de la harina (entre 250-300 μm).

Posiblemente una de las deficiencias de este sistema de cernido es que no cuenta con un mecanismo de separación de metales; la ausencia de este mecanismo podría provocar el daño del tamiz y por consiguiente la contaminación del producto final.

Figura 10. Sistema de turbocernido



- 1 Entrada producto, 2 Tamiz, 3 Rotor batidor, 4 Motor de mando, 5 Transmisión helicoidal, 6 Paso (producto fino), 7 Rechazo (producto grueso)

Fuente: ULMER, Karl. *Tecnología y mecánica molinería*. Bühler. p. 232.

2.3.2. Masas patrón

Estas masas son utilizadas para garantizar la integridad del tamiz del turbocernedor, es decir que estas masas patrón ayudan a determinar que el tamiz carece de aberturas o algún daño que permita que partículas extrañas sean incorporadas en los sacos o despachos a granel.

Al realizar este ejercicio se deben introducir estas masas dentro del turbocernedor, esperando que las mismas sean desechadas y enviadas al rechazo; por lo contrario, se concluirá que el tamiz está dañado y se deberá realizar una revisión del mismo en ese instante.

Estas masas son unas pequeñas bolas de goma con un tamaño aproximado de 0.5 a 1 cm de diámetro, se fabrican de goma para evitar que estas puedan dañar el tamiz. Esta práctica se realiza en intervalos aproximados de 15 días, a fin de garantizar la integridad del tamiz de cernido.

2.3.3. Impurezas rechazadas situación actual

Adicional a las pruebas de integridad del tamiz que se realizan con las masas patrón, periódicamente se está analizando el producto de rechazo del turbocernedor a fin de determinar qué tipo de impurezas está generándose. Esta revisión se realiza de manera visual y con la ayuda de un imán de bolsillo para determinar la existencia de partículas ferrosas en el producto.

Dependiendo del tipo de partículas que se encuentre en el rechazo se procede a generar una orden de trabajo para revisión del equipo; en ciertas ocasiones la presencia de partículas ferrosas ha provocado el paro del proceso de empaque a fin de encontrar el origen de las mismas, que en su mayoría corresponde a desgaste de maquinaria debido a su uso continuo.

De ser encontradas partículas ferrosas en el rechazo se procede a retener el producto que haya sido empacado y cada una de las unidades empacadas se envía a un detector de metales a fin de garantizar que el producto ofrecido carece de contaminantes físicos de cualquier índole, sobre todo metal. Esta práctica es sumamente importante y la revisión del producto de rechazo se realiza diariamente.

3. PROPUESTA DE MEJORA

3.1. Inocuidad en los alimentos y normativa HACCP

El concepto de inocuidad ha tomado mucha importancia dentro de la industria alimentaria, aunque esta pueda tener varias definiciones, la inocuidad se refiere a la garantía que ofrecen las empresas productoras de alimentos de que sus productos no causarán daño al consumidor cuando se preparen y/o consuman de acuerdo con el uso al que estos están destinados.

Actualmente, existen diversas normativas y sistemas de gestión de calidad para asegurar la inocuidad en los productos; uno de estos sistemas de gestión más utilizados es el Sistema de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (HACCP por sus siglas en inglés).

El sistema HACCP es un procedimiento orientado a mejorar la inocuidad en los procesos productivos, ayudando a evitar que cualquier tipo de riesgo ponga en peligro la salud del consumidor final. Uno de los antecedentes de este procedimiento se originó en la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA por sus siglas en inglés), para garantizar la máxima calidad en los alimentos que consumirían los astronautas en cada uno de sus viajes espaciales.

El objetivo del sistema HACCP está dirigido a identificar y controlar los riesgos en las distintas etapas de los procesos productivos; este sistema está basado en la aplicación de siete principios fundamentales, mismos que brindan

las herramientas necesarias para la identificación de peligros y los controles necesarios para prevenir que estos riesgos lleguen al consumidor final:

- Realización de un análisis de riesgos: se deben identificar los riesgos de contaminación en todas las fases del proceso productivo que se esté analizando, estimándose la probabilidad de ocurrencia, severidad y las posibles medidas para controlarlos.
- Determinación de los puntos críticos de control (PCC): un PCC es una etapa del proceso productivo en la cual puede aplicarse un control para prevenir o eliminar un peligro que pueda alterar la inocuidad de los alimentos. Se deben analizar todas las etapas del proceso a fin de determinar los PCC.
- Establecimiento de los límites críticos: este principio está enfocado a la determinación de tolerancias de aceptación; estos límites establecerán la diferencia entre el producto aceptable y el inaceptable.
- Implementación de un sistema de vigilancia: este consiste en establecer un sistema de monitoreo de los PCC identificados anteriormente con el objetivo de evaluar cada una de las fases de operación. Es importante establecer un plan de monitoreo para cada punto crítico, estableciendo frecuencias de mediciones y observaciones.
- Establecimiento de medidas correctivas: si por algún motivo un PCC presenta alguna alteración o se encuentra un peligro potencial en el plan de monitoreo, se tendrá que recurrir a un plan de acción para mitigar el daño o eliminar el riesgo de contaminación del producto.

- Establecimiento de procedimientos de verificación: adicional al plan de monitoreo se deberá establecer un plan de verificación para determinar la funcionalidad del sistema HACCP; podrán utilizarse ensayos o métodos de comprobación, muestreos, entre otros.
- Establecimiento de un sistema de registro y documentación: en un sistema de gestión es importante manejar un proceso de documentación adecuado y eficaz; deberá documentarse cada uno de los procedimientos del sistema HACCP.

3.2. Análisis de riesgos y puntos críticos de control en el empaque de harina de trigo

En las empresas procesadoras de alimentos se reconocen tres riesgos que alteran de manera directa la calidad e inocuidad de los alimentos, estos son: físicos, químicos y microbiológicos.

El empaque de harina de trigo afronta grandes retos para garantizar la inocuidad debido a las distintas impurezas o desechos sólidos que están presentes en la materia prima o por el desgaste de la maquinaria por su continuo funcionamiento

Los riesgos físicos consisten en la presencia de cuerpos extraños en el producto, pudiendo ser metálicos, orgánicos o inorgánicos; estos pueden ser incorporados al proceso debido al continuo funcionamiento de la maquinaria, o bien añadidos al proceso de manera accidental o voluntaria.

Debido al tipo de maquinaria y equipo utilizado en el empaque de harina de trigo se identifican dos tipos de cuerpos que pueden incorporarse en el

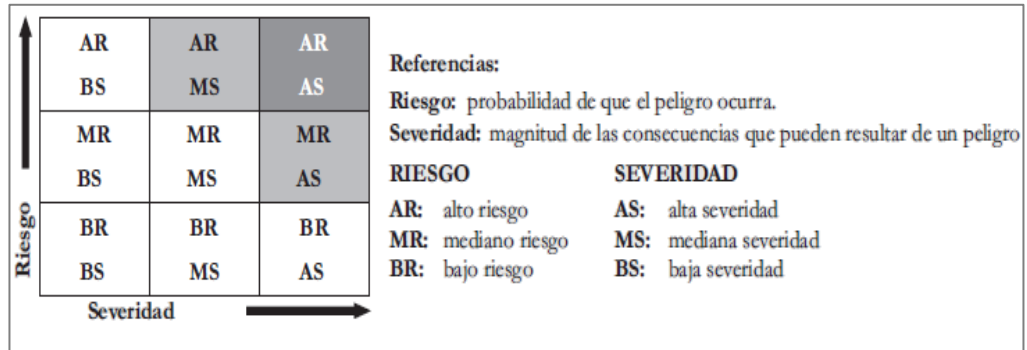
producto y por tanto representan un riesgo de contaminación, estos contaminantes son:

- Cuerpos inorgánicos como el Nital utilizado en las telas de cernido del turbocernedor que en algún momento pueden romperse e incorporarse en el flujo de producto. De igual manera se considera el plástico de los cangilones de los elevadores verticales, el continuo funcionamiento de los elevadores de cangilones puede provocar que estos se quiebren y esto provoque que las partículas de plástico se incorporen al flujo de harina.
- Partículas ferrosas que puedan desprenderse de la maquinaria a causa del desgaste originado por el continuo funcionamiento de la misma; asimismo, se puede dar por falta de control en las tareas de mantenimiento realizadas.

3.2.1. Riesgos físicos en el empaque de harina

La evaluación riesgos es un procedimiento mediante el cual se identifican los peligros potenciales presentes en las distintas fases del proceso productivo, para ello debe considerarse la probabilidad de ocurrencia o riesgo y la severidad del peligro.

Figura 11. **Matriz para análisis de riesgos**



Fuente: SENASA. *Guía orientadora de productores, procesadores y servicios de inspección.* p. 13.

De acuerdo con la matriz anterior se realiza el análisis de riesgos en el área de empaque de harina de trigo, tomando en cuenta que la contaminación se puede dar por residuos de Nital, por daño de las telas de cernido, residuos plásticos por daño en los cangilones, contaminación ferrosa debida al desgaste de la maquinaria o malos procedimientos en las tareas de mantenimiento realizadas.

Tabla I. **Análisis de riesgos**

Daño de telas de cernido

AR	AR	AR
BS	MS	AS
MR	MR	MR
BS	MS	AS
BR	BR	BR
BS	MS	AS

Daño de Cangilones

AR	AR	AR
BS	MS	AS
MR	MR	MR
BS	MS	AS
BR	BR	BR
BS	MS	AS

Desgaste de equipo

AR	AR	AR
BS	MS	AS
MR	MR	MR
BS	MS	AS
BR	BR	BR
BS	MS	AS

Tareas de Mantenimiento

AR	AR	AR
BS	MS	AS
MR	MR	MR
BS	MS	AS
BR	BR	BR
BS	MS	AS

Fuente: elaboración propia.

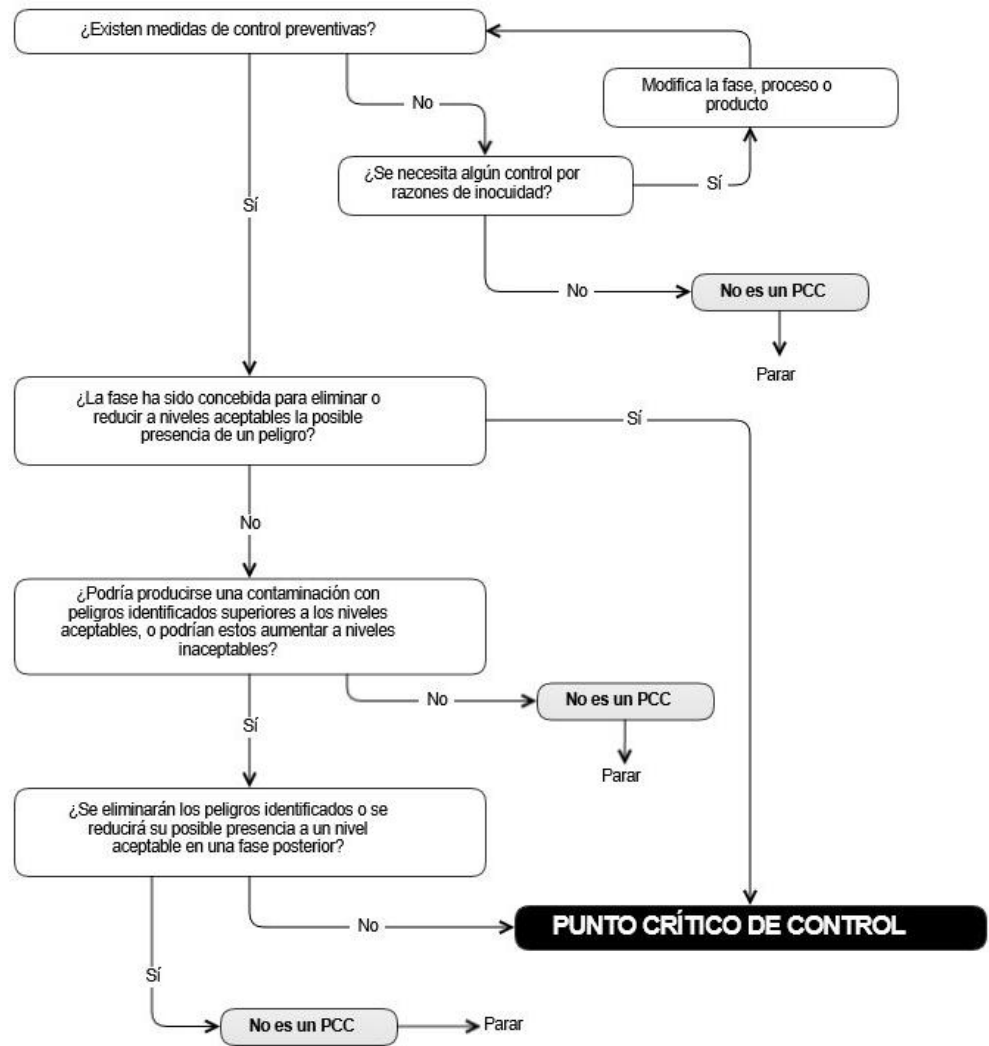
Dentro de los riesgos físicos identificados en el empaque de harina la contaminación por metales es la que posee mayor relevancia debido al riesgo de contaminación y magnitud de sus consecuencias. La contaminación por partículas de nylon o plástico poseen un riesgo bajo, ya que el daño de las telas o de los cangilones tiene baja probabilidad de incidencia.

3.2.2. Punto crítico de control (PCC)

Es una etapa del proceso productivo en la cual puede aplicarse un control para prevenir o eliminar un peligro que pueda alterar la inocuidad del producto terminado; de acuerdo con este principio se deben analizar todas las etapas del

proceso de producción a fin de determinar en ellas los PCC considerando cada uno de los riesgos identificados previamente.

Figura 12. **Secuencia de decisión para identificar los PCC**



Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Identificación del punto crítico de control

El análisis e identificación de los PCC en el área de empaque se realizará por etapas, considerando que cada una de dichas etapas está ligada a una maquinaria o equipo específico, se determinan las siguientes fases para ser analizadas:

Tabla II. Equipos asignados a etapas del proceso

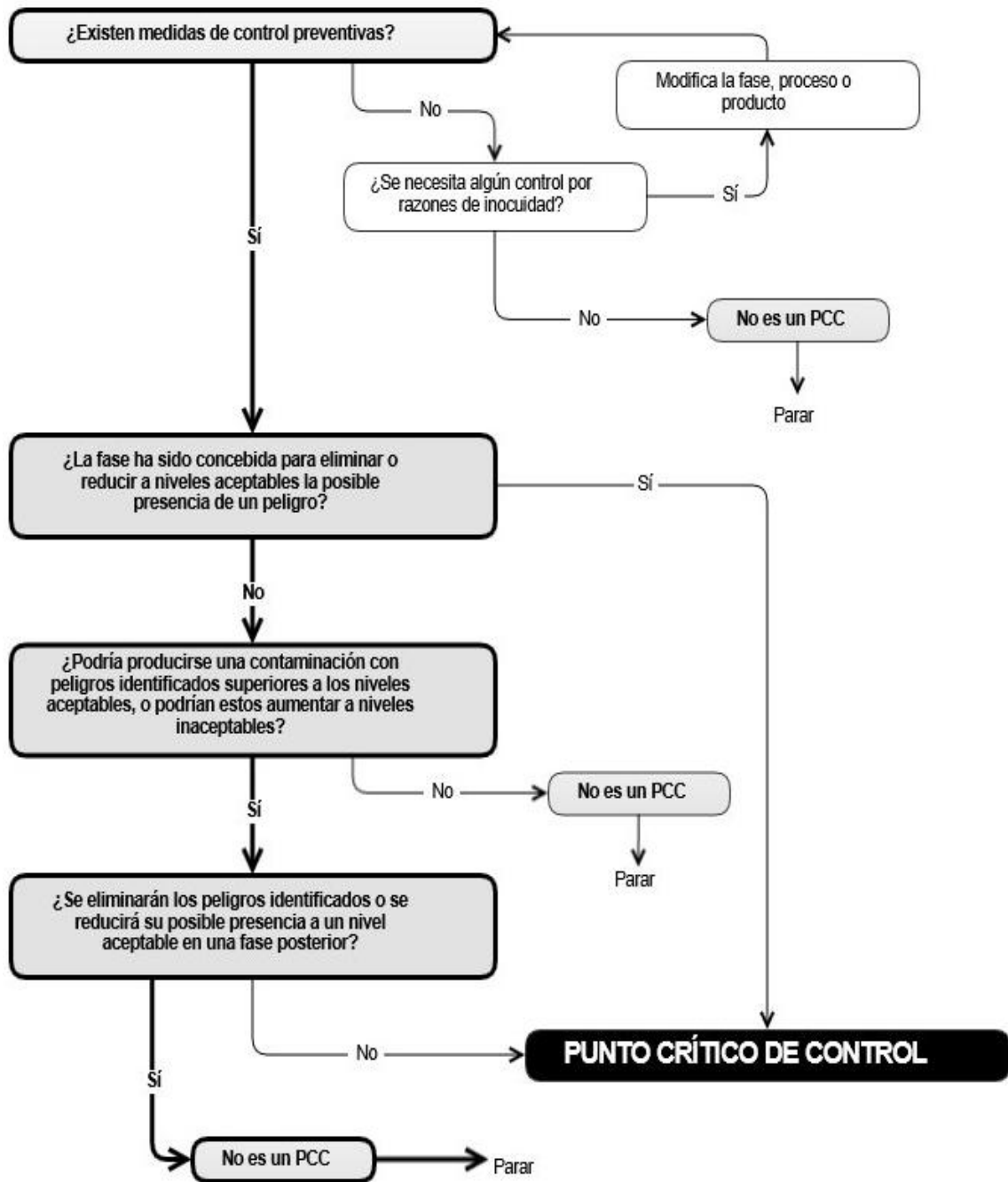
Etapa	Equipo asignado
Transporte de harina	<ul style="list-style-type: none">• Roscas transportadoras• Elevador de cangilones
Cernido harina granel	<ul style="list-style-type: none">• Turbocernedor despacho a granel
Cernido harina ensacada	<ul style="list-style-type: none">• Turbocernedor para carrusel de ensacado
Despacho a granel	<ul style="list-style-type: none">• Báscula de pesaje
Sistema de ensacado	<ul style="list-style-type: none">• Báscula de pesaje• Carrusel de ensacado• Cosedora

Fuente: elaboración propia.

Los transportadores de harina se tomaron en conjunto debido a la cercanía de los mismos; el sistema de ensacado no se puede subdividir por ser un conjunto integrado de máquinas con un mismo propósito.

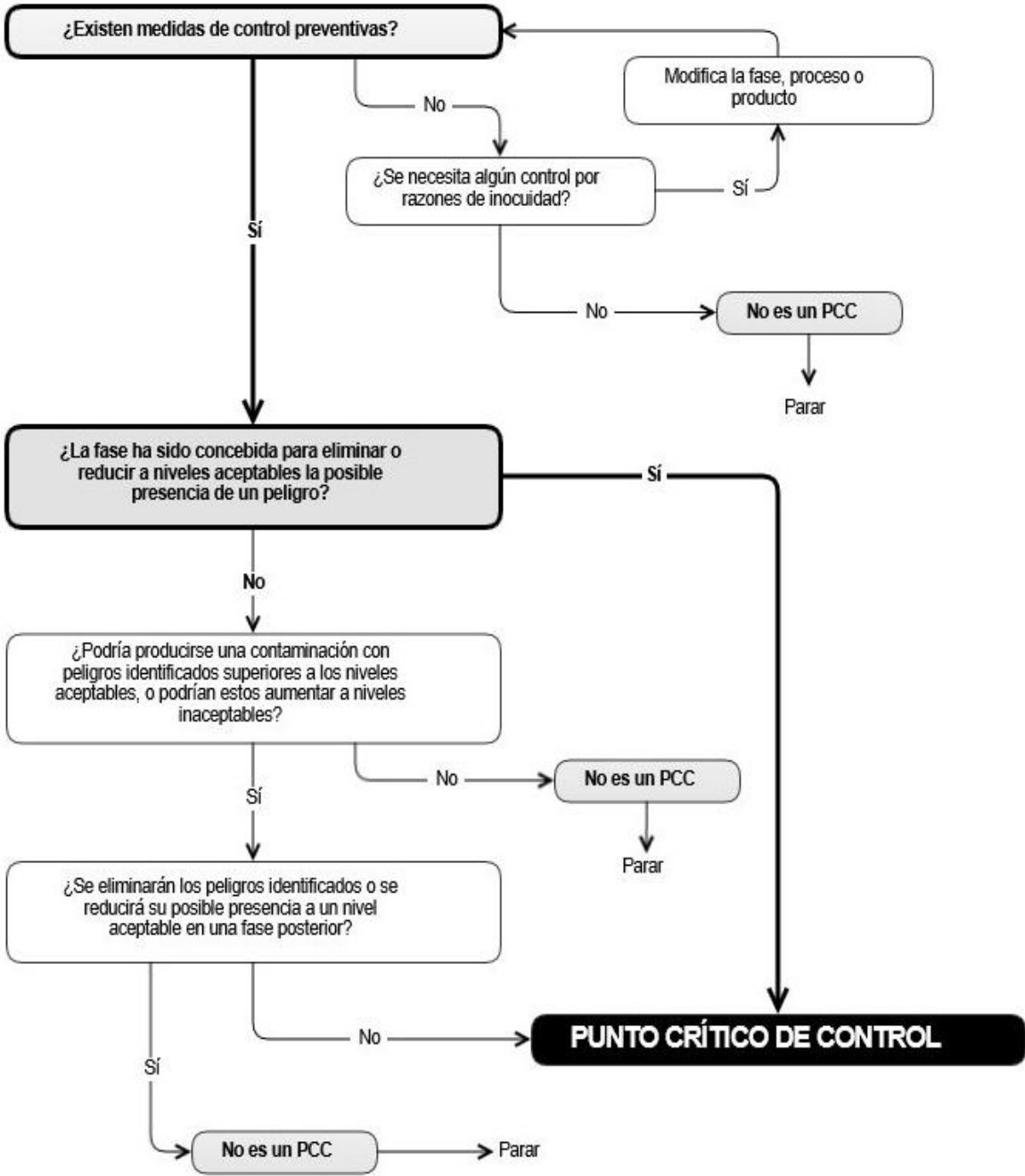
Los turbocernedores se analizan de forma separada por ser completamente independientes el uno del otro, además de considerar que los procesos posteriores de los mismos difieren entre sí.

Figura 13. **Identificación y análisis de peligros en el transporte de harina**



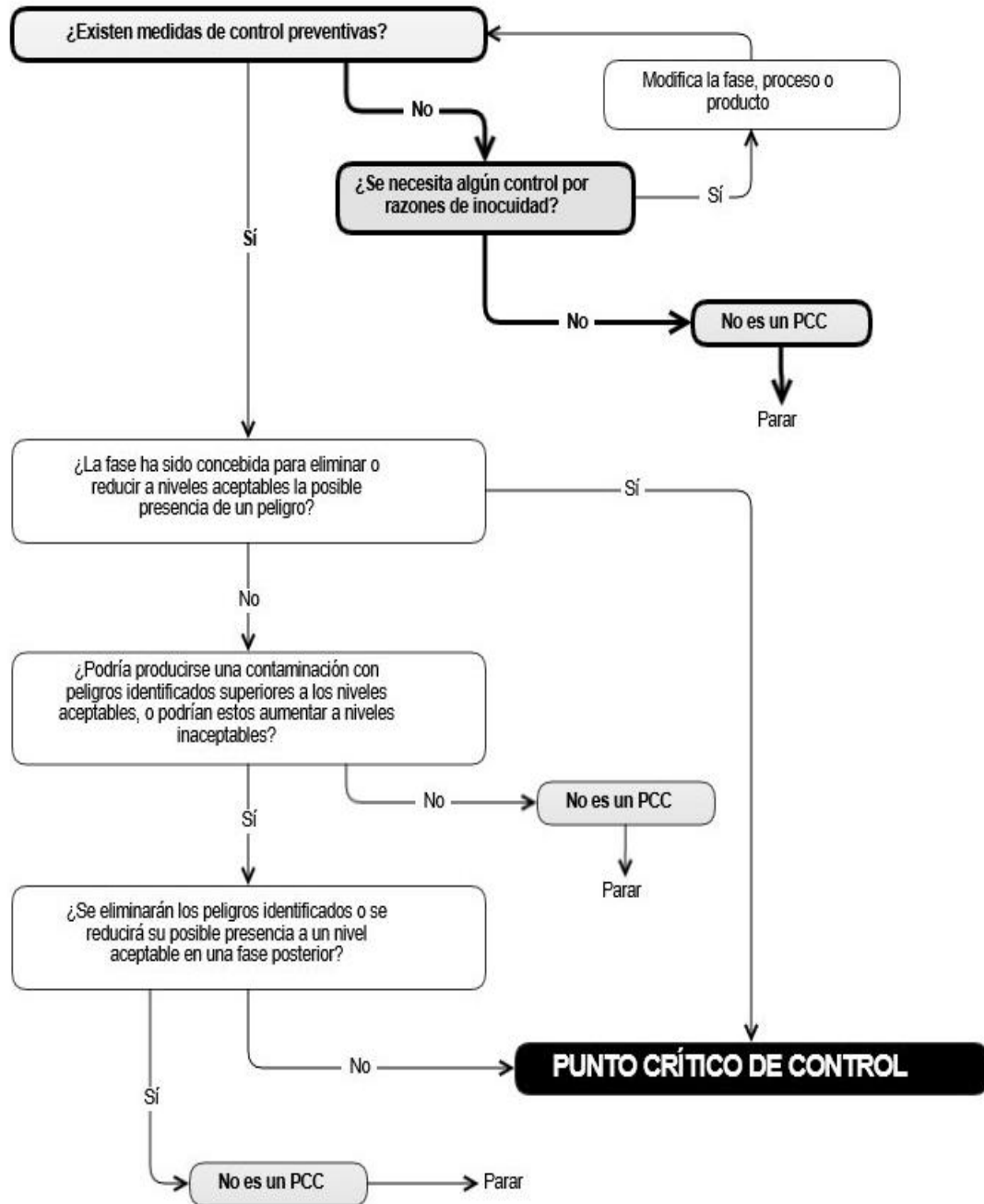
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Identificación y análisis de peligros en los turbocernedores



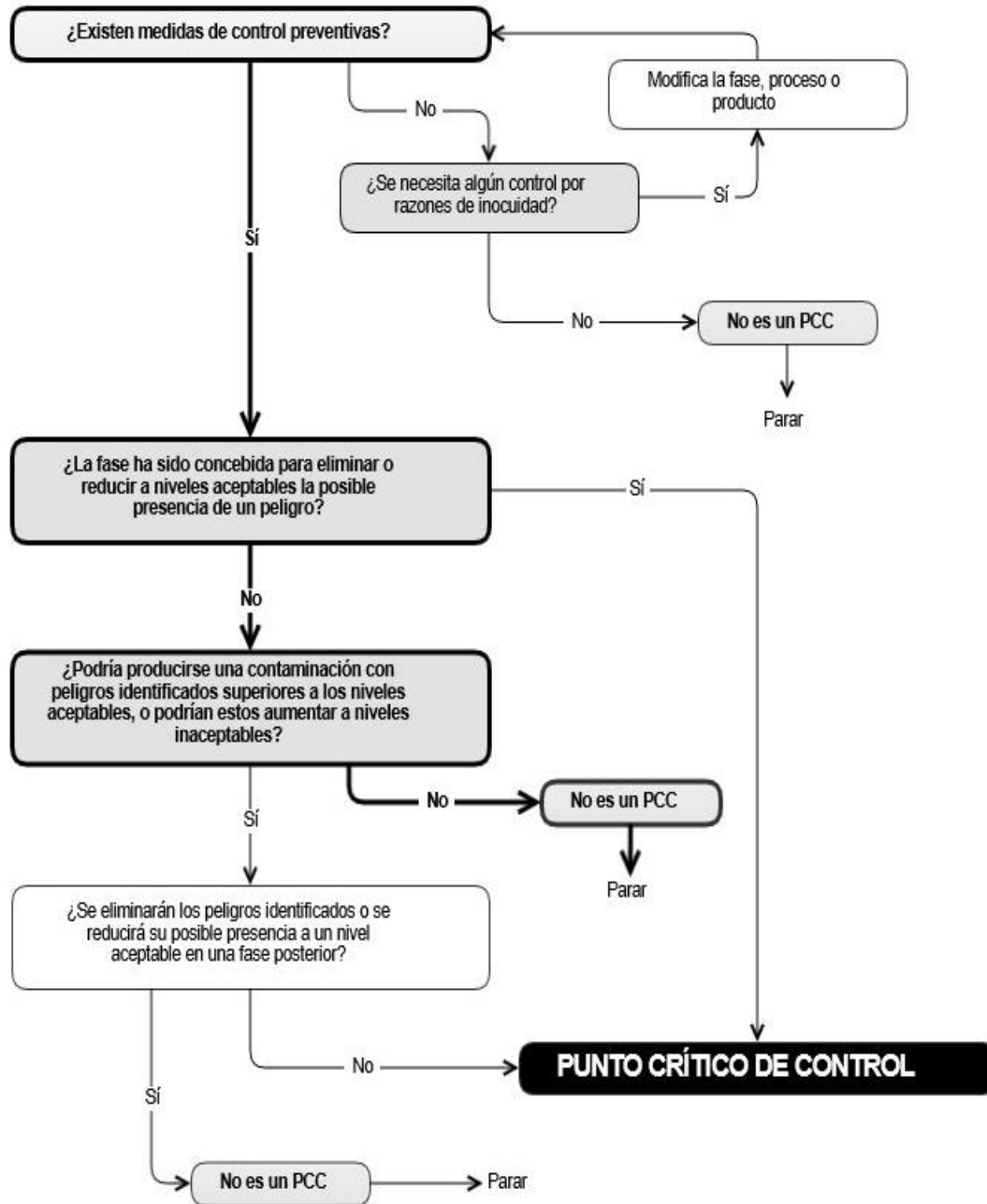
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Identificación y análisis de peligros en las básculas



Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Identificación y análisis de peligros en el sistema de empaque de harina



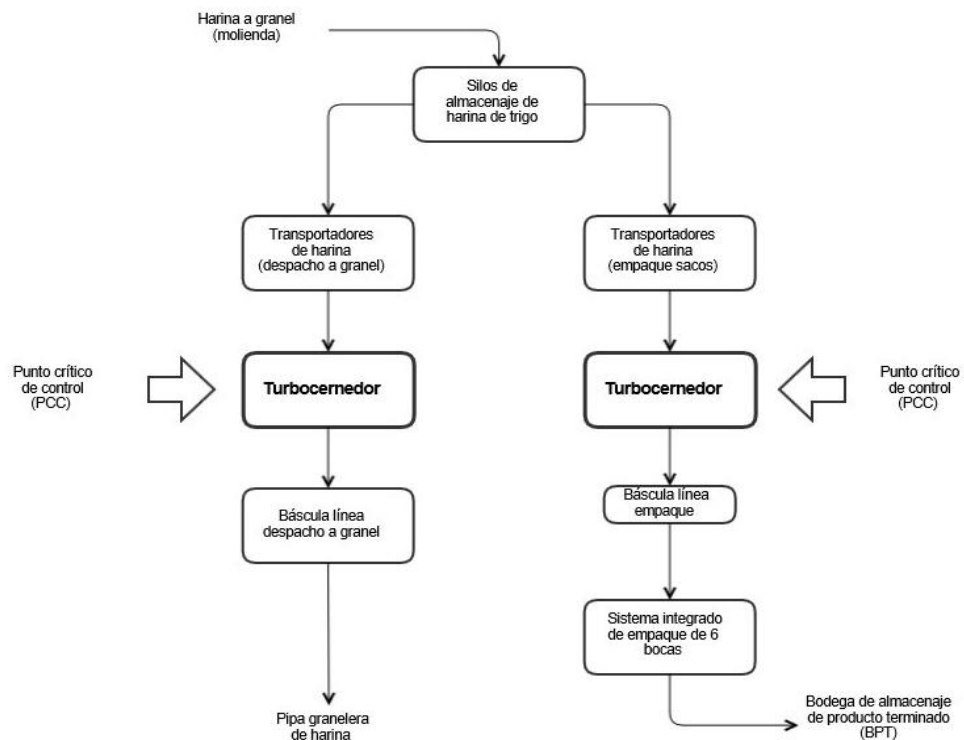
Fuente: elaboración propia.

Según el análisis de peligros en las distintas fases del área de empaque de harina se puede apreciar que los turbocernedores constituyen la última etapa, en la cual se puede aplicar un control para eliminar o reducir a niveles aceptables la presencia de materiales que alteren la inocuidad en el producto terminado; ambos turbocernedores se consideran puntos críticos de control.

3.2.3.1. Diagrama de puntos críticos de control

Este diagrama permitirá la correcta interpretación y ubicación de los PCC identificados, a fin de realizar tareas de inspección y diseñar planes de monitoreo.

Figura 17. Diagrama de PCC identificados



Fuente: elaboración propia.

3.3. Diagrama de empaque propuesto

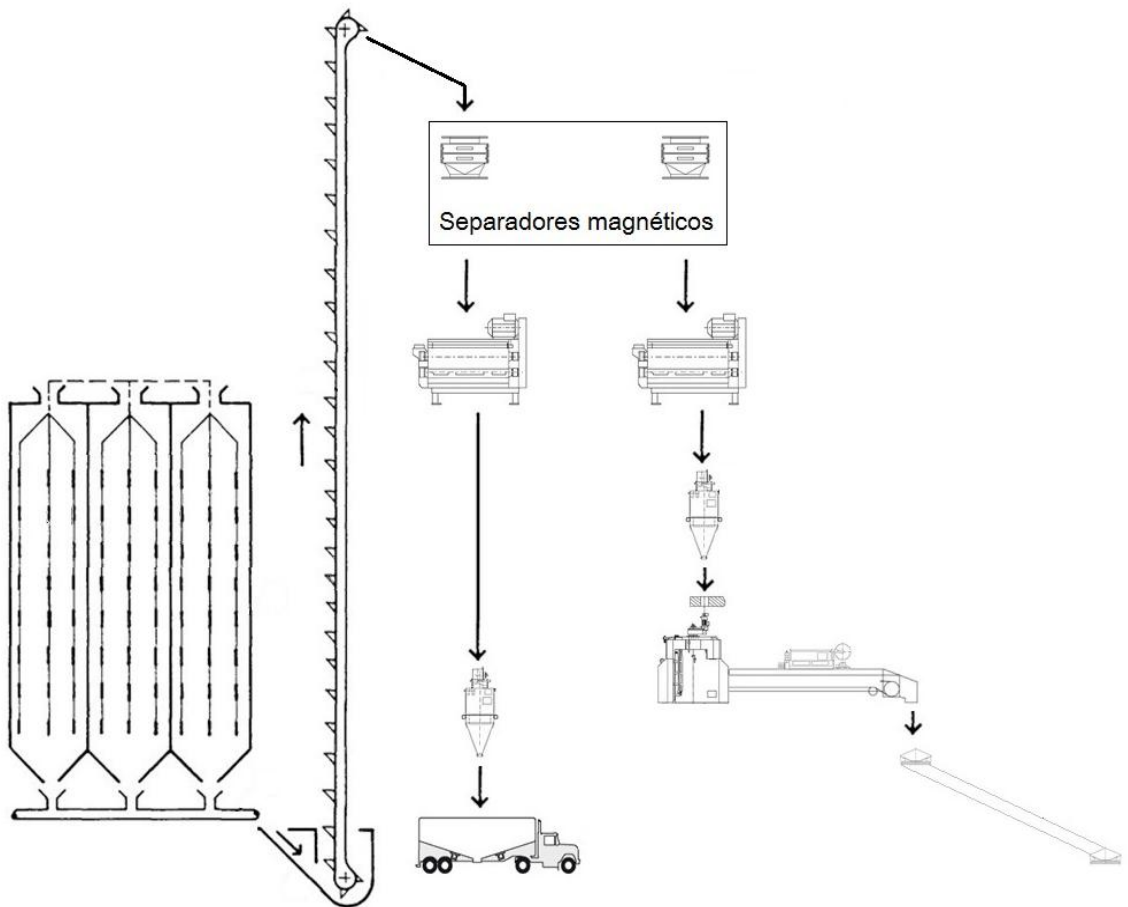
La creciente necesidad de brindar un producto que cumpla con las distintas normas de higiene y los parámetros de calidad establecidos por regulaciones internacionales, crea la necesidad de utilizar instrumentos para de control y mitigación de peligros que alteren la inocuidad del producto ofrecido.

La presencia de metales en el producto puede controlarse mediante el uso de separadores magnéticos, los cuales aprovechan las propiedades que poseen ciertos materiales de atraer las partículas ferrosas.

Considerando los PCC identificados en el proceso en mención, se propone el montaje de separadores para regular la presencia de partículas ferrosas en el flujo de harina ,previo al empaque o despacho a granel. El montaje de los separadores magnéticos debe realizarse previo a la entrada de producto de los turbocernedores como medida de soporte para garantizar el correcto funcionamiento de la malla de cernido.

La utilización de un separador magnético ayudará a que partículas ferrosas lo suficientemente grandes como para dañar la malla del turbocernedor queden retenidas, evitando retrasos en la producción para realizar cambios de telas de cernido.

Figura 18. Diagrama de empaque propuesto



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2013.

La propuesta contempla el montaje de un separador magnético por cada línea de despacho de harina que se tenga, siendo en este caso en particular una línea de despacho de harina a granel y una de empaque de harina en sacos.

3.4. Separadores magnéticos en la industria alimenticia

La continua necesidad de las empresas en ofrecer un producto inocuo ha generado un nuevo mercado de productos destinados a controlar y monitorear los riesgos de contaminación en los procesos productivos. Los separadores magnéticos son dispositivos utilizados para eliminar o disminuir la presencia de contaminantes ferrosos.

El separador magnético permite la eliminación de partículas ferrosas a lo largo de la cadena productiva; este proceso se lleva a cabo debido a la fuerza de atracción magnética que estos poseen. El separador atrae los contaminantes ferrosos y los mantiene sujetos a sus paredes, evitando que estos se incorporen al producto en proceso.

3.4.1. Separador de rejilla

Estas están diseñadas para montaje en tuberías, tolvas, canales, entre otros. A fin de separar partículas pequeñas, es un mecanismo simple que requiere de poco mantenimiento, proveyendo una limpieza fácil y dependiendo de las condiciones de uso pueden ser circulares o rectangulares.

Figura 19. Variedad de rejillas magnéticas



Fuente: BUNTING Magnetics Co. *Magnetic separation equipment for ferrous and nonferrous contaminants, catalogue #4000.* p. 12.

3.4.2. Separador de bala

Este es de los sistemas más utilizados en los transportes neumáticos; el imán está colocado en el centro de la carcasa de modo que el producto cae directamente sobre él. Para su montaje se precisa el cálculo del flujo de producto debido a que “la bala” frenaría el producto, por lo que se precisa una carcasa grande para que el producto circule sin problemas. Para su limpieza se debe detener el flujo del producto o desviarlo temporalmente.

Figura 20. Separador de bala



Fuente: STIF. *Catálogo informativo separadores magnéticos*. p. 4.

3.4.3. Separador de cajón

Este tipo de separadores están provistos de un juego de barras internas y son ideales para transportes mecánicos o por gravedad. El producto cae sobre el juego de rejillas, logrando así la separación de las partículas ferrosas. Regularmente cuentan con dos rejillas de separación, sin embargo se recomienda utilizar más juegos de rejillas para que el producto tenga mayor contacto con las barras magnéticas.

Figura 21. **Imán de cajón**

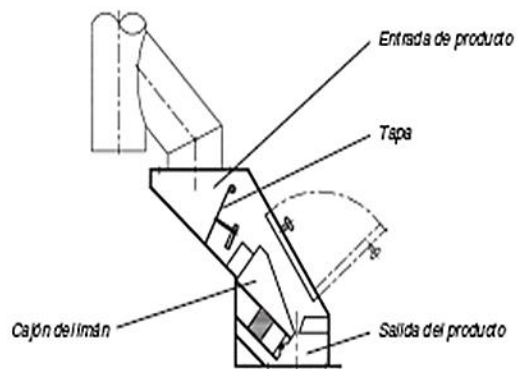


Fuente: BUNTING Magnetics Co. *Catálogo de equipos de separación magnéticos para contaminantes ferrosos*. p. 10.

3.4.4. **Separador de trampa o placa**

Este tipo de separador es utilizado en procesos de limpieza de granos en los cuales el flujo del producto es por gravedad, el producto cae sobre el separador distribuyéndose uniformemente a lo largo de la placa magnética sin interrumpir el flujo del producto.

Figura 22. **Separador magnético de placa**



Fuente: Bühler. *Ficha técnica separador magnético MMUA*. p. 4.

3.4.5. Detectores de metal

Este tipo de instrumentos es de mucha utilidad dentro de la industria alimentaria, su función principal es determinar la presencia de metales magnéticos y no magnéticos presentes en el producto, emitiendo una señal de advertencia cuando este encuentra partículas extrañas dentro del producto.

Dependiendo de las características del fabricante, estos instrumentos también pueden utilizarse para la detección de partículas no ferrosas dentro del producto, lo cual se logra variando la sensibilidad del mismo.

Figura 23. **Detector de metal**



Fuente: Thermo Scientific. *Especificaciones del detector de metal APEX-500*. p. 2.

3.5. Manejo y control de partículas ferrosas sugerido

Los separadores magnéticos generalmente están compuestos de un conjunto de barras imantadas en las cuales se adhieren las partículas ferrosas presentes en el flujo de harina. Debido a que todas las impurezas metálicas quedarán retenidas en estas barras, se debe establecer un proceso de revisión de las mismas.

Figura 24. Varilla imantada de un separador magnético



a) Barra imantada.



b) Barra imantada reteniendo partículas metálicas.

Fuente: Eclipse Magnetics Ltd. *Catálogo informativo separadores magnéticos*. p. 4.

El control de partículas ferrosas en el empaque de harina es una actividad que tiene como finalidad garantizar la inocuidad en el producto terminado; actualmente esto se logra revisando periódicamente las impurezas que se generan en los turbocernedores.

El montaje de separadores magnéticos en la entrada de producto de los turbocernedores reforzará el control de las partículas metálicas.

Como parte de la revisión que se realiza diariamente a cada uno de los turbocernedores se deberán inspeccionar los separadores magnéticos; para ello es necesario que el conjunto de barras imantadas se desmonte y pueda ser revisado para determinar la presencia de partículas ferrosas en el flujo de producto.

Las actividades de revisión deberán estar a cargo del personal en turno, validadas por el responsable del área o jefe de turno; adicionalmente, el departamento de aseguramiento de calidad deberá realizar inspecciones periódicas para validar la integridad de los equipos montados.

4. MONTAJE DE SEPARADORES MAGNÉTICOS

4.1. Análisis de área de montaje

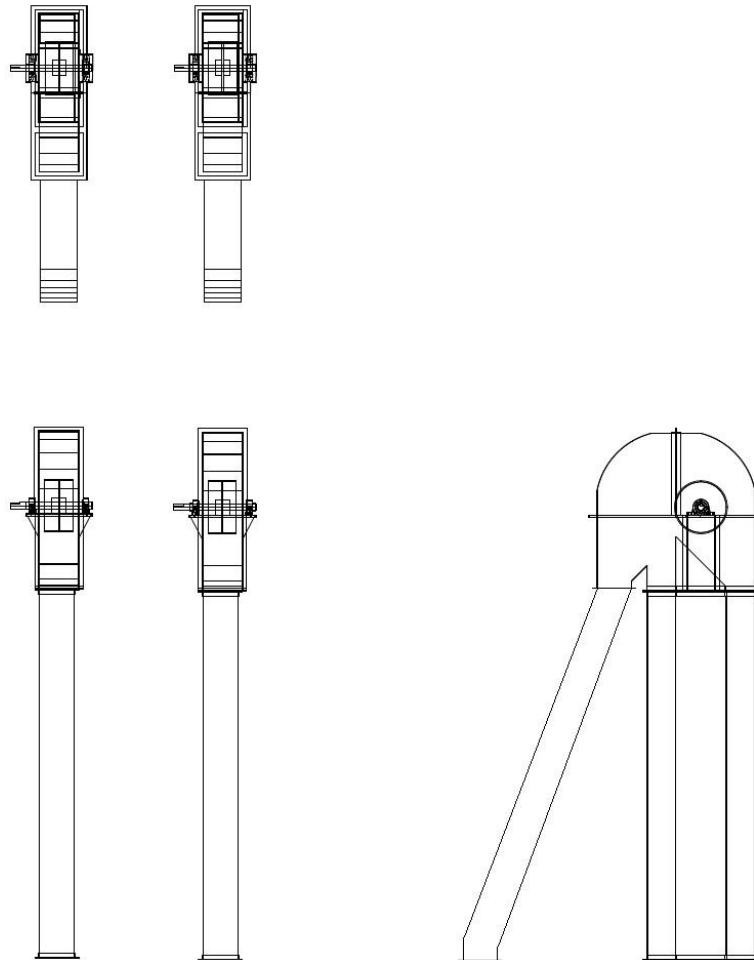
Los separadores magnéticos se instalarán en la salida del producto de los elevadores de harina; actualmente se cuenta con dos líneas de producción: una destinada al empaque de harina en sacos y otra al despacho de harina a granel, requiriendo del montaje de un separador magnético por línea.

4.1.1. Mediciones de área y flujo de producto

Las características de cada uno de los elevadores de harina son similares tanto en sus dimensiones como capacidad de carga; la velocidad de trabajo de estos transportadores puede ajustarse dependiendo de las necesidades de empaque que se tengan. Para poseer cargas equilibradas a lo largo del proceso productivo la velocidad o carga de los elevadores fue ajustada a fin de balancear el flujo de producto, estableciéndolo en 18,5 Tm/h, aproximadamente 400 quintales de harina por hora.

Dentro de las medidas tomadas en el área de montaje la que posee mayor relevancia es la de la tubería, ya que según requerimientos para el transporte de harina esta debe tener una inclinación mínima de 60° respecto de la horizontal; pendientes que se encuentren por debajo de este parámetro pueden provocar dificultades en el flujo de la harina, ocasionando atasques en las tuberías.

Figura 25. **Vistas del área de montaje**



Fuente: elaboración propia, con programa Autodesk AutoCAD 2010.

4.2. Selección del separador magnético

Hoy en día existe una extensa gama de dispositivos y equipos de separación de metales que pueden ser utilizados dentro de la industria alimentaria, sin embargo como en toda inversión, existen ciertos parámetros a considerar al momento de seleccionar uno de estos equipos de separación.

Una de los primeros pasos al momento de seleccionar un dispositivo de separación de metales es verificar el tipo de material magnético que se utilizará para cumplir la función de capturar las partículas ferrosas y por lo tanto separarlas del producto en proceso; en la actualidad se conocen cuatro tipos de materiales utilizados para estos fines:

- Imanes permanentes: regularmente son producidos de los materiales naturales, como la magnetita.
- Imanes de alnico: estos están compuestos de aluminio, níquel y cobalto. Este material posee una inducción magnética elevada; la característica más notable de este material es la capacidad de mantener sus propiedades magnéticas bajo temperaturas extremas (-250 °C y 425 °C).
- Imanes cerámicos: también conocidos como imanes de ferrita, compuestos regularmente de óxido de hierro y estroncio; entre sus características resalta su bajo costo. El rango máximo de temperatura de trabajo es de 249 °C.
- Imanes de tierras raras: su nombre se deriva a que utiliza elementos lantánidos; estos imanes poseen propiedades superiores a los imanes tradicionales debido a su alta coercitividad. Los elementos más utilizados son el samario y el neodimio, de los cuales el neodimio se destaca debido a su alta resistencia a la desimanación, principalmente la combinación con hierro y boro, conocida comúnmente como imanes NdFeB por sus símbolos de la tabla periódica de elementos.

La fuerza, permeabilidad y remanencia magnéticas, índice de coercitividad y condiciones de trabajo, son parte de las características técnicas que se deben

evaluar en la selección de un separador magnético; esta evaluación deberá realizarse conjunto con un estudio económico a fin de tomar la mejor decisión. Los separadores magnéticos a evaluar son los de rejilla, de bala, de cajón y de trampa

4.2.1. Especificaciones de los separadores magnéticos

El material más utilizado en la fabricación de imanes para la industria alimentaria es el neodimio con sus distintas aleaciones o combinaciones con otros materiales, en especial con el hierro y el boro. Características como la remanencia magnética y sobre todo su alto índice de coercitividad, hacen que los imanes de neodimio sean los indicados para realizar el trabajo de separación de partículas ferromagnéticas en los separadores magnéticos.

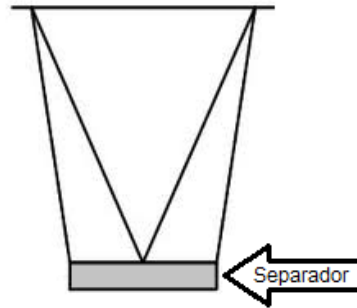
- Separador de rejilla: este separador es sumamente sencillo de montar debido a su tamaño pequeño; para el uso de este separador es recomendable la instalación de una tolva receptora del producto, en cuya salida se instalará el separador.

Tabla III. **Ficha técnica del separador de rejilla**

Característica	Descripción
Material magnético	Aleación de neodimio, hierro y boro
Fuerza magnética	7 000 - 11 000 Gauss
Grado del imán	N35 y N45
Temperatura de trabajo	-20 °C / +90 °C
Dimensiones	150 mm de diámetro y espesor de 50 mm
Elementos imantados	3 rodillos

Fuente: Eclipse Magnetics Ltd. *Catálogo informativo circular grid magnet*. p. 2.

Figura 26. Tolva de recepción de harina



Fuente: elaboración propia.

- Separador de cajón: este es más robusto y completo debido a que posee dos juegos de varillas magnéticas para retener mayor cantidad de partículas ferrosas.

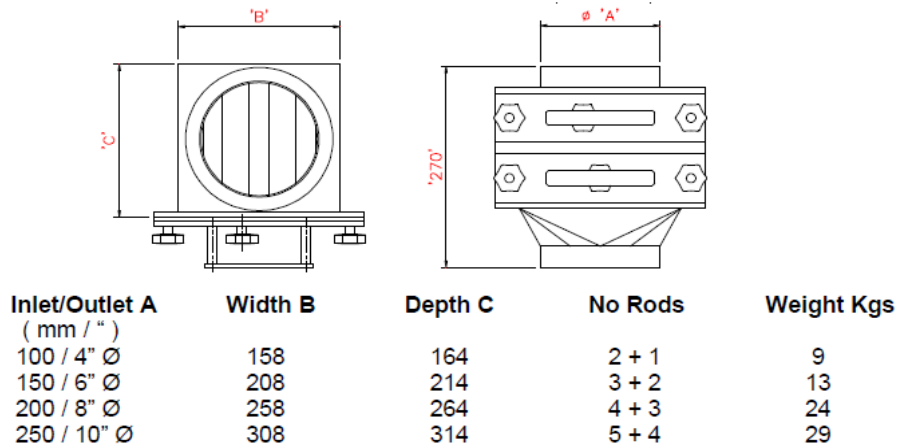
Tabla IV. Ficha técnica del separador de cajón

Característica	Descripción
Material magnético	Aleación de neodimio, hierro y boro
Fuerza magnética	7 000 - 9 000 Gauss
Grado del imán	N45
Temperatura de trabajo	-20 °C / +90 °C
Dimensiones	Una altura de 270 mm y sección transversal de 208x214 mm
Elementos imantados	9 rodillos

Fuente: Eclipse Magnetics Ltd. *Catálogo informativo double row housed easy clean magnet.*

p. 2.

Figura 27. **Vistas del separador de cajón**



Fuente: Eclipse Magnetics Ltd. *Catálogo informativo double row housed easy clean magnet. p. 2.*

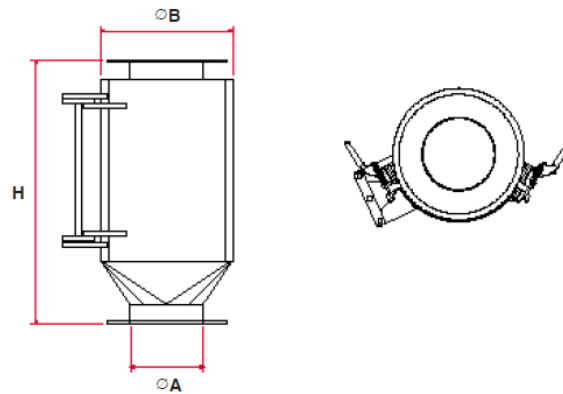
- Separador de bala: posee un único sistema de separación de partículas ubicado en el centro del mismo (bala), para una mayor desempeño se debe instalar a un ángulo recto (90°).

Tabla V. **Ficha técnica del separador de bala**

Característica	Descripción
Material magnético	Aleación de neodimio, hierro y boro
Fuerza magnética	9 000 Gauss
Grado del imán	N35
Temperatura de trabajo	-20 °C / +90 °C
Dimensiones	Una altura de 550 mm y un diámetro externo de 275 mm
Elementos imantados	1 rodillo interno (bala)

Fuente: Eclipse Magnetics Ltd. *Catálogo informativo bullet magnet. p. 2.*

Figura 28. **Vistas separador de bala**



Inlet / Outlet A	Dia. B	Height H	Weight (kg)
75 / 3" Ø	200	490	16
100 / 4" Ø	225	490	22
125 / 5" Ø	250	550	33
150 / 6" Ø	275	550	46

Fuente: Eclipse Magnetics Ltd. *Catálogo informativo bullet magnet*. p. 2.

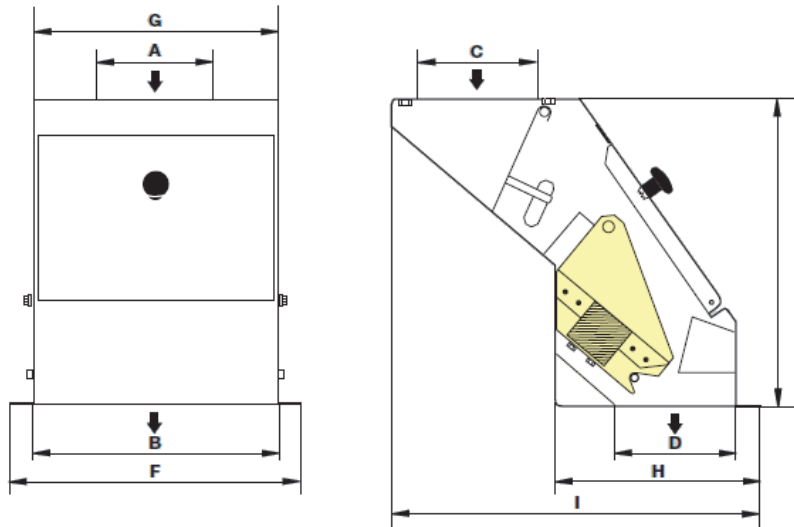
- Separador de trampa: este separador es ideal para el flujo de producto a granel, tiene la limitante que posee una única forma de colocarlo, restándole la versatilidad que ofrecen los otros separadores.

Tabla VI. **Ficha técnica del separador de trampa**

Característica	Descripción
Material magnético	Cerámico o tierras raras
Fuerza magnética	7 000 Gauss
Grado del imán	N35 para los imanes de neodimio
Temperatura de trabajo	-20 °C / +90 °C
Dimensiones	<p>Depende del modelo que se desee utilizar, los modelos se diferencian por la capacidad de producto que pueden soportar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • MMUA-20 posee una altura de 380 mm y una sección transversal total de 458x270 mm para una capacidad total de 9.5 Tm/h, dependiendo del producto a transportar. • MMUA-30 posee una altura de 380 mm y una sección transversal total de 458x370 mm, con una capacidad media de 15 Tm/h. • MMUA-50 posee una altura de 450 mm y una sección transversal total de 473x450 mm, con capacidad promedio de 25 Tm/h.
Elementos imantados	Placa imantada.

Fuente: Bühler AG. *Catálogo informativo magnetic separator MMUA*. p. 3.

Figura 29. Vistas del separador de trampa



Technical data

Type	Dimensions in mm									Approx. capacity in t/h			Approx. weights in kg			Volume by sea m ³
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Wheat Rye >0.8 t/m ³	Maize/Corn Barley >0.7 t/m ³	Oats >0.5 t/m ³	net	gross	by sea	
MMUA-20	150	210	150	150	380	270	215	253	458	12	9	8	18	28	33	0.1
MMUA-30	150	310	150	150	380	370	315	253	458	18	15	12	25	35	40	0.12
MMUA-50	150	510	150	150	450	570	515	288	473	30	25	20	40	55	65	0.15

Fuente: Bühler AG. *Catálogo informativo magnetic separator MMUA*. p. 4.

4.2.2. Comparativo de separadores

Existen tres consideraciones importantes al momento de seleccionar un separador magnético para utilizar en la industria alimentaria, estas son: material magnético, condiciones de trabajo y tipo de material procesado.

- Material magnético: como se ha expuesto con anterioridad existen cuatro tipos de materiales utilizados para la elaboración de imanes, de los cuales los más utilizados debido a sus características físicas son los elaborados de la aleación de neodimio, hierro y boro.

- Condiciones de trabajo: estas se refieren a las propiedades físicas del material, como su fuerza magnética, índice de remanencia y de coercitividad, entre otras. De igual manera este parámetro hace mención a características del proceso productivo, como la temperatura de operación, tipo de flujo, caudal, entre otras.
- Tipo de material procesado: este punto determinará el tipo de separador a utilizar, ya que existen dispositivos de separación diseñados exclusivamente para materiales específicos y pueden presentar inconvenientes si son utilizados en otros procesos; en este caso en particular se está trabajando con un producto en polvo (harina) el cual posee una granulometría que oscila entre 250 y 300 μm .

Tabla VII. **Comparativo de separadores magnéticos**

Dispositivo	Material magnético	Fuerza magnética	Grado del imán	Montaje
Separador de rejilla	NdFeB	7 000 - 11 000 Gauss	N35 y N45	Se precisa de una tolva de recepción de producto.
Separador de cajón	NdFeB	7 000 - 9 000 Gauss	N45	Se coloca en la línea de flujo del producto; de preferencia su montaje debería ser en ángulo recto, pero se puede montar con un ángulo mínimo de 85°.
Separador de bala	NdFeB	9 000 Gauss	N35	Se debe colocar en línea del flujo de producto, carece de la versatilidad de montarse con un único ángulo de 90° para que funcione adecuadamente.
Separador de trampa	Cerámico	7 000 Gauss	No aplica	

Fuente: elaboración propia.

Los imanes de tierras raras, especialmente el neodimio y sus distintas combinaciones con otros materiales, proveen mayor eficiencia en el proceso de separación de partículas ferromagnéticas de los procesos productivos, razón por la cual se considerarán únicamente los separadores magnéticos que posean imanes de este tipo.

Debido al tipo de producto en proceso que se tiene, el separador de trampa podría presentar inconvenientes, ya que este se recomienda para producto en grano y debido a que la harina es un producto en polvo puede representar inconvenientes en flujo.

Uno de los parámetros de mayor importancia en el transporte de harina es el ángulo de inclinación de la tubería, el cual no debe ser menor de 60° con el fin de evitar que el flujo del producto se interrumpa por acumulación de producto dentro de la tubería. El separador de bala posee muy buenas cualidades y es bastante utilizado en la industria alimenticia para el control de partículas ferrosas; sin embargo, debido a las características físicas del área de montaje se requiere que la tubería tenga un ángulo de inclinación menor al requerido para el transporte de harina.

Los imanes de rejilla presentan una excelente alternativa cuando se requieren separadores magnéticos compactos y de manipulación sencilla; estos son ideales para instalarlos en la entrada o recepción del producto, requiriendo de la fabricación de una tolva receptora para contener el producto. A pesar de ser una opción económica, eficaz y sencilla de instalar, no se considerará para este tipo de trabajo, ya que el dispositivo seleccionado será el último punto en el cual se pueda controlar la presencia de partículas ferrosas en el proceso productivo; por lo tanto este debe ser más robusto y garantizar de mejor manera el control de metales en la harina.

4.2.3. Separador de cajón

Desde el punto de vista de eficiencia este separador presenta muchas cualidades y características que lo vuelve la mejor opción para el control de partículas ferrosas en diferentes procesos productivos, incluyendo la industria farmacéutica. La unidad consta de dos juegos de rejillas magnéticas de alta intensidad ideal para el control de metales en productos en polvo o granular de preferencia secos, aunque se puede utilizar en producto húmedo gracias a los tubos de acero inoxidable que recubren los imanes.

Dentro de las características técnicas más importantes de este dispositivo de separación se pueden resaltar las siguientes:

- Bandejas múltiples sobrepuestas de cartuchos magnéticos escalonados, ofrecen mayor contacto con el flujo de producto para una captura total de las partículas ferrosas presentes en el producto. La bandeja superior contiene cinco rodillos imantados y la bandeja inferior contiene un juego de cuatro rodillos imantados.
- Posee un sistema de limpieza sencillo, por medio del cual las partículas ferrosas se extraen de los cartuchos, deslizando las bandejas y limpiándolas a mano con paño húmedo.
- Construidos en acero al carbón para el caso de producto abrasivo o acero inoxidable, dependiendo de su aplicación. Debido a que la harina no se cataloga como un material abrasivo, se considera únicamente la versión con acero inoxidable.

4.3. Montaje de separador de cajón

El montaje de los separadores magnéticos se realizará de forma independiente debido a que son dos líneas de empaque distintas, una dedicada a los despachos de harina a granel y la otra es una línea de empaque en sacos de distintas presentaciones.

4.3.1. Cronograma de montaje

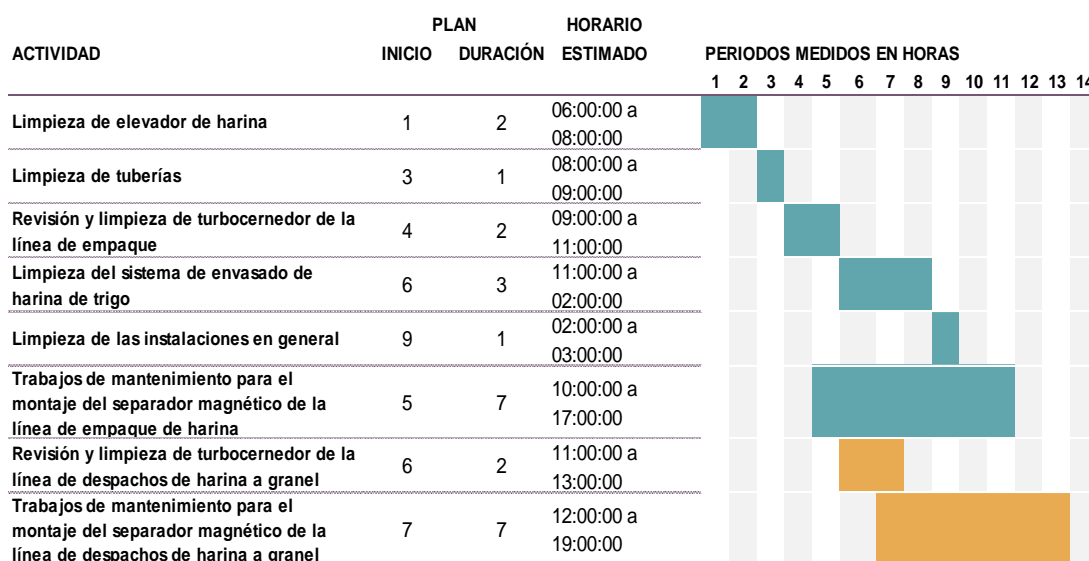
Las actividades necesarias para el montaje de los separadores magnéticos se realizarán considerando las jornadas laborales o periodos de trabajo de la maquinaria, para ello se sabe que las operaciones en ambas líneas son las siguientes:

- La línea de envasado de harina tiene jornada laboral que inicia a las 06:00 horas y termina labores a las 20:00 horas distribuidos en dos turnos de 8 horas cada turno de lunes a viernes. El día sábado se trabaja de 06:00 a 18:00 horas.
- La línea de harina a granel opera acorde a las solicitudes de los clientes, en promedio se realizan 3 despachos diarios careciendo de un horario fijo para realizar las cargas; el día sábado se realiza únicamente de uno a dos despachos de harina a granel en las primeras horas de la mañana.

De acuerdo a la información anterior se propone que las actividades necesarias para la instalación de los separadores magnéticos se realice un sábado; esto debido a que los movimientos de venta son menores y se puede realizar un paro programado para realizar estas actividades.

Figura 30. Cronograma de actividades

Montaje de separadore magnéticos



Fuente: elaboración propia.

Acorde al cronograma de actividades propuesto se precisa un total de trece horas para el montaje de los separadores magnéticos; dentro de las tareas programadas se contemplaron actividades de mantenimiento y limpieza del equipo de ambas líneas de producción a cargo del personal de empaque, así como las tareas de montaje de los separadores a cargo de los mecánicos de turno.

4.3.2. Insumos necesarios

Las modificaciones que deben hacerse a las tuberías para el montaje de los separadores magnéticos requieren del uso de mano de obra utilizada en la realización de estas tareas y el uso de la maquinaria del taller de herrería para dichas modificaciones. Las modificaciones en las tuberías se deben a la

inclinación que esta tiene y la que debería tener posterior al montaje de los dispositivos de separación.

Dentro de los componentes que ofrece el proveedor de estos dispositivos se encuentran las partes para el acoplamiento de la tubería como tornillos, tuercas, arandelas, entre otros; es por ello que no se contemplan como parte de los insumos necesarios, ya que el proveedor los ofrece como parte del kit de montaje. El costo de los separadores magnéticos de cajón es de \$ 4 500,00 considerando una tasa de cambio de Q 7,64 por dólar; cada separador tiene un costo de Q 34 380,00.

Las actividades de montaje estarán a cargo del personal de mantenimiento de planta quienes poseen una jornada laboral de cuatro horas los días sábado, iniciando labores a las 08:00 para finalizar a las 12:00 horas. De acuerdo con el cronograma de actividades se precisan trece horas para realizar el montaje de los dos separadores magnéticos; como resultado los mecánicos a cargo deberán laborar durante nueve horas adicionales.

El salario promedio de los mecánicos es de Q 6 000,00, considerando que el personal labora en una jornada diurna haciendo un total de 48 horas a la semana y que un mes tiene cuatro semanas; el personal realiza 192 horas de trabajo efectivo con un salario por hora de Q 31,25; de acuerdo con los reglamentos legales, la hora extra deberá ser remunerada a Q 46.87. Los mecánicos necesarios para el montaje de los nuevos equipos son cinco, incluyendo al técnico especializado del área de herrería, personas que deberán estar presentes durante todo el proceso de montaje de los dispositivos de separación.

Tabla VIII. **Costos estimados en el montaje**

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Separadores magnéticos	2	Q 34 380,00	Q 68 760,00
Horas laboradas	20	Q 31,25	Q 625,00
Horas extras laboradas	65	Q 46,87	Q 3,046,55
Insumos adicionales	-	-	Q 500,00
Total			Q 72 931,55

Fuente: elaboración propia.

4.3.3. **Montaje**

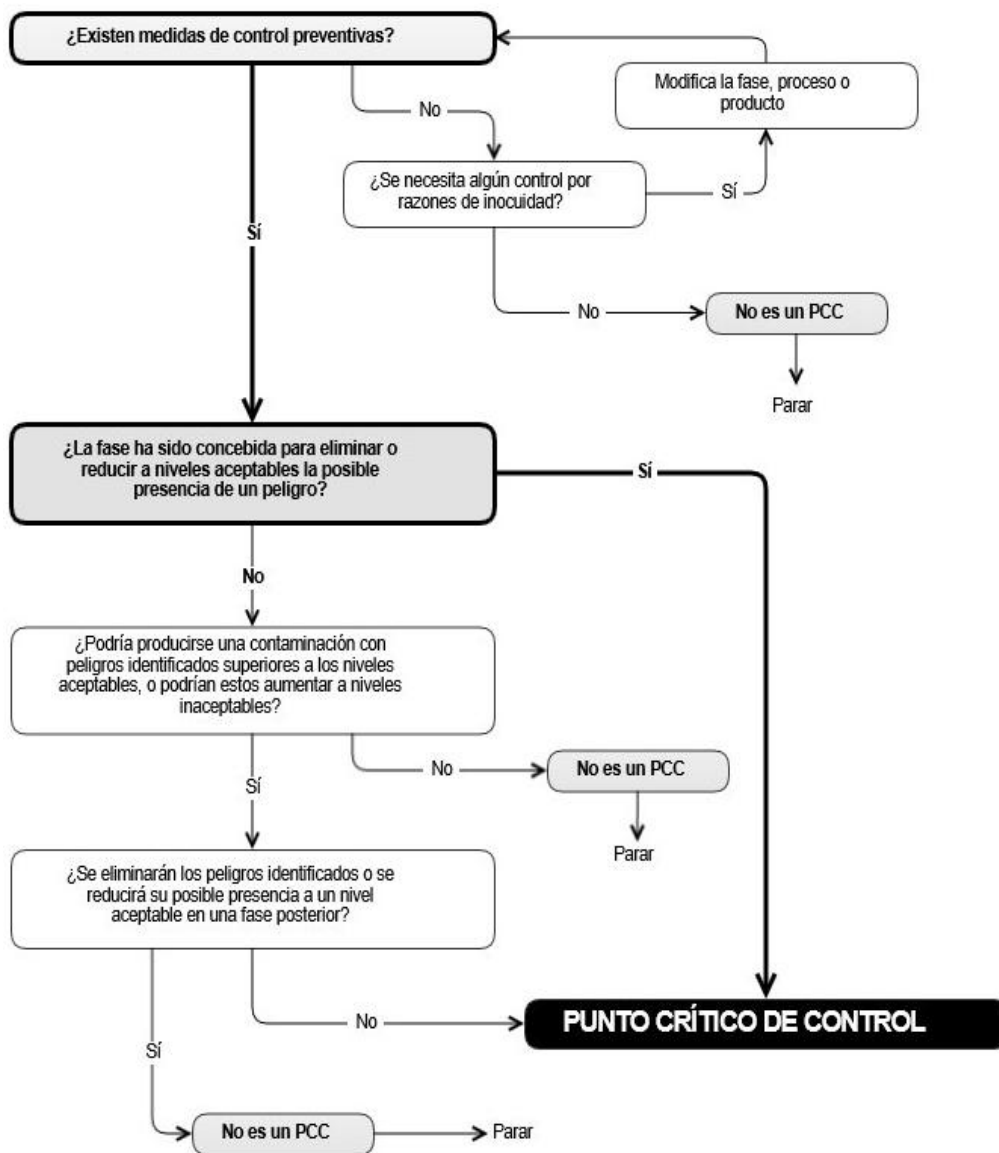
La instalación de los separadores magnéticos está orientada a eliminar la presencia de metales en la harina, evitando inconformidades en el producto final; esto traerá beneficios no solo en el tema de inocuidad y seguridad alimentaria, sino que ayudará a preservar la integridad de los tamices de cernido de los turbocernedores.

La integridad de los tamices se refiere a la garantía que tienen estos en realizar su trabajo; en diversas ocasiones estos han sufrido daño por la presencia de piezas de un tamaño considerable, capaces de romper los tamices. El daño del tamiz representa un riesgo bastante alto para el producto empacado o despachado a granel, ya que dejaría pasar cuerpos extraños al producto.

El montaje de los dispositivos de separación se realizará previo al ingreso del producto en el turbocernedor para ayudar a proteger los tamices que estos poseen. Desde el punto de vista del control de calidad por medio del sistema HACCP, el montaje de un nuevo equipo estaría sujeto a un análisis para

determinar si los PCC establecidos en el proceso productivo se mantienen o serán sustituidos por este nuevo equipo.

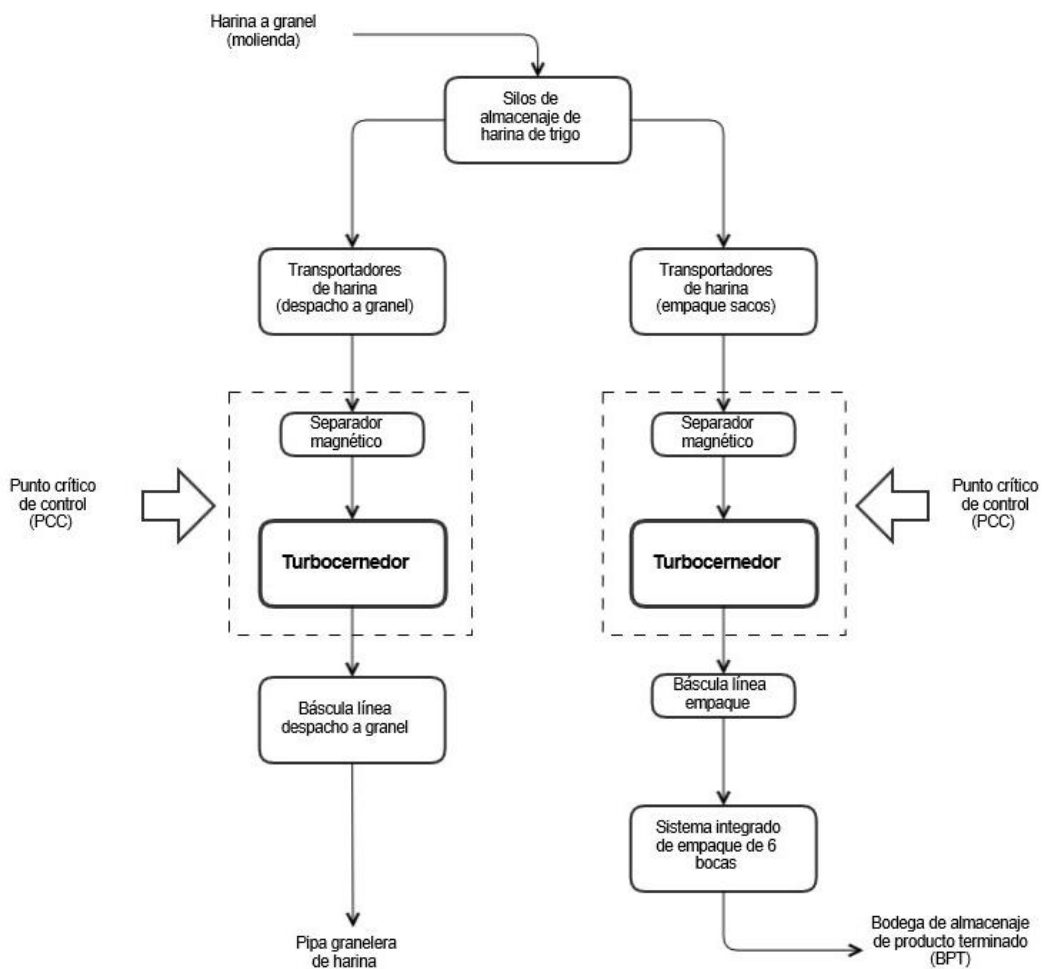
Figura 31. **Identificación y análisis de peligros en los separadores magnéticos**



Fuente: elaboración propia.

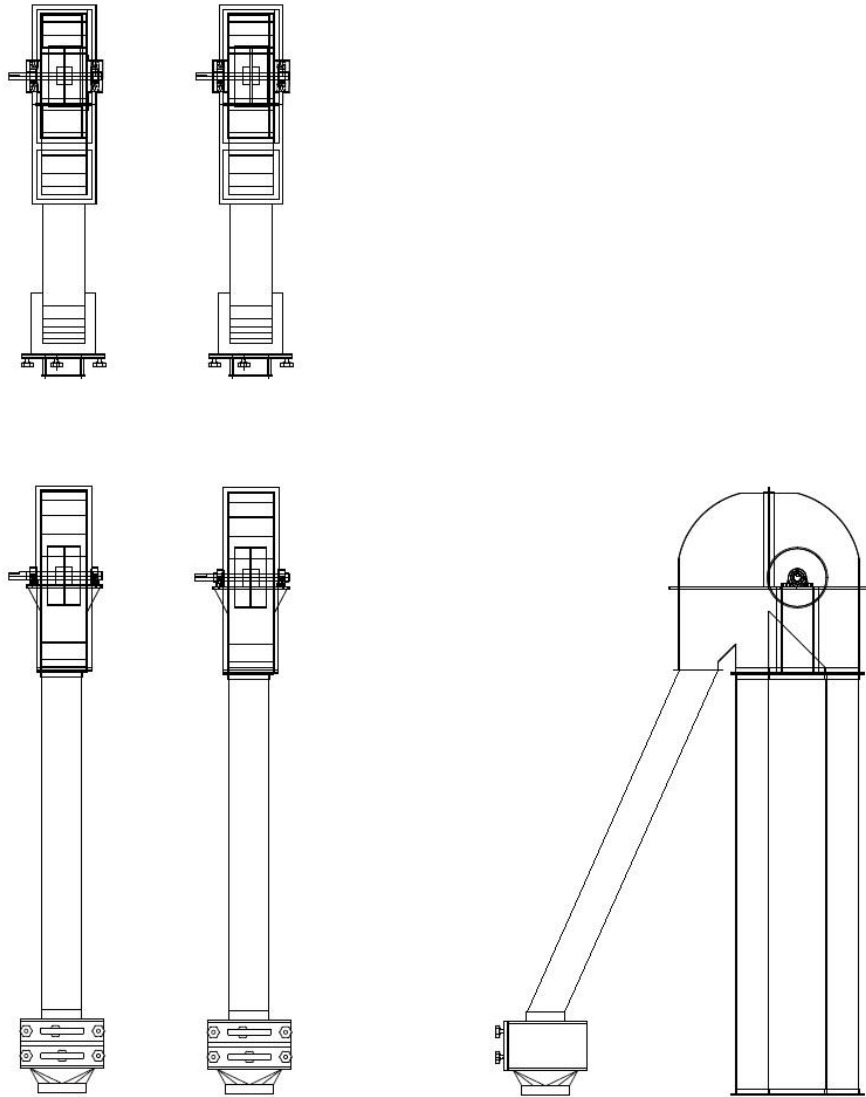
Con base en el enfoque de inocuidad y seguridad alimentaria, la labor que tendrán los separadores magnéticos será similar a la de los turbocernedores, ya que en ambos casos se estarán eliminando cuerpos extraños que estén presentes en el flujo del proceso; por consiguiente estos dos equipos se complementarán trabajando en conjunto para ofrecer un producto libre de contaminantes físicos, convirtiéndose en una fase crítica del proceso de empaque para el control de la inocuidad.

Figura 32. Diagrama de PCC modificado



Fuente: elaboración propia.

Figura 33. **Vistas del separador instalado**



Fuente: elaboración propia, con programa Autodesk AutoCAD 2010.

5. SEGUIMIENTO Y PLAN DE MONITOREO DE SEPARADORES MAGNÉTICOS

5.1. Diseño e importancia del plan de monitoreo

Un plan de monitoreo permite realizar evaluaciones periódicas de uno o varios equipos, de manera que se pueda garantizar el correcto funcionamiento de estos. El montaje de los separadores magnéticos se realizará previo al ingreso del producto en los turbocernedores (PCC), razón por la cual es importante tener un plan de monitoreo e inspección de estos dispositivos.

Previo a diseñar un plan de monitoreo es necesario definir los puntos claves a medir o evaluar en el equipo en mención; en el caso de los dispositivos de separación magnética este plan debe estar enfocado en todos aquellos factores que pueden afectar las características de los elementos imantados.

5.1.1. Daños a los magnetos

El desgaste puede definirse como el daño de la superficie de un material por la interacción mecánica con otro cuerpo en contacto; este fenómeno es uno de los mayores problemas que pueden darse en las barras imantadas debido al uso continuo de estos dispositivos y el contacto que tenga con piezas o partículas ferrosas. Otra forma de desgaste que se puede dar en los materiales es el derivado de un golpe, producto de una mala manipulación.

Una forma de prevenir el desgaste de los materiales es crear un plan de limpieza del equipo instalado; con esto se logrará la remoción de las partículas

ferrosas, ayudando a reducir el riesgo de contaminación del producto en proceso y protegiendo los magnetos de daños por desgaste que puedan sufrir.

5.1.2. Pérdidas de magnetismo

Anteriormente se mencionaban los daños que pueden darse en los magnetos desde el punto de vista físico; sin embargo estos daños pueden generar pérdidas en las propiedades magnéticas.

La fuerza atracción de un imán se genera cuando las áreas magnéticas de las partículas que conforman el material se alinean en la misma dirección; esto quiere decir que un imán puede perder su fuerza si las partículas entran en desorden perdiendo esta alineación; las razones por las cuales se puede eliminar o reducir la fuerza magnética de un imán son:

- Impactos: un golpe lo suficientemente fuerte sobre un imán puede hacer que el orden de las partículas se pierda, si bien es cierto un imán puede soportar varios golpes, no obstante si estos tienden a ser repetitivos pueden lograr la pérdida paulatina o inmediata de la fuerza de atracción.
- Calor: una de las propiedades de los imanes es el punto de Curie, el cual indica la temperatura por encima de la cual un material perderá sus características magnéticas, es decir que si un imán es sometido a una temperatura superior a su punto de Curie, perderá la fuerza magnética o se reducirá lo suficiente como para poder retener partículas ferrosas.
- Tiempo: internamente las partículas que componen un material se mantienen en constante vibración debido a la interacción de los átomos; esta interacción de las partículas producirá el incremento de la

temperatura interna gracias al rozamiento de los átomos. A pesar de que el gradiente de temperatura generado por la fricción interna no es lo suficientemente grande como para alcanzar la temperatura de Curie, puede afectar a largo plazo las propiedades de un imán; es por ello que al momento de adquirir un magneto se deberá considerar el índice de coercitividad y de remanencia que este posee, ya que son los indicadores de la capacidad de un imán de mantener su fuerza.

- Almacenamiento inadecuado: los imanes poseen dos puntos en los cuales la fuerza de atracción es máxima, estos puntos se conocen polos magnéticos, denominados polo norte y polo sur debido a que tienden a orientarse en dichas direcciones. Al momento de almacenar imanes se debe considerar este dato, ya que si se colocan de tal manera que dos polos iguales estén juntos, pueden provocar la pérdida de las propiedades magnéticas, por lo cual lo ideal es acondicionar los imanes a modo polos opuestos se unan.

5.2. Periodicidad de las mediciones

Un plan de monitoreo debe contener los intervalos de tiempo en los cuales se realizan inspecciones o mediciones en los equipos de trabajo; gracias a las características de los imanes de neodimio se pueden tener periodos de medición prolongados pudiendo realizar mediciones dos veces al año.

Debido a que el equipo montado será parte de los PCC del proceso productivo se precisan dos tipos de intervalos para las inspecciones; en primer lugar se considerarán los rangos de tiempos para realizar mediciones en los imanes, pudiendo así determinar sus propiedades magnéticas y como segundo punto, se necesita establecer periodos para realizar mantenimientos o limpieza

de cada uno de los equipos, garantizando así la integridad del producto que se esté procesando.

Las frecuencias para realizar las actividades de monitoreo de los separadores magnéticos se realizarán de la siguiente manera:

- Revisión y limpieza: como se mencionó anteriormente los separadores magnéticos estarán siendo parte de los Puntos Críticos de Control (PCC) del proceso productivo, por lo cual se deberá realizar una revisión diaria en la cual se eliminarán los residuos o impurezas detectados. Esta actividad estará a cargo del personal de empaque.
- Evaluaciones de calidad: estas tienen como fin determinar el correcto funcionamiento de los equipos, en este caso se incorporará una pieza metálica dentro de la tubería de flujo del producto para validar que los separadores magnéticos están realizando la labor para la cual fueron adquiridos. Esta evaluación habrá que realizarla quincenalmente y estarán a cargo del personal de aseguramiento de la calidad.
- Mantenimiento: por medio de esta actividad se realizará una inspección y limpieza más profunda como parte de los planes de mantenimiento preventivo realizados mensualmente; este procedimiento estará a cargo del personal de mantenimiento de planta.
- Verificación: por medio esta se estará validando las propiedades magnéticas de los dispositivos de separación; gracias a la alta resistencia a la desimación o pérdida de magnetismo de los imanes de neodimio estas actividades pueden realizarse por intervalos de tiempo prolongados

y para este caso en particular es conveniente realizarse anualmente. Estas actividades serán coordinadas por la jefatura de manufactura.

5.3. Hojas de control

Estos controles se utilizarán para la revisión de las propiedades magnéticas e inspecciones visuales que se realice a cada uno de los dispositivos de separación.

Figura 34. Hoja de control propuesta

Inspección y calibración de separadores magnéticos

Fecha: _____

Proveedor: _____

Técnico a cargo de la inspección: _____

Responsable del área o departamento: _____

Verificación

Equipo analizado	Medición (Gauss)					Promedio
	1	2	3	4	5	
Separador magnético (línea envasado)						
Las mediciones tomadas se encuentran dentro del intervalo de tolerancia permitido						Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>

Equipo analizado	Medición (Gauss)					Promedio
	1	2	3	4	5	
Separador magnético (línea granel)						
Las mediciones tomadas se encuentran dentro del intervalo de tolerancia permitido						Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>

Nota: si el promedio de las mediciones se encuentra por debajo de los límites de toleración permitidos se deberá calibrar

Observaciones: _____

Calibración

Equipo analizado: _____

Calibraciones realizadas: Fecha última calibración:

Medición previa calibración: Fecha de envío:

Proveedor: _____ Resultado de calibración:

Equipo analizado: _____

Calibraciones realizadas: Fecha última calibración:

Medición previa calibración: Fecha de envío:

Proveedor: _____ Resultado de calibración:

Observaciones: _____

Fuente: elaboración propia.

5.3.1. Mediciones a considerar en un magneto

El campo magnético se puede definir como una región en la cual se manifiesta algún tipo de atracción o repulsión magnética; este puede medirse mediante las siguientes magnitudes físicas:

- Inducción magnética también conocida como la densidad del flujo magnético es la corriente que se produce en el interior de un material conductor al ser sometido a un campo magnético variable. Usualmente es medida en Gauss (G) o Tesla (T).
- Excitación magnética o intensidad del campo magnético, desde el punto de vista físico, esta unidad es equivalente a la inducción magnética.
- El flujo magnético es definido como la cantidad de líneas de fuerza que atraviesan una superficie determinada.

La permeabilidad magnética es el cociente de la inducción magnética (expresado regularmente como B) y el campo magnético aplicado (H), de la siguiente manera:

$$\mu = \frac{B}{H}$$

En donde el Gauss (G) es utilizado para la medición de la inducción magnética y el Oersted es utilizado comúnmente para medir el campo magnético, ambas unidades en el sistema c.g.s. A pesar de esto la permeabilidad magnética es una expresión adimensional y es utilizada únicamente para expresar la relación entre estas dos variables.

El flujo magnético es otra unidad de medida importante en el magnetismo, en el sistema c.g.s. es medido en Maxwell y en el sistema m.k.s. se utiliza el Weber; este se obtiene mediante el producto de la inducción magnética por el área afectada.

Tabla IX. **Resumen de unidades de medida**

Magnitud Física	Sistema c.g.s	Sistema Internacional
Inducción magnética (B)	Gauss (G)	Tesla (T)
Campo magnético (H)	Oersted (Oe)	Ampere/metro (Am^{-1})
Permeabilidad (μ)	Adimensional	Adimensional
Flujo magnético	Maxwell	Weber

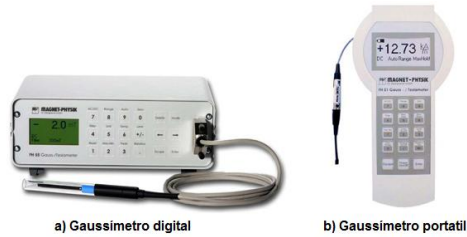
Fuente: elaboración propia.

5.3.2. Equipos de medición

Entre los instrumentos de medición utilizados en el magnetismo se encuentran:

- Gaussímetro: este aparato también recibe el nombre de teslámetro refiriéndose a la unidad de medida en el S.I. utilizada para la inducción magnética. Puede medir tanto la densidad del flujo magnético como la fuerza de campo magnético en Tesla, Gauss o Amperio/metro.

Figura 35. **Gaussímetro**



Fuente: Ingeniería magnética aplicada -IMA-. *Catálogo de equipos de control.*
p. 91 y 92.

- Imantadora: este aparato es muy utilizado en las industrias cuando la fuerza magnética de un imán es cero o haya disminuido lo suficiente como para no atraer las piezas metálicas hacia él. En su mayoría, este aparato es utilizado para los imanes de ferrita y de alnico; la ventaja de este instrumento es la posibilidad de realizar imantaciones en sistemas montados.

Figura 36. **Máquina para imantar**



Fuente: Ingeniería magnética aplicada –IMA-. *Catálogo de equipos de control.* p. 94.

- Medidor de polos: como su nombre lo indica este aparato ayuda a determinar la polaridad de un objeto.

Figura 37. **Medidor de polos**



Fuente: Ingeniería magnética aplicada –IMA-. *Catálogo de equipos de control*. p. 94.

5.3.3. Rangos de aceptación

Las especificaciones del separador de cajón indican que puede ejercer una fuerza magnética 7 000 a 9 000 Gauss; por lo cual se tomará este rango como válido para las inspecciones, considerando que tener mediciones por debajo de 7 000 Gauss será un indicio de que la vida útil del equipo está siendo afectada por factores externos.

5.4. Ficha de seguimiento

Dentro de estas se incluirá cada una de las mediciones y observaciones realizadas en los separadores magnéticos, considerando los planes de inspección y limpieza establecidos junto con la frecuencia establecida para cada plan.

Este seguimiento será responsabilidad de un departamento ajeno al de manufactura para que las revisiones sean transparentes, proponiendo como responsable al departamento de aseguramiento de la calidad, debido a que dentro de su alcance se tiene el control de los planes establecidos en el sistema de gestión de la empresa (ver apéndices).

5.4.1. Observaciones periódicas

El éxito de todo sistema de calidad e inocuidad alimentaria se basa en el seguimiento se le dé a los planes establecidos; para ello se precisa realizar un registro para validar todas las actividades programadas en el plan de monitoreo. Este registro debe contener la frecuencia de las actividades previstas en el plan de monitoreo, para evaluar si se cumplió o no con la periodicidad establecida.

5.5. Historial de falla de tamiz de turbocernedor

Las telas tamizadoras del turbocernedor son fabricadas con acero templado gracias a que ofrecen mayor resistencia y durabilidad; sin embargo este material puede dañarse si está en contacto con piezas grandes que puedan desgastar o perforar la tela, en consecuencia de las velocidades a la que opera este mecanismo.

Para el análisis de las fallas que se han tenido en el turbocernedor se tomó el historial de los dos últimos años de registros tomados del sistema de gestión para el mantenimiento de la empresa, dentro de las solicitudes de reparación de la línea de envasado (línea A) se tienen los siguientes casos:

- Mayo-2012: durante el mantenimiento preventivo programado se detectó un daño parcial en uno de los extremos del tamiz.
 - Posible causa: al momento de realizar el desmontaje del tamiz se encontró una roldana dentro del mismo, asumiendo que esta había llegado al turbocernedor luego de haber realizado tareas de mantenimiento en las roscas de transporte de harina. El producto empacado posterior al mantenimiento realizado en las roscas de

transporte fue de aproximadamente 1 800 quintales; estos se revisaron por medio de un detector de metal y no se encontró contaminación en las unidades empacadas.

- Agosto-2012: se solicitó revisión del tamiz ya que en el depósito de rechazo del turbocernedor se encontró parte de un tornillo así como partículas metálicas.
 - Posible causa: se determinó que los tornillos de un cangilón del elevador de harina estaban dañados, lo que ocasionó que estos se quebraran, pudiendo desprender partículas ferrosas. El producto empacado fue revisado en un detector de metal, encontrándose un total de 250 quintales contaminadas por partículas ferrosas.

- Marzo-2013: se solicitó revisión del tamiz, ya que en el depósito de rechazo del turbocernedor se encontraron partículas metálicas.
 - Posible causa: se encontró que un tornillo estaba en contacto directo con una polea lo que ocasionó que esta desprendiera residuos debido al desgaste provocado por el contacto de las dos piezas. A pesar de que el tamiz no sufrió ningún daño se determinó que este problema había afectado aproximadamente dos días de producción, por lo cual el producto empacado en este tiempo fue retenido en la bodega y revisado en un detector de metal encontrándose un total de 750 quintales que presentaban contaminación por metales.

- Agosto-2013: se efectuó mantenimiento preventivo al turbocernedor, encontrando daño en el tamiz de cernido y partículas ferrosas en el depósito de rechazo del mismo.
 - Posible causa: se realizó un cambio de tuberías en las roscas de harina donde se necesitó cortar la tubería anterior conjunto con su base y soldar la nueva tubería con la nueva base, por lo cual se asume que las partículas metálicas fueron consecuencia de estas tareas de mantenimiento. Se estimó que el producto propenso a contaminación por metales fue lo empacado durante 10 horas previo al cambio de tamiz, por lo cual dicho producto fue retenido y se examinó con un detector de metal encontrando 150 unidades de 50 libras y 30 unidades de 25 libras con presencia de metales, lo que hace un total de 82,5 quintales contaminados.

En cuanto a la línea para despachos a granel (línea B) se cuenta únicamente con un registro de reparación:

- Noviembre-2013: se realizó cambio de tamiz de cernido acorde al plan de mantenimiento anual, encontrando desgaste en los extremos del mismo, mismo que pudo deberse al uso continuo de la maquinaria. Debido a que este turbocernedor corresponde a la línea de despachos a granel, el total de harina afectada estaría dada por reclamos que pudieran hacer los clientes, aunque a la fecha no se ha presentado ningún tipo de reclamo.

La contaminación del producto con metales es un problema que ha afectado una cantidad considerable de producto, para el periodo tomado del historial de falla se tuvo un total de 1 082,5 quintales de harina contaminada con partículas ferrosas.

5.6. Porcentaje de falla del tamiz de cernido luego de la implementación

Los separadores magnéticos ofrecen una eficiencia del 99.99 % en la reducción de partículas ferrosas de los procesos productivos; es por ello que se estima que el porcentaje de falla del tamiz de cernido y la reducción de rechazos de harina por presencia de metales tenderá a cero.

Actualmente las unidades contaminadas por metales no pueden reprocesarse en harina debido a que la inocuidad del producto ya fue afectada, es por ello que el procedimiento para descontar estas unidades es reprocesarlo en el subproducto de consumo animal luego de ser tamizado y purificado, regularmente es reprocesado en el salvadillo.

Esta forma de rebajar el producto contaminado presenta varios inconvenientes para la empresa, ya que el margen de ganancia se reduce drásticamente; con este procedimiento se estaría trabajando con el margen de ganancia que se tiene en la comercialización del salvadillo y no de las harinas.

Los márgenes de ganancia de los productos ofrecidos varían según el tipo de producto que se comercialice, en este caso los márgenes se calculan haciendo la diferencia entre el precio de venta y el costo de producción.

La pérdida por rechazo se refiere al monto que la empresa deja de ganar si la harina contiene metales y debe reprocesarse en el subproducto, el cálculo de este valor se realiza restando la ganancia del producto menos la ganancia del salvadillo.

Tabla X. **Márgenes de ganancia y pérdida por rechazo de producto**

Producto	Costo de producción	Precio de venta	Ganancia por quintal	Perdida por rechazo
Harina suave	Q 136,03	Q 243,75	Q 107,72	Q 80,41
Harina semifuerte	Q 143,58	Q 255,30	Q 111,72	Q 84,41
Harina fuerte	Q 152,39	Q 289,82	Q 137,43	Q 110,12
Salvadillo	Q 105,54	Q 132,85	Q 27,31	

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con procedimiento de reproceso que se tiene en la empresa, se puede apreciar que la pérdida más representativa se presenta cuando hay rechazos de harina fuerte, por lo cual los análisis económicos se realizarán con base en este producto.

Tabla XI. **Rebaja en márgenes de ganancia, año 2012**

	Monto	Ganancia por quintal
Ganancia por kilo de harina vendido	Q 137,43	Q 34 357,50
Ganancia por kilo de salvadillo vendido	Q 27,31	Q 6 827,50
Pérdida por reproceso de harina en salvadillo	Q 110,12	Q 27 530,00

Fuente: elaboración propia.

En el 2012 se tuvo un total de 250 quintales de harina destinada al reproceso por el rechazo de producto contaminado con metales, reduciendo las ganancias en ventas por Q 27 530,00; recuperando únicamente el 19.88 % del monto que se pudo ganar en este lapso.

Tabla XII. **Rebaja en márgenes de ganancia, año 2013**

	Monto	Ganancia por quintal
Ganancia por kilo de harina vendido	Q 137,43	Q 114 410,48
Ganancia por kilo de salvadillo vendido	Q 27,31	Q 22 735,58
Pérdida por reproceso de harina en salvadillo	Q 110,12	Q 91 674,90

Fuente: elaboración propia.

La falta de un dispositivo de control de metales en el empaque de harina de trigo ocasionó un incremento considerable de rechazos de producto, destinándolo al reproceso en el subproducto; en el 2013 se tuvo un total de 832,5 quintales de harina rechazada, la que pudo haber generado una ganancia neta de Q 114 410,48; sin embargo al ser rechazada y comercializada como salvadillo se tuvo un margen de Q 22 735,58 reduciendo un 80 % las ganancias de este periodo.

De lo anterior se aprecia que la pérdida en las ganancias en los dos años suman Q 119 204,90, con lo cual se puede establecer una relación entre el beneficio obtenido y los costos que implican llevar a cabo la propuesta, en donde el beneficio sería la recuperación en las pérdidas de las ganancias y el costo vendría dado por la inversión para el montaje de los dos separadores magnéticos, calculada en el capítulo anterior y que asciende a Q 72 931,55.

Relación beneficio / costo = beneficio obtenido – costos implicados

Relación beneficio / costo = Q 119 204,90 – Q 72 931,55

Relación beneficio / costo = Q 46 273,35

5.7. Tendencias futuras de la seguridad alimentaria

Una de las competencias que deben tener las empresas productoras de alimentos es poder garantizar la inocuidad de sus productos terminados. La inocuidad se refiere a la garantía que ofrecen los productores, de que los alimentos no causarán daño al consumidor cuando se preparen y consuman de acuerdo con el uso al que estos están destinados.

La seguridad alimentaria es un proceso que asegura la calidad en la producción y elaboración de los productos alimentarios. Garantiza la obtención de alimentos sanos, nutritivos y libres de peligros para el consumidor final.

Actualmente existen diversas normativas y sistemas de gestión de calidad para asegurar la inocuidad en los productos; hoy en día es más frecuente encontrar empresas acreditadas o en proceso de acreditación en alguna normativa de inocuidad alimentaria; es por ello que estas normas han ido evolucionando con el paso del tiempo.

El inicio de las normas de calidad se dio alrededor de los años 60 cuando la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO de sus siglas en inglés Food and Agriculture Organization) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) crearon el denominado Codex Alimentarius o código de alimentos, que consistía en un conjunto de procedimientos, guías y recomendaciones enfocadas en el manejo y producción de alimentos para garantizar la seguridad alimentaria.

Fue a partir de este código de alimentos que se introdujeron más normas enfocadas a garantizar la seguridad alimentaria; en la actualidad existen

diversas normas acreditables, entre las más importantes se encuentran las siguientes:

- Buenas prácticas de manufactura (BPM): es un conjunto de principios y acciones técnicas enfocadas a la producción de alimentos con el fin de que estos sean aptos para el consumo humano. Estas ofrecen los fundamentos generales de higiene y una guía general sobre los distintos controles que deben implementarse en los procesos productivos para garantizar la inocuidad del producto final.
- Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control: es conocido como sistema HACCP por sus siglas en inglés; este sistema centra su atención en el estudio de los distintos riesgos de contaminación que se pueden tener en puntos específicos del proceso productivo, con el propósito de diseñar planes de control para eliminar o reducir cualquier inconveniente que altere la calidad del producto.
- PAS 220:2008: este es conocido como el programa de prerrequisitos para la seguridad alimentaria en la elaboración de alimentos, únicamente es una norma que establece los requerimientos previos para poder controlar la inocuidad en los procesos productivos.
- ISO 22000: esta es una norma establecida por la Organización Internacional de Normalización (ISO de sus siglas en inglés); esta especifica los requerimientos necesarios para implementar un sistema de gestión de inocuidad en la industria de alimentos.
- FSSC 22000: es una certificación de sistemas de seguridad alimentaria (*Food Safety System Certification* FSSC); esta combina el estándar de

gestión de seguridad alimentaria establecido en la norma ISO 22000 con los prerrequisitos establecidos en PAS 220, logrando así una sola auditoría gracias a la integración de estas dos normativas. Fomenta la mejora continua en temas de inocuidad y seguridad alimentaria.

- Sistema SQF: se refiere al sistema de seguridad de la calidad alimentaria o *Safety Quality Food* (SQF de sus siglas en inglés); este sistema de gestión de la calidad se basa en el cumplimiento de las normas HACCP, así como en los requisitos legales de las empresas productoras de alimentos. Se tienen dos acreditaciones SQF 1000 para productores primarios y SQF 2000 para la fabricación, transformación y sectores de distribución.
- Norma IFS: se refiere al estándar alimentario internacional o *International Food Safety* (IFS por sus siglas en inglés); esta norma establece los requerimientos necesarios para los sistemas de gestión de la calidad en la industria alimentaria, con el propósito de garantizar la seguridad en la manipulación y producción de alimentos.
- Norma BRC: obtiene el nombre de *British Retail Consortium* o Consorcio Minorista Británico; esta normativa se ha convertido en el punto de referencia principal de las mejores prácticas en la industria alimentaria. Parte de los principios de la norma HACCP, dando mayor atención a las instalaciones de las industrias e introduce elementos para la mejora continua, que son aspectos que la norma HACCP no contiene.

5.8. Norma Mundial de Seguridad Alimentaria del Consorcio Minorista Británico (BRC)

Esta norma se ha convertido en uno de los más altos estándares de calidad y seguridad en la industria de alimentos; se desarrolló con el objetivo de determinar la seguridad, calidad y principios operativos exigidos a estas empresas para garantizar la inocuidad de los productos y proteger a los consumidores.

La norma BRC fue la primera en ser aprobada por la Iniciativa Global para la Inocuidad Alimentaria (GFSI de sus siglas en inglés *Global Food Safety Initiative*), esta entidad surge gracias a la preocupación de los productores por mejorar la calidad de los productos, teniendo como objetivo principal promover la mejora continua de los sistemas de gestión de seguridad alimentaria garantizando alimentos inocuos para los consumidores.

Como toda norma de calidad, esta ha ido en constante cambio a fin de adecuarse a las necesidades de los consumidores de obtener productos aptos para su consumo; actualmente las empresas están acreditándose bajo los parámetros establecidos en su sexta versión que entró en vigor en enero de 2012; a la fecha se cuenta publicaciones introductorias de su séptima versión, esperando que esta se aplique a partir de julio del 2015.

La Norma Mundial BRC de Seguridad Alimentaria fue publicada por primera vez en 1998, desarrollándose para definir los criterios operativos de seguridad y calidad requeridos para que una empresa dedicada a la fabricación de alimentos asuma sus obligaciones en materia de cumplimiento de la legislación y protección del consumidor. En la actualidad ha sido adoptada por más de 8.000 empresas de alimentos en más de 80 países, como marco para

ayudar a los minoristas a garantizar la calidad y seguridad de los productos alimenticios que venden, ayudándoles a seleccionar proveedores confiables.

BRC exige la adopción e implementación de los principios del sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) adicional a otros puntos en los que resalta su atención; uno de estos puntos es el control de cuerpos extraños como se menciona en el inciso 4.9 de dicha normativa:

“Control de la contaminación física y química del producto. Zonas de manipulación de las materias primas, preparación, procesado, envasado y almacenamiento. Se deberá disponer de instalaciones y procedimientos adecuados para controlar el riesgo de la contaminación física o química de los productos”

BRC hace mención de los tipos de contaminación que pueden existir en una planta productora de alimentos, estos pueden ser física, química y biológica; dentro de los riesgos de contaminación física se encuentra la presencia de cuerpos extraños incluyendo los metales, sobre los cuales esta norma precisa la creación de políticas para el control de instrumentos o artículos que puedan desprender partículas metálicas con facilidad.

Tabla XIII. **Control de metales en Norma BRC**

4.9.2 Control de metales	
4.9.2.1	Se deberá disponer de una política documentada para controlar el empleo de instrumentos afilados de metal, incluyendo cuchillos, cuchillas de los equipos, agujas y alambres. Ello deberá incluir un registro de inspección de daños y de pérdida de instrumentos. No se deberán emplear elementos cortantes de hoja de fácil rotura o desprendimiento.
4.9.2.2	Deberá evitarse la compra de ingredientes y envases que utilicen grapas u otros peligros por cuerpos extraños que formen parte de los materiales de envasado. No deberán usarse grapas o clips en las zonas de productos abiertos. En los casos en que se utilicen grapas u otros artículos similares como materiales de envase o de cierre, deberán tomarse todas las precauciones necesarias para reducir al mínimo el riesgo de contaminación del producto.

Fuente: *Norma Mundial de Seguridad Alimentaria del Consorcio Minorista Británico BRC*. p. 33.

Adicional al control de metales esta norma requiere la incorporación de instrumentos de detección y control de cuerpos extraños como el metal; para ello desglosa los distintos equipos que pueden utilizarse para esta labor:

- Filtros
- Tamices
- Detectores de metales
- Imanes
- Equipos de detección por rayos X
- Otros equipos de separación física

CONCLUSIONES

1. La presencia de partículas ferrosas en el empaque de harina de trigo es consecuencia de distintos factores como el desgaste de la maquinaria debido a su uso; no obstante estas pueden eliminarse con el montaje de separadores magnéticos teniendo como resultado producto inocuo y apto para el consumo humano.
2. Dentro de las normas de calidad más reconocidas a nivel mundial enfocadas en la seguridad alimentaria se encuentran las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP), Certificación de Sistemas de Seguridad Alimentaria (FSSC 22000), Estándar Alimentario Internacional (IFS) y norma del Consorcio Minorista Británico (BRC).
3. La presencia de cuerpos extraños en los alimentos afecta directamente la inocuidad del producto, provocando que este sea catalogado como no conforme y destinado al rechazo; la norma del Consorcio Minorista Británico (BRC) establece los lineamientos para la adopción de un programa de inspección de los procesos e instalaciones para minimizar el riesgo de contaminación por cuerpos extraños como el metal.
4. Según el análisis del proceso de producción, en el empaque de harina de trigo se identificaron los peligros que pueden existir; de los cuales el riesgo de contaminación por metales es el que presenta mayor posibilidad de ocurrencia.

5. Para lograr la reducción de los peligros de contaminación por metales se han establecido como puntos críticos de control los turbocernedores de cada una de las líneas de empaque, considerando que al momento de instalar los separadores magnéticos, estos formarán parte de los puntos críticos de control en conjunto con los turbocernedores.
6. Existen muchos separadores magnéticos que son utilizados en la industria alimentaria para controlar la presencia de metales en los procesos productivos, de todos ellos, los separadores de cajón brindan una alta eficiencia y gracias a sus características constituyen el dispositivo idóneo para instalarlo en las líneas de empaque de harina de trigo.
7. El plan de monitoreo se acopla a las necesidades de inspección y control de los separadores magnéticos montados, ya que especifica frecuencias para realizar actividades no solo de mantenimiento, sino también de revisión, limpieza y calibración, mediante la utilización de documentos de control.
8. En un periodo de dos años se tuvo una reducción en los márgenes de ganancia de las ventas de harina por un total de Q 119 204,90 como consecuencia de los rechazos de producto debido a la presencia de metales en las unidades empacadas; con el montaje de separadores magnéticos se podrá garantizar que el producto final está libre de contaminantes ferrosos, reduciendo los rechazos de harina y como resultado se dejará de afectar los márgenes de ganancia de las ventas.
9. La relación beneficio-costos para el montaje de los separadores magnéticos es de Q 46 273,35; por lo cual la propuesta es viable.

RECOMENDACIONES

1. Llevar un estricto control basados en un plan de limpieza en las instalaciones y maquinaria en general dentro del área de empaque, para reducir los riesgos de contaminación de la harina de trigo y evitar rechazos de producto que ocasiona disminución en las utilidades.
2. Revisar periódicamente el cumplimiento de los procedimientos de control de los separadores magnéticos verificando que estos se estén realizando correctamente.
3. La norma BRC precisa del uso de mecanismos para la eliminación partículas ferrosas en el proceso productivo, no obstante también hace mención de sistemas de detección de cuerpos extraños en el producto final, por lo que el montaje de detectores de metal en las líneas de empaque es una oportunidad de mejora para futuras implementaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bakker Magnetics. *Magnet systems for the food and pharmaceutical industries*. Eindhoven Holanda. [en línea]
<<http://www.bakkermagnetics.com/images/0095547001226919781.pdf>>. [Consulta: 20 de mayo de 2014].
2. Bunting Magnetics Co. *Industria de cereales y molienda*. Catálogo #3200-SP. Kansas, Estados Unidos: 2013. 20 p.
3. DÍAZ RODRÍGUEZ, Alejandra. *Buenas Prácticas de Manufactura, una guía para pequeños y medianos agro empresarios*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José Costa Rica: 2009. ISBN: 978-92-9039-986-5. 74 p.
4. Eagle Product Inspection. *Norma Mundial de Seguridad Alimentaria BRC*. Tampa, Florida: 2013. 12 p.
5. Eclipse Magnetics Ltd. *Catálogo informativo Bullet magnet, datasheet No. 516*. Sheffield, Inglaterra, 2008. 2 p.
6. _____. *Catálogo informativo Circular grid magnet, datasheet No. 503*. Sheffield, Inglaterra, 2008. 2 p.
7. _____. *Catálogo informativo Double row housed easy clean magnet, datasheet No. 511*. Sheffield, Inglaterra, 2008. 2 p.

8. _____ . *Catálogo informativo Separadores Magnéticos*. Sheffield, Inglaterra, 2008. 12 p.
9. IFS MANAGEMENT, *IFS Food Norma para realizar auditorías de calidad y seguridad alimentaria de productos alimenticios*. Versión 6. Berlín, 2012. 164 p.
10. *Norma mundial de seguridad alimentaria del Consorcio Minorista Británico BRC*. 6a ed. Londres: BRC, 2012. 61 p.
11. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). *Sistemas de calidad e inocuidad de los alimentos, manual de capacitación sobre higiene de los alimentos y sistema HACCP*. Roma: FAO, 2002. ISBN: 92-5-304115-3. 248 p.
12. SANSAWAT, Supreeya. MULIYIL, Victor. *Comparando los estándares reconocidos por la iniciativa mundial de seguridad alimentaria (GFSI)*. Ginebra: Dirección Global de Servicios Alimentarios SGS, 2011. 28 p.
13. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). *HACCP Análisis de riesgos y puntos críticos de control. Guía orientadora*. Argentina, 2003. 41 p.
14. ULMER, Karl. *Tecnología y mecánica molinería*. Bühler. Suiza, 2009. 548 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Control del plan de limpieza

Plan de limpieza de separadores magnéticos

Mes: _____ Encargado de calidad: _____
 Responsable: _____
 Jefe de área: _____

Equipo	Tipo de actividad	Día																															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Separador magnético (línea envasado)	Revisión y limpieza																																
	Mantenimiento																																
	Evaluación																																
Separador magnético (línea granel)	Revisión y limpieza																																
	Mantenimiento																																
	Evaluación																																

Observaciones: _____

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2.

Ficha de control para la limpieza

Control de limpieza e inspección de separadores magnéticos

Departamento: _____ Año: _____
 Área: _____ Mes: _____
 Encargado de aseguramiento de Calidad: _____
 Jefe del departamento: _____
 Responsable del área: _____
 Fecha de la inspección: _____

Actividad	Frecuencia	Cumplió	Evaluación	Descripción	Acción correctiva	Responsable de ejecución
Separador magnético (línea envasado)	Revisión y limpieza	Día				
	Mantenimiento	Mensual				
	Evaluación de calidad	Quincenal				
	Verificación	Semestral				
Separador magnético (línea granel)	Revisión y limpieza	Día				
	Mantenimiento	Mensual				
	Evaluación de calidad	Quincenal				
	Verificación	Semestral				

Observaciones: _____

Responsable de área _____ Encargado de calidad _____ Jefe de área _____

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Inciso 4.10 de norma BRC

4.10	Equipos de detección y eliminación de cuerpos extraños
Declaración de intenciones	El riesgo de contaminación del producto deberá reducirse o eliminarse mediante el uso efectivo de equipos destinados a la eliminación o detección de cuerpos extraños.
4.10.1	Equipos de detección y eliminación de cuerpos extraños
4.10.1.1	<p>Deberá realizarse una evaluación documentada, junto con el estudio del APPCC, de cada uno de los procesos de producción para identificar la necesidad del uso de equipos para detectar o eliminar la contaminación por cuerpos extraños. Los equipos que habitualmente habrá que tomar en consideración son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Filtros • Tamices • Detectores de metales • Imanes • Equipos de selección óptica • Equipos de detección por rayos X • Otros equipos de separación física, por ejemplo: equipos de separación gravitatoria o equipos de lecho fluido.
4.10.1.2	Deberán especificarse en el sistema documentado de la empresa el tipo, la ubicación y la sensibilidad de los equipos de detección y/o método de eliminación. Deberán aplicarse las buenas prácticas del sector dependiendo de la naturaleza del ingrediente, material, producto y/o envase. Deberá validarse y justificarse la ubicación del equipo o cualquier otro factor que influya sobre la sensibilidad del equipo.
4.10.1.3	<p>La empresa deberá asegurarse de que la frecuencia con la que se realizan las pruebas del equipo de detección y/o eliminación de cuerpos extraños esté definida tomando en consideración:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Requisitos específicos del cliente. • Capacidad de la empresa para identificar, mantener y evitar la liberación de cualquier material afectado, en caso de que el equipo haya fallado.

Continuación del anexo 1.

4.10.1.4	Siempre que se detecte o se eliminen cuerpos extraños mediante el equipo, se deberá investigar la fuente de procedencia del mismo. Deberá utilizarse la información relativa a los materiales rechazados para identificar tendencias y, siempre que sea posible, se deberán proponer acciones preventivas que permitan reducir la contaminación por cuerpos extraños.
4.10.2 Filtros y tamices	
4.10.2.1	Los filtros y tamices que se utilicen para el control de cuerpos extraños deberán ser de un calibre específico y deberán estar diseñados para proporcionar la máxima protección al producto en la práctica. El material retenido o eliminado por el sistema deberá ser objeto de estudio y registrarse para identificar los posibles riesgos de contaminación.
4.10.2.2	Los filtros y tamices deberán ser inspeccionados o probados de forma periódica para asegurarse de que no están dañados, con una frecuencia documentada en base a la evaluación del riesgo. Deberán registrarse todas las comprobaciones. Cuando se identifiquen filtros o tamices defectuosos se deberá registrar, investigar el riesgo potencial de contaminación de los productos y tomar las medidas oportunas.
4.10.3 Equipos de rayos X y detectores de metales	
4.10.3.1	Deberán utilizarse equipos de detección de metales salvo que la evaluación de riesgos demuestre que su uso no aumentará el nivel de protección de los productos finales frente a la contaminación por metales. En los casos en los que no se utilicen detectores de metales; dicha decisión deberá justificarse documentalmente. La ausencia de equipos de detección de metales estará basada en el uso de un método de protección alternativo y más efectivo (por ejemplo el uso de rayos X, tamizado o filtración de productos).
4.10.3.2	Cuando se utilicen detectores de metales o equipos de rayos X, deberán situarse en el último paso del proceso en el que sea factible y, siempre que sea posible, después del envasado del producto.
4.10.3.3	<p>El detector de metales o el equipo de rayos X deberá incorporar uno de los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un dispositivo de rechazo automático, especial para sistemas continuos en línea, el cual deberá desviar el producto contaminado del flujo de producción o bien dirigirlo a una unidad de seguridad a la que sólo pueda acceder el personal autorizado. • Un sistema de detención de la cinta transportadora con alarma para los casos en los que el producto no pueda ser rechazado automáticamente, por ejemplo, en el caso de envases muy grandes. • Deberán utilizarse detectores en línea que identifiquen el contaminante a fin de permitir la separación del producto afectado.

Continuación del anexo 1.

<p>4.10.3.4</p>	<p>La empresa deberá establecer e implantar procedimientos documentados para el funcionamiento y vigilancia de los equipos de rayos X y de detección de metales, que deberán incluir como mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Responsable de realizar las pruebas de los equipos. • La eficacia del funcionamiento y la sensibilidad del equipo y cualquier variación del mismo para productos concretos. • Los métodos y frecuencia de comprobación del detector. • Registro de los resultados de las pruebas.
<p>4.10.3.5</p>	<p>Los procedimientos de comprobación de los detectores de metales deberán basarse en las buenas prácticas y, como mínimo, deberán incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Testigos de prueba que tengan una esfera de metal de diámetro conocido. Los testigos deberán estar marcados con el tamaño y el tipo de material de prueba. • Se deberán realizar pruebas usando por separado testigos de metales ferrosos, acero inoxidable y metales no ferrosos, salvo que el producto se encuentre en un envase de papel de aluminio. • Prueba que confirme que, tanto la detección como los mecanismos de rechazo, funcionan de manera eficiente bajo condiciones normales de trabajo. • Comprobaciones que pongan a prueba la función de memoria/restablecimiento del detector de metales pasando envases de prueba a través de la unidad. <p>Además, en casos en que se incorporen detectores de metales en cintas transportadoras:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El testigo deberá pasar tan cerca del centro del hueco del detector de metales como sea posible y, siempre que sea posible, deberá insertarse el testigo dentro de una muestra claramente identificada, que contenga los ingredientes de los productos que se estén produciendo en ese momento. <p>Cuando se utilicen detectores de metales en línea, y siempre que sea posible, el testigo deberá colocarse en el flujo de los productos.</p>

Continuación del anexo 1.

4.10.3.6	La empresa deberá establecer e implantar acciones correctivas y procedimientos de comunicación para los casos en los que las pruebas detecten un fallo en el equipo de detección de cuerpos extraños. Las acciones deberán incluir una combinación de aislamiento, cuarentena y re inspección de todos los productos producidos desde la última prueba realizada con resultado correcto.
4.10.4	Imanes
4.10.4.1	El tipo, la ubicación y la fuerza de los imanes deberán estar completamente documentados. Deberán implantarse procedimientos documentados de inspección, limpieza y comprobación de la fuerza e integridad del imán. Deberá conservarse registro de estas comprobaciones.

Fuente: norma mundial de seguridad alimentaria del Consorcio Minorista Británico BRC,
6a ed. p. 35-38.