



Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Implementación de un panel de control en Power BI para el seguimiento y medición del sistema de gestión en una empacadora de camarón.

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo la obtención del Título de:

Magíster en Gestión de Procesos y Seguridad de los Alimentos

Presentado por:

Joshue Steven Carrera Carrera

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

Declaración Expresa

Yo JOSHUE STEVEN CARRERA CARRERA acuerdo y reconozco que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al/los autores/es que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 22 de septiembre del 2025.

JOSHUE STEVEN CARRERA CARRERA

Evaluadores

Ph. D. Patricio Cáceres

Profesor de Materia

M. Sc. Leyla Solórzano

Tutor de proyecto

Resumen

El estudio aborda el diseño de un sistema de monitoreo digital orientado a fortalecer el control de inocuidad en una planta procesadora de camarón, con el objetivo de mejorar la toma de decisiones mediante indicadores de desempeño. La hipótesis sostiene que la visualización integrada y la alerta temprana permiten optimizar el cumplimiento de estándares internacionales de calidad, reduciendo las desviaciones y garantizando trazabilidad continua. El proyecto se desarrolló mediante la implementación de un panel en Power BI, que incorporó indicadores de POES y PCC definidos en coherencia con BRCGS v9 y SPS 5.1. Para ello, se recopilaron y procesaron datos de mayo a julio de 2025, correspondientes a dos turnos de producción, 1.840 lotes y 14.720 registros, aplicando reglas de semaforización y consolidación mensual. Los resultados mostraron promedios de cumplimiento de 97 % en POES y 99 % en PCC, con cinco alertas generadas. Se concluye que el sistema refuerza la trazabilidad y el control operativo, es técnicamente viable y contribuye a la mejora continua.

Palabras Clave: Analítica operacional, HACCP, cumplimiento normativo, trazabilidad, industria acuícola.

Abstract

The study addresses the design of a digital monitoring system aimed at strengthening the safety control in a shrimp processing plant, with the aim of improving decision-making through performance indicators. The hypothesis holds that integrated visualization and early warning allow optimizing compliance with international quality standards, reducing deviations and guaranteeing continuous traceability. The project was developed through the implementation of a panel in Power BI, which incorporated POES and PCC indicators defined in coherence with BRCGS v9 and SPS 5.1. For this purpose, data were collected and processed from May to July 2025, corresponding to two production shifts, 1,840 batches and 14,720 records, applying traffic light rules and monthly consolidation. The results showed compliance averages of 97% in POES and 99% in PCC, with five alerts generated. It is concluded that the system reinforces traceability and operational control, is technically feasible and contributes to continuous improvement.

Keywords: Operational analytics, HACCP, regulatory compliance, traceability, aquaculture industry.

Índice general

Resumen	I
Abstract.....	II
Índice general.....	III
Simbología.....	VI
Índice de figuras	VII
Índice de tablas	VII
1. Capítulo 1	1
1.1 Introducción	2
1.2 Descripción del Problema	4
1.3 Justificación del Problema	6
1.4 Objetivos	8
1.4.1 Objetivo general	8
1.4.2 Objetivos específicos	9
1.5 Marco teórico.....	9
1.5.1 Gestión de la inocuidad alimentaria.....	9
1.5.2 Estándares internacionales aplicables	10
1.5.3 Elementos técnicos del sistema gestión	13
1.5.4 Indicadores clave de desempeño (KPIs).....	15
1.5.5 Visualización y análisis de datos	16
1.5.6 Investigaciones y experiencias previas	16
2. Capítulo 2	18
2.1 Metodología.	19
2.2 Enfoque y diseño metodológico.....	19
2.3 Formulación de alternativas y selección de solución.....	20
2.4 Formulación de alternativas y selección de solución.....	21

2.5	Procedimiento de implementación.....	27
2.6	Población y muestra.....	29
2.7	Normativas técnicas de referencia	30
2.8	Justificación técnica del enfoque	31
2.9	Especificaciones del sistema final.....	31
2.10	Consideraciones éticas y legales	32
3.	Capítulo 3	33
3.1	Resultados y análisis	34
3.2	Resultados de la fase 1: indicadores de POES y PCC	34
3.2.1	Cumplimiento de indicadores por programa POES.....	34
3.2.2	Cumplimiento de indicadores por PCC	40
3.2.3	Resultados globales de la primera fase	44
3.3	Resultados de la fase 2: indicadores alineados a normas BRCGS v9 y SPS 5.1	45
3.3.1	Cumplimiento de cláusulas BRCGS v9.....	45
3.3.2	Cumplimiento de cláusulas SPS 5.1	51
3.4	Evaluación funcional del sistema implementado	55
3.5	Análisis de costos y viabilidad.....	57
3.5.1	Desglose de costos.....	57
3.5.2	Estimación de beneficios	58
3.5.3	Viabilidad económica y operativa	60
3.6	Consideraciones éticas y de confidencialidad	61
3.7	Conclusión del capítulo.....	62
4.	Capítulo 4	63
4.1	Conclusiones y recomendaciones	64
4.1.1	Conclusiones.....	64
4.1.2	Recomendaciones	65

Referencias	68
-------------------	----

Simbología

POES	Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento
PCC	Punto Crítico de Control
KPI	Indicador Clave de Desempeño (<i>Key Performance Indicator</i>)
BRCGS V9	<i>British Retail Consortium Global Standards</i>
SPS 5.1	Norma <i>Seafood Processing Standard</i> , edición 5.1 (BAP)
BPM	Buenas Prácticas de Manufactura
%	Porcentaje
h	Hora(s)
USD	Dólares estadounidenses
ROI	Retorno de la Inversión (<i>Return on Investment</i>)
m ³	Metro cúbico
Nº	Número
≥	Mayor o igual que
≤	Menor o igual que

Índice de figuras

Figura 1 <i>Estrategias metodológicas</i>	19
Figura 2 <i>Esquema de selección de alternativa tecnológica para el sistema de monitoreo digital</i>	21
Figura 3 <i>Arquitectura del procedimiento de implementación</i>	28
Figura 4 <i>Evolución mensual del cumplimiento de indicadores POES</i>	36
Figura 5 <i>Panel de control de los POES 1 y 3</i>	37
Figura 6 <i>Panel de control del POES 4</i>	38
Figura 7 <i>Panel de control de los POES 2 y 8</i>	39
Figura 8 <i>Cumplimiento mensual de indicadores PCC durante la fase piloto</i>	41
Figura 9 <i>Panel de control de los PCC</i>	43
Figura 10 <i>Comparación de cumplimiento por cláusula BRCGS v9 frente a meta establecida</i>	47
Figura 11 <i>Panel de control BRCGS V9 cláusula 1.1</i>	48
Figura 12 <i>Panel de control BRCGS V9 cláusulas 3.7;3.9;6.4</i>	49
Figura 13 <i>Panel de control BRCGS V9 cláusula 7.1</i>	50
Figura 14 <i>Cumplimiento de cláusulas SPS 5.1 por eje temático</i>	52
Figura 15 <i>Panel de control de SPS BAP clausula A2.1.3</i>	53
Figura 16 <i>Panel de control de SPS BAP cláusula 5.3 – 7.2.2</i>	54

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Comparación estructural entre BRCGS v9 y SPS 5.1</i>	13
Tabla 2 <i>Formulación de alternativas con ventajas y desventajas</i>	20
Tabla 3 <i>KPIs alineados a los PCC y POES de la planta</i>	22
Tabla 4 <i>KPIs alineados a requisitos normativos (BRCGS v9 y SPS 5.1)</i>	24
Tabla 5 <i>Parámetros operativos de la fase piloto del sistema de monitoreo</i>	29
Tabla 6 <i>Indicadores seleccionados POES con su fórmula</i>	35
Tabla 7 <i>Cumplimiento mensual de indicadores POES (mayo–julio de 2025)</i>	35
Tabla 8 <i>Indicadores PCC: descripción técnica y fórmula de cálculo</i>	40
Tabla 9 <i>Cumplimiento mensual de indicadores PCC durante la fase piloto</i>	41
Tabla 10 <i>Resumen global de cumplimiento de indicadores POES y PCC</i>	45
Tabla 11 <i>Cumplimiento de cláusulas seleccionadas según BRCGS versión 9</i>	46

Tabla 12	<i>Cumplimiento de cláusulas seleccionadas según SPS 5.1</i>	51
Tabla 13	<i>Evaluación del desempeño funcional del sistema de monitoreo digital</i>	55
Tabla 14	<i>Desglose estimado de costos del sistema de monitoreo digital</i>	58
Tabla 15	<i>Estimación de beneficios operativos y económicos derivados del sistema de monitoreo digital</i>	59
Tabla 16	<i>Beneficios proyectados vs. costos de implementación</i>	60

1. CAPÍTULO 1

1.1 Introducción

Los sistemas agroalimentarios contemporáneos requieren un mayor cumplimiento médico, trazabilidad y sostenibilidad. Esta presión proviene tanto del cumplimiento normativo de un país como del respeto internacional de la política técnica, uno de los más destacados y controversiales a nivel internacional es el de los productos alimenticios. Este es el motivo por el que las empresas que se dedican al procesamiento de alimentos, en este caso las que se dedican al empaque de camarón crudo congelado, se ven obligadas a cumplir políticas que garanticen que la calidad y la inocuidad del producto sean irrechazables, incurriendo en estrategias que disminuyan los riesgos y maximicen el control en cada paso del proceso.

Uno de los marcos generales más relevantes a nivel internacional es el Estándar de Seguridad Alimentaria BRCS, que es reconocido por la Iniciativa Global de Seguridad Alimentaria (GFSI) y adoptado por empresas que exportan a la UE y EE. UU. Este estándar se considera como una fuerte referencia en la evaluación del rendimiento de los sistemas de seguridad alimentaria, ya que establece requisitos sobre gestión de riesgos, involucramiento ejecutivo, seguridad del producto, trazabilidad y mejora continua (BRCS, 2023).

Paralelamente, el Protocolo de Seguridad de Productos SPS 5.1 incumple la ISO/TS 22002-1 y sirve como un documento técnico suplementario crucial que se centra en programas prerrequisito como la higiene del personal, control ambiental, limpieza de equipos, gestión de desechos y prevención de contaminación cruzada que proporcionan el marco operativo fundamental para cualquier sistema de calidad (Velázquez et al., 2021).

Algunas plantas industriales siguen teniendo problemas con su aplicación operacional, incluso con los marcadores de desempeño estratégico tan reconocidos. La falta de integración de datos, el escaso control manual y la poca visibilidad a indicadores críticos son problemas comunes. Estas carencias además de provocar debilidades en las auditorías, afectan la capacidad

organizativa para anticiparse a las no conformidades y a la necesidad de mantener un control dinámico y preventivo del sistema (Salas y Pinto, 2022). Por el contrario, uno de los mayores problemas en la industria alimentaria es ser capaz de superar la documentación demandada, construyendo evidencia operativa clara, confiable y temprana que demuestre el cumplimiento continuamente.

En este ámbito, la administración de datos lleva un papel central. Para muchas organizaciones, el vacío de contar con sistemas que concentren, analice y visualicen la información de forma estructurada representa un obstáculo significativo. El monitoreo de POES, PCC y otros elementos esenciales del sistema depende muchas veces de registros dispersos y revisiones aisladas, obstaculizando la trazabilidad, dificultando la mejora continua y reduciendo la eficiencia operacional (Martínez y Hidalgo, 2021).

Dada esta situación, el uso de herramientas de visualización digital como Power BI representa una estrategia innovadora y efectiva para optimizar la gestión de la información. Estas plataformas permiten la creación de paneles interactivos que consolidan datos de diversas fuentes, automatizan el seguimiento de indicadores, emiten alertas y permiten el monitoreo en tiempo real. Varios estudios, incluido el de (Ramos et al., 2023), han demostrado que la implementación de soluciones de inteligencia empresarial en entornos alimentarios ayuda significativamente a reducir desviaciones, mejorar los tiempos de respuesta a eventos que requieren atención crítica y economizar los recursos técnicos y humanos.

La integración de tecnologías para el análisis de datos con los estándares regulatorios mencionados hace posible avanzar hacia una gestión basada en la evidencia que puede sostener auditorías más rigurosas, construir confianza con los clientes y permitir decisiones mejor informadas. En el caso específico de la planta de procesamiento de camarón incluida en este estudio, hay una falta de sistemas integrados para el monitoreo continuo de los KPI asociados

con BRCGS y SPS 5.1 POES, PCC y otros requisitos pertinentes. Esta falta reduce la visibilidad de información crítica y crea dependencia de mecanismos reactivos que en muchos casos actúan demasiado tarde o son insuficientemente precisos.

Este proyecto tiene como objetivo abordar este problema mediante el desarrollo e implementación de un panel digital configurado en Power BI destinado a ilustrar y evaluar los indicadores clave de rendimiento del sistema de gestión. Su propósito es mejorar el cumplimiento regulatorio, la eficiencia operacional y fortalecer la cultura organizativa permanente dedicada a la prevención y la mejora continua. La aplicación de esta herramienta no solo permitirá una supervisión más eficiente, sino que también servirá como una solución replicable en otros entornos de producción con características comparables.

La propuesta se entiende en el contexto de intersección entre la legislación internacional sobre sistemas de gestión de calidad y la evolución tecnológica en su transformación digital. A través de esta sinergia, se aspira a la certificación de la inocuidad del producto, optimización del sistema, y una actitud proactiva frente a los fenómenos de la globalización en el comercio de alimentos.

1.2 Descripción del Problema

La planta de procesamiento que es el enfoque de esta investigación se dedica al cultivo y exportación de camarones crudos congelados, operando en un área altamente regulada donde se deben observar las normas internacionales sobre seguridad alimentaria y bioseguridad. En tales operaciones, controlar los riesgos de producción asociados requiere un sistema de gestión que integre programas preceptivos, procedimientos documentados, controles críticos y mecanismos para evaluar el rendimiento y la vigilancia jerárquica. En particular, BRCGS y SPS 5.1 no solo exigen buenas prácticas operativas, sino que también demandan como mínimo que exista

evidencia documentada de que tales prácticas son adoptadas, verificadas y sometidas a mejoras continuas (BRCGS, 2023; Velázquez et al., 2021).

Actualmente, la empresa enfrenta un notable problema de tecnología de la información: la falta de un sistema de monitoreo que pueda integrar, analizar y visualizar digitalmente los indicadores clave de rendimiento (KPI) de los Procedimientos Operativos Estándar para la Saneamiento (POES), los Puntos Críticos de Control (PCC) y otros componentes significativos del sistema de gestión. Existen registros de verificación, sin embargo, estos se capturan en archivos en papel o digitales dispares, lo que resulta en sistemas fragmentados que obstaculizan su consolidación, trazabilidad y evaluación. Como resultado, la capacidad de la empresa para identificar tendencias, anticipar desviaciones y tomar acciones correctivas oportunas se ve disminuida (Ramos et al., 2023).

Este problema no es único de la organización objeto de estudio. Dentro de la industria acuícola, varios estudios indican que la falta de sistemas tecnológicos para el control operativo lleva a brechas en la trazabilidad, pérdida de eficiencia y utilización subóptima de los datos generados en el campo (Salas y Pinto, 2022). Las auditorías internas realizadas en los períodos anteriores han revelado hallazgos recurrentes, como errores de documentación en los procesos de limpieza y desinfección, discrepancias en el registro de temperaturas, omisiones en la presentación de formularios de monitoreo y retrasos en el cierre de desviaciones. Estos hallazgos, aunque categorizados como menores, se repiten con una frecuencia alarmante sugiriendo una falta de cumplimiento robusto de los procesos estandarizados de la organización respecto al cumplimiento de procedimientos críticos (Martínez y Hidalgo, 2021).

Desde una perspectiva normativa, tanto las normas BRCGS como la guía ISO/TS 22002-1 afirman que la validación y verificación de procesos deben basarse en información confiable, sistemática y accesible. En ausencia de información o en casos donde la información se presenta

en formatos no analizables, el riesgo de incumplimiento aumenta y la capacidad de responder a auditores, clientes o plazos de autoridades sanitarias se convierte en un desafío significativo (Velázquez et al., 2021). Debido a esto, se vuelve crítico diseñar una solución tecnológica que centralice los indicadores del sistema, automatice alertas y evalúe el estado de cumplimiento en tiempo real.

Desde una perspectiva técnica, esta situación es completamente observable, medible y evaluable. Las variables de interés, como la tasa de incumplimiento en POES, las desviaciones derivadas de auditorías, los tiempos de respuesta a hallazgos y la frecuencia de actualización de registros, pueden enmarcarse como indicadores específicos, medibles, monitoreados y comparables antes y después de la intervención. Además, las mejoras esperadas pueden evaluarse a través de pruebas piloto, validación por usuarios y análisis de tendencias en los KPI seleccionados tras implementar un sistema digital.

La falta de integración de datos en los sistemas de gestión de calidad no solo plantea un obstáculo operativo, sino que también pone en peligro la sostenibilidad del negocio de la empresa. Las empresas que no logran demostrar una gestión proactiva de riesgos, cumplimiento y control de calidad en este mercado competitivo en rápida evolución, tienden a perder frente a aquellas que sí lo hacen. Así, la creación de un panel de control digital impulsado por Power BI parece ser una solución relevante y factible que aborda las necesidades actuales de evaluación comparativa de la organización y del mundo (Ortega y Salazar, 2023).

1.3 Justificación del Problema

Desde un punto de vista estratégico, operativo y regulatorio, abordar el problema identificado en la planta de procesamiento de camarones congelados es esencial. La falta de un sistema integrado para monitorear indicadores clave de desempeño relacionados con los programas de seguridad alimentaria compromete la efectividad del sistema de gestión, ya que

afecta la trazabilidad del proceso, la agilidad de gestión y la capacidad de respuesta ante eventos que ponen en peligro la calidad del producto. En el entorno de producción donde estándares internacionales como BRCGS y SPS 5.1 son requisitos fundamentales para exportar a mercados regulados, la gestión adecuada de los datos operativos se convierte en un prerequisite obligatorio que es no negociable y urgente (BRCGS, 2023).

Esto es crítico porque el incumplimiento en la documentación, trazabilidad y monitoreo de procesos como los POES y el control de los PCC no solo aumenta la probabilidad de no conformidades en auditorías externas, sino que también puede llevar a multas regulatorias, pérdida de certificaciones e incluso rechazo de cargamentos en puertos internacionales, lo que tiene impactos económicos significativos. Como señalaron (Salas y Pinto, 2022), las brechas en el monitoreo de controles críticos se atribuyen con frecuencia a la sub digitalización de registros, así como la falta de herramientas analíticas de monitoreo.

Además, otros estudios muestran que la eficiencia operativa, la calidad del proceso y la toma de decisiones basada en evidencia mejoran sustancialmente con la implementación de tecnología centrada en la visualización de datos. Es posible integrar información dispar, automatizar informes, alertar sobre desviaciones y proporcionar una visión holística del estado del sistema utilizando plataformas como Power BI, fortaleciendo así la toma de decisiones oportuna (Ramos et al., 2023).

Desde la perspectiva normativa, tanto BRCGS como SPS (buenas prácticas de acuicultura) requieren monitoreo activo de la verificación de controles, documentación precisa de registros y mantener la visibilidad del cumplimiento de los procedimientos definidos. Tales requisitos van más allá de simplemente ejecutar procedimientos organizacionales documentados; también deben proporcionar evidencia, ya sea en tiempo real o retrospectivamente, demostrando

que los controles establecidos se implementaron total y correctamente según lo previsto y que se tomaron medidas efectivas frente a cualquier desviación (Velázquez et al., 2021).

Además, el diseño de un sistema de monitoreo de KPIs basado en estándares técnicos fomenta una cultura de mejora continua, mejora la cohesión interdepartamental, acelera los tiempos de respuesta a problemas operativos y refuerza la base de una función de auditoría interna robusta. Como indican (Martínez y Hidalgo, 2021), las herramientas de diagnóstico no solo mejoran la funcionalidad del sistema, sino que también alivian la carga administrativa, mejoran la gestión del capital humano y permiten una evaluación del desempeño más objetiva a nivel organizacional.

La intervención planteada es recuperable en otras plantas del rubro y apropiada a la realidad de la industria acuícola, además de ser técnicamente factible. También avanza hacia el cumplimiento de los principios de inocuidad alimentaria descritos en el Codex Alimentarius, que aboga por la implementación de políticas de prevención y control basado en riesgos a lo largo de toda la cadena alimentaria, desde la producción hasta el consumidor final.

Por lo tanto, la justificación del proyecto se aborda en tres dimensiones: normativa, operativa y comercial, en su sostenibilidad. La resolución del problema detectado no solo transforma la estructura organizativa mejorando los procesos internos de la organización, sino que refuerza su competitividad en el mercado, potencia su capacidad de negociación con clientes internacionales y avanza en la profesionalización de su sistema de gestión de calidad.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo general*

Implementar un panel de control en Power BI para mejorar el seguimiento y medición del sistema de gestión de las normativas SPS 5.1 y BRCGS food safety.

1.4.2 *Objetivos específicos*

- Establecer indicadores claves de desempeño (KPIs) alineados con las normativas de BAP y BRCGS para monitorear los procesos críticos.
- Desarrollar e implementar un panel de control interactivo en Power BI que integre KPIs claves de las normativas SPS 5.1 y BRCGS, así como los POES y PCC.
- Evaluar la funcionalidad, efectividad y usabilidad del sistema mediante el análisis de resultados comparativos antes y después de su implementación.

1.5 **Marco teórico**

1.5.1 *Gestión de la inocuidad alimentaria*

A lo largo de los últimos años, la noción de inocuidad alimentaria ha cambiado de ser una tarea de limpieza a posteriori a convertirse en un ejercicio de vigilancia continua. Hoy el foco está en cortar los peligros desde el principio en lugar de atraparlos al final de la línea de producción. Desde este punto de vista, eliminar contaminantes no es el único objetivo; el verdadero reto es edificar un sistema que garantice que el alimento no dañe a nadie cuando se manipula y se sirve de la forma correcta (FAO, 2022).

En la industria del camarón crudo congelado, el respeto a los estándares globales no es negociable; de él depende el acceso a mercados que exigen controles rigurosos. Dentro de ese paisaje normativo, la SPS 5.1 de *Global Seafood Assurances*, parte del esquema BAP (*Best Aquaculture Practices*), surge como referente técnico de aplicación obligatoria. La SPS 5.1 fija criterios específicos sobre limpieza de instalaciones, gestión de alérgenos, mantenimiento de trazabilidad, vigilancia de puntos críticos y verificación de cada etapa del proceso. A partir de esos elementos, la norma dibuja un marco operativo que ayuda a preservar la calidad del producto y a proteger al consumidor de eventuales riesgos sanitarios (Norma SPS 5.1., 2020).

La norma SPS 5.1 sugiere ligar la seguridad alimentaria a un enfoque basado en riesgos, lo que en términos prácticos se traduce en la implementación del sistema HACCP. Junto con ese marco principal, los planteles suelen adoptar los POES para mantener condiciones insalubres bajo control. Al combinar ambos instrumentos, la planta queda dotada de un mecanismo de vigilancia constante que capta las desviaciones en sus etapas iniciales y permite que las correcciones se apliquen antes de que los problemas se propaguen (Salas y Pinto, 2022).

La inocuidad alimentaria está estrechamente vinculada a los sistemas de gestión de calidad que las plantas exportadoras despliegan en sus líneas de procesado. Ambos marcos, de hecho, giran en torno a principios comunes: trazabilidad rigurosa, documentación ordenada y una mejora continua que nunca se da por cerrada. Cuando se entrelazan de manera coherente, los recursos operativos se ajustan, los mecanismos de auditoría se vuelven más sólidos y, al final, la empresa termina construyendo una cultura interna que prioriza la prevención y la sostenibilidad del ciclo productivo (Martínez y Hidalgo, 2021).

1.5.2 Estándares internacionales aplicables

1.5.2.1 Norma BRCG Food Safety

El estándar BRCGS Food Safety surge en el Reino Unido en 1998 como respuesta a la necesidad de asegurar productos seguros, legales y de calidad en cadenas minoristas. Su estructura actual se organiza en cláusulas fundamentales agrupadas en áreas como compromiso de la dirección, sistema de gestión de inocuidad, control de productos, procesos y personal (BRCGS, 2023).

Entre sus requisitos clave destacan: el compromiso visible de la alta dirección, el desarrollo e implementación de un sistema basado en análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP), la trazabilidad completa de productos y procesos, y la verificación continua del cumplimiento mediante auditorías internas y análisis de resultados (Velázquez et al., 2021).

Este estándar es reconocido por la Iniciativa Global de Seguridad Alimentaria (GFSI), lo que lo convierte en una certificación ampliamente aceptada por compradores internacionales. Su aplicación refuerza la confianza del cliente, mejora la reputación empresarial y facilita el acceso a mercados regulados (Salas y Pinto, 2022).

Su enfoque abarca:

- Evaluación del cumplimiento HACCP.
- Control de proveedores y materias primas.
- Trazabilidad de productos terminados.
- Revisión documental y verificación operativa en sitio.

En el caso específico de una planta procesadora de camarón crudo congelado, las cláusulas más pertinentes son:

- Requisitos de higiene (sección 4).
- Control de materiales de empaque (sección 5).
- Validación de PCCs y monitoreo de parámetros críticos (sección 2.10).
- Uso de tecnologías de monitoreo y recopilación de datos (sección 6.1.2 y 6.2).

1.5.2.2 Protocolo SPS 5.1/ISOTS 22002-1

El protocolo SPS 5.1 se basa técnicamente en la norma ISO/TS 22002-1:2009, la cual establece los requisitos para la implementación de programas prerrequisitos (PRPs) en la fabricación de alimentos. Su propósito es complementar los principios del sistema HACCP mediante condiciones operativas que aseguren un entorno higiénico controlado (Velázquez et al., 2021).

Los PRPs incluidos en el protocolo contemplan prácticas obligatorias como la limpieza y desinfección de instalaciones, la higiene del personal, el mantenimiento preventivo de equipos, el

control de plagas y la gestión de residuos. Estas actividades se consideran esenciales para evitar la introducción de peligros antes de aplicar controles críticos (FAO, 2022).

En relación con el sistema HACCP, el SPS 5.1 actúa como base estructural. Sin condiciones higiénicas adecuadas, el sistema HACCP pierde eficacia. Por ello, ambos componentes deben implementarse de manera complementaria, siendo los PRPs el soporte del control preventivo (Codex Alimentarius, 2023). Su cumplimiento es verificado a través de auditorías técnicas que exigen evidencia documental, registros continuos y evaluación de eficacia.

1.5.2.3 Norma de procesamiento de pescados y mariscos SPS 5.1: especificidad sectorial y exigencias técnicas

La norma SPS 5.1 de Buenas Prácticas de Acuicultura (BAP) establece directrices esenciales para garantizar la producción sostenible y segura de productos acuícolas, con énfasis en la inocuidad alimentaria, el bienestar animal y la protección del medio ambiente. En el caso de una empresa dedicada al cultivo y procesamiento de camarón crudo congelado, esta norma proporciona el marco necesario para implementar controles efectivos durante todas las etapas del cultivo, desde la selección de larvas hasta la cosecha.

A diferencia de BRCGS, la norma SPS 5.1 está orientada exclusivamente a instalaciones procesadoras de productos acuáticos. Desarrollada por la *Global Aquaculture Alliance* (GAA), esta norma integra aspectos técnicos de control de inocuidad, trazabilidad, salud ocupacional, responsabilidad social y gestión ambiental. En particular, la Edición 5.1 destaca por incluir:

- Gestión de inocuidad alimentaria con fundamento en HACCP (capítulo 3).
- Procedimientos obligatorios de limpieza e higiene (3.11).
- Requisitos de etiquetado y declaración de alérgenos (3.16 y 9.4).
- Evaluación de peligros químicos, físicos y biológicos en puntos críticos de control (PCC).

Para la planta procesadora de camarón, los puntos de control documentados en la fase de recepción, empaque primario y detección de metales coinciden con cláusulas específicas de SPS, como las secciones 3.2, 3.16, 3.17 y 9.2.

A continuación se muestra en la Tabla 1 la estructura entre las normativas internacionales aplicables dentro del proyecto.

Tabla 1

Comparación estructural entre BRCGS v9 y SPS 5.1

Dimensión	BRCGS v9	SPS 5.1
Enfoque normativo	Generalista, aplicable a todos los alimentos	Específico para productos acuáticos
Base legal y certificadora	GFSI – ISO 22000, Codex Alimentarius	FDA, ISO 17065, GFSI, normas BAP
PCC y POES	Reforzado en Sección 2.10 Anexo HACCP	Sección 3.2, Manual de Calidad obligatorio
Trazabilidad	Avanzada, exige simulacros regulares	Detallada por lotes, contempla ejercicio anual (9.3)
Tecnología y monitoreo digital	Recomendado en digitalización de KPIs	Requiere documentación, pero permite integración

Nota. Datos adaptados de BRCGS v9 y BAP–SPS 5.1.

1.5.3 Elementos técnicos del sistema gestión

1.5.3.1 Procedimientos operativos estandarizados de saneamiento (POES)

Los Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES) son prácticas documentadas que establecen acciones rutinarias destinadas a asegurar la higiene de instalaciones, equipos, utensilios y superficies en contacto con alimentos. Su aplicación es

fundamental para prevenir la contaminación física, química o biológica durante y después del procesamiento (FAO, 2022).

La implementación de los POES se realiza en etapas críticas, especialmente antes, durante o después de la producción. Cada procedimiento debe especificar el responsable, los métodos de limpieza, los productos químicos utilizados, las frecuencias, y los formularios de verificación. Estos procedimientos son obligatorios en sistemas de gestión como BRCGS, ISO 22000 o HACCP, y se consideran prerrequisitos esenciales para mantener condiciones higiénicas controladas (Codex Alimentarius, 2023).

La frecuencia de aplicación puede ser diaria, semanal o programada, dependiendo del riesgo asociado al equipo o zona. La verificación consiste en la revisión visual de las tareas realizadas, mientras que la validación implica demostrar científicamente que los procedimientos establecidos son eficaces para eliminar o reducir peligros a niveles aceptables. La validación se apoya en resultados microbiológicos, auditorías internas y seguimiento de indicadores (Salas y Pinto, 2022).

1.5.3.2 Puntos Críticos de Control (PCC)

Los puntos de control son medidas de control en una etapa determinada que se pueden tomar para prevenir que un peligro para la seguridad alimentaria sea eliminado o reducido a un nivel aceptable (Codex Alimentarius, 2023). La localización de los puntos de control se realiza a través del análisis de peligros bajo el sistema HACCP, que es imprescindible en normas multidisciplinarias como BRCGS.

La localización de los puntos de control implica un análisis sistemático de los procesos, evaluando peligros potenciales y controlables. Cada punto de control tiene un límite preestablecido que es un valor que divide lo aceptable de lo inaceptable, también referido como umbral crítico. Una temperatura mínima en una etapa determinada de cocción o un cierto valor de residuo de cloro en la etapa de enjuague final son estos límites (Velázquez et al., 2021).

En lugar de esfuerzos, estas directrices precisas tienen como objetivo garantizar la eficiencia a través de objetivos delineados en un cronograma para lograr resultados mediante la medición de objetivos definidos en ausencia de restricciones preestablecidas (Martínez y Hidalgo, 2021). Se deben ejecutar procedimientos correctivos y ser completamente efectivos, lo que significa que se puede iniciar un proceso, se puede rechazar un producto o se puede revalidar el sistema.

La disciplina requiere que cada PCC sea validado utilizando revisión de registros, auditoría interna o análisis de tendencias dentro del marco del ciclo de mejora continua. Su control es esencial para garantizar la seguridad del producto, así como para evitar multas durante auditorías regulatorias o de certificación (Ramos et al., 2023).

1.5.4 Indicadores clave de desempeño (KPIs)

Los KPIs son métricas que permiten evaluar de forma objetiva el rendimiento de un proceso respecto a metas definidas. En sistemas de inocuidad alimentaria, se utilizan para verificar el cumplimiento de programas, detectar fallos y guiar acciones correctivas (Ramos et al., 2023).

Se clasifican en:

- Indicadores de cumplimiento: verifican la adhesión a normativas y procedimientos.
- Indicadores de eficiencia: relacionan recursos utilizados y resultados.
- Indicadores de eficacia: miden el logro de objetivos.
- Indicadores de frecuencia: registran la recurrencia de eventos (Salas y Pinto, 2022).

Son especialmente útiles para monitorear actividades críticas como la ejecución de POES, el control de PCC o la trazabilidad documental. Por ejemplo, puede medirse el porcentaje

de cumplimiento diario de limpieza, el número de desviaciones detectadas en auditorías o la frecuencia de fallos en un PCC determinado (Ortega y Salazar, 2023).

Estos indicadores, integrados en plataformas de análisis como Power BI, permiten visualizar tendencias, establecer alertas y facilitar la toma de decisiones basada en datos (Martínez y Hidalgo, 2021).

1.5.5 Visualización y análisis de datos

1.5.5.1 Sistemas de monitoreo digital

Los sistemas digitales de monitoreo permiten registrar, almacenar y analizar datos en tiempo real, reduciendo errores asociados a registros manuales y mejorando la trazabilidad (González et al., 2022). En el sector agroalimentario, su aplicación fortalece la vigilancia de parámetros críticos, como temperatura, humedad o tiempos de sanitización, facilitando el cumplimiento de normativas de inocuidad (Lara y Velázquez, 2023).

1.5.5.2 Uso de Power BI en entornos productivos

Power BI posibilita la integración de datos provenientes de múltiples fuentes operativas, ofreciendo visualizaciones dinámicas para facilitar la toma de decisiones. Permite configurar tableros personalizados, establecer alertas automáticas ante desviaciones y generar reportes programados, lo cual es especialmente útil en entornos regulados bajo normas como BRCGS o ISO/TS 22002-1 (Rivas y Méndez, 2024). Diversas industrias alimentarias lo han adoptado para monitorear KPIs críticos, mejorando la eficiencia y el cumplimiento normativo.

1.5.6 Investigaciones y experiencias previas

Numerosos estudios nacionales e internacionales han documentado la implementación de sistemas de gestión de la seguridad alimentaria, como los protocolos BRCGS y SPS. En Argentina, Paredes et al. (2021) demostraron que la aplicación integral de los requisitos de BRCGS en plantas de procesamiento de frutas aumentó el cumplimiento de las auditorías requeridas externamente en un 22%. De manera similar, en Colombia, (Álvarez y Mejía, 2023)

reportaron mejoras sustanciales en la trazabilidad de procesos con la implementación del monitoreo digital de POES y PCC, lo que mejoró el tiempo de respuesta ante desviaciones en un 35%.

En el contexto ecuatoriano, investigaciones recientes indican que existe una adopción progresiva de buenas prácticas alimentarias alineadas con los sistemas HACCP, incluyendo el uso de herramientas analíticas para mejorar la vigilancia epidemiológica (Ramírez y Torres, 2022). Estas experiencias han ayudado a posicionar a las empresas exportadoras en mercados muy exigentes, especialmente en Europa, donde la certificación bajo esquemas GFSI es obligatoria.

En general, la literatura coincide respecto a la intersección de estándares técnicos sólidos, indicadores clave de rendimiento y herramientas digitales ágiles que apoyan procesos que permiten operaciones más eficientes, verificables y mejoradoras automáticamente, así como la seguridad del producto a lo largo de toda la cadena de suministro agroalimentaria (Fernández y Lemos, 2024).

2. CAPÍTULO 2

2.1 Metodología.

Este capítulo describió el enfoque metodológico adoptado para el diseño e implementación de un sistema de monitoreo digital en Power BI, orientado a integrar indicadores clave de desempeño (KPIs) vinculados al cumplimiento normativo en una planta procesadora de camarón entero crudo congelado en salmuera. Se detalló el proceso de identificación de requisitos, la formulación de alternativas técnicas, el diseño conceptual y funcional del sistema, así como las especificaciones técnicas del producto final.

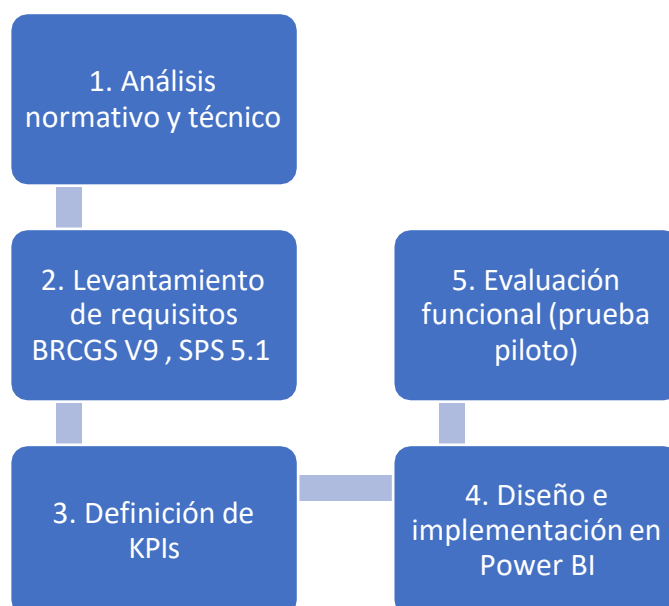
2.2 Enfoque y diseño metodológico

El estudio adoptó un enfoque aplicado que combina la investigación científica con el desarrollo tecnológico proyectado hacia el campo industrial. Optó por un diseño no experimental, descriptivo-explicativo, ya que ninguna variable de producción se manipuló en el transcurso del trabajo; la intervención se limitó a construir un sistema de monitoreo digital que opera sobre los datos históricos y operativos que la planta ya había acumulado.

La Figura 1 representa la estrategia metodológica que se articuló en cinco etapas:

Figura 1

Estrategias metodológicas



Nota. Elaboración propia con base en procesos y registros operativos. Este diagrama ayuda a clarificar el flujo lógico-metodológico del proyecto.

2.3 Formulación de alternativas y selección de solución

En la etapa preparatoria del proyecto se ensayaron tres vías distintas para la supervisión de métricas, la Tabla 2 muestra las alternativas: planillas colaborativas en la nube, una app web a medida y cuadros de mando alimentados por Power BI. El examen cruzado de costes, tiempo de desarrollo y curva de aprendizaje inclinó la balanza hacia la alternativa 3, la cual se enfoca principalmente por su conexión nativa a las bases de datos administradas y por las notificaciones automáticas que emite ante cualquier desviación del proceso.

Cada alternativa se describe en función de sus ventajas (como facilidad de uso, integración o personalización) y desventajas (como limitaciones funcionales, costos de desarrollo o requerimientos técnicos), con el fin de fundamentar la selección metodológica final.

Tabla 2

Formulación de alternativas con ventajas y desventajas

Número	Alternativa	Ventajas	Desventajas
1	Hojas de cálculo compartidas	Acceso fácil, bajo costo, conocimiento extendido del uso.	Bajo control de cambios, limitada capacidad analítica.
2	Aplicación web personalizada	Adaptación total a procesos específicos.	Alto costo de desarrollo y mantenimiento.
3	Power BI con conexión a bases internas	Integración dinámica, visualización profesional, alertas.	Requiere limpieza previa de datos y estructura técnica.

Nota. Fuente: elaboración propia.

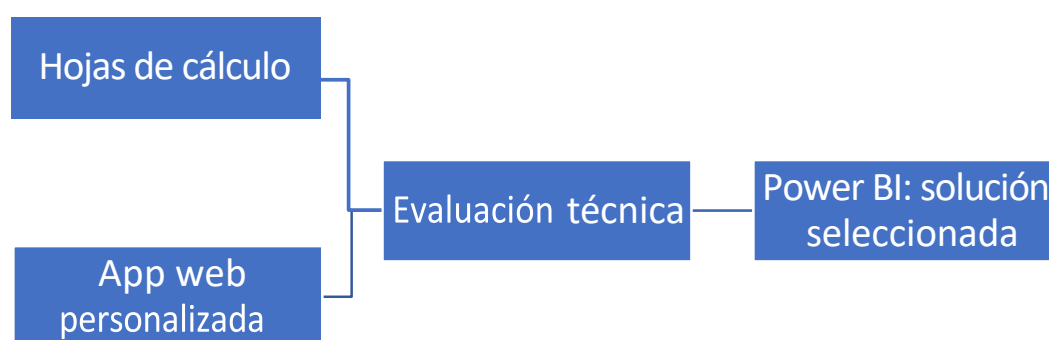
La Tabla 2 permite evidenciar de manera estructurada el proceso de decisión técnica, sustentando por qué Power BI fue elegida como solución óptima, en concordancia con los criterios de viabilidad operativa, escalabilidad e interoperabilidad con sistemas existente.

La Figura 2 muestra las tres alternativas iniciales evaluadas y su convergencia hacia una decisión final, representando visualmente el proceso de elección estratégica. La representación

sigue una lógica de entradas múltiples y salida única, indicando que, tras el análisis técnico-comparativo, se seleccionó la alternativa basada en Power BI por cumplir con los requisitos de integración, alertas automáticas y capacidad de visualización en tiempo real.

Figura 2

Esquema de selección de alternativa tecnológica para el sistema de monitoreo digital



Nota. Elaboración propia.

2.4 Formulación de alternativas y selección de solución

El sistema de monitoreo digital surgió de la necesidad de unir, visualizar y gestionar en un mismo instante los datos que surgen de las fases más delicadas en una planta de camarón crudo congelado en salmuera. En este recorrido, se atienden la recepción de la materia prima, la clasificación del producto, la congelación del lote, el empaque final y el despacho; cada una de esas etapas pesa directamente sobre la inocuidad que llega al consumidor.

El diseño técnico del sistema se cimentó en las exigencias de las normas BRCGS fabricación de alimentos versión 9 y SPS 5.1. Esos lineamientos dictaron qué parámetros vigilar y cómo verificar si se estaba en conformidad, por lo que se hizo un inventario preciso de los Puntos Críticos de Control y de los Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento, enlazándolos explícitamente con cada requerimiento normativo, tal como se muestra en la Tabla 3 y 4.

Ese trabajo preparatorio permitió establecer un elenco específico de Indicadores Clave de Desempeño orientados no solo al buen manejo de la documentación, sino también a la agilidad de los controles y a la velocidad de respuesta ante cualquier desviación.

Los índices de desempeño se configuraron en la plataforma a través de reglas de semaforización, filtros por lote, fecha y responsable, y alarmas automáticas por simple incumplimiento. La arquitectura en Power BI se conecta con las bases de datos operativas, de modo que cualquier usuario puede recorrer la línea de tiempo histórica y contrastar tendencias antes de una decisión, todo con respaldo técnico-normativo.

Tabla 3

KPIs alineados a los PCC y POES de la planta

Programa de Prerrequisito	Nombre	Indicador KPI	Objetivo	Evidencia	Fórmula
PCC1	Declaración carta de garantía	% De cumplimiento de cartas de garantía recibidas	100%	Recepción de Carta de Garantía por plataforma	$\frac{(\text{N}^\circ \text{ total de carta de garantías recibidas} / \text{Total de plataformas}) \times 100}{100}$
PCC2	Declaración de Alergenos	% De cumplimiento de etiquetas correctas	100%	Registro de Revisión de Etiquetado	$\frac{(\text{N}^\circ \text{ total de etiquetas que declaran alergenios} / \text{Total etiquetas revisadas}) \times 100}{100}$
PCC3	Control de Residuos de Metales	% De cumplimiento de lotes aceptados	100%	Registro de detector de metales	$\frac{(\text{N}^\circ \text{ total de lotes aceptados} / \text{Total de Lotes pasados por la detectora}) \times 100}{100}$

POES 1	Control Microbiológicos y Físico-Químico del Agua y Hielo	% Resultados dentro de parámetros	100%	Resultados Microbiológicos de Agua y Hielo	(N° análisis dentro de parámetros aceptados / Total análisis realizados) x 100
POES 2	Limpieza de Superficie de Contacto y no Contacto	% Cumplimiento de limpieza programadas	$\geq 90\%$	Registros de limpieza	(Limpiezas realizadas / Limpiezas programadas) * 100
POES 3	Prevención de la contaminación cruzada	% Resultados Microbiológicos dentro de parámetros	100%	Resultados Microbiológicos de producto, ambiente y superficies	(N° análisis dentro de parámetros aceptados / Total análisis realizados) x 100
POES 4	Higiene de los Empleados	% De cumplimiento de BPM del personal	$\geq 90\%$	Inspecciones realizadas en proceso diariamente	(N.º de inspecciones sin hallazgos / Total de inspecciones realizadas) x 100
POES 5	Protección de alimentos contra adulterantes	% De inspecciones sin novedad	100%	Inspecciones realizadas en proceso diariamente	(Nº de inspecciones sin hallazgos / Total de inspecciones realizadas) x 100
POES 6	Manejo de Compuestos Tóxicos	% De cumplimiento inspecciones	$\geq 90\%$	Registro donde se verifica el correcto uso y rotulados de químicos usados en planta	(N.º de inspecciones sin hallazgos / Total de inspecciones realizadas) x 100

POES 7	Salud de los Trabajadores	% Inspecciones sin novedad	$\geq 90\%$	Registro de Higiene del personal en planta	(N° de inspecciones sin hallazgos / Total de inspecciones realizadas) x 100
POES 8	Control de Plagas	% de Inspecciones de plagas realizadas	100%	Informe de control de plagas realizada por gestor autorizado	(N° de inspecciones realizadas / Total de inspecciones programadas) x 101

Nota. Adaptación basada en el cruce entre programas prerrequisito y puntos críticos de control con indicadores de desempeño medibles. Fuente: elaboración propia.

Tabla 4

KPIs alineados a requisitos normativos (BRCGS v9 y SPS 5.1)

BRCGS VERSIÓN 9					
Cláusula	Nombre	Indicador KPI	Objetivo/Meta	Evidencia	Fórmula KPI
1.1	Compromiso de la gerencia	% Cumplimiento del plan de cultura de inocuidad	$\geq 95\%$	Plan de cultura, actas de revisión	(Acciones completadas / Total planificadas) * 100
2.1	Equipo HACCP	% Miembros con formación HACCP vigente	100%	Certificados de formación	(Miembros con formación vigente / Total miembros) * 100
2.2	Programas prerrequisitos	% Cumplimiento de limpieza programadas	$\geq 90\%$	Registros de limpieza	(Limpiezas realizadas / Limpiezas programadas) * 100
3.10	Gestión de reclamos	Tiempo promedio de respuesta de reclamos	≤ 3 días	Informe de respuesta de reclamos y tendencias	Suma de días / N° Total de quejas

Anexo	Cierre de No conformidades	% No conformidades cerradas	$\geq 90\%$	Levantamiento de no conformidades durante auditorías interna y externas	(Total de no conformidades cerradas / Total de no conformidades levantadas) * 100 (Auditorías realizadas / Auditorías planificadas) * 100
3.4	Auditorías internas	% Auditorías ejecutadas	100%	Programa y reportes de auditoría	(Proveedores aprobados / Total proveedores) * 100
3.5	Gestión de proveedores	% Proveedores aprobados	$\geq 95\%$	Evaluación de proveedores	(Especificaciones actualizadas / Total) * 100
3.6	Especificaciones	% Especificaciones actualizadas y aprobadas	100%	Fichas técnicas vigentes	(Total de acciones correctivas cerradas / Total de acciones correctivas) * 100
3.7	Cierre de acciones correctivas	% De cierre de acciones correctivas	$\geq 90\%$	Registros de Acciones correctivas	Horas desde inicio hasta cierre de simulacro
3.9	Trazabilidad	Tiempo de respuesta en simulacro	≤ 4 horas	Registros del simulacro	Conteo de incidentes de alérgenos (Metabisulfito)
5.3	Gestión de alérgenos	N.º incidentes por contaminación cruzada	0	Reportes de análisis, quejas	(Total ejercicios realizados / Total ejercicios planificados) * 100
5.4.5	Ejercicio de Balance de Masa de productos con identidad preservada	% De cumplimiento de ejercicios realizados	100	Informes de trazabilidad realizados	(Equipos calibrados / Total de equipos) * 100
6.4	Calibración de dispositivos de monitoreo	% Equipos de monitoreo calibrados	$\geq 90\%$	Certificados de calibración	

7.1	Capacitación	% Personal capacitado según plan de cultura	$\geq 85\%$	Plan de formación, listas asistencia	(Personal capacitado / Total personal) * 100
SPS 5.1 Norma de procesamiento de pescados y mariscos					
AMBIENTE					
Cláusula SPS	Nombre	Indicador KPI	Objetivo	Evidencia	Fórmula
7.2.2 Residuos	Residuos	% de residuos peligrosos gestionados correctamente	100% cumplimiento	Bitácoras de residuos, manifiestos de retiro	(Residuos gestionados / Total residuos peligrosos generados) x 100
A2.1.3	Efluentes	Cumplimiento de parámetros de efluentes	100% cumplimiento normativo	Resultados de laboratorio acreditado	(N° parámetros conformes / N° parámetros evaluados) x 100
SOCIAL					
Cláusula SPS	Nombre	Indicador KPI	Objetivo	Evidencia	Fórmula
5.2	Salarios y Prestaciones	% De cumplimiento de pago conforme a ley	100%	Nóminas, contratos laborales	(N° Empleados con pagos correctos / Total empleados) x 100
6.2	Seguridad y Salud Ocupacional	Tasa de incidentes laborales	0 incidentes	Reportes de accidentes, bitácoras de SSO	(N° Incidentes / N° trabajadores) x 100
6.5	Capacitación sobre SSO	% De empleados capacitados en SSO	$\geq 95\%$ anual	Registros de asistencia, planes de formación	(Empleados capacitados / Total empleados) x 100
5.3	Horas Laborales	% De cumplimiento de pagos de horas extras	100%	Roles de Pago y reporte de novedades en recursos humanos.	(N° de roles de pago pagos correctos / Total de roles de pago) x 100
CALIDAD					
Cláusula SPS	Nombre	Indicador KPI	Objetivo	Evidencia	Fórmula

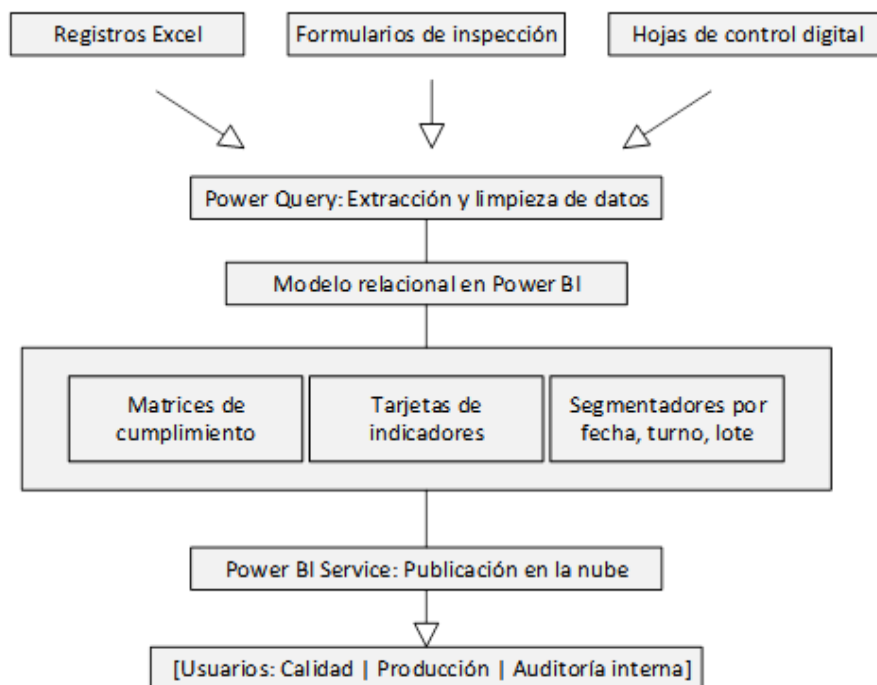
Anexo 4	Muestreo de producto	% De cumplimiento de muestreo BAP	100%	Resultados de Laboratorio	(Total de muestreos realizados / Total de muestreos planificados) x 99
Anexo 3-Tabla I	Ejercicios de Trazabilidad de producto BAP	% De cumplimiento de trazabilidad	100%	Informes de Trazabilidad	(Ejercicios realizados / Total ejercicios planificados) x 100
9.6	Balance de Masas de producto BAP	% De cumplimiento de ejercicios realizados	100	Informes de trazabilidad realizados	(Total ejercicios realizados / Total ejercicios planificados) * 100

Nota. Adaptación basada en el cruce entre etapas críticas de proceso y cláusulas normativas aplicables.

2.5 Procedimiento de implementación

El monitoreo digital de la planta se materializó al entrelazar varias corrientes de datos operativos dentro del entorno industrial, uniendo las bases guiadas por el modelado visual que entrega Power BI. Para dar los primeros pasos, se crearon series específicas en Power Query que limpiaron y unificaron hojas de control escaneadas, libros Excel divididos por función y los formularios que el personal completa durante cada inspección.

Los datos resultantes se acomodaron en un esquema lógico relacional en el que cada tabla capturó un tema puntual: flujos de trabajo, récords de seguimiento, auditorías, incidentes y lotes en revisión. De este modo fue posible enlazar claves primarias y foráneas, de modo que la información se mantuviera coherente y ordenada a medida que se consultaba.

Figura 3*Arquitectura del procedimiento de implementación*

Fuente: Elaboración propia a partir del procedimiento técnico aplicado en planta. El esquema representa la secuencia lógica de integración de datos, modelado, visualización y despliegue en la nube del sistema de monitoreo diseñado.

En la Figura 3 se presenta la arquitectura general del procedimiento de implementación el cual resume la estructura de integración, procesamiento, visualización y publicación de los datos monitoreados en Power BI.

Con base en este modelo, se diseñaron visualizaciones interactivas que facilitaron la interpretación de indicadores clave de desempeño (KPIs) en tiempo real. El panel incorporó matrices de cumplimiento normativo, tarjetas resumen con códigos de color según umbrales definidos, gráficos de indicadores (tipo velocímetro, columnas y líneas) y segmentadores dinámicos por fechas, lotes, turnos y responsables. Esta estructura visual mejoró significativamente la capacidad de análisis comparativo y la gestión proactiva de desviaciones.

El sistema fue alojado en *Power BI Service*, plataforma en la nube que permitió el acceso remoto y la actualización automática de datos. Se definieron perfiles de usuario con niveles de acceso diferenciados, asignando permisos específicos a jefes de calidad, producción y auditoría interna. La actualización de los *dashboards* se programó con una frecuencia diaria, asegurando disponibilidad de información actualizada para la toma de decisiones en reuniones de control interno y auditoría.

2.6 Población y muestra

La prueba inicial del sistema de monitoreo digital se ejecutó en la línea de procesamiento de camarón entero crudo congelado para exportación. La instalación operaba bajo certificaciones de inocuidad y contaba con historiales operativos digitalizados. La existencia de procedimientos estandarizados y una cadena de mando definida la convirtió en un escenario idóneo para validar una solución analítica basada en indicadores.

Como podemos ver en la Tabla 5 el ensayo se amplió a último periodo de tres meses, entre el 1 de mayo y el 31 de julio de 2025, con cobertura de los dos turnos diarios del cronograma operativo y énfasis en los registros del área de calidad. La unidad de análisis temporal fue el mes calendario, por lo que los resultados se consolidaron y reportaron mensualmente para POES, PCC y las cláusulas seleccionadas de BRCGS v9 y SPS 5.1.

Tabla 5

Parámetros operativos de la fase piloto del sistema de monitoreo

Parámetro	Descripción
Planta de aplicación	Procesadora de camarón entero crudo congelado
Duración de la implementación	3 meses (1 mayo–31 jul 2025)
Unidad temporal de análisis	Mes
Turnos de operación diarios	2 turnos (diurno y nocturno)
Lotes monitoreados por día	10 lotes diarios
Registros promedio por lote	8 registros (Calidad)
Total, estimado de registros	≈ 14720 registros (10 lotes × 8 registros × 2 turnos × 92)

Áreas monitoreadas	Recepción, clasificación, congelación, empaque y despacho
Indicadores evaluados	KPIs de POES, PCC, y cláusulas críticas BRCGS v9 y SPS 5.1

Nota. Fuente: elaboración propia a partir de registros de la planta y planificación operativa.

En términos operativos, se planificó un monitoreo continuo por turnos sobre lotes de producción y sus registros asociados. Bajo el supuesto de operación de lunes a domingo, el periodo comprendió 92 días efectivos. Con un diseño de seguimiento de 10 lotes por turno y un promedio de 8 registros de calidad por lote, el sistema integró un volumen estimado de ≈ 14720 registros ($10 \text{ lotes/turno} \times 8 \text{ registros} \times 2 \text{ turnos/día} \times 92 \text{ días}$), suficiente para evaluar el desempeño ante variabilidad de horarios, rotación de personal y fluctuaciones logísticas.

El diseño de la primera fase se centró en medir, visualizar y alertar sobre el cumplimiento de los puntos críticos de control (PCC) y de los procedimientos operativos de saneamiento (POES) identificados como críticos en la planta. Estos constituyeron los primeros indicadores del sistema por su relevancia en la verificación diaria del proceso.

En una segunda fase se implementaron los KPIs relacionados con los requisitos de BRCGS V9 y SPS 5.1 en las cláusulas priorizadas como críticas, enfocadas en ámbitos bajo responsabilidad directa del equipo de calidad y del personal sanitario. Esta decisión facilitó, primero, comprobar la solidez técnica del modelo y, después, su capacidad de adaptación a condiciones reales en la planta empacadora de camarón crudo congelado.

2.7 Normativas técnicas de referencia

El diseño del sistema se fundamentó en los requisitos de la norma BRCGS Global *Standard for Food Safety, Issue 9*, con énfasis en las cláusulas 2 (Sistema de Gestión de la Inocuidad Alimentaria), 5 (Controles de Procesos del Producto) y 6 (Control del Personal). Paralelamente, se integraron los principios establecidos en la norma SPS 5.1 de *Best Aquaculture*

Practices, particularmente los requisitos sobre infraestructura sanitaria, registros de control, validación de PCCs y control de alérgenos.

La estructura de cumplimiento se alineó también con los principios del sistema HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control), considerando los peligros químicos, físicos y biológicos identificados en el proceso, y la necesidad de mantener evidencia documentada digitalmente accesible.

2.8 Justificación técnica del enfoque

El uso de Power BI permitió responder a las exigencias normativas de trazabilidad, control continuo, análisis de tendencias y documentación accesible, tal como lo exigen BRCGS y SPS 5.1. A diferencia de las soluciones basadas en reportes estáticos, este sistema ofreció ventajas clave: integración de múltiples fuentes, procesamiento y análisis de datos y visualización inmediata para la toma de decisiones. Se redujo el margen de error humano, se estandarizó la visualización del cumplimiento normativo y se fortaleció la capacidad de respuesta ante no conformidades.

2.9 Especificaciones del sistema final

El producto final consistió en un tablero de control con las siguientes características técnicas:

- Interfaz desarrollada en Power BI Desktop mediante un panel de control interactivo.
- Conexión con bases de datos internas a través de Excel y formularios de inspección digital.
- Visualización de los KPIs alineados a los programas de prerequisites por fechas, ámbito de calidad, social o ambiental según normativa.
- Sistema de alertas codificadas en color (verde, rojo) para advertir desviaciones.

- Registro de evidencias de verificación (auditorías internas, inspecciones, validaciones) accesibles por usuarios autorizados.

2.10 Consideraciones éticas y legales

La implementación del sistema respetó los principios éticos de confidencialidad, integridad de datos y uso legítimo de la información. Los datos utilizados correspondieron a registros operativos internos, sin afectación a información personal o sensible. Todo el proceso se ejecutó en coordinación con el Departamento de Calidad y con autorización del Comité de Seguridad Alimentaria de la empresa. Además, se garantizó que el sistema cumpliera con la legislación nacional en materia de exportación, inocuidad alimentaria y protección de datos, conforme a las disposiciones del ARCSA y la Subsecretaría de Calidad e Inocuidad SCI.

3. CAPÍTULO 3

3.1 Resultados y análisis

Este capítulo describe los resultados obtenidos durante la implementación y validación de un sistema de monitoreo digital aplicado a una planta procesadora de camarones enteros congelados. La ejecución del plan piloto tuvo lugar en dos fases secuenciales: la primera se centró en el monitoreo del cumplimiento de los Programas Operativos Previos (POES) y los Puntos Críticos de Control (CCP), los cuales son vitales para asegurar la seguridad alimentaria en todos los procesos agroindustriales. La segunda fase se centró en la validación de los indicadores regulatorios de BRCGS emitidos 9 y SPS 5.1 con la intención de evaluar el nivel de cumplimiento del sistema con los requisitos establecidos en estos marcos regulatorios.

Los datos evaluativos corresponden a registros históricos y operativos recopilados durante el período Mayo-Julio 2025 con funcionamiento continuo dentro de un sistema de producción diario de dos turnos separado. Cada bloque de producción individual está compuesto por recepción, clasificación, congelación, empaque y despacho. Se utilizó un conjunto de KPIs delineados dentro de la metodología definida y descrita para analizar los datos, así como herramientas de visualización dinámica que fueron proporcionadas por Power BI. Todos los resultados presentados a continuación están sanitizados y suprimidos, lo que significa que están anonimizados, pero aún proporcionan una imagen completa, cumpliendo con criterios de confidencialidad, que permiten el análisis del comportamiento del sistema sin revelar información sensible o personalmente identificable.

3.2 Resultados de la fase 1: indicadores de POES y PCC

3.2.1 *Cumplimiento de indicadores por programa POES*

En la Tabla 6 se muestra el detalle de la fase de implementación del sistema de monitoreo digital donde se evaluaron los indicadores clave asociados con los Procedimientos Operativos Estándar de Saneamiento (POES), enfocándose en cuatro áreas críticas del entorno de

producción: limpieza de superficies, control microbiológico, higiene del personal y control de plagas. En la Tabla 7 se detalla los indicadores que fueron monitoreados mensualmente durante últimos tres meses (mayo–julio de 2025), con registro diario para ambos turnos operativos y consolidación analítica en Power BI.

Cada indicador fue definido y descrito en el diseño metodológico y se derivó de los datos recolectados durante la implementación. El objetivo de cumplimiento se estableció de acuerdo a los datos analizados y el histórico de los mismo según el POES seleccionado.

Tabla 6

Indicadores seleccionados POES con su fórmula

Indicador	Descripción técnica	Fórmula de cumplimiento
Limpieza de superficies	Verifica la ejecución de tareas de limpieza en áreas de contacto y no contacto con alimentos.	$(\text{N}^\circ \text{ limpiezas realizadas} / \text{N}^\circ \text{ limpiezas programadas}) \times 100$
Control microbiológico	Mide si los análisis de agua, hielo y superficies cumplen con los parámetros microbiológicos aceptables.	$(\text{N}^\circ \text{ análisis conformes} / \text{N}^\circ \text{ análisis realizados}) \times 100$
Higiene del personal	Evalúa la aplicación correcta de normas BPM durante la jornada operativa.	$(\text{Inspecciones sin hallazgos} / \text{Total inspecciones realizadas}) \times 100$
Control de plagas	Verifica si se ejecutaron las inspecciones de monitoreo de plagas según la programación semanal.	$(\text{Inspecciones realizadas} / \text{Inspecciones programadas}) \times 100$

Nota. Descripción de indicadores y fórmulas aplicadas.

Tabla 7

Cumplimiento mensual de indicadores POES (mayo–julio de 2025)

Indicador	Mayo	Junio	Julio	Meta (%)	Alertas generadas*
Limpieza de superficies	89%	97%	96%	90%	1
Control microbiológico	100%	96%	100%	100%	1
Higiene del personal	98%	87%	99%	90%	1

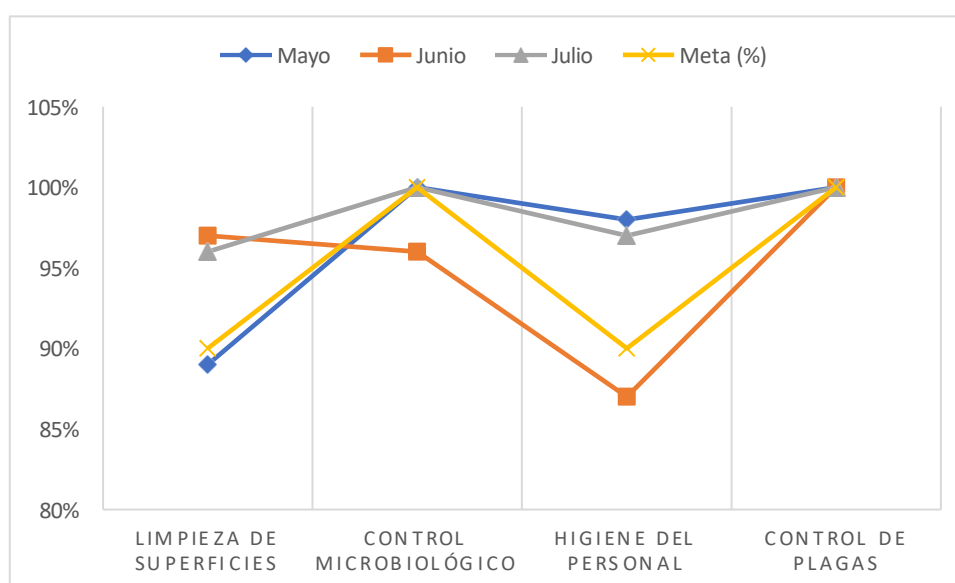
Control de plagas	100%	100%	100%	100%	0
-------------------	------	------	------	------	---

Nota. Elaboración propia a partir de datos del sistema Power BI. *Se considera alerta si el cumplimiento fue menor a la meta en un mes determinado.

En la Figura 4 se tiene un gráfico de líneas que presenta la evolución mensual de los cuatro indicadores POES, con una línea de referencia al 90 %. Los puntos por debajo del umbral activan alertas automáticas y el flujo de acciones correctivas.

Figura 4

Evolución mensual del cumplimiento de indicadores POES



Nota. Elaboración propia a partir de datos del sistema Power BI.

El desempeño mensual mostró valores mayormente por encima de la meta, con caídas puntuales que generaron alertas y orientan acciones específicas:

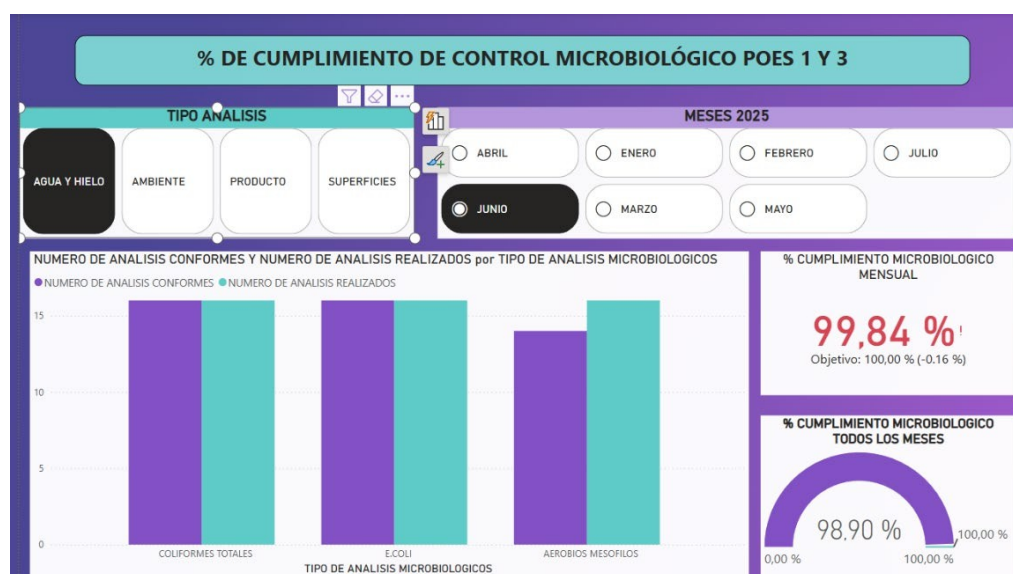
- Limpieza de superficies presentó un descenso en mayo (89 %), atribuible a desviaciones en la programación o ejecución de rutinas en áreas de contacto indirecto.
- Control microbiológico registró una baja en junio (96 %), que sugiere revisar el plan de muestreo, las condiciones ambientales y los tiempos de respuesta del laboratorio.

- Higiene del personal cayó en junio con el 87 %, compatible con rotación de personal y un ingreso masivo de personal nuevo; conviene reforzar inducciones y supervisión focalizada.
- Control de plagas mantuvo cumplimiento del 100% relacionada a las inspecciones semanales sin desviaciones relacionadas por el gestor de plagas.

En total, el sistema generó tres alertas, cada una por los tres primeros indicadores, lo que evidencia su capacidad de detección oportuna de desviaciones para la toma de decisiones.

Figura 5

Panel de control de los POES 1 y 3



Nota. Elaboración propia a partir de datos del sistema Power BI.

En la Figura 5 se presentan el cumplimiento microbiológico de los POES 1 y 3, donde se puede interactuar de la siguiente manera: Filtrar por mes y el tipo de análisis (Agua-Hielo, Ambiente, Producto y Superficies) para poder tener el cumplimiento según el filtro aplicado, indicador general de todos los análisis realizados en el periodo mayo-julio y un gráfico de barras donde está el número de análisis realizados y conformes por tipo de análisis microbiológico el cual se modifica en base a los filtros aplicados. Esta interacción permite una visualización

detallada de los POES 1 y 3 en comparación a como se realizaba antes el cual solo era un gráfico de todos los análisis realizados versus los que están fuera de parámetros.

El panel de control representa el cumplimiento del mes de junio con un 99.8% generando una alerta de color rojo con el filtro de los análisis realizados en agua y hielo los cuales se observan en el gráfico de barras además se muestra el cumplimiento del 98.9% para todo el periodo en agua y hielo. Esta visualización dinámica mejoró la capacidad de supervisión, pues permitió identificar rápidamente la desviación y orientar la revisión del plan de muestreo y las condiciones de control ambiental.

Figura 6

Panel de control del POES 4



Nota. Elaboración propia a partir de datos del sistema Power BI.

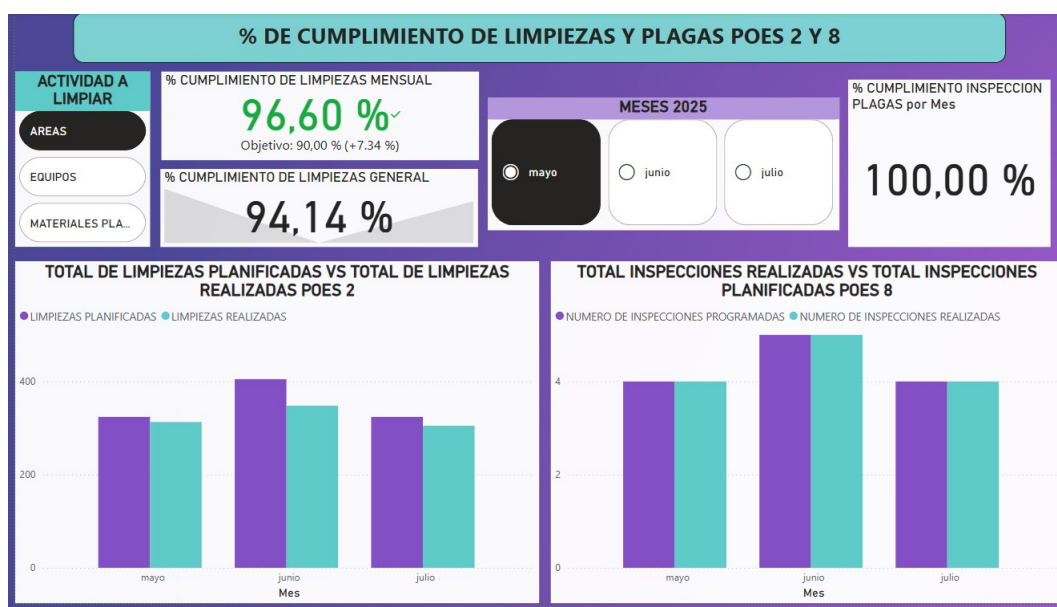
En la Figura 6 se presenta el cumplimiento de higiene del personal donde se puede de visualizar de acuerdo al mes el filtrado lo siguiente: En el diagrama de pastel el porcentaje del tipo de hallazgo encontrado, el total de hallazgos corregidos y en el gráfico de barras las inspecciones realizadas versus los hallazgos encontrados y corregidos. El tablero muestra no solo el porcentaje de cumplimiento general y mensual, sino también la distribución de hallazgos por categorías, lo que antes resultaba más complejo de identificar con registros manuales. Esta

visualización favoreció un seguimiento más eficaz, ya que permitió relacionar de forma inmediata la disminución de cumplimiento en junio (87 %) con la reincorporación de nuevo personal, y diferenciar las causas específicas como uso inadecuado de uniforme o presencia de accesorios. De este modo, el panel potenció la interpretación de datos y facilitó decisiones focalizadas en capacitación y supervisión.

El panel de control de la Figura 6 evidencia el cumplimiento del mes de junio con un 92%, el porcentaje de cada tipo de hallazgo encontrado en el mes filtrado, 8 hallazgos corregidos y un cumplimiento general del 83% para todo el periodo mayo-julio.

Figura 7

Panel de control de los POES 2 y 8



Nota. Elaboración propia a partir de datos del sistema Power BI.

La Figura 7 presenta el cumplimiento de los POES 2 y 8 donde se puede interactuar de la siguiente manera: para el POES 2 el cumplimiento de limpieza se puede visualizar en el gráfico de barras el número de limpiezas planificadas y realizadas, el cumplimiento aplicando el filtro por la actividad realizada que puede ser (Áreas, Equipos o Materiales plásticos) además de un indicador del cumplimiento de limpieza para todo el periodo evaluado. Para el POES 8 el

cumplimiento de la inspección de plagas realizadas por mes se lo representa en el gráfico de barras y el indicador. El panel de control implementado permite un mejor seguimiento de las limpiezas realizadas en proceso en comparación a como se realizaba antes mediante la inspección visual y revisión de registros además que no había un indicador implementado.

La Figura 7 evidencia el cumplimiento del mes de mayo con un 96,6% aplicado el filtro de la actividad para solo áreas, un cumplimiento general del 94,14% para todo el periodo evaluado además de un cumplimiento del 100% para las inspecciones de plagas realizadas en mayo.

3.2.2 Cumplimiento de indicadores por PCC

La etapa de implementación permitió el monitoreo mensual de tres Puntos Críticos de Control (PCC) definidos en el sistema HACCP de la planta: cartas de garantía recibidas, etiquetado de alérgenos y detección de metales. Dado su impacto directo en la inocuidad, se establecieron metas estrictas en coherencia con BRCGS v9 y SPS 5.1: 100 % para cartas de garantía (cumplimiento documental por lote y trazabilidad) y 90 % para etiquetado de alérgenos y detección de metales, esto se detalla en la Tabla 8.

El sistema digital consolidó los registros diarios por mes y emitió alertas automáticas cuando el cumplimiento mensual fue inferior a la meta, los resultados se presentan en la Tabla 9.

Tabla 8

Indicadores PCC: descripción técnica y fórmula de cálculo

Indicador	Descripción técnica	Fórmula de cumplimiento
Cartas de garantía recibidas	Evalúa el porcentaje de plataformas con carta de garantía documentada por lote recibido.	$(\text{N}^\circ \text{ cartas recibidas} / \text{Total de plataformas}) \times 100$
Etiquetado de alérgenos	Verifica que las etiquetas declaren correctamente los alérgenos según normativa.	$(\text{N}^\circ \text{ etiquetas correctas} / \text{Total etiquetas revisadas}) \times 100$
Detección de metales	Mide el porcentaje de lotes aceptados luego del paso por detector de metales.	$(\text{N}^\circ \text{ lotes aceptados} / \text{Total de lotes inspeccionados}) \times 100$

Nota. Adaptado a partir de los registros del sistema Power BI, conforme a cláusulas 3.16, 3.17 y 9.2 de las normas BRCGS v9 y SPS 5.1.

Tabla 9

Cumplimiento mensual de indicadores PCC durante la fase piloto

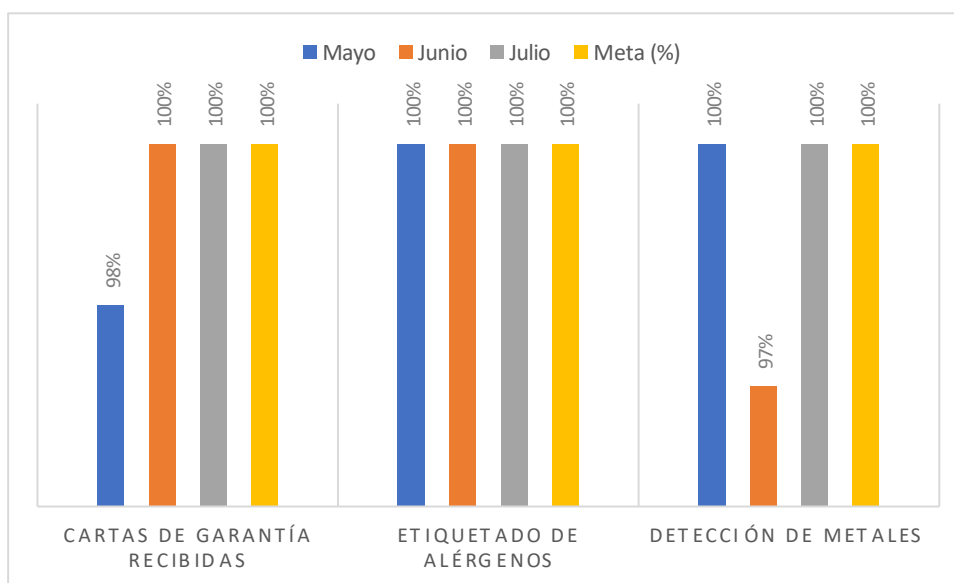
Indicador	Mayo	Junio	Julio	Meta (%)	Alertas generadas*
Cartas de garantía recibidas	98%	100%	100%	100%	1
Etiquetado de alérgenos	100%	100%	100%	100%	0
Detección de metales	100%	97%	100%	100%	1

Nota. Elaboración propia con base en registros automatizados. *Se considera alerta si el cumplimiento fue menor a la meta en un mes determinado.

El sistema evidenció un alto nivel de cumplimiento en los indicadores asociados a los puntos críticos de control. Sin embargo, se identificaron desviaciones menores que se evidencian en la Figura 8.

Figura 8

Cumplimiento mensual de indicadores PCC durante la fase piloto



Nota: El gráfico compara el desempeño mensual de cada indicador PCC frente a la meta establecida.

Se activaron mecanismos de alerta y permitieron acciones correctivas inmediatas

- Cartas de garantía recibidas: el sistema mantuvo niveles altos de cumplimiento y solo presentó desviaciones en mayo (98 %), mes en el que se generó la alerta al no alcanzarse el 100 % requerido. Este comportamiento sugiere reforzar el control documental en la etapa de recepción y la validación previa al inicio del proceso.
- Etiquetado de alérgenos: el indicador se sostuvo estable del 100 % en todo el periodo, sin activar alertas. Se recomienda mantener la frecuencia de verificación y los listados maestros de ingredientes/alérgenos actualizados.
- Detección de metales: los resultados se ubicaron dentro de la meta del 100% pero en el mes de mayo se generó una alerta por un cumplimiento del 97%. Esto sucedió porque el equipo rechazó dos lotes debido a que estaba configurado con una sensibilidad distinta para otro tamaño de master por lo cual se procedió a la calibración de la sensibilidad requerida según la acción correctiva generada. También se realizó la inspección del lote y no se encontró material extraño dentro del master adicional para la verificación del correcto funcionamiento del equipo según el procedimiento se realizó las (pruebas de verificación con piezas patrón y registros de rechazo).

Figura 9*Panel de control de los PCC*

Nota. Elaboración propia a partir de datos del sistema Power BI.

La Figura 9 representa el % cumplimiento de los PCC en el panel de control donde se puede filtrar por mes y observar el porcentaje de los 3 puntos críticos además de un indicador global de todos los puntos críticos para un control integrado. Para el PCC1 control de carta de garantía la revisión de alguna desviación solo quedaba en los registros no se contaba con una tendencia para el control de las cartas recibidas, el PCC2 y PCC3 se ajustan al volumen del proceso productivo y por lo que se dificultaba la revisión manual de registros para conocer las desviaciones.

En conjunto, estos resultados validan la efectividad operativa y normativa del sistema de monitoreo digital, permitiendo una trazabilidad clara, una respuesta proactiva ante desviaciones, y una mejora continua del sistema de inocuidad alimentaria.

El panel de control de la Figura 9 muestra el cumplimiento del 98% para el PCC1 lo cual generó una alerta de color rojo ,100% para el PCC2 y 3 respectivamente además del indicador global de todos los PCC con un 99% de mayo a julio 2025.

3.2.3 *Resultados globales de la primera fase*

El sistema de monitoreo digital procesó un total estimado de 14720 registros en el periodo mayo–julio de 2025, considerando operación de lunes a domingo y dos turnos por día. Bajo el esquema de aproximadamente 10 lotes por turno permitió una evaluación continua de la adherencia a los indicadores POES y PCC definidos en el alcance del proyecto.

Consolidando y validando la información mensualmente en Power BI, se obtuvo una tasa de adherencia compuesta de 98 % (promedio de todos los indicadores POES y PCC en los siete meses), con variaciones acotadas y sin interrupciones relevantes en el flujo operativo.

Principales hallazgos y observaciones operativas

1. Lotes monitoreados: $10 \text{ lotes/turno} \times 2 \text{ turnos} \times 92 \text{ días} = 1840 \text{ lotes}$ (mayo–julio 2025)
2. Promedio de cumplimiento por tipo de indicador:
 - POES: 97 %
 - PCC: 99 %
3. Turnos: ambos turnos mostraron una distribución homogénea de alertas (diurno: 2 alertas; nocturno: 2 alertas)
4. Alertas generadas: 3 por POES, 2 por PCC $\rightarrow$ 5 alertas totales
5. Desviaciones recurrentes:
 - POES: limpieza de superficies (mayo 89 %), higiene del personal (junio 87 %) y control microbiológico (junio 96 %)
 - PCC: cartas de garantía (mayo 98%) y detector de metales (junio 97%) este por una sensibilidad incorrecta del equipo no por contaminación física con material extraño lo cual no representa un riesgo para la inocuidad del producto.

Los resultados de esta primera fase que se muestran en la Tabla 10 validan la funcionalidad del sistema digital, demostrando su capacidad para generar alertas oportunas, consolidar información técnica y apoyar la toma de decisiones basada en datos. Aunque el nivel de cumplimiento global fue alto, la identificación de desviaciones en etapas específicas principalmente en la gestión documental y sanitización permite anticipar mejoras continuas y reforzar la cultura de inocuidad en planta.

Tabla 10

Resumen global de cumplimiento de indicadores POES y PCC

Tipo de indicador	Indicadores evaluados	Meta (%)	Cumplimiento promedio (%)	Total de alertas
POES	4	≥ 90 %	97%	3
PCC	3	100 %	99%	2

Nota. Elaboración propia con base en los promedios mensuales de los indicadores

evaluados en la fase piloto del sistema de monitoreo.

3.3 Resultados de la fase 2: indicadores alineados a normas BRCGS v9 y SPS 5.1

3.3.1 Cumplimiento de cláusulas BRCGS v9

La segunda fase del piloto se centró en validar el cumplimiento de cláusulas específicas de la norma BRCGS versión 9, con especial consideración a la seguridad alimentaria, la trazabilidad y la garantía de calidad. El monitoreo digital de las métricas de seguridad alimentaria y calidad, indicadores clave de rendimiento y otros parámetros relevantes se estableció en cumplimiento con los mínimos estándares definidos por la norma.

Se evaluaron un total de seis cláusulas, que abarcaron las áreas de cultura organizacional, higiene, gestión de alérgenos, trazabilidad, limpieza programada y control de proveedores, esto se presenta en la Tabla 11.

La recolección de datos se basó en los registros documentales y digitales de la planta con verificación cruzada a través del sistema de informes mensuales de Power BI.

Tabla 11*Cumplimiento de cláusulas seleccionadas según BRCGS versión 9*

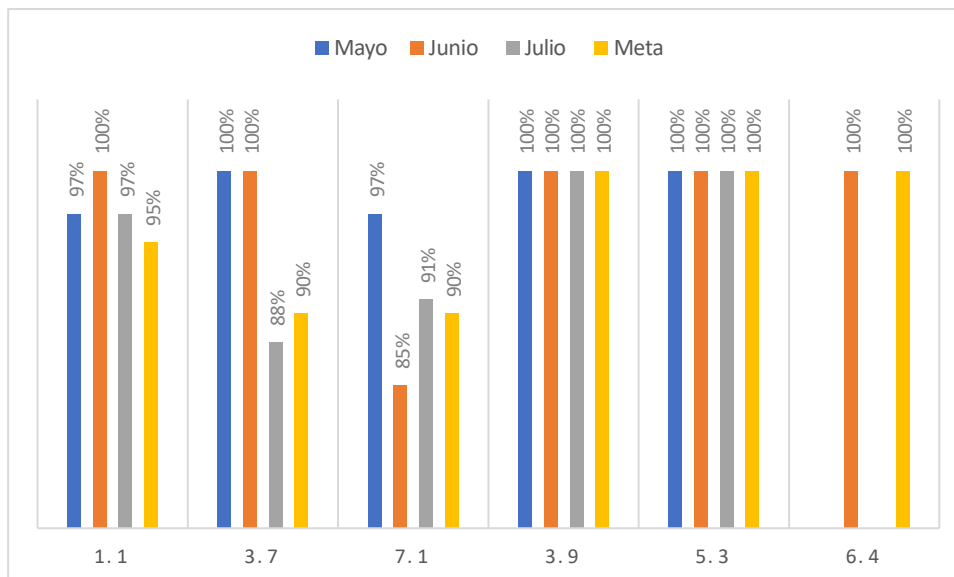
Cláusula BRCGS	Descripción	Indicador KPI	Mayo	Junio	Julio	Meta	Alerta
1.1	Cultura de Inocuidad	% Acciones completadas en plan de cultura	-	96%	-	≥ 95 %	0
3.7	Cierre de No conformidades	% No conformidades cerradas	91%	95%	88%	≥ 90 %	1
7.1	Capacitación	% Personal capacitado según plan de cultura	-	83%	91%	≥ 85 %	1
3.9	Trazabilidad	Tiempo de respuesta en simulacro (horas)	3.6h	3,7h	3,5 h	≤ 4 h	0
5.3	Gestión de alérgenos	N.º incidentes por contaminación cruzada	0	0	0	0	0
6.4	Trazabilidad de productos con identidad preservada	% De cumplimiento de ejercicios realizados	-	100%	-	100 %	0

Nota. Adaptación propia con base en el monitoreo digital. La columna “Alerta” se define en relación con el cumplimiento del umbral de cada cláusula.

En la Figura 10 se muestra el porcentaje de cumplimiento por cláusula de BRCGS, junto con la meta normativa para cada cláusula. Se destacan visualmente las cláusulas que no alcanzaron la meta.

Figura 10

Comparación de cumplimiento por cláusula BRCGS v9 frente a meta establecida



El cumplimiento de las cláusulas BRCGS v9 reflejó un desempeño técnico aceptable, con cuatro cláusulas superando el umbral requerido, una parcialmente cumplida y una con incumplimiento puntual:

- **Cultura de inocuidad (cláusula 1.1):** El plan anual se ejecutó con un 97 % de acciones completadas, confirmando el compromiso gerencial con la mejora continua.
- **Trazabilidad (3.9) y gestión de alérgenos (5.3):** Cumplieron plenamente con los tiempos de respuesta y la ausencia total de incidentes, lo que refuerza la integridad del sistema HACCP implementado.
- **Cierre de no conformidades (3.7):** En el mes de julio se tiene una alerta por el 88% de cumplimiento debido a dos no conformidades levantadas al área de mantenimiento las cuales se cerrarán en el periodo de 3 a 6 semanas.
- **Capacitación (7.1):** Para el mes de junio se tuvo un 85% debido a que personal operativo no pudo salir de área debido a que no había personal suficiente para

cubrir los puestos. Las personas que no asistieron fueron consideradas para la próxima capacitación planificada.

Figura 11

Panel de control BRCGS V9 cláusula 1.1



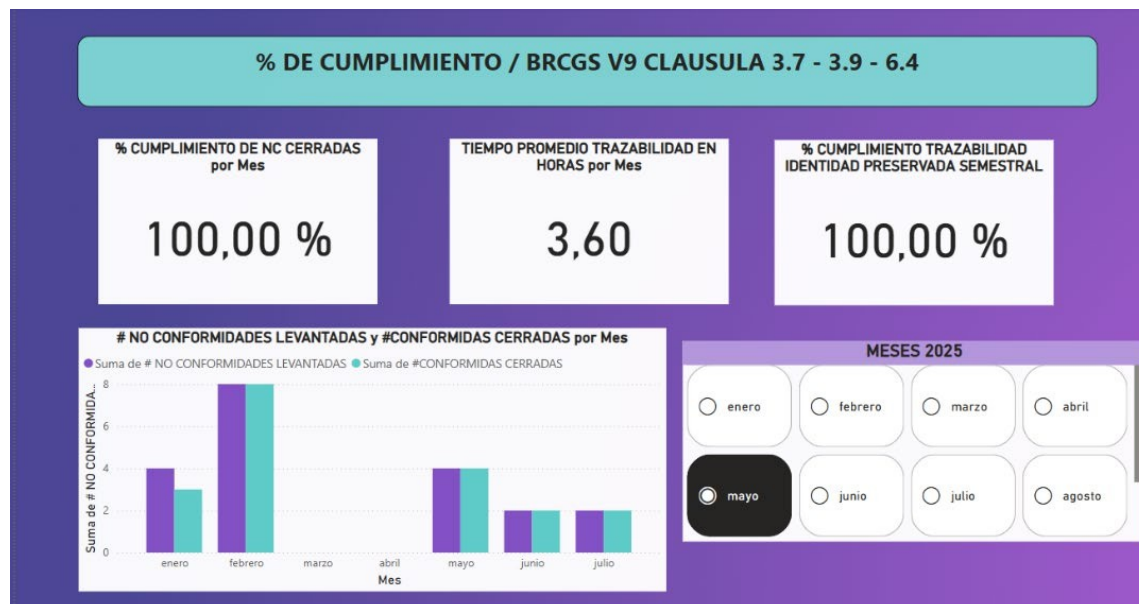
Nota. Elaboración propia a partir de datos del sistema Power BI.

La Figura 11 representa el cumplimiento de la cláusula 1.1 de la norma BRCGS V9 la cual se puede filtra mensualmente para visualizar el % de cumplimiento de las actividades del plan de cultura, las actividades realizadas según la temática (Calidad – Medio Ambiente – Seguridad Industrial y Salud Ocupacional), el número de actividades realizadas y planificadas además de un indicador global de todo el plan en base al periodo evaluado. Como antecedente solo se contaba con el cronograma del plan de cultura al año, pero ahora con el panel de control implementado se tiene un seguimiento efectivo de todas las actividades realizadas.

Como ejemplo la Figura 11. representa el % de cumplimiento del plan del mes de mayo con un 97% y en el gráfico de pastel las actividades realizadas según su temática del mes filtrado además del gráfico de barras el número de actividades planificadas y realizadas mensualmente.

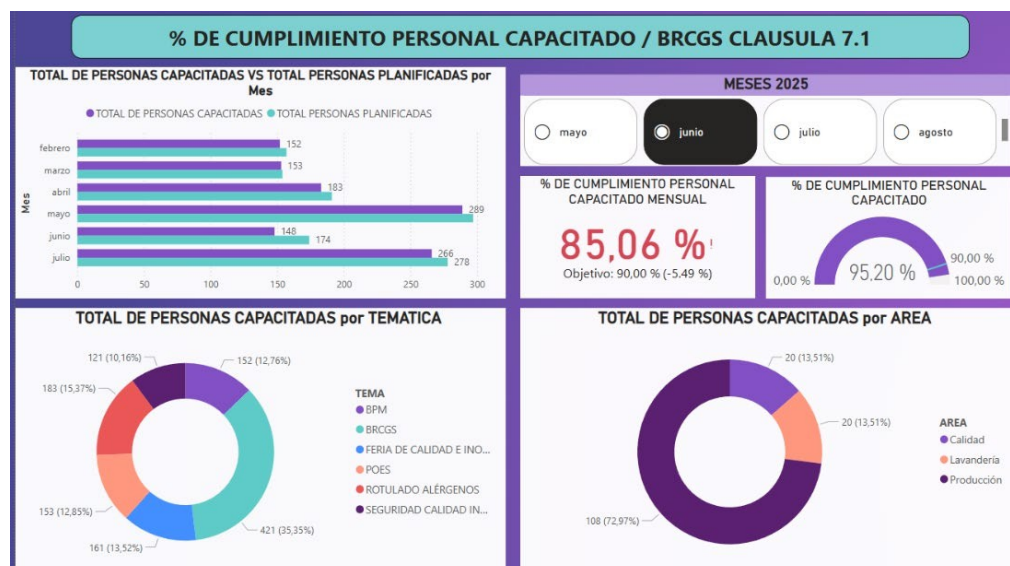
Figura 12

Panel de control BRCGS V9 cláusulas 3.7;3.9;6.4



Nota. Elaboración propia a partir de datos del sistema Power BI.

La Figura 12 muestra el cumplimiento de las cláusulas 3.7; 3.9 y 6.4 de la norma BRCGS V9 donde se tienen los siguientes resultados: para el mes de mayo se tiene el 100% de cumplimiento de no conformidades cerradas, un tiempo promedio de trazabilidad de 3,6h y 100% de cumplimientos de los ejercicios de trazabilidad con identidad preservada realizados. Este panel de control es efectivo para el seguimiento de las cláusulas identificadas como críticas de la normativa mediante la visualización de los KPIs además que refleja un mejor control del sistema de gestión en comparación a cuando no se tenían indicadores sobre estas cláusulas.

Figura 13*Panel de control BRCGS V9 cláusula 7.1*

Nota. Elaboración propia a partir de datos del sistema Power BI.

La Figura 13 presenta el cumplimiento de la cláusula 7.1 de la normativa BRCGS V9 donde se puede visualizar el % del personal capacitado por mes y el % de personas capacitadas según el tema impartido (BPM – POES – Rotulado) y al área que pertenecen además de un indicador global que refleja el % total del personal capacitado en el periodo enero a julio 2025.

El panel muestra el 85% de cumplimiento en el mes de junio lo cual generó una alerta de color rojo, el gráfico de anillos el número de personas capacitadas por temática y al área que pertenecen según el mes filtrado. El % total de cumplimiento de enero a julio 2025 es del 95,2% lo que refleja un control efectivo del alcance de las capacitaciones realizadas en comparación a cuando no se tenía un indicador relacionado a esta cláusula.

En conjunto, estos resultados permiten identificar brechas normativas manejables, las cuales pueden ser subsanadas con ajustes administrativos y seguimiento técnico. La validación de esta fase respalda la viabilidad de escalar el sistema digital hacia auditorías externas y certificaciones de calidad.

3.3.2 Cumplimiento de cláusulas SPS 5.1

La evaluación de la normativa Seafood Processing Standard (SPS) 5.1 se realizó considerando los ejes ambientales, social y de calidad. Esta norma, emitida por Best Aquaculture Practices (BAP), demanda un cumplimiento estricto del 100 % en la mayoría de sus cláusulas, poniendo especial atención en la gestión ambiental, el cumplimiento de los derechos laborales, y la calidad del producto terminado.

En la Tabla 12 se muestra los resultados de la fase del piloto, en la que se configuró en Power BI. los indicadores que abarcan los puntos de; autoridad y responsabilidad, gestión de recursos y sistematización de la información interior (laboratorios, bitácoras, auditorías internas) y validado con los responsables de cada área.

Tabla 12

Cumplimiento de cláusulas seleccionadas según SPS 5.1

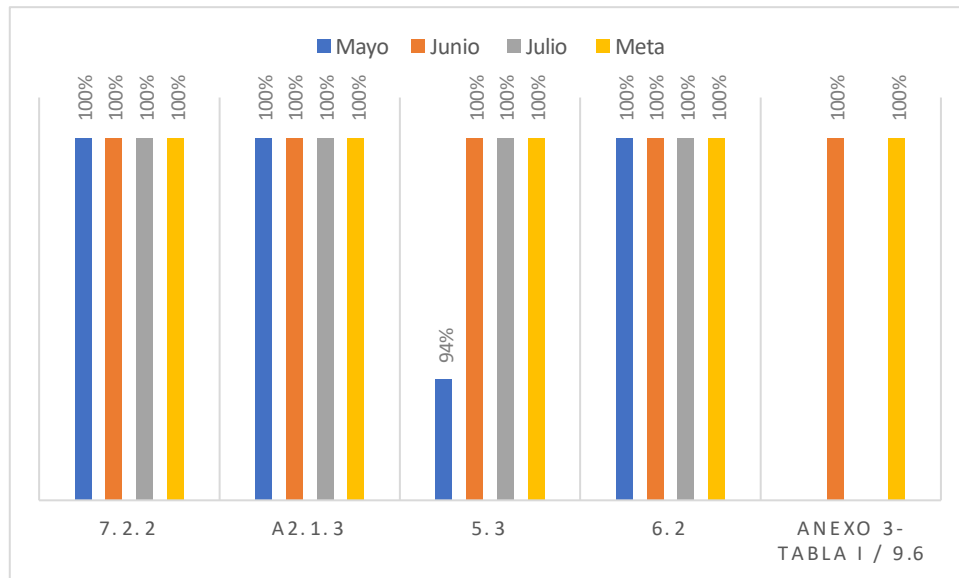
Cláusula BRCGS	Descripción	Indicador KPI	Mayo	Junio	Julio	Meta	Alerta
7.2.2	Residuos peligrosos	% Residuos peligrosos gestionados correctamente	100%	100%	100%	100%	0
A2.1.3	Efluentes	Cumplimiento de parámetros de efluentes	98%	100%	100%	100%	1
5.3	Horas Laborales	% De cumplimiento de pagos de horas extras	-	-	100%	100%	0
6.2	Seguridad y salud ocupacional	Tasa de incidentes laborales	0	0	0	0	0
Anexo 3- Tabla I / 9.6	Ejercicios de Trazabilidad de producto BAP	% De cumplimiento de trazabilidad	-	100%	-	100%	0

Nota. Elaboración propia con base en el monitoreo digital y registros operativos, conforme a la norma SPS 5.1.

En la Figura 14. se presenta el porcentaje de cumplimiento de cada cláusula SPS evaluado por eje temático.

Figura 14

Cumplimiento de cláusulas SPS 5.1 por eje temático

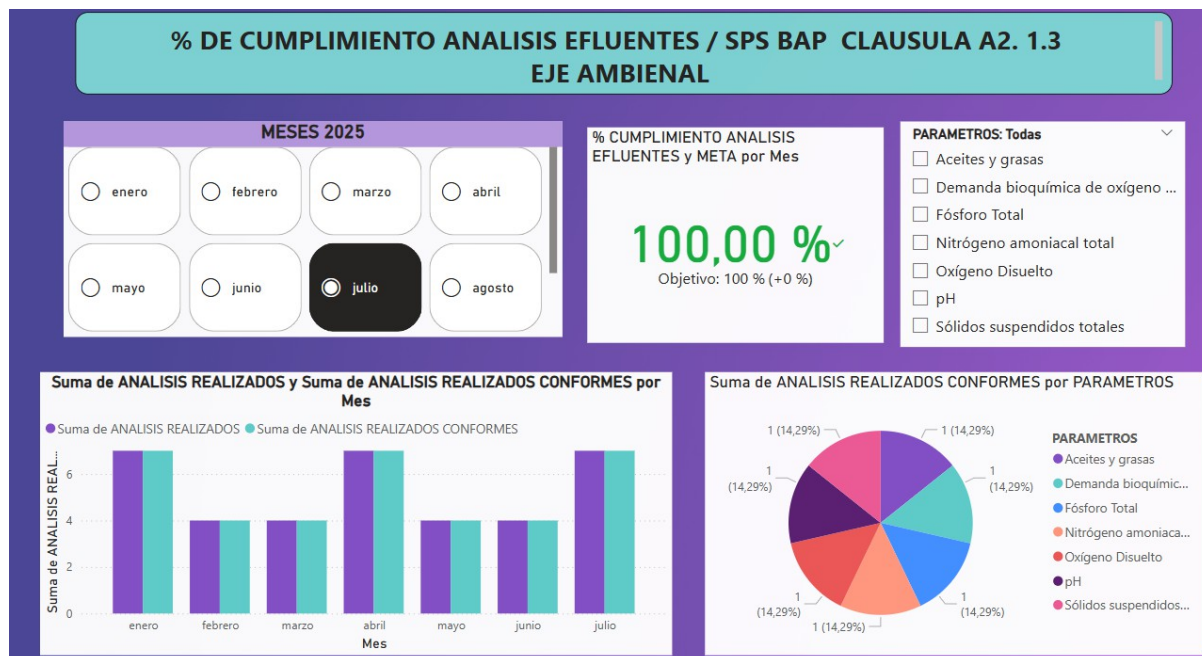


El análisis mostró un alto nivel de cumplimiento normativo en los tres ejes evaluados:

- **Ambiental:** La gestión de residuos peligrosos alcanzó el 100 % y para el tratamiento de efluentes también se obtuvo un 100% de cumplimiento
- **Social:** Para el indicador de horas Laborales para les mes mayo se tuvo un 94% debido a una error de asistencia y planificación la cual se procedió a la devolución para el rol próximo mientras que para la tasa de incidentes laborales cumplió plenamente con la meta.
- **Calidad:** Los Ejercicios de Trazabilidad de producto BAP planificados a realizar dos (1 hacia adelante: 1 hacia atrás) cada seis meses fue realizado de manera exitosa el mes de Junio.

Figura 15

Panel de control de SPS BAP clausula A2.1.3



Nota. Elaboración propia a partir de datos del sistema Power BI.

La Figura 15 presenta el cumplimiento de la clausula A2. 1.3 de la norma SPS BAP 5.1, el número los análisis de efluentes realizados y conformes, en el grafico de pastel los análisis realizados por cada uno de los parámetros que indica la norma la cual se puede filtrar mediante un cuadro de segmentación para saber el cumplimiento de un parámetro (Aceites – Oxigeno – Fosforo – Nitrógeno – pH – Solidos Suspendidos) en específico.

El panel muestra el 100% del cumplimiento de los análisis para el mes de mayo y los parámetros que se analizaron en ese mes además del cumplimiento por cada uno de ellos, con este seguimiento se tiene un control efectivo para el eje ambiental de la normal a como se lo realizaba antes el cual solo era vla revisión aleatoria de resultados.

Figura 16

Panel de control de SPS BAP cláusula 5.3 – 7.2.2



Nota. Elaboración propia a partir de datos del sistema Power BI.

La Figura 16 representa el % cumplimiento de las cláusulas 7.2.2 y 5.3 de la norma SPS V5.1, para el eje ambiental se detalla los desechos generados y gestionados, además de poder filtrar mediante el segmentador el tipo desecho gestionado y su cumplimiento mensual por otro lado para el eje social se tiene el % de cumplimiento de roles conformes, así como el número de roles revisados mensualmente.

El panel muestra el cumplimiento del 100% de desechos gestionados para el mes de junio, el diagrama de pastel el total Kg de desechos generados por código (Tipo de Desecho peligroso/especial) en el periodo mayo-julio y el grafico de barras muestras la cantidad gestionada y generada para el código NE con un cumplimiento del 100%.

En general, la planta presentó un cumplimiento consolidado del 99 % en las cláusulas SPS evaluadas, lo que evidencia un sólido compromiso con las prácticas de sostenibilidad, responsabilidad social y calidad.

3.4 Evaluación funcional del sistema implementado

Con la implementación del sistema de monitoreo digital en Power BI se fortaleció la capacidad analítica del departamento de control de calidad, al consolidar y visualizar en tiempo casi real los datos operativos de la planta. El sistema se configuró para extraer información de las bases internas, aplicar reglas de semaforización y emitir alertas automáticas ante violaciones de los KPI predefinidos (POES, PCC y requisitos BRCGS/SPS). La consolidación y revisión se efectuó con agregación mensual para el periodo mayo–julio de 2025.

Cobertura y funcionamiento en planta

- **Turnos cubiertos:** diurno y nocturno (100 % de la producción).
- **Lotes monitoreados:** 10 lotes/turno $\times$ 2 turnos $\times$ 92 días hábiles $\approx$ 1840 lotes (may–jul).
- **Registros procesados:** 10 lotes $\times$ 8 registros $\times$ 2 turnos $\times$ 92 días $\approx$ 14.720 registros, distribuidos entre recepción, clasificación, congelación, empaque y despacho.
- **Tiempo de carga y visualización:** entre 4 y 6 segundos por tablero, dependiendo del volumen de datos filtrados.
- **Alertas automáticas generadas:** 8 alertas totales (3 en POES, 2 en PCC, 3 en requisitos normativos).

Tabla 13

Evaluación del desempeño funcional del sistema de monitoreo digital

Criterio evaluado	Descripción	Calificación*
Usabilidad	Facilidad de navegación e interpretación de los tableros por parte del personal de calidad.	9/10
Cobertura	Cobertura de indicadores, turnos y áreas operativas.	10/10
Precisión de datos	Exactitud de los cálculos de KPIs en relación con los registros originales.	9/10

Tiempo de respuesta	Velocidad de carga y actualización de la información en el tablero.	8/10
Alertas	Funcionamiento y oportunidad de las notificaciones automáticas.	9/10
Adaptabilidad	Capacidad de integrar nuevos indicadores o modificar reglas de negocio.	8/10

Nota. Escala de evaluación de 1 a 10, donde 1 es deficiente y 10 es excelente.

Elaboración propia con base en retroalimentación del equipo de calidad y pruebas funcionales.

En la Tabla 13 se detalla el resumen de la evaluación después de la fase piloto, para el caso del tiempo de respuesta, se asignó una calificación de 8/10 porque, aunque los tableros cargaron en un rango aceptable de 4 a 6 segundos, se observaron retrasos puntuales al filtrar grandes volúmenes de datos históricos. Estos segundos adicionales no comprometieron la usabilidad general, pero evidencian la necesidad de optimizar la capacidad de procesamiento y la limpieza previa de la base de datos para alcanzar un desempeño superior.

Respecto a la adaptabilidad, la puntuación de 8/10 refleja que el sistema demostró flexibilidad para integrar nuevos indicadores, aunque este proceso requirió ajustes técnicos adicionales en la estructura del modelo de datos y capacitaciones al personal. Si bien la plataforma permite escalar e incorporar métricas adicionales, la dependencia de limpieza y estandarización de datos constituye una limitación que debe perfeccionarse para garantizar una incorporación más ágil de nuevas variables.

Opinión técnica del equipo de calidad

El equipo de calidad destacó que el uso de Power BI:

- Permitió un monitoreo más ágil y visual de la información.
- Facilitó la detección temprana de desviaciones, reduciendo el tiempo de reacción.
- Mejoró la trazabilidad documental y de procesos.

No obstante, se identificaron áreas de mejora:

- **Limpieza de datos:** fue necesario ajustar formatos y nomenclaturas para garantizar la correcta lectura en el sistema.
- **Capacitación:** se requirió entrenar al personal en el uso de filtros, interpretación de KPIs y lectura de alertas.
- **Conexión de datos:** en algunos casos se presentaron retrasos en la sincronización con bases externas.

La evaluación funcional confirma que el sistema implementado es viable técnica y operativamente, cumple con la cobertura esperada y mantiene un alto nivel de precisión. Sin embargo, el sistema de datos, así como la base del modelado que alimenta al panel de control sigue siendo manejado por personas lo que representa un riesgo para el sistema debido a que si los datos son ingresados incorrectamente el panel mostrará KPIs y gráficos inconsistentes.

Las mejoras necesarias se enfocan en optimizar la calidad de los datos y fortalecer la capacitación del personal para maximizar el aprovechamiento de la herramienta.

3.5 Análisis de costos y viabilidad

3.5.1 Desglose de costos

El análisis económico del sistema de monitoreo digital, el cual se detalla en la Tabla 14 toma en cuenta tanto los costos directos de licencias, desarrollo del sistema y capacitación, como los costos indirectos de personal, soporte y mantenimiento. Las cantidades dadas corresponden a estimaciones realizadas durante la fase piloto utilizando precios de mercado y documentos internos como base.

Tabla 14*Desglose estimado de costos del sistema de monitoreo digital*

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Desarrollo y configuración	Proyecto	1	1.500,00	1.500,00
Licencia Power BI Pro	Usuario/año	5	120	600
Capacitación al personal	Hora/hombre	20	15	300
Horas hombre de implementación	Hora/hombre	40	20	800
Mantenimiento técnico anual	Servicio anual	1	400	400
Equipos y recursos tecnológicos	Unidad	2	250	500
Total estimado: 4.100,00 USD				

Nota. Valores simulados para fines académicos, calculados en base a tarifas promedio y requerimientos operativos de la planta durante la fase piloto.

- Desarrollo y configuración representó el mayor componente de inversión inicial, debido a la personalización de tableros, conexión a bases de datos y programación de reglas de negocio.
- El costo de licencias Power BI Pro está asociado a usuarios clave (jefes de calidad, supervisores y administradores del sistema).
- La capacitación fue necesaria para asegurar la correcta interpretación de KPIs, filtros y alertas.
- El mantenimiento técnico anual garantiza la continuidad del servicio y actualización de indicadores.
- La inversión en equipos tecnológicos (principalmente estaciones de trabajo y monitores de alta resolución) buscó optimizar la visualización y análisis de datos.

3.5.2 Estimación de beneficios

La implementación del sistema de monitoreo digital en Power BI facilitó la optimización de procesos y creó beneficios tangibles e intangibles para la planta. En este caso, estos beneficios

se traducen en ahorros económicos, que se presentan en la Tabla 15 y son una mejora en el cumplimiento y mayor eficiencia operativa.

Tabla 15

Estimación de beneficios operativos y económicos derivados del sistema de monitoreo digital

Beneficio estimado	Indicador asociado	Situación previa	Situación posterior	Ahorro/Impacto estimado (USD/año)
Reducción en reprocesos	Lotes reprocesados por desviaciones POES/PCC	15 lotes/año	5 lotes/año	2.500,00
Mejora en trazabilidad	Tiempo de respuesta en simulacros	6 horas	3 horas	1.200,00
Menor número de hallazgos en auditorías internas	No conformidades detectadas	10 hallazgos/auditoría	4 hallazgos/auditoría	1.000,00
Menor número de hallazgos en auditorías externas	No conformidades detectadas	8 hallazgos/auditoría	3 hallazgos/auditoría	1.500,00
Optimización de recursos humanos	Horas hombre dedicadas a consolidar reportes	120 h/mes	60 h/mes	1.800,00
Total ahorro/impacto anual estimado: 8.000,00 USD				

Nota. Valores calculados con base en registros operativos previos y estimaciones del área de calidad. Los ahorros se calcularon considerando costos directos e indirectos asociados a cada indicador.

- La reducción de reprocesos es el beneficio más significativo, directamente vinculado a la capacidad del sistema de generar alertas tempranas.
- La mejora en la trazabilidad redujo el tiempo de respuesta en simulacros y en la investigación de incidentes, optimizando el uso de recursos humanos y tecnológicos.

- La disminución de hallazgos en auditorías internas y externas mejora la reputación de la planta y reduce riesgos de sanciones o pérdidas comerciales.
- El cálculo del ROI básico (Retorno de Inversión) se obtiene dividiendo los beneficios anuales estimados (8.000 USD) entre la inversión inicial del sistema (4.100 USD), lo que arroja un ROI de aproximadamente 1,95; es decir, la inversión se recupera en poco más de medio año de operación.

3.5.3 Viabilidad económica y operativa

El análisis de viabilidad del sistema de monitoreo digital implementado considera tanto la relación costo–beneficio como su potencial de escalabilidad y su factibilidad técnica dentro de la planta. En la Tabla 16 la evaluación se basa en los costos estimados y los beneficios proyectados obtenidos durante la fase piloto.

Tabla 16

Beneficios proyectados vs. costos de implementación

Indicador de beneficio	Impacto económico anual (USD)	Porcentaje respecto a la inversión
Reducción en reprocesos	2.500,00	61%
Mejora en trazabilidad	1.200,00	29%
Disminución de hallazgos en auditorías	2.500,00	61%
Optimización de recursos humanos	1.800,00	44%
Total beneficios anuales estimados	8.000,00	195%

Nota. Cálculo basado en promedios de ahorro obtenidos durante la fase piloto y

estimaciones del área de calidad.

Análisis comparativo costo–beneficio

- La inversión inicial de 4.100 USD se recupera en aproximadamente seis meses de operación.
- El ROI calculado es de 1,95, lo que significa que, por cada dólar invertido, se obtienen 1,95 USD en beneficios directos en un año.

- El impacto positivo en indicadores de inocuidad y eficiencia fortalece la competitividad de la planta frente a auditorías y certificaciones.

Escalabilidad

El sistema es altamente escalable a otras líneas de producción y procesos dentro de la misma planta, ya que:

- Utiliza una arquitectura modular que permite agregar nuevos indicadores o modificar las reglas de negocio sin rediseñar todo el sistema.
- Puede integrarse a más fuentes de datos, como sensores en línea o sistemas ERP, sin alterar la estructura principal.

Factibilidad técnica

La planta cuenta con:

- Infraestructura tecnológica suficiente (conectividad estable, equipos de cómputo adecuados).
- Personal capacitado para operar y mantener el sistema.
- Procedimientos estandarizados que facilitan la recolección y validación de datos.

Estos factores, junto con los resultados obtenidos, confirman que la solución es técnicamente factible, económicamente viable y operativamente sostenible.

3.6 Consideraciones éticas y de confidencialidad

La ejecución del presente proyecto cumplió con los principios de ética profesional y protección de la información, asegurando que no se recolectaron, almacenaron ni procesaron datos personales o sensibles de colaboradores, clientes o proveedores.

Todos los indicadores presentados en este capítulo fueron generados a partir de datos agregados y anonimizados, limitando su alcance a parámetros técnicos y operativos sin identificación individual de personas.

El acceso al sistema de monitoreo digital estuvo restringido únicamente a personal autorizado de la planta, bajo credenciales seguras y perfiles de usuario definidos en función de sus responsabilidades. Adicionalmente, se mantuvo el cumplimiento de las políticas internas de confidencialidad establecidas por la organización, garantizando que la información procesada y visualizada en Power BI no fuera divulgada fuera del ámbito corporativo.

Esta gestión ética y controlada de la información contribuye a fortalecer la confianza en la solución implementada y su alineación con las buenas prácticas de gobierno de datos.

3.7 Conclusión del capítulo

La implementación del sistema de monitoreo digital en Power BI permitió automatizar la recolección, procesamiento y visualización de indicadores clave de desempeño, abarcando tanto los programas prerequisite (POES) y puntos críticos de control (PCC), como los requisitos normativos establecidos en BRCGS v9 y SPS 5.1.

Los resultados de la fase piloto evidenciaron un alto nivel de cumplimiento operativo y normativo, junto con la capacidad del sistema para generar alertas oportunas, optimizar la trazabilidad y facilitar la toma de decisiones basada en datos objetivos.

Si bien el desempeño general fue satisfactorio, se identificaron áreas de mejora, tales como la optimización de la limpieza de datos, el fortalecimiento de la capacitación del personal y el perfeccionamiento de las reglas de alerta para una mayor precisión.

De cara al futuro, el sistema presenta un alto potencial de escalabilidad hacia otras líneas de producción y la integración con nuevas fuentes de datos, lo que podría ampliar su alcance y maximizar sus beneficios.

Con esta base, el siguiente capítulo abordará las conclusiones generales y recomendaciones, consolidando el aporte académico, tecnológico y operativo del presente trabajo para el fortalecimiento de la gestión de calidad e inocuidad en la planta.

4. CAPÍTULO 4

4.1 Conclusiones y recomendaciones

4.1.1 Conclusiones

El proyecto demostró que la incorporación de un sistema de monitoreo digital en Power BI, basado en KPIs de POES y PCC y el cumplimiento normativo con BRCGS v9 y SPS 5.1, reforzó de manera medible el control operativo y la trazabilidad en la línea de procesamiento de camarón. La consolidación mensual de datos de mayo a julio de 2025 permitió conocer el desempeño real en condiciones normales de operación y posibilitó la toma de decisiones con base en datos y no en auditorías o muestreos aislados. Metodológicamente, el periodo de los últimos 3 meses dio estabilidad estadística a las tendencias y permitió compararla entre meses y turnos.

En cuanto a resultados, el sistema logró definir, operacionalizar y dar seguimiento a indicadores clave. Los POES lograron un cumplimiento promedio de 97 %, y los PCC, de 99 %, para un cumplimiento combinado de 98 % en el total de los indicadores. Para el PCC que se controla con la “cartas de garantía” (100 %) reveló desviación en mayo, que generó una alerta y demostraron la necesidad de fortalecer la custodia documental en la recepción de materia prima mientras que para el PCC de la detectora de metales se generó una alerta porque el equipo no estaba calibrado con la sensibilidad correcta mas no por una contaminación física lo que demuestra la necesidad de una capacitación para la correcta sensibilidad del equipo. En POES, los cambios de mayo (limpieza) y Junio (higiene y control microbiológico) fueron menores y se gestionaron en el ciclo de mejora operativa.

La prueba funcional validó la factibilidad técnica y operativa del modelo: cobertura del 100 % de la producción en ambos turnos, tiempos de respuesta entre 4 y 6 segundos por tablero, usabilidad y exactitud de los cálculos en comparación con los registros fuente. El sistema llegó a procesar alrededor de 14720 registros y a controlar alrededor de 1840 lotes en el periodo, lo que demostró su capacidad para funcionar en escala sin sacrificar la calidad de la información. La

generación de seis alertas en total (cuatro en POES y dos en PCC) verificó el funcionamiento del esquema de semaforización y la activación de acciones correctivas.

Como impacto transversal, la digitalización de los flujos de control transformó la supervisión de un enfoque reactivo a uno preventivo, mejorando la oportunidad de detección de desviaciones y la trazabilidad de las decisiones. Ante métodos tradicionales de control manual, la solución demostró mejoras en la consistencia de los datos, consolidación automática, visualización comparativa y gobernanza del dato entre calidad, producción y mantenimiento. Estas fortalezas se tradujeron en mayor conocimiento sobre las brechas normativas puntuales principalmente en documentación de proveedores y en la estandarización de procedimientos de saneamiento, sin impactar la continuidad de la planta.

Finalmente, el piloto validó que la arquitectura es extensible a otras líneas y procesos y que tiene espacio para madurar la analítica a medida que se integren nuevas fuentes y reglas de negocio. Las debilidades encontradas no invalidan los resultados, sino que señalan exactamente los puntos críticos de mejora calidad de datos y capacitación que limitan el máximo provecho del sistema. En conjunto, los resultados confirman el cumplimiento del objetivo general y los objetivos específicos propuestos y dejan a la organización en una mejor posición para mantener y demostrar cumplimiento regulatorio, disminuir la variación de proceso y soportar decisiones operativas basadas en información.

4.1.2 Recomendaciones

Es recomendable institucionalizar el monitoreo como mecanismo de gestión continua, con una gobernanza de datos que garantice calidad, trazabilidad y oportunidad. Para ello es recomendable establecer un diccionario de datos, reglas de validación en las fases de captura y transformación, y un calendario de cierres mensuales con responsables definidos. Este marco

garantizará la fiabilidad de los indicadores, disminuirá los reprocesos y mantendrá la comparabilidad intermensual, indispensable para la toma de decisiones operativas y auditorías.

En vista de las anomalías encontradas, es importante reforzar la capacitación continua del personal en lectura de KPIs, filtros y alertas. Un cronograma simple de micro formaciones rotativas, con casos reales identificados por el tablero, fortalecería la cultura preventiva y reduciría la reiteración de incumplimientos en limpieza de superficies, higiene del personal y control microbiológico. Paralelamente, fortalecer los controles documentales en recepción para garantizar el 100% de cartas de garantía, ya que este PCC es el que tiene una meta exigente y las alertas levantadas.

Desde el punto de vista tecnológico, es bueno automatizar más fuentes y expandir el modelo de datos. La integración directa con sensores (temperatura, detectores de metales, registradores de limpieza) y con el ERP reduciría la carga manual, los tiempos de actualización y ampliaría la cobertura de procesos. Adicionalmente, la incorporación de análisis de tendencias y gráficos de control, con reglas de alerta ponderadas por severidad y duración, optimizará la priorización y efectividad de las medidas correctivas.

Para la evolución normativa, los próximos ciclos de medición deberán contemplar explícitamente la adopción de la versión SPS BAP 6.1 para la definición y actualización de nuevos KPIs. Alinear-se tempranamente con esta versión hará más fácil dar seguimiento al cumplimiento, anticipar necesidades de auditoría y prevenir reprocesos por rediseño de indicadores. Esta actualización debe proveer un mapeo entre los KPIs actuales y las cláusulas/criterios de SPS BAP 6.1, para asegurar la continuidad histórica de las series y la comparabilidad de los resultados.

En cuanto a la cobertura, se recomienda ir ampliando gradualmente el conjunto de indicadores hacia aquellas áreas no abordadas en un primer momento. La inclusión de métricas

de mantenimiento, producción, compras y logística (por ejemplo, calibraciones vencidas, eficiencia de línea, evaluación de proveedores, desempeño de despacho) daría un control más completo al sistema de gestión de las normas estudiadas en el presente proyecto.

Esta ampliación se ha de planificar por etapas, priorizando aquellos indicadores con mayor impacto en seguridad alimentaria y conformidad legal.

También es aconsejable revisar y adaptar las metas internas en función de la evidencia que se vaya acumulando. En indicadores con cumplimiento sostenido muy por encima del límite, se puede subir la meta para forzar la mejora continua; en los que caen reiteradamente, es mejor fijar metas intermedias, planes de acción con responsables y fechas límite, y seguimiento visual en el tablero. Incorporar tableros dedicados a auditorías (con evidencias adjuntas y filtros predefinidos) agilizará la preparación y disminuirá los tiempos de respuesta ante solicitudes externas.

Finalmente, para garantizar la sostenibilidad del sistema, es recomendable crear un comité quincenal entre calidad, producción, mantenimiento y TI para revisar alertas, causas raíz y efectividad de las acciones tomadas. Este espacio ha de nutrir una bitácora de decisiones, mantener el ciclo de mejora y priorizar el desarrollo de nuevas vistas o reglas de negocio. Con estas acciones, el proyecto pasará de ser un piloto exitoso a un sistema robusto, escalable y en cumplimiento con BRCGS y SPS, actualizándose a SPS BAP 6.1 y con la futura inclusión de indicadores de otras áreas.

Referencias

- Álvarez, M., y Mejía, C. (2023). Digitalización de sistemas HACCP en la industria cárnica colombiana. *Revista Latinoamericana de Seguridad Alimentaria*, 9(2), 61–74.
- BRCGS. (2023). *Food Safety Global Standard. Issue 9*. British Retail Consortium. <https://www.brcgs.com>
- Codex Alimentarius. (2023). *Principios Generales de Higiene de los Alimentos – CAC/RCP 1-1969*. FAO/OMS.
- FAO. (2022). *Manual de sistemas de gestión de la inocuidad alimentaria*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Fernández, D., y Lemos, J. (2024). Buenas prácticas en trazabilidad alimentaria: Estudios de caso en Latinoamérica. *Revista de Ciencia y Tecnología Agroalimentaria*, 11(1), 89–97.
- González, M., Torres, P., y Ayala, J. (2022). Automatización del monitoreo en procesos de inocuidad. *Revista Colombiana de Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 10(2), 75–83.
- Lara, C., y Velázquez, D. (2023). Transformación digital en la industria agroalimentaria. *Revista Ecuatoriana de Innovación y Tecnología Agroindustrial*, 8(1), 49–60.
- Martínez, J., y Hidalgo, C. (2021). Gestión de información y trazabilidad en sistemas de inocuidad alimentaria. *Revista Chilena de Tecnología Agroindustrial*, 18(2), 45–59. <https://doi.org/10.35627/rcta.2021.18.2.59>
- Norma SPS 5.1. (2020). *Best Aquaculture Practices: Processing Plant Standards – Issue 5.1*. Global Seafood Assurances.
- Ortega, D., y Salazar, K. (2023). Herramientas digitales para el control de calidad alimentaria: aplicación de Power BI en la industria pesquera. *Revista Tecnológica de Procesos Industriales*, 14(3), 112–126. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7819983>
- Ramírez, K., y Torres, G. (2022). Innovación tecnológica en sistemas de inocuidad en Ecuador. *Revista de Producción Agroindustrial Sostenible*, 6(1), 52–64.
- Ramos, P., Lozano, S., y Méndez, V. (2023). Implementación de inteligencia de negocios para el control de calidad en la industria alimentaria. *Revista de*

Innovación y Gestión Tecnológica, 5(1), 87–102.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7643211>

Rivas, S., y Méndez, H. (2024). Visualización estratégica de KPIs en plantas alimentarias. *Revista Internacional de Sistemas Productivos*, 12(1), 92–105.

Salas, D., y Pinto, L. (2022). Auditorías internas como herramienta de mejora en sistemas de inocuidad. *Revista Peruana de Ingeniería de Alimentos*, 10(3), 33–47. <https://doi.org/10.36995/rpia.2022.v10.n3.47>

Velázquez, A., Ortega, M., y Díaz, E. (2021). Programas prerequisites en la industria acuícola: aplicación del estándar ISO/TS 22002-1. *Revista Iberoamericana de Seguridad Alimentaria*, 4(1), 71–85. <https://doi.org/10.24265/risa.2021.v4n1.71>