

Mantenimiento industrial enmarcado en sistema de gestión de calidad: Presentación de un caso en la Industria Agroalimentaria

Belkys Amador-Cáceres¹, Elías Álvarez-Cid²

¹ Instituto de Diseño y Métodos Industriales, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral de Chile, Chile.
Email: belkys.amador@uach.cl

² Instituto de Diseño y Métodos Industriales, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral de Chile, Chile.
Email: elias.alvarez@alumnos.uach.cl

Resumen

La norma NCh2861 es fundamental para aquellas empresas chilenas de la industria alimentaria que planean expandir su mercado y certificar sus productos; busca garantizar la inocuidad de los alimentos desde la producción primaria hasta el consumidor. El mantenimiento de los equipos del sistema productivo es primordial dentro de la función de los procesos de elaboración indicados por la norma. El caso de estudio, empresa dedicada a la producción de bayas orgánicas congeladas, ha manejado externamente el mantenimiento, sin embargo, el compromiso de certificación obliga a considerar el mantenimiento de equipos de forma interna, de allí que el objetivo del proyecto es realizar un análisis de criticidad y plan de mantenimiento para los equipos, considerando los más críticos como puntos críticos de control (PCC). Los equipos del área frigorífica resultaron como PCC y se les realizó un análisis de modos y efectos de fallas y se propuso un plan de mantenimiento.

Palabras clave: norma NCh2861; industria alimentaria; mantenimiento; análisis de criticidad; AMEF; punto crítico de control.

Abstract

The NCh2861 standard is essential for Chilean food industry companies that plan to expand their market and certify their products; it seeks to guarantee food safety from primary production to the consumer. The maintenance of production system equipment is essential to the function of the production processes indicated by the standard. The case study, a company dedicated to the production of frozen organic berries, has managed maintenance externally, however, the certification commitment requires considering the maintenance of equipment internally, hence the objective of the project is to perform a criticality analysis and maintenance plan for the equipment, considering the most critical as critical control points (CCP). The equipment in the refrigeration area was found to be CCP, failure modes and effects analysis were performed, and a maintenance plan was proposed.

Keywords: NCh2861 standard; food industry; maintenance; criticality analysis; FMEA; critical control point.

1. Introducción

Un sistema de gestión de calidad es un conjunto de normas, procesos y procedimientos requeridos para la planificación y ejecución de la actividad de una organización [1], su implantación persigue generar ventajas competitivas. Particularmente la norma NCh2861 ‘Sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control’ (*Hazard Analysis and Critical Control Points – HACCP*) [2], es fundamental para aquellas empresas chilenas de la industria alimentaria que planean expandir su mercado y certificar sus

productos; a través de esta norma se busca garantizar la inocuidad de los alimentos desde la producción primaria hasta el consumidor. La Organización Mundial de la Salud (OMS) resalta que ‘el suministro de alimentos inocuos fortalece las economías nacionales, el comercio y el turismo, y contribuye a la seguridad alimentaria y nutricional’ [3].

La norma NCh2861 [2] es un instrumento para identificar, evaluar los peligros de los procesos productivos y determinar las medidas necesarias para su control. Se tienen en cuenta los efectos de las

materias primas, los ingredientes, las prácticas de elaboración de alimentos, la función de los procesos de elaboración, entre otras, con el propósito de identificar, evaluar y controlar los peligros. El mantenimiento realizado a los equipos del sistema productivo juega un rol muy importante dentro de la función de los procesos de elaboración.

Según [2], un peligro se define como un agente biológico, químico o físico presente en el alimento, o bien la condición en que éste se halla, que puede causar un efecto adverso para la salud. Para identificar los peligros se establecen puntos de control, definidos como cualquier etapa en un proceso donde pueden ser controlados los peligros, y, al mismo tiempo, un punto crítico de control (PCC) hace referencia a una etapa en la que se debe aplicar un control y que es esencial para prevenir o eliminar un peligro significativo relacionado con la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable.

1.1. La empresa del caso de estudio

La empresa corresponde al rubro agroalimenticio y trabaja en el procesamiento de bayas orgánicas congeladas con tecnología *Individual Quick Freezing* (IQF), logrando entregar productos congelados de exportación con disponibilidad durante todo el año.

Desde sus inicios, ha manejado externamente el mantenimiento de sus equipos, sin embargo, el compromiso de certificación con la norma NCh2861 le obliga a considerar la ejecución y control de algunas acciones de mantenimiento de sus equipos de forma interna.

La empresa no cuenta con un plan de mantenimiento para sus equipos, tampoco cuenta con bodega de repuestos, ya que ha enfocado sus prioridades en otros aspectos productivos y organizacionales como el cultivo de sus huertos, la mantención de éstos y la logística de compra de materias primas externas para sus procesos. Su política ha sido aplicar mantenimiento correctivo a través de empresas externas.

1.2. La certificación de las empresas alimenticias y la norma NCh2861 (2011)

El funcionamiento de las empresas alimenticias tanto en sus procesos de producción como en su trabajo administrativo debe cumplir estándares que certifiquen su producto final, en función de lograr garantizar la inocuidad de los alimentos y por tanto permitir su funcionamiento nacional y las exportaciones del producto. La normativa NCh2861 [2], de forma sistemática busca introducir en una empresa un sistema de aseguramiento de la calidad del producto para controlar los peligros químicos, biológicos y radiológicos asociados a los procesos productivos, lo

que asegura a las personas que los alimentos que comen son inocuos y aptos para el consumo.

La norma engloba una visión gerencial de dirección de los múltiples departamentos en una empresa, con el fin de llevar a cabo un control estandarizado y aportar herramientas para la toma de decisiones pertinentes en la prevención de contaminación. Así la norma se presenta como la implementación de doce pasos sistémicos, dentro de los cuales se encuentran siete principios generales, con la cualidad de acomodarse a las condiciones y características de distintas empresas.

Antes de aplicar el sistema HACCP, la empresa debe tener implementado los programas de prerrequisitos, estos programas apuntan a realizar un diagnóstico donde se deben identificar todas las falencias o necesidades relacionadas con la operación y la sanitización de la planta, su equipamiento e instalaciones.

Para la aplicación del análisis de peligros, como ya se mencionó, se identifica una secuencia lógica de doce pasos, los primeros cinco corresponden a la formación de un equipo HACCP, la descripción del producto, la determinación del uso previsto del producto, el diagrama de flujo del proceso de producción y la confirmación in situ del diagrama de flujo. Los siguientes siete pasos, presentados en la Tabla 1, son los principios fundamentales que se deben desarrollar para instaurar el sistema HACCP.

Tabla 1. Principios fundamentales para instaurar el sistema HACCP.

PRINCIPIO 1	Se debe elaborar una lista donde se identifiquen todos los posibles peligros asociados al producto en cualquiera de las etapas de su elaboración.
Identificar todos los posibles peligros y estudiar las medidas para su control	
PRINCIPIO 2	El objetivo es aplicar medidas preventivas para hacer frente a los peligros.
Establecer los puntos críticos de control - PCC	
PRINCIPIO 3	Para cada PCC se deben especificar y validar los límites críticos de las medidas de control; entre los criterios aplicados suelen figurar las mediciones de temperatura, tiempo, nivel de humedad, aspecto, textura, entre otros.
Establecer los límites críticos para cada PCC	
PRINCIPIO 4	El monitoreo es la medición u observación programada y documentada de un PCC en relación con sus límites críticos.
Establecer un sistema de monitoreo para cada PCC	
PRINCIPIO 5	Cuando se deba hacer frente a las desviaciones, se deben formular acciones correctivas específicas para cada PCC; estas medidas deben asegurar que el PCC vuelve a estar controlado, también se debe incluir un adecuado sistema de disposición del producto afectado.
Establecer acciones correctivas	

PRINCIPIO 6	Para determinar si el sistema HACCP funciona eficazmente se deben establecer procedimientos de verificación, se pueden utilizar procedimientos de verificación como el muestreo aleatorio.
Establecer los procedimientos de verificación	
PRINCIPIO 7	Para aplicar un sistema HACCP es fundamental que se cuente con un sistema de registro eficaz y preciso, que sea suficiente para comprobar que se realizan y mantienen los controles de HACCP.
Establecer un sistema de documentación y registro	

Fuente: elaboración propia.

2. Metodología

Con el objeto de conocer y registrar la información de todos los equipos de la planta, y, en el corto plazo, manejar internamente el mantenimiento, se levantó un inventario con la información básica, se codificaron y se elaboraron fichas técnicas para todos los equipos de la planta [4]. Esta documentación está en concordancia con lo señalado en el Principio 7 de la norma NCh2861 [2]: ‘establecer un sistema de documentación y registro’. Específicamente:

Codificación. Se establece con el cuidado de reconocer los nombres que la empresa mantiene en las áreas de la planta donde éstos se ubican, lo mismo ocurre con los nombres de los equipos. Se busca presentar un lenguaje común para la identificación rápida y contar con la información necesaria de cada equipo.

Fichas técnicas. Permiten a la empresa contar con la información de las características de cada equipo, las especificaciones técnicas, el contacto del proveedor, las instrucciones y observaciones de mantenimiento, entre otros.

Para el diseño del plan de mantenimiento se abordan de manera profunda las indicaciones que el plan HACCP establece en relación con los sistemas productivos de la empresa para resguardar la calidad de los productos.

Los prerrequisitos que exige el plan HACCP se complementan con la realización de los procedimientos del sistema de información (inventario, codificación y fichas técnicas), en los que se ordena y se documenta la información correspondiente a cada activo.

Además, para responder a las exigencias de la normativa, y adaptarse a las necesidades de la empresa, se decidió, dentro de la identificación de peligros (Principio 1), realizar un análisis de criticidad de todos los equipos de la planta [5], para establecer aquellos de mayor criticidad dentro del proceso y considerarlos como PCC.

Análisis de criticidad. En el análisis se trabajó con base a las consecuencias de las posibles fallas de cada equipo respecto a los criterios descritos a continuación (adaptado de [6]):

- **Contaminación del producto:** Determinar si la avería asociada al equipo puede generar peligros o afectar en algún grado la higiene y/o inocuidad del producto.
- **Producción:** Determinar si la avería provoca una disminución de la capacidad productiva en la empresa (sin considerar la existencia de equipos redundantes).
- **Calidad:** Analizar la avería y evaluar su consecuencia en cuanto a la calidad de cada fruta y del producto envasado; factores para evaluar la calidad son la decoloración, el tamaño, la estética, el correcto sellado.
- **Seguridad:** Evaluar si al producirse una avería se generan consecuencias que pueden afectar la integridad física de las personas y/o perjudicar el medio ambiente.
- **Equipos Stand by:** Se trata de equipos instalados y fuera de servicio, pero puestos a funcionar si se ve afectada la unidad funcional protegida (la puesta en línea puede ser automática o a través de simples y rápidas maniobras).
- **Régimen de marcha:** Se relaciona con el ciclo de trabajo que la empresa mantiene, si el equipo evaluado funciona por un tiempo mayor al 75 % de la duración del proceso al cual pertenece, se considera continuo. En el caso de la empresa, los equipos de la línea de procesos trabajan turnos diarios de 8 horas (no continuos), mientras los equipos de refrigeración tienen un régimen de marcha que es continuo de 24 horas.
- **Frecuencia de falla:** Se debe estimar la frecuencia de las detenciones del equipo.
- **Equipo de reserva:** Se debe verificar si las partes más importantes del equipo (repuestos) se encuentran en el inventario (almacén de repuestos), para ser sustituidas en caso de que el equipo quede fuera de servicio.
- **Tiempo medio de reparación:** Se debe estimar el tiempo aproximado en reparar la unidad dañada, considerando las fallas más frecuentes que se puedan presentar.

En la Figura 1 se muestra la matriz de criticidad utilizada, con factores, peso e impactos que responden a las características de la empresa, de esta matriz se

obtiene como resultado un valor para cada equipo, el cual se podrá comparar y establecer cuál o cuáles son los equipos más críticos dentro de la empresa. El factor con mayor peso analizado apunta a prevenir la contaminación del producto, de manera de alinearse con el objetivo de la norma. Es importante destacar que la Clase A posee un grado de criticidad mayor a 160, la Clase B, se ubica entre 100 y 159, y la Clase C, es menor o igual a 99.

Tal como se señaló previamente, los equipos que resulten más críticos serán considerados PCC y se les desarrollará su plan de mantenimiento. Estas acciones van en concordancia con los Principios 1, 2, 3, 4 y 5 de la norma.

MATRIZ DE CRITICIDAD					
Factor	Peso	Impacto			PxI
1. Contaminación del producto	10	Si hay riesgo= 10		Si no hay riesgo= 0	
2. Producción	7	Alto= 10	Medio= 5	Bajo= 0	
3. Calidad	7	Alto= 10	Medio= 5	Bajo= 0	
4. Seguridad	5	Si hay riesgo= 10		Si no hay riesgo= 0	
5. Equipos Redundantes	4	Si existe= 0		Si no existe= 10	
6. Régimen de marcha	3	Continuo= 10		No continuo= 0	
7. Frecuencia de falla	3	Más de 6 fallas/año= 10	más de 2 fallas/año= 5	Menos de 2 fallas/año= 0	
8. Equipos de reserva	2	Si existe= 0		Si no existe= 10	
9. Tiempo medio de reparación (MITR)	2	Menos de dos horas= 1	De 2 a 4 horas= 4	De 4 a 8 horas= 7	Más de 8 horas =10
Criticidad = Sumatoria (peso x impacto)					
Mayor o igual a 160 =A					
De 100 a 159 = B					
Hasta 99 = C					

Figura 1. Matriz de criticidad utilizada. Fuente: adaptada de [6].

Para elaborar el plan de mantenimiento y trabajar en pro de evitar la ocurrencia de fallas y sus posibles efectos en, por ejemplo, la inocuidad del producto, se procedió a realizar análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) [7] a los equipos que resultaron como los de mayor grado de criticidad (considerados como PCC).

AMEF. Corresponde a un estudio minucioso que da respuesta a las interrogantes: ¿cuál es la función del activo?, ¿de qué manera puede fallar en cumplir la función?, ¿que origina la falla funcional? y ¿qué pasa cuando falla? [7], esta información otorga a la empresa un verdadero control sobre las posibles fallas de sus activos físicos, con el fin de preparar al departamento de mantenimiento para evitar que ocurran fallas catastróficas en función de poseer un plan de mitigación o de prevención [4].

3. Resultados

Los resultados del inventario realizado se muestran en la Figura 2 (de forma parcial), en total la empresa cuenta con 20 equipos propios distribuidos en dos áreas, 'Frigorífica' y 'Procesos'. En la tabla se muestra también la codificación de cada equipo; el primer equipo posee el código P1-FR-SF1-01, que corresponde a Planta 1, Área Frigorífica, Sistema Frigorífico N°1 (hay dos sistemas de este tipo).

Inventario y codificación de equipos				
Área	Equipo	Características	Código	Descripción del código
FR	Sistema Frigorífico 1	Marca: Bitzer; Modelo: HSN7471-75-40P	P1-FR-SF1-01	Planta 1-Área Frigorífica-Sistema Frigorífico N°1
FR	Sistema Frigorífico 2	Marca: Bitzer; Modelo: 4PES-15RY	P1-FR-SF2-01	Planta 1-Área Frigorífica-Sistema Frigorífico N°2
FR	Cámara de conservación	Marca: fabricación propia; Volumen de carga: 178 m ³	P1-FR-CC-01	Planta 1-Área Frigorífica-Cámara de Conservación N°1
FR	Túnel de congelado	Marca: fabricación propia; Volumen de carga: 98m ³	P1-FR-TC-01	Planta 1-Área Frigorífica-Túnel de Congelado N°1
FR	Contenedor Reefer 1	Marca: Carrier Transcold; Modelo: 79-66625	P1-FR-CR-01	Planta 1-Área Frigorífica-Contenedor Reefer N°1
FR	Contenedor Reefer 2	Marca: Carrier Transcold; Modelo: 79-66625	P1-FR-CR-02	Planta 1-Área Frigorífica-Contenedor Reefer N°2
FR	Contenedor Reefer 3	Marca: Carrier Transcold; Modelo: 79-66625	P1-FR-CR-03	Planta 1-Área Frigorífica-Contenedor Reefer N°3
FR	Contenedor Reefer 4	Marca: Carrier Transcold; Modelo: 79-66625	P1-FR-CR-04	Planta 1-Área Frigorífica-Contenedor Reefer N°4

Figura 2. Lista con inventario y codificación de equipos (vista parcial). Fuente: elaboración propia.

En la Figura 3 se presenta una vista parcial de la ficha técnica de la cinta elevadora, incluyendo información técnica, comercial, de funcionamiento y de mantenimiento. En total se elaboraron 15 fichas técnicas considerando que algunos equipos son similares.

Ficha Técnica – P1-PR-CE-01	
1. Equipo: Cinta Elevadora (CE1)	2. Código: P1-PR-CE-01
3. Área de ubicación: Área de Proceso	4. Costo: Sin información
5. Proveedor: Fabricación Propia	6. Contacto: juanm.master@gmail.com
7. Características: <ul style="list-style-type: none"> • Marca: Fabricación Propia • Estructura: Acero inoxidable • Dimensiones: 0.5 m de ancho y 4 m de largo. • Elevación: 2.1 m • N° Rodillos: 2 • Diámetro tambor motriz: 100 mm • Material Cinta: PVC con relieves • Elementos motrices: <ul style="list-style-type: none"> ○ Potencia motora: 0.9 Kw ○ Marca: Cemer ○ Caja Reductora: MU63 ○ Marca: SITI 	8. Imágenes: 
9. Funcionamiento y Manejo: La CE1 consta de una banda continua de PVC con relieves, se mueve por la acción del tambor motriz de 100 mm de diámetro, accionado por un sistema motorreductor y el motor eléctrico. Cuenta con un tambor de cola que gira libre, sin ningún tipo de accionamiento y sirve para el retorno de la cinta. Los 2 rodillos de plástico aseguran la tensión y soportan el peso de la cinta entre tambores.	
10. Observaciones de Mantenimiento: Es fundamental limpiar las cintas de PVC que mantienen contacto con la fruta por temporada.	
11. Instrucciones Técnicas Aplicadas: Revisar que las tapas de descansos y retenes no se encuentren con fuga de aceite. Revisar que el respiradero no se encuentre obstruido y esté en buenas condiciones. Limpiar filtros en caso de ser necesario.	

Figura 3. Modelo de ficha técnica (vista parcial). Fuente: elaboración propia.

En la Figura 4 se muestra una de las matrices desarrolladas para el análisis de criticidad, en este caso corresponde al 'sistema frigorífico 2'. En cada matriz se establece la justificación del impacto establecido para cada factor analizado, y el resultado obtenido al realizar la sumatoria de los productos del peso de cada factor por el respectivo impacto. En la Tabla 2 se presentan los resultados generales.

Sistema Frigorífico (SF-2)				
Código	PI-FR-SF2-1			
Componentes				
Compresor de pistón				
Válvula termostática				
Válvula selenoide				
Estanque de líquido 27 litros				
Estanque de succión				
Condensador				
Ventiladores				
Filtro anti ácido anti humedad				
Controladores				
Tablero eléctrico				
Presostato KP15				
Válvulas rotolock				
MATRIZ DE CRITICIDAD				
FACTOR	PESO	IMPACTO	PxI	Observación
Contaminación del producto	10	10	100	Si no se mantienen los niveles óptimos de funcionamiento o se presenta alguna falla funcional, el equipo no es capaz de alimentar al evaporador de la cámara con la demanda requerida, por lo que indirectamente se podría afectar la inocuidad si los niveles de temperatura no pueden ser mantenidos bajos, esto tiene una mayor repercusión si la falla detiene el funcionamiento total del sistema.
Producción	7	5	35	La falla funcional provocaría que el evaporador baje su rendimiento en tiempo de espera ya que la fruta debe salir de la cámara mínimo a -18 °C, para que continúe por la línea de procesos sin bajar la calidad.
Calidad	7	5	35	Si se presenta una falla en la que no se alcance la temperatura de salida de la fruta, se afecta la calidad del producto. Existe el peligro de un deterioro en el transcurso de la línea de procesos.
Seguridad	5	0	0	No provoca daños ambientales ya que existe tratamiento para fluidos contaminantes como el aceite, y al fallar no se generan consecuencias para las personas.
Equipos redundantes (stand by)	4	10	40	No existe un equipo redundante.
Régimen de marcha	3	10	30	Su régimen de marcha es continuo, mayor de 75 % del tiempo, debe mantener la fruta constantemente refrigerada.
Frecuencia de fallas	3	5	15	Entre 3 y 5 fallas al año, principalmente por filtraciones en la red resultando en bajo nivel de líquido refrigerante.
Equipos de reserva	2	10	20	La empresa no mantiene un almacén de repuestos.
Tiempo medio de reparación (MTTR)	2	7	14	El tiempo medio de reparación una vez que ocurre la falla es de 4 a 8 horas.
Resultado			289	

Figura 4. Matriz de criticidad aplicada. Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Categorización de los equipos según la criticidad.

Categorización de los equipos según criticidad		
Equipo	Resultado	Jerarquización - Categoría
Sistema frigorífico 2	289	1-A
Sistema frigorífico 1	274	2-A
Túnel de congelados	248	3-A
Cámara de conservación	239	4-A
Selladora continua	213	5-A
Tambor Clasificador Rotativo	208	6-A
Sistema clasificador por caída libre	200	7-A
Contenedor reffer	193	8-A
Compresor de Aire	150	9-B
Tamizador superior	138	10-B
Cinta elevadora 1	138	11-B
Cinta elevadora 2	138	12-B
Cinta elevadora 3	138	13-B
Cinta horizontal	138	14-B
Tamizador inferior	74	15-C

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 2 se observa que existen 8 equipos que mantienen una alta criticidad (Clase A), para estos equipos es fundamental exponer las diferencias respecto a los distintos factores y detallar los equipos

que sobresalen para definir los que son considerados PCC. A continuación se presenta el respectivo análisis.

Contaminación del producto: Es un criterio que marca la diferencia en los resultados de este análisis, se detecta que los equipos del área de refrigeración pueden afectar la inocuidad si presentan una incapacidad total de funcionar, esto provocaría un descongelamiento lo que afecta completamente el producto (descomposición), este equipo no puede fallar ya que imposibilita la comercialización del producto. En los equipos del área de procesos no existe riesgo de contaminación si fallan, pero se debe considerar en el plan de mantenimiento la limpieza de los equipos de la línea de producción ya que pudiera existir algún tipo de contaminación.

Producción: En este factor los equipos del área de procesos tienen una mayor consecuencia a la hora de fallar completamente o presentar una baja en su rendimiento, afectando considerablemente la continuidad en la línea de procesos. Los equipos del ciclo de refrigeración al presentar fallas funcionales permiten a producción seguir funcionando, pero con un alto tiempo de espera para alcanzar la temperatura requerida.

Calidad: La avería del ‘tambor clasificador rotativo’ y de la ‘clasificadora por caída libre’ posee un alto impacto en la calidad del producto, parámetros como el tamaño, la decoloración, o la existencia de elementos extraños (metales, hojas, maderas, etc.) son críticos; sus funciones están orientadas a entregar un producto de calidad. Para el caso de los equipos de refrigeración, producción requiere un producto a temperatura de -18 °C para que la fruta no sufra un deterioro en el recorrido por la línea de procesos, las fallas de los ‘sistemas frigoríficos’ provocan que no se alcance la temperatura impactando la calidad del producto mientras se procesa, por su parte, las fallas tanto de la ‘cámara de conservación’ como del ‘túnel de congelado’, si bien puede afectar el tiempo en congelar el producto, no afecta la calidad.

Seguridad: Los equipos con que cuenta la empresa no presentan consecuencias al momento de fallar, ni para el personal ni para el medio ambiente. Para el tratamiento de desechos del proceso o de la limpieza la empresa cuenta con protocolos.

Equipos redundantes: Para los equipos con mayor criticidad no existen equipos en ‘stand by’ instalados, que permitan la continuidad del proceso una vez producida la falla.

Régimen de marcha: En este factor se diferencia a los equipos del área de procesos de los del área de refrigeración, ya que los del área de refrigeración trabajan las 24 horas en marcha continua, en

comparación al turno de trabajo en el área de procesos que es de 8 horas (régimen no continuo).

Frecuencia de fallas: Este criterio es analizado con base a la experiencia de la empresa, que como se señaló no mantiene mayor documentación de los mantenimientos realizados a los equipos, en la que se identifiquen los trabajos realizados. El ‘sistema frigorífico 2’ y el ‘túnel de congelados’ son los equipos de mayor recurrencia en las fallas, fallas por filtración de refrigerante y en el deshielo respectivamente; el estanque de líquido refrigerante se debe llenar 3 a 5 veces al año ya que existen filtraciones de difícil detección. El deshielo de las placas del evaporador debe ser cada 6 a 8 horas para derretir el hielo formado por la acción del refrigerante, este procedimiento se realiza con serias falencias ya que no produce deshielo en el evaporador, por lo que la falla es repetitiva.

Equipos de reserva: Los equipos de mayor criticidad no presentan componentes de reserva.

MTTR: El tiempo de reparación para los equipos de refrigeración se proyecta mayor por la baja disponibilidad de técnicos de refrigeración.

Al evaluar los criterios se establece que los equipos del área de refrigeración se presentan con el mayor nivel de criticidad, en comparación a los equipos del área de procesos, que si bien se establecen como equipos críticos no representan un riesgo para la contaminación del producto. Este factor mantiene estrecha relación con las indicaciones de higiene e inocuidad de los alimentos que la norma NCh2861 [2] dicta estudiar para generar procedimientos de prevención, en tal sentido, basando la decisión en el análisis de criticidad, el área de refrigeración se establece como un punto crítico de control (PCC) el cual debe responder a cada uno de los principios establecidos. Con ayuda del AMEF se busca identificar y establecer los procedimientos que aseguren la prevención de las fallas de estos equipos, y de esta forma aportar para la certificación del proceso de alimentos en la empresa.

De este análisis se desprende que los equipos considerados PCC son: sistema frigorífico 1, sistema frigorífico 2, túnel de congelados y cámara de congelado. Lo que prosigue es el análisis de cada equipo en su contexto operacional y el desarrollo del AMEF. En la Figura 5 se puede observar una vista parcial del AMEF para el ‘sistema frigorífico 1’ (sus distintos componentes), se incluyen las funciones del equipo, las fallas funcionales, y los modos y efectos de falla para cada falla funcional.

AMEF parte 1 – Sistema Frigorífico 1			
Ubicación en Planta: Área frigorífica (FR)		Fecha: 3 de diciembre 2021	
Equipo: Sistema frigorífico 1 (SF1)			
Nombre	Función		Falla funcional
Compresor semi hermético tipo tornillo	o Crear y mantener una alta presión en el condensador, presión de trabajo 17 bar	A	Alta presión en la descarga supera los 18 bar
		B	Baja presión en la descarga descendiendo sobre los 15 bar
	o Crear y mantener una baja presión en el evaporador, presión de trabajo 1 bar	A	Alta presión en la aspiración supera los 2 bar
		B	Baja presión en la aspiración descendiendo sobre los 0.5 bar
	o Crear y mantener presión para lubricar el sistema, presión de trabajo 2 bar	A	Alta presión de aceite supera los 4 bar
		B	Baja presión de aceite descendiendo sobre 1 bar
Separador de aceite	o Separar el fluido refrigerante del aceite que proviene de la descarga del compresor	A	Incapacidad de separar los fluidos
	o Retornar aceite al compresor	A	Incapacidad de retornar aceite al cárter del compresor
Enfriador de aceite	o Enfriar aceite de retorno al compresor a una temperatura de 25°C	A	Incapacidad de enfriar el aceite

Falla funcional	Modos de falla	Efectos de falla
COMPRESOR SEMIHERMETICO TIPO TORNILLO		
Alta presión en la descarga supera los 18 bar	<ol style="list-style-type: none"> Ventilador del condensador defectuoso Temperatura del medio condensante supera los 30°C Condensador sucio Gases incondensables en el circuito Sobrecarga de refrigerante 	<ol style="list-style-type: none"> Se aprecia una disminución en las revoluciones de los ventiladores del condensador o los ventiladores se encuentran en corto circuito Se activa el presostato de alta presión A la vista se observa el condensador con acumulación de polvo, tierra o partículas que desfavorece la transferencia de calor Bajo rendimiento del condensador, activación de presostato de alta presión El líquido refrigerante se acumula en el interior del condensador quitándole superficie de intercambio de calor, disminuyendo su eficiencia
Baja presión en la descarga descendiendo sobre los 15 bar	<ol style="list-style-type: none"> Baja cantidad de fluido refrigerante Compresor no se encuentra comprimiendo correctamente Válvula de descarga del compresor defectuosa 	<ol style="list-style-type: none"> Provoca escarcha en el compresor luego de un tiempo en funcionamiento. El visor de línea de líquido con burbujas Motor del compresor ruidoso, aumento del consumo de energía. Presostato capta la señal y detiene el compresor por baja presión en la descarga Desgaste en los elementos y filtraciones internas que liberan la presión

Figura 5. AMEF para ‘sistema frigorífico 1’ (vista parcial).
Fuente: elaboración propia.

Tomando como base los resultados del AMEF de los equipos considerados como críticos o PCC, se establecieron las actividades de mantenimiento preventivas y correctivas para cada modo de falla, información fundamental para aportar al cumplimiento de los Principios 3, 4 y 5 de la norma. En la Figura 6 se puede observar parte de la información asociada al ‘compresor tornillo’ del ‘sistema frigorífico 1’.

Modos de falla	Actividad de mantenimiento
COMPRESOR TORNILLO	
Ventilador del condensador defectuoso	Como medida preventiva , cada seis meses se deben realizar las siguientes mantenencias: <ul style="list-style-type: none"> o Reapriete y apriete de todas las conexiones eléctricas en resistencias. o Revisión de todo el cableado y aislamiento, revisión de todos los motores de los ventiladores. o Ajuste de los pernos/tuercas de montaje de cada motor, así como de los tornillos de posicionamiento del ventilador.
Temperatura del medio condensante supera los 30°C	Como medida preventiva , diariamente se corresponde: <ul style="list-style-type: none"> o Cuando el equipo esté en funcionamiento mantener piso y techo de la sala de máquinas húmedos y fríos. o Instalación de malla superior protectora de calor.
Condensador sucio	Como medida preventiva , cada seis meses se deben realizar las siguientes mantenencias: <ul style="list-style-type: none"> o Limpieza de las aletas y ductos de transferencia de calor con el aire exterior. Herramienta necesaria hidro lavadora.
Gases incondensables en el circuito	Como medida preventiva : Para confirmar un problema con el compresor se toma el siguiente procedimiento de ejecución: <ul style="list-style-type: none"> o Con el sistema en funcionamiento y con ayuda del juego de manómetros conectar en la toma de servicios de la válvula rotolock de aspiración la línea azul del manómetro. o Se gira una vuelta la válvula rotolock y la presión medida en el juego de manómetros comenzara a bajar. o Luego se debe roscar completamente el vástago del recipiente de líquido (imposibilitando la llegada de líquido al recipiente), luego cerrar completamente la línea de aspiración. o Se detiene el funcionamiento del solenoide de ventiladores y compresor.

Figura 6. Plan de mantenimiento para ‘compresor tornillo’ del ‘sistema frigorífico 1’ (vista parcial).
Fuente: elaboración propia.

Con el desarrollo del proyecto se completaron los prerrequisitos estipulados en la normativa, principalmente la empresa ya cuenta con un registro, codificación y fichas técnicas de todos sus equipos, además del plan de mantenimiento para los equipos críticos (o PCC).

Para cumplir con el Principio 6 'Establecer los procedimientos de verificación', la empresa debe coordinar un plan para llevarlo a cabo, que incluya tanto los PCC determinados a través de este proyecto, como los PCC que determine en el resto de procesos de apoyo. En relación al Principio 7, el proyecto apoya en la generación de toda la documentación correspondiente a los equipos establecidos como PCC, además, se entrega la documentación de fichas técnicas y evaluación de criticidad de todos los equipos de la línea de producción incluidos en el inventario.

3.1. Conclusiones

Respondiendo a las exigencias de la normativa, considerando las condiciones de la empresa y atendiendo a las consideraciones dadas sobre los PCC, se realizó el análisis de criticidad a todos los equipos, que permitió comparar las consecuencias de sus posibles fallas en factores como contaminación del producto, producción, calidad, seguridad, tiempo de reparación, entre otros, resultando los equipos del área frigorífica como los de mayor grado de criticidad. A estos equipos se les realizó el AMEF, estudiando su contexto operacional e identificando su funcionamiento, las posibles fallas funcionales, los modos de falla relacionados y los efectos de fallas, información fundamental para establecer el plan de mantenimiento correspondiente.

Con el objeto de documentar la información de mantenimiento, se codificaron y elaboraron fichas técnicas para todos los equipos de la planta, proponiendo acciones básicas de mantenimiento, esto en concordancia con lo señalado en el Principio 7 de la norma [2]: 'establecer un sistema de documentación y registro'.

El plan propuesto garantiza a la empresa seguridad y protección del entorno, mayor contención en los costos de mantenimiento y la prolongación de la vida útil de los equipos, por supuesto, adicional al requerimiento de evitar la contaminación de los alimentos por fallas de mantenimiento de los equipos.

La empresa ahora cuenta con la documentación e información para llevar a cabo un plan de mantenimiento para sus equipos y así llevar un adecuado control de las acciones de mantenimiento, lo cual es fundamental dentro del plan de certificar su proceso productivo bajo la normativa chilena

NCh2861, con el fin de expandir su mercado y certificar su producto.

Finalmente, a través del proyecto se hace un importante aporte para el cumplimiento de los Principios 1, 2, 3, 4, 5 y 7 de la norma por parte de la empresa, lo que favorece su compromiso de obtener certificación.

4. Referencias

[1] Postgrado UCSP (2021). Sistema de gestión de calidad. Disponible en: <https://postgrado.ucsp.edu.pe/articulos/que-es-gestion-calidad/> (08/21).

[2] NCh2861 (2011). Norma Chilena: Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control - Directrices para su aplicación. Instituto Nacional de Normalización, Chile.

[3] Organización Mundial de la Salud-OMS (2021). Inocuidad de los alimentos. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety> (06/21).

[4] S. Zambrano y S. Leal, S. (2006). Manual práctico de gestión de mantenimiento. Fondo editorial de la UNET - FEUNET, Venezuela.

[5] E. Álvarez. Plan de mantenimiento para empresa MasBerries enmarcado en Sistema de Gestión de Calidad para la industria alimenticia. Trabajo de fin de grado, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral de Chile, Chile (2022).

[6] A. Pistarelli (2010). Manual de Mantenimiento: ingeniería, gestión y organización. Talleres Gráficos R y C, Buenos Aires, Argentina.

[7] J. Moubray (2004). Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Compañía Aladon Ltd, United Kingdom.