

**Puesta a punto de las plantas de procesamiento de alimentos de lácteos y Fruver de la
UNAD ZCORI**

Emmanuel Fajardo Silva

Asesor

Ing. M.Sc. Martha Barrera Hernández

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Escuela de Ciencias Sociales Artes y Humanidades ECSAH
Ingeniería de Alimentos

2025

Dedicatoria

A mi hermano, por el impulso que me dio desde el primer día y por creer en mí cuando esto apenas era una idea. A mi madre, por su compañía constante a pesar de la distancia, por su fe silenciosa que me sostuvo en los días difíciles, por recordarme con amor la disciplina y la paciencia, y por cada llamada y abrazo que me devolvieron la calma y la fuerza. A mi padre, por estar siempre que lo he necesitado y por su apoyo sereno. A mi familia cercana, por cada palabra de aliento y por sostenerme en los momentos complejos. Y a esa mujer que acompañó este camino con generosidad y buen ánimo, gracias por su presencia oportuna y su aliento en los tramos más retadores.

Agradecimientos

A la tutora y directora del proyecto Ing. Marta Barrera Hernandez, por su orientación rigurosa, su paciencia y el acompañamiento constante que hicieron posible este proyecto de grado. A los tutores que me guiaron a lo largo de la carrera, por cada clase, retroalimentación y consejo que se convirtió en conocimiento valioso y en base para este trabajo. A mis compañeros y estudiantes con quienes compartí prácticas, discusiones y aprendizajes: de cada experiencia conjunta quedó una lección. Finalmente, a quienes aportaron tiempo, recursos o una palabra oportuna, gracias por sumar a este proceso académico y personal.

Resumen

En la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), los escenarios físicos de procesamiento de frutas y verduras (Fruver) y lácteos de la zona ZCORI son espacios esenciales para la formación práctica de los estudiantes de Ingeniería de Alimentos. No obstante, requieren una puesta a punto que garantice el cumplimiento de la normativa sanitaria, optimice los procesos y fortalezca su valor académico. Este proyecto tiene como objetivo estandarizar las condiciones operativas de ambos escenarios físicos, aplicando criterios técnicos y normativos que aseguren su funcionalidad, inocuidad y eficiencia. La metodología contempla, en primer lugar, un diagnóstico de la infraestructura, los equipos y las condiciones higiénico-sanitarias, evaluando su conformidad con la legislación vigente, en especial la Resolución 2674 de 2013, las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), la NTC 5830 y principios del sistema HACCP. Posteriormente, se diseñarán Procedimientos Operacionales Estandarizados (POE) y Procedimientos Operacionales Estandarizados de Saneamiento (POES), junto con los registros necesarios para evidenciar su cumplimiento. La validación se realizará mediante inspecciones técnicas, revisión documental y simulacros operativos, y se complementará con un plan de capacitación dirigido a los estudiantes vinculados a los escenarios físicos, con el fin de garantizar la correcta adopción de los procedimientos implementados. Se espera que, al finalizar, los escenarios físicos estén plenamente operativos y alineados con los estándares exigidos, brindando un entorno seguro y de calidad para la formación académica. Además, se proyecta un impacto positivo en la comunidad universitaria y regional, a través de mejoras en las condiciones higiénico-sanitarias, el aseguramiento de la calidad de los productos y el fortalecimiento del aprendizaje práctico.

Palabras clave: Inocuidad, Trazabilidad, Capacitación, Documentación, Saneamiento.

Abstract

At the National Open and Distance University (UNAD), the physical facilities for processing fruits and vegetables (Fruver) and dairy products in the ZCORI zone are essential spaces for the practical training of Food Engineering students. However, they require upgrading to ensure compliance with health regulations, optimize processes, and strengthen their academic value. This project aims to standardize the operating conditions of both physical facilities, applying technical and regulatory criteria to ensure their functionality, safety, and efficiency. The methodology first includes a diagnosis of the infrastructure, equipment, and hygienic and sanitary conditions, assessing their compliance with current legislation, especially Resolution 2674 of 2013, Good Manufacturing Practices (GMP), NTC 5830, and HACCP system principles. Subsequently, Standard Operating Procedures (SOPs) and Sanitation Standard Operating Procedures (SOPs) will be designed, along with the necessary records to demonstrate compliance. Validation will be carried out through technical inspections, document reviews, and operational drills, and will be complemented by a training plan for students involved in the physical facilities to ensure proper adoption of the implemented procedures. Upon completion, the physical facilities are expected to be fully operational and aligned with the required standards, providing a safe and high-quality environment for academic training. Furthermore, a positive impact is projected for the university and regional communities through improvements in hygienic and sanitary conditions, product quality assurance, and enhanced hands-on learning.

Keywords: Safety, Traceability, Training, Documentation, Sanitation

Tabla de Contenido

Introducción	14
Planteamiento del problema.....	16
Justificación	17
Objetivos.....	18
Objetivo General.....	18
Objetivos Específicos	18
Marco teórico.....	19
Importancia de los escenarios de práctica en instituciones académicas y su papel en el aseguramiento de la inocuidad alimentaria	19
Bases normativas del aseguramiento de la inocuidad alimentaria	22
Resolución 2674 de 2013.....	24
Norma Técnica Colombiana NTC 5830 del 2010	25
Codex Alimentarius (FAO/OMS).....	28
Articulación de normas aplicables al proceso de estandarización.....	29
Sistemas de gestión de calidad en alimentos: BPM, HACCP e ISO 22000	30
Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).....	30
HACCP: enfoque preventivo por riesgo.....	32
ISO 22000: marco integrado de gestión	34
Procedimientos operacionales estandarizados (POE y POES): concepto, importancia e implementación	36
Importancia y aplicación práctica de los POES.....	37
Rol de los POE y POES en la inocuidad	38

Diseño pedagógico para capacitaciones en escenarios físicos UNAD	40
Aplicación práctica de POE y POES en la planta de lácteos y Fruver	41
Vinculación entre capacitación y validación operativa	42
Impacto académico y social del proyecto	43
Perspectiva de mejora continua y calidad institucional	43
Metodología	45
Resultados y análisis de resultados	50
Revisión documental de normativas vigentes aplicables a las plantas de procesamiento (Resolución 2674 de 2013, BPM, HACCP, ISO 22000, entre otras).....	50
Diseño de listas de chequeo para evaluar infraestructura, equipos y condiciones higiénico- sanitarias.	51
Ejecución de visitas técnicas a las plantas para aplicar las listas de chequeo y realizar observación directa.	52
Planta de Lácteos	53
Infraestructura	53
Equipos..	53
Condiciones higiénico-sanitarias.	54
Planta Fruver.....	54
Infraestructura.....	54
Equipos..	55
Condiciones higiénico-sanitarias..	55
Realización de entrevistas con personal operativo y encargado de las plantas para recopilar información cualitativa.	56

Análisis de los resultados obtenidos en campo para identificar las no conformidades frente a la normativa vigente.	59
Planta de Lácteos	59
Infraestructura.....	59
No conformidad 1.	59
No conformidad 2.	59
No conformidad 3.	60
Equipos	60
No conformidad 4.	60
No conformidad 5.	60
No conformidad 6.	60
Condiciones higiénico-sanitarias	60
No conformidad 7.	60
No conformidad 8.	60
Planta Fruver.....	61
Infraestructura.....	61
No conformidad 1:	61
No conformidad 2:	61
Equipos	61
No conformidad 3:	61
No conformidad 4:	61
No conformidad 5:	61
Condiciones higiénico-sanitarias	61

No conformidad 6.	61
No conformidad 7.	62
No conformidad 8.	62
Diseño de los Procedimientos Operacionales Estandarizados (POE) para la operación segura de equipos, flujo de producción y control de procesos.....	63
Diseño de los Procedimientos Operacionales Estandarizados de Saneamiento (POES) para limpieza, desinfección, control microbiológico y manipulación de alimentos.	65
Identificación y elaboración de los registros requeridos para evidenciar el cumplimiento de POE y POES.....	66
Elaboración del plan de capacitación para el personal sobre los nuevos procedimientos diseñados.	67
Módulo 1: Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).....	68
Módulo 2: Procedimientos Operacionales Estandarizados (POE)	69
Módulo 3: Procedimientos Operacionales Estandarizados de Saneamiento (POES).....	69
Ejecución de sesiones de capacitación con el personal de las plantas.....	70
Evidencia mínima de la sesión.	71
Ejecución de simulacros operativos para implementar los POE y POES en condiciones reales.	72
Monitoreo y evaluación de los procedimientos implementados mediante inspección técnica en campo.....	75
Enfoque de inspección.	75
Criterios de evaluación.	76
Plan de muestreo/inspección.....	76

Revisión de registros de operación, tiempos de respuesta, eficiencia de los equipos y cumplimiento normativo.....	77
Fuentes de información.....	77
Criterios de inclusión/exclusión.	78
Se contrasta lo registrado contra los criterios del POE del producto y los POES aplicables.	78
Cruce de consistencia	78
Consolidación del lote	78
Interpretación y decisión.....	79
Conservación de evidencias y trazabilidad.....	79
Recolección de retroalimentación del personal operativo sobre la aplicabilidad y efectividad de los procedimientos.	80
Instrumento único “Tarjeta”.	80
Contenido y uso de la tarjeta.	81
Criterio de interpretación.....	81
Realización de ajustes a los procedimientos si se detectan falencias.	81
Cuando se ajusta.	81
Cómo se hace.....	82
Criterios para aprobar.	82
Consolidación de informe final de validación, con evidencias, análisis de cumplimiento y recomendaciones.	83
Conclusiones.....	85
Recomendaciones	86
Referencias.....	87

Apendices..... ¡Error! Marcador no definido.

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Resultados de la lista de chequeo en la planta de lácteos</i>	51
Tabla 2 <i>Resultados de la lista de chequeo en la planta de Fruver</i>	52
Tabla 3 <i>Matriz comparativa de no conformidades por planta</i>	56
Tabla 4 <i>Resultados de las entrevistas: percepción de actores clave en escenarios físicos de alimentos</i>	57
Tabla 5 <i>No conformidades identificadas en campo frente a la normativa sanitaria vigente</i>	62
Tabla 6 <i>Aspectos relevantes en los Procedimientos Operacionales Estandarizados (POE) diseñados</i>	63
Tabla 7 <i>Temas por tratar en las capacitaciones sobre POE y POES</i>	67
Tabla 8 <i>Duración estimada y cronograma</i>	68
Tabla 9 <i>Matriz de diseño de la capacitación por módulo</i>	70
Tabla 10 <i>Estrategias de capacitación: temas, responsables y evidencias</i>	72
Tabla 11 <i>Tarjeta de Retroalimentación de Procedimientos</i>	80
Tabla 12 <i>El Formato ficha de ajuste al procedimiento</i>	83

Lista de Apéndices

Apendice A <i>Listas de chequeo de condiciones sanitarias y operativas</i>	92
Apendice B <i>Guion de entrevistas y síntesis</i>	92
Apendice C <i>Códigos QR para uso de maquinaria (Lácteos y Fruver)</i>	92
Apendice D <i>Formatos POE (Lácteos y Fruver)</i>	93
Apendice E <i>POES Lácteos</i>	93
Apendice F <i>POES Fruver</i>	94
Apendice G <i>Registros para evidenciar cumplimiento de POE y POES</i>	94
Apendice H <i>Plan de Saneamiento (Lácteos y Fruver)</i>	94
Apendice I <i>Formatos de inspección en campo</i>	95
Apendice J <i>Formatos para revisión de registros y desempeño</i>	95

Introducción

En el contexto de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), los escenarios físicos de procesamiento de alimentos de la zona ZCORI, dedicados a la transformación de productos lácteos y Fruver, constituyen un recurso esencial para la formación práctica de los estudiantes del programa de Ingeniería de Alimentos. Estos espacios, además de funcionar como laboratorios académicos, cumplen un papel fundamental en la articulación entre la teoría y la práctica, permitiendo que los futuros profesionales desarrollen competencias técnicas, operativas y de control de calidad indispensables en la industria alimentaria.

En el marco del presente proyecto de grado, surge la decisión de poner a punto los escenarios físicos a través de un diagnóstico inicial que permita identificar con precisión las condiciones reales de infraestructura, disposición de equipos, implementación de protocolos de saneamiento y gestión de registros. Dicho diagnóstico ha evidenciado diversas no conformidades frente a la normativa sanitaria vigente —incluida la Resolución 2674 de 2013, las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), la NTC 5830:2021 y los principios del sistema HACCP—, las cuales además limitan la capacidad de estos escenarios para ofrecer entornos de aprendizaje prácticos, seguros y alineados con las exigencias actuales del sector productivo.

El presente proyecto tiene como objetivo estandarizar y poner en marcha las condiciones operativas de los escenarios físicos de procesamiento de lácteos y fruver mediante la aplicación de criterios técnicos y normativos que aseguren la inocuidad, eficiencia y funcionalidad de los procesos. Para ello, se implementará una metodología que integra diagnóstico en campo; diseño y validación de Procedimientos Operacionales Estandarizados (POE) y de Saneamiento (POES); elaboración de registros; y capacitaciones dirigidas a estudiantes con el acompañamiento de tutores.

Este alcance no solo implica mejoras técnicas y operativas, sino que también persigue un impacto positivo en la formación académica y en la proyección social de la UNAD, fortaleciendo la seguridad y la calidad de las prácticas, y contribuyendo al desarrollo de competencias profesionales aplicables directamente en la industria alimentaria.

Planteamiento del problema

Los escenarios físicos de procesamiento de frutas y verduras (Fruver) y lácteos de la UNAD-ZCORI constituyen espacios estratégicos para la formación práctica de los estudiantes de Ingeniería de Alimentos y para el desarrollo de actividades de proyección académica y regional. No obstante, para garantizar la adhesión plena a la normativa sanitaria vigente y optimizar su funcionalidad, se requiere una puesta a punto que comprenda ajustes en infraestructura, operación y procedimientos.

Este proceso permitirá que los escenarios físicos cumplan plenamente con lo establecido en la Resolución 2674 de 2013, las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), la NTC 5830:2021 y los principios del sistema HACCP, asegurando así la inocuidad de los productos, la eficiencia de los procesos y el fortalecimiento del componente pedagógico. De esta manera, se busca consolidar estos espacios como entornos seguros y tecnológicamente actualizados, alineados con las exigencias del sector productivo y con las necesidades formativas de la academia.

Pregunta problema:

¿Es posible poner a punto los escenarios físicos de frutas y verduras (Fruver) y lácteos de la UNAD-ZCORI con el fin de optimizar los procesos académicos que allí se realizan?

Justificación

La puesta a punto de los escenarios físicos de procesamiento de frutas y verduras (Fruver) y lácteos de la UNAD-ZCORI representa una oportunidad clave para fortalecer la formación práctica de los estudiantes y, al mismo tiempo, generar un impacto positivo en las comunidades de la región. Estas instalaciones pueden consolidarse como espacios de extensión social mediante actividades de capacitación, educación alimentaria y articulación con pequeños productores locales, promoviendo el acceso a tecnologías limpias, buenas prácticas de manufactura y seguridad alimentaria en sectores vulnerables.

Desde el enfoque económico, la optimización de los escenarios físicos permite una gestión más eficiente de los recursos, con reducción de costos operativos y mejora de la productividad. Se incentiva la transferencia tecnológica, favoreciendo el desarrollo de emprendimientos, la producción a pequeña escala y la generación de productos con valor agregado, lo que impacta positivamente la economía local y regional. Además, estas mejoras abren la puerta a alianzas estratégicas con sectores productivos que requieran servicios tecnológicos o de transformación agroindustrial.

En el ámbito académico y científico, contar con escenarios físicos debidamente operativos posibilita la consolidación de espacios reales para la investigación aplicada, el desarrollo tecnológico y la innovación en alimentos. Estos espacios facilitan la validación de procedimientos, el diseño de nuevos productos y la participación de los estudiantes en proyectos interdisciplinarios con incidencia directa en la calidad de vida. De esta manera, se fortalece el proceso de enseñanza-aprendizaje, se fomenta la cultura investigativa y se contribuye a la mejora continua del programa académico.

Objetivos

Objetivo General

Estandarizar las condiciones operativas de los escenarios físicos de procesamiento de frutas y verduras (Fruver) y lácteos de la UNAD-ZCORI mediante la aplicación de criterios técnicos y normativos que garanticen su funcionalidad, cumplimiento sanitario y eficiencia en los procesos, con el propósito de mejorar las prácticas académicas.

Objetivos Específicos

Diagnosticar el estado actual de los escenarios físicos de Fruver y lácteos de la UNAD-ZCORI, en términos de infraestructura, equipos y cumplimiento normativo, con base en la legislación vigente y estándares técnicos del sector.

Diseñar e implementar Procedimientos Operacionales Estandarizados (POE) y Procedimientos Operacionales Estandarizados de Saneamiento (POES), junto con sus registros, que aseguren la funcionalidad, eficiencia e inocuidad de los procesos.

Validar los POE/POES mediante inspecciones técnicas, simulacros y revisión de registros, verificando la mejora operativa y el cumplimiento de los criterios establecidos.

Marco teórico

Importancia de los escenarios de práctica en instituciones académicas y su papel en el aseguramiento de la inocuidad alimentaria

En las facultades dedicadas a la formación en ciencias de la alimentación, los escenarios de práctica se configuran como espacios esenciales para integrar el aprendizaje teórico con la experimentación práctica, replicando en pequeña escala los procesos propios de la industria alimentaria real. Estas instalaciones permiten a los estudiantes desarrollar competencias técnicas y científicas, al tiempo que asimilan normativas y procedimientos técnicos que rigen a los establecimientos regulados (Ordoñez Gómez, 2017). Según el Acuerdo 0029 del 13 de diciembre de 2013, Artículo 14 del Reglamento Estudiantil (Capítulo 10), los escenarios para el desarrollo del componente práctico en la UNAD se clasifican en tres tipos:

- Escenarios con apoyo tecnológico, que permiten actividades usando software especializado en línea o por descarga.
- Escenarios físicos, ubicados en instalaciones propias de la UNAD o convenios externos.
- Escenarios remotos, que facilitan prácticas desde lugares diferentes mediante el uso de internet y equipos de operación a distancia.

Estos escenarios representan más que laboratorios demostrativos o analíticos: permiten la ejecución de procesos completos de transformación, empaque y control de calidad de alimentos, recreando un entorno operativo muy cercano al contexto industrial real. Investigaciones recientes han demostrado que las experiencias inmersivas en plantas piloto mejoran significativamente la comprensión de conceptos como la validación de procesos y la implementación de sistemas HACCP en estudiantes de tecnología de alimentos (Martínez & Rivera, 2021).

Por otra parte, el objetivo central de estos escenarios no es la producción comercial, sino la creación de un entorno controlado donde los estudiantes puedan aplicar conceptos aprendidos en cursos como microbiología, tecnología de alimentos e higiene industrial. En este contexto, los estudiantes participan activamente en actividades como manejo de equipos, control de parámetros (temperatura, pH, tiempo), y observación de procesos críticos, lo cual potencia habilidades como el análisis crítico, el control de calidad, la trazabilidad y la documentación técnica (Arrieta & Gómez, 2019). Esta inmersión en entornos de procesamiento fortalece también la capacidad de identificar riesgos, aplicar acciones correctivas, y documentar procesos siguiendo estándares técnicos, habilidades clave para la industria de alimentos.

Además, estos escenarios de práctica ofrecen un espacio de aprendizaje colaborativo y multidisciplinar, donde convergen conocimientos de ingeniería, química, microbiología y gestión. Esta integración permite a los estudiantes entender cómo las decisiones tomadas en una etapa del proceso impactan en la calidad final del producto, fomentando así el pensamiento sistémico. Experiencias similares en universidades de América Latina han mostrado que la interacción temprana con procesos reales facilita la transición del estudiante hacia entornos productivos y reduce la curva de adaptación laboral (García-Hernández et al., 2020).

Un aspecto esencial que diferencia un escenario de práctica educativo de un laboratorio escolar tradicional es que, al procesar alimentos reales, debe cumplir con las mismas exigencias sanitarias que una planta industrial, de acuerdo con lo dispuesto en la Resolución 2674 de 2013 y la NTC 5830 de 2010, que establecen requisitos técnicos y de higiene para cualquier establecimiento que manipule alimentos para consumo humano (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013; ICONTEC, 2018). Esto implica adoptar una visión integral de la inocuidad, considerando no solo el procesamiento como tal, sino también el entorno físico, los

flujos de personal, la higiene, la trazabilidad y el control de plagas. La Resolución 2674 de 2013 (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013) establece directrices claras en este sentido, siendo una de las bases normativas clave para orientar la estandarización y funcionalidad de estos espacios.

La Norma Técnica Colombiana NTC 5830 del 2010, por su parte, detalla los criterios operativos para implementar BPM incluyendo programas de limpieza, diseño de instalaciones, capacitación del personal y control de vectores en plantas procesadoras (ICONTEC, 2018). Estas regulaciones son aplicables a las plantas piloto institucionales, ya que la Resolución 2674 de 2013 establece que toda instalación donde se procesen alimentos destinados al consumo humano debe cumplir con los requisitos higiénico-sanitarios exigidos, sin importar su finalidad comercial o académica. El cumplimiento de estos lineamientos no solo garantiza la seguridad de los productos manipulados, sino que sirve como modelo de buenas prácticas para los estudiantes. En este sentido, trabajos como el de López-Moreno y Pérez (2022) han resaltado que las plantas piloto académicas que aplican BPM de forma estricta no solo cumplen una función educativa, sino que también actúan como modelos de referencia para microempresas del sector.

Los escenarios físicos de la UNAD ZCORI, por tanto, debe estar estandarizada atendiendo estos requerimientos, garantizando inocuidad y máxima consistencia pedagógica. La experiencia en una planta de procesamiento real, aunque no productiva comercialmente, proyecta al estudiante hacia escenarios industriales reales y lo prepara para responder a desafíos técnicos como la optimización de procesos, diseño de POE/POES, verificación de parámetros críticos (HACCP) y operación de sistemas de gestión integrados como ISO 22000 (Ordoñez Gómez, 2017). La ejecución de estas actividades en un entorno formativo ayuda a los futuros profesionales a entender la importancia de la estandarización, la validación de procesos, y la

implementación de sistemas de mejora continua como elementos fundamentales para garantizar la inocuidad de los alimentos.

En países como Colombia, donde el sector agroindustrial exige profesionales altamente competentes, las plantas piloto contribuyen a elevar el perfil del graduado como alguien familiarizado con prácticas reales de inocuidad, con conocimiento normativo formal y con habilidades para estandarizar y validar operaciones bajo criterios técnicos y de calidad (Arrieta & Gómez, 2019). Así, estas instalaciones no solo cumplen una función pedagógica, sino también estratégica, al formar egresados con capacidades para insertarse rápidamente en el mercado laboral y aportar a la mejora continua de las industrias alimentarias nacionales.

Más allá del ámbito universitario, las plantas piloto pueden convertirse en centros de transferencia tecnológica hacia comunidades rurales o pequeñas industrias locales. A través de capacitaciones, proyectos de extensión y programas de formación técnica, estas plantas pueden brindar apoyo a productores locales en temas como BPM, inocuidad, manejo de materia prima y procesos de conservación (Vásquez & López, 2018). Su papel como facilitadores del desarrollo rural y promotores del emprendimiento alimentario las convierte en piezas clave en el fortalecimiento de cadenas productivas regionales, así como en la reducción de brechas tecnológicas entre el sector académico y la industria alimentaria tradicional. Para entender un poco más del tema, veamos algunos conceptos importantes

Bases normativas del aseguramiento de la inocuidad alimentaria

La seguridad alimentaria es un componente fundamental en cualquiera de los procesos relacionados con la manipulación, procesamiento y distribución de alimentos, ya que protege la salud del consumidor y, a su vez, garantiza la legalidad y legitimidad de cualquier establecimiento que intervenga estos productos. En el contexto actual, donde los consumidores

son cada vez más exigentes y las enfermedades transmitidas por alimentos representan un riesgo significativo para la salud pública, contar con un marco normativo robusto se convierte en una prioridad estratégica para los sistemas alimentarios.

En este sentido, es fundamental conocer cuáles son las normas que regulan la inocuidad alimentaria en el contexto colombiano, incluyendo su aplicabilidad a escenarios académicos que procesan alimentos reales. De acuerdo con el INVIMA, toda instalación que manipule alimentos destinados al consumo humano —independientemente de su carácter comercial o formativo— debe cumplir con las normativas sanitarias vigentes, como la Resolución 2674 de 2013 y las BPM. En la UNAD, estas disposiciones se integran mediante el [nombre del manual o reglamento interno], que adapta los requisitos nacionales a las condiciones particulares de uso académico.

En Colombia, el marco legal y normativo articulado para este propósito tiene dos pilares centrales: la Resolución 2674 de 2013 y la Norma Técnica Colombiana NTC 5830 del 2010, complementados por directrices internacionales como las del Codex Alimentarius (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013; ICONTEC, 2018; FAO, 2019). Estas normativas no solo orientan las prácticas en entornos industriales, sino también en escenarios académicos donde se realice procesamiento de alimentos reales, como es el caso de las plantas piloto universitarias. Tal como señalan Hernández-Sandoval y Ruiz (2021), la adopción temprana de estándares internacionales en entornos formativos incrementa la competitividad profesional y garantiza una alineación con las tendencias regulatorias globales. De esta manera, se garantiza que la formación de los futuros profesionales esté alineada con las exigencias del entorno regulado. Enfatizamos en la Resolución 2674 de 2013.

Resolución 2674 de 2013

La Resolución 2674 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social fija los criterios sanitarios mínimos para la producción, procesamiento, transporte, almacenamiento y comercialización de alimentos destinados al consumo humano en Colombia, con el objetivo de asegurar la inocuidad alimentaria a lo largo de toda la cadena (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013). Su alcance aplica a todo establecimiento que intervenga alimentos, incluida la infraestructura con fines comerciales, investigativos o académicos, razón por la cual resulta central para la puesta a punto de las plantas de procesamiento de Fruver y lácteos de la UNAD-ZCORI.

En materia de infraestructura y diseño higiénico, la normativa exige áreas claramente diferenciadas por etapas de proceso para prevenir la contaminación cruzada; superficies en contacto con alimentos que sean lisas, no absorbentes, resistentes a la corrosión y de fácil limpieza; y disponibilidad de lavamanos ubicados estratégicamente en zonas de manipulación (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013). Estos lineamientos impactan la selección y el mantenimiento de equipos y utensilios (p. ej., tanques, mesas, líneas de envasado) y la organización física de las operaciones —recepción, selección, lavado, desinfección y empaque en Fruver; y procesos térmicos como pasteurización y homogeneización en lácteos—, los cuales deben realizarse en entornos controlados que cumplan estándares sanitarios.

La resolución también exige programas y procedimientos documentados: un plan escrito de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), Procedimientos Operativos Estandarizados (POE) y Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES), que detallen actividades, frecuencia, responsables, materiales y medidas de verificación. Además, requiere programas de limpieza y desinfección, control documental de POE, así como mecanismos para la

identificación y retiro de productos no conformes (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013; Pérez & Sánchez, 2020). De forma complementaria, se debe implementar un sistema de trazabilidad que cubra desde la recepción de materias primas hasta el producto final (Martínez et al., 2021).

El componente humano es igualmente clave: el personal manipulador debe estar capacitado y certificado en BPM y cumplir prácticas higiénicas rigurosas durante sus funciones (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013). En el contexto de la UNAD-ZCORI, esto supone operar bajo condiciones higiénicas modelando el cumplimiento normativo real del sector y, a la vez, formar estudiantes en dichas exigencias.

Finalmente, la norma establece requerimientos operativos verificables sobre control de plagas, manejo de residuos, control de temperaturas, registros microbiológicos y condiciones de almacenamiento, los cuales deben estar documentados. Para las plantas de fruver y lácteos de la UNAD-ZCORI, esto se traduce en registros actualizados de operaciones como lavado y desinfección de frutas, pasteurización de leche, control de temperatura en cámaras de refrigeración y registro de lotes por producción académica. Estos elementos permiten evaluar objetivamente el estado actual de las plantas y orientar acciones de mejora para garantizar la inocuidad de los productos elaborados (Pérez & Sánchez, 2020; Martínez et al., 2021). Por otra parte, es importante hablar también de la NTC 5830:2010

Norma Técnica Colombiana NTC 5830 del 2010

En complemento a la Resolución 2674 de 2013, la Norma Técnica Colombiana NTC 5830 —desarrollada por ICONTEC— proporciona el marco técnico para operacionalizar las BPM en establecimientos agrícolas y alimentarios. La versión 2010 se presenta como una guía

metodológica que traduce los requerimientos regulatorios en criterios prácticos, detallando aspectos de materiales de construcción, diseño de pisos y drenajes, frecuencias de limpieza, vestimenta del personal, control de plagas y documentación (ICONTEC, 2018). De manera específica, incluye tablas con recomendaciones sobre frecuencia de inspección, tipos de productos de limpieza autorizados, flujo de procesos para prevenir contaminación cruzada y prácticas de capacitación continua para el personal operativo (Rodríguez & Torres, 2019).

La norma enfatiza un enfoque de mejora continua, basado en el ciclo PHVA (Planear–Hacer–Verificar–Actuar), promoviendo la revisión periódica de procedimientos, la actualización de registros y la evaluación de riesgos sanitarios. Asimismo, impulsa el uso de indicadores de desempeño relacionados con la inocuidad (p. ej., tasas de reclamos, resultados de auditorías internas o incidentes de contaminación) para orientar decisiones técnicas y correctivas.

Si bien la NTC 5830 es de naturaleza técnica y en principio voluntaria, su observancia deviene exigible cuando es citada o requerida por normas de mayor jerarquía —como la Resolución 2674 de 2013— o por autoridades sanitarias. Por ello, se constituye en referente indispensable para el diseño, operación y evaluación de plantas de procesamiento, incluidas aquellas con fines pedagógicos.

La versión 2021 de la NTC 5830 refuerza esta función al traducir las directrices de BPM en requerimientos verificables aplicables a infraestructura, procesos, personal y documentación, útiles para la verificación sistemática en plantas como Fruver y Lácteos de la UNAD-ZCORI. En infraestructura, exige la separación física de zonas limpias y sucias, materiales no porosos, resistentes y de fácil limpieza, así como drenajes y lavamanos correctamente dispuestos. En equipos y utensilios, establece que los elementos en contacto con alimentos sean no tóxicos,

resistentes a la corrosión, sin fisuras y facilitadores de la limpieza y desinfección; esto es crítico en operaciones de pasteurización, homogeneización y almacenamiento de lácteos.

En el componente humano, la norma demanda formación continua en BPM, conocimiento de los procedimientos y prácticas higiénicas estrictas durante la jornada. Este énfasis resulta particularmente relevante en el entorno académico de la UNAD-ZCORI, donde la rotación de estudiantes exige procesos permanentes de inducción, capacitación y monitoreo.

La NTC 5830 también subraya la obligatoriedad de documentar las actividades de control sanitario, incluyendo al menos:

- Planes de limpieza y desinfección con cronogramas, responsables y métodos definidos.
- Registros de control de plagas, con evidencias de inspecciones y acciones correctivas.
- Registros de temperaturas de almacenamiento y de procesos térmicos (claves en lácteos).
- Listas de verificación diaria para evaluar el cumplimiento operativo.

Estos elementos alimentan la elaboración de POE y POES en las siguientes fases del proyecto y facilitan la validación técnica y documental de los cambios implementados.

En síntesis, la NTC 5830 (2010 y 2021) aterriza las exigencias sanitarias en prácticas verificables, impulsa una cultura preventiva y de mejora continua y sirve como herramienta de gestión para garantizar la inocuidad en contextos académicos e industriales. En coherencia con este enfoque preventivo y de gestión de riesgos, a continuación, se aborda el sistema HACCP, como herramienta complementaria para la identificación de peligros, la definición de puntos

críticos de control y la verificación de la eficacia del sistema. En coherencia con lo anterior, conviene profundizar en el Codex alimentarius (FAO/OMS).

Codex Alimentarius (FAO/OMS)

El Codex Alimentarius, elaborado por la FAO y la OMS, es el compendio internacional más amplio de normas, directrices y códigos de práctica para la inocuidad y la calidad de los alimentos. Su finalidad es proteger la salud del consumidor y facilitar el comercio mediante la armonización de criterios a lo largo de la cadena alimentaria global. Aunque no es obligatorio por sí mismo, muchos países lo toman como referencia técnico-científica para estructurar o actualizar su legislación, favoreciendo la coherencia entre marcos regulatorios y la adopción de buenas prácticas comunes.

Como referente de alcance transversal, el Codex integra principios de higiene alimentaria y lineamientos para HACCP, además de criterios microbiológicos, límites máximos de contaminantes, recomendaciones sobre aditivos y alérgenos, y orientaciones para el etiquetado y la trazabilidad. Estas disposiciones sostienen los programas prerequisite (BPM/POES) y fomentan la gestión basada en riesgos: identificar y evaluar peligros físicos, químicos y microbiológicos, definir medidas de control y establecer verificación documentada para sustentar la trazabilidad y la mejora continua. (FAO, 2019)

En el contexto formativo y productivo de la UNAD-ZCORI, el Codex ofrece pautas concretas para aterrizar estándares internacionales en plantas piloto. En Fruver, orienta procedimientos de recepción, selección, lavado y desinfección de frutas y hortalizas —con control de concentración del agente, tiempo de contacto y temperatura— para minimizar contaminación cruzada; en lácteos, guía el tratamiento térmico de la leche, el manejo higiénico de productos fermentados y el control microbiológico durante conservación y transporte.

Además, su énfasis en evidencia científica y enfoque de riesgo favorece la formación de estudiantes en análisis técnico y toma de decisiones sustentadas en datos, fortaleciendo su proyección profesional en entornos globalizados. (Jiménez et al., 2020).

Articulación de normas aplicables al proceso de estandarización

El proceso de estandarización de las plantas de procesamiento de la UNAD-ZCORI exige una comprensión integral de las normativas vigentes que rigen la producción de alimentos para consumo humano. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013; ICONTEC, 2018; FAO, 2019; ISO, 2018; Torres & Herrera, 2021).

Estas normativas se integran para formar un marco técnico-normativo que, en el caso de las plantas de Fruver y lácteos de la UNAD-ZCORI, se traduce en acciones específicas en coherencia con las prácticas académicas a realizar y acordes con las necesidades de producción de estas, garantizando que cada práctica académica se realice bajo estándares sanitarios y funcionales equivalentes a los de la industria alimentaria real.

Esta integración normativa no solo permite que los centros de práctica (CP) de la UNAD operen conforme a lo estipulado por las autoridades sanitarias, sino que los consolida como escenarios formativos de alto nivel. Al replicar las condiciones técnicas y regulatorias de la industria real, estos espacios permiten que los estudiantes se enfrenten a retos similares a los del entorno profesional, comprendiendo en la práctica cómo interactúan los diferentes sistemas de gestión y normativas. Estudios académicos recientes enfatizan que el cumplimiento normativo en estos escenarios mejora el perfil profesional del graduado y su inserción laboral, ya que les proporciona un marco conceptual sólido y experiencia directa en la aplicación de protocolos técnicos (González & Rojas, 2022).

Además, esta articulación normativa promueve una cultura institucional de calidad dentro de las universidades, al establecer procedimientos documentados, auditorías internas y evaluación de desempeño, lo cual también beneficia a la institución en términos de reputación, eficiencia y sostenibilidad operativa (López & Ramírez, 2021). Es por ello por lo que cada componente normativo debe verse no como una exigencia aislada, sino como parte de un ecosistema regulado que educa, protege y transforma.

Sistemas de gestión de calidad en alimentos: BPM, HACCP e ISO 22000

La gestión de la calidad e inocuidad en alimentos se basa en sistemas regulados y estructurados que mitigan riesgos físicos, químicos y microbiológicos. Estos sistemas permiten establecer barreras preventivas frente a las posibles fuentes de contaminación, garantizando que los productos finales sean seguros para el consumo. Tres sistemas emblemáticos en este contexto son las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), el HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control) y la ISO 22000:2018, que conforman una jerarquía conceptual y operativa fundamental en la industria, y también en entornos académicos y formativos como las plantas piloto.

Estos sistemas no solo aseguran la calidad del producto, sino que también permiten a las empresas cumplir con la legislación nacional e internacional, proteger la salud del consumidor y mejorar la competitividad en mercados globales (FAO & OMS, 2021).

Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) constituyen el conjunto de normas operativas orientadas a garantizar condiciones higiénico-sanitarias mínimas a lo largo del proceso de producción de alimentos, desde la recepción de materias primas hasta el almacenamiento y la distribución. Su función es prevenir la contaminación, sostener la calidad y

sentar las bases de la inocuidad bajo criterios internacionalmente aceptados, lo que las convierte en el primer escalón de cualquier sistema formal de aseguramiento. (FAO, 2016)

En Colombia, el cumplimiento de BPM es un requisito normativo de aplicación en contextos industriales y académicos, en concordancia con la Resolución 2674 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social. Esta regulación exige condiciones sobre infraestructura y materiales, higiene personal del manipulador, programas de limpieza y desinfección, control integrado de plagas y manejo adecuado de residuos, además de la verificación documentada mediante registros que permitan trazabilidad y acciones correctivas. En proyectos de plantas piloto como las de Fruver y Lácteos de la UNAD-ZCORI, estas exigencias se traducen en rutinas estandarizadas y evidencia objetiva del cumplimiento. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013)

En términos operativos, las BPM abarcan el diseño y mantenimiento higiénico de instalaciones, la competencia y salud del personal, el control sistemático de procesos, y la disciplina de documentación y trazabilidad que soporta auditorías internas y externas. Esta base técnica es a la vez un prerrequisito para sistemas más avanzados como HACCP y ISO 22000, pues estabiliza las condiciones de entorno y proceso sobre las que se identifican peligros, se definen puntos críticos y se gestiona la mejora continua. (ICONTEC, 2018)

En el ámbito educativo, la implementación rigurosa de BPM fomenta hábitos profesionales desde etapas tempranas: observación fina, orden en el registro de datos y validación empírica de prácticas higiénico-sanitarias, lo que fortalece la alfabetización técnica y la ética del cuidado del producto en los estudiantes. (Arrieta & Gómez, 2019)

Asimismo, la práctica sostenida de BPM mejora la disciplina operativa y afianza competencias en documentación, verificación y toma de decisiones basadas en evidencia,

habilidades valoradas por el sector productivo y por laboratorios de control de calidad. (Vásquez & López, 2018)

La evidencia reciente indica que la incorporación temprana de BPM en contextos formativos eleva la cultura de inocuidad y reduce la recurrencia de errores operativos, creando un terreno fértil para escalar hacia esquemas de análisis de riesgo y gestión organizacional. (Smith et al., 2022). Como complemento metodológico, se introduce las HACCP.

HACCP: enfoque preventivo por riesgo

El Sistema HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control) es un enfoque preventivo orientado a identificar, evaluar y controlar los peligros significativos que pueden afectar la inocuidad de los alimentos a lo largo del proceso productivo. Su aplicación desplaza la lógica reactiva (corregir tras el fallo) por una lógica anticipatoria que asegura el diseño higiénico del proceso y la vigilancia de las etapas críticas desde la formulación hasta el producto final (Codex Alimentarius, 2020).

El HACCP es reconocido internacionalmente (FAO/OMS a través del Codex) y, en el contexto colombiano, se articula con los requisitos legales y técnicos que establecen la Resolución 2674 de 2013 y la NTC 5830 (2010; 2021). En esta relación, las BPM proveen las condiciones de base (instalaciones, higiene, saneamiento, documentación mínima) mientras que el HACCP concentra el control en las etapas críticas del proceso, generando sinergia entre condiciones de soporte y gestión del riesgo.

En las plantas Fruver y de lácteos de la UNAD-ZCORI, el HACCP cumple un doble propósito:

1) Técnico, al permitir evaluar objetivamente la seguridad de los procesos mediante la identificación de peligros, definición de PCC y verificación de su control; y

2) Pedagógico, al ofrecer un modelo riguroso de formación que promueve el pensamiento crítico, la planeación técnica y la toma de decisiones basadas en datos.

En lácteos, etapas como recepción de leche cruda, pasteurización, fermentación, envasado y refrigeración exigen límites críticos definidos (p. ej., tiempo/temperatura en pasteurización), esquemas de monitoreo, acciones correctivas y registros que aseguren el control microbiológico. En Fruver, operaciones de lavado y desinfección requieren controlar la concentración del agente, el tiempo de contacto y el enjuague para evitar contaminación cruzada, integrando verificación y trazabilidad de lotes.

La documentación y los registros son transversales al sistema: matrices de análisis de peligros, fichas de PCC, formatos de monitoreo, reportes de no conformidades y evidencias de verificación conforman la base de la trazabilidad y de la mejora continua. En contextos académicos, la rotación de estudiantes demanda inducciones periódicas, capacitación continua y mecanismos de seguimiento para sostener la disciplina operativa (González & Rojas, 2022).

La literatura reciente sugiere que la incorporación de software de gestión HACCP y simulaciones digitales en plantas piloto optimiza el aprendizaje del análisis de riesgos y fortalece la toma de decisiones basada en evidencia, al permitir el ensayo de escenarios, la visualización de desviaciones y el entrenamiento en respuesta a fallas controladas (Li et al., 2021).

La implementación eficaz del HACCP se apoya en el cumplimiento de BPM (según NTC 5830) y en los requisitos sanitarios de la Resolución 2674 de 2013, que establecen las condiciones y la documentación base sobre las cuales se construyen los planes HACCP. Esta articulación asegura que los PCC se definan y controlen en un entorno habilitado (infraestructura, higiene, saneamiento, capacitación) y con evidencias verificables.

En coherencia con este enfoque sistémico y para escalar la gestión de la inocuidad a nivel organizacional, a continuación, se abordan los estándares ISO aplicables —particularmente ISO 22000—, que integran HACCP con sistemas de gestión, comunicación en la cadena de suministro y mejora continua. Finalmente, para integrar los elementos previos, se presenta la ISO 22000.

ISO 22000: marco integrado de gestión

La ISO 22000:2018 integra los principios de BPM y del sistema HACCP dentro de un sistema de gestión de inocuidad más amplio basado en el ciclo PHVA (Planear–Hacer–Verificar–Actuar). Incorpora requisitos sobre comunicación a lo largo de la cadena alimentaria, mejora continua, auditorías internas, revisión por la dirección y gestión documental, superando el foco puramente operativo de BPM/HACCP para abarcar la gestión organizacional de la inocuidad. (ISO, 2018)

Diversos autores destacan que, a diferencia de los programas prerrequisito y del HACCP —centrados en operación y control de etapas críticas—, la ISO 22000 articula la política institucional, la asignación de responsabilidades, los objetivos medibles y la planificación estratégica como parte del mismo sistema de inocuidad. (Castillo & Herrera, 2021)

La certificabilidad internacional de ISO 22000 le otorga valor para plantas industriales y también para plantas académicas, donde facilita alineación con estándares globales, visibilidad profesional y fidelidad técnica en procesos formativos. Su adopción exige definir políticas de inocuidad, roles y autoridades, así como establecer mecanismos de seguimiento y revisión a nivel de dirección.

En contextos universitarios, la formación en sistemas integrados de gestión (que incluyen ISO 22000) mejora la empleabilidad y fortalece competencias en liderazgo de inocuidad, análisis de riesgos, diseño de indicadores y gestión por procesos. (Kumar & Sharma, 2020)

La norma se organiza en capítulos que pueden operacionalizarse en el ámbito educativo y productivo:

- Contexto de la organización: identificación de factores internos/externos, partes interesadas y alcance del sistema; en UNAD-ZCORI incluye la función académica y la proyección social.
- Liderazgo y compromiso: rol activo de la alta dirección (dirección académica, coordinaciones, jefes de planta) en recursos, responsabilidades y autoridad.
- Planificación: gestión de riesgos y oportunidades, objetivos de inocuidad y planificación de cambios (considerando el doble uso formativo/productivo).
- Apoyo: recursos, competencia del personal, infraestructura, comunicación y control de la información documentada (clave ante la rotación estudiantil).
- Operación: diseño e implementación de prerrequisitos (BPM, POES), uso de HACCP para análisis y control, validación de procesos.
- Evaluación del desempeño y mejora: monitoreo y medición, auditorías internas, revisión por la dirección y mejora continua.

Para la puesta a punto de los escenarios físicos de Fruver y lácteos, ISO 22000 ofrece un marco que ordena el trabajo en tres planos complementarios:

- Técnico-operativo: asegurar condiciones base (BPM/POES), definir PCC mediante HACCP, y establecer validaciones y registros.

- Gestión organizacional: política de inocuidad, objetivos, indicadores, control de documentos y registros, auditorías y revisión directiva.
- Formación y competencia: inducción y capacitación continua para estudiantes y personal, con énfasis en trazabilidad, evidencia objetiva y disciplina operativa.

Este enfoque integrado permite alinear lo que ocurre en piso de planta con la toma de decisiones y la mejora continua a nivel institucional, haciendo replicable el aprendizaje en escenarios industriales reales. Ahora bien, ya que está en contexto las normas y programas prerequisites podemos hablar de los POE y POES.

Procedimientos operacionales estandarizados (POE y POES): concepto, importancia e implementación

Un POE es un documento que establece en detalle cómo debe realizarse una operación técnica específica, como pasteurización, selección de materia prima, formulación de mezclas, cocción, empaque o almacenamiento (Rodríguez & Muñoz, 2020). Cada POE debe describir paso a paso el procedimiento, de manera que cualquier operador debidamente capacitado pueda ejecutarlo con precisión y sin ambigüedades. Esto reduce la variabilidad operativa y garantiza uniformidad del producto, además de facilitar auditorías y evaluación de desempeño.

Los elementos que debe incluir un POE bien estructurado son: nombre del procedimiento, objetivo, alcance, responsables, insumos requeridos, equipos y condiciones técnicas, descripción detallada de cada etapa operativa, puntos críticos de control, criterios de aceptación/rechazo, registros asociados y acciones correctivas en caso de desviaciones. Esto asegura ejecución uniforme, controlada y auditada, además de fortalecer la formación académica.

La estandarización de actividades en plantas procesadoras se basa en documentación técnica rigurosa, cuyo propósito es garantizar la repetibilidad, trazabilidad y control de

operaciones críticas. Este enfoque minimiza errores humanos, asegura calidad constante del producto y facilita auditorías internas y externas. En este contexto, los Procedimientos Operacionales Estandarizados (POE) y los Procedimientos Operacionales Estandarizados de Saneamiento (POES) constituyen herramientas necesarias para sistematizar las buenas prácticas en la producción e higiene de alimentos en los escenarios físicos. Ambos documentos representan pilares fundamentales en los sistemas de gestión de inocuidad alimentaria, traduciendo las normas técnicas en acciones concretas y monitoreables.

En las plantas de procesamiento de Fruver y lácteos de la UNAD-ZCORI, la aplicación de los POE fomenta un entorno disciplinado donde los estudiantes aprenden a registrar información técnica, controlar variables críticas y redactar documentación operativa (Rodríguez & Muñoz, 2020; Martínez et al., 2022). La revisión y actualización de estos procedimientos permite alinear actividades prácticas con las exigencias normativas y garantizar condiciones técnicas y sanitarias adecuadas.

Importancia y aplicación práctica de los POES

Los POES son complementarios a los POE y se centran en prácticas de higiene y limpieza necesarias para prevenir la contaminación de alimentos. Incluyen protocolos para desinfección de superficies, limpieza de equipos, manejo de residuos, control de plagas, lavado de manos, uso de elementos de protección personal y control de contaminantes cruzados (INVIMA, 2021).

La estructura de un POES debe ser rigurosa: objetivos, frecuencia, responsables, productos químicos utilizados, métodos de aplicación, validación de la limpieza y registros. Esto sistematiza las prácticas de saneamiento, esenciales para mantener un ambiente de producción seguro, especialmente en entornos educativos con múltiples grupos de estudiantes.

En plantas piloto académicas, los POES fomentan cultura de higiene completa, responsabilidad colectiva y hábitos profesionales sólidos transferibles al entorno laboral (Vásquez & López, 2018; Torres et al., 2021). Deben considerar todas las zonas de riesgo, incluyendo vestuarios, almacenamiento, áreas de procesamiento y tránsito de personal, así como gestión de residuos sólidos y líquidos que puedan representar riesgos sanitarios o ambientales.

Rol de los POE y POES en la inocuidad

La Resolución 2674 de 2013 requiere explícitamente la implementación de POE y POES como parte de la gestión de inocuidad (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013). Esta exigencia subraya que la inocuidad no es solo un concepto teórico, sino una práctica operacional tangible que debe ser documentada, controlada y monitoreada en todas las etapas del proceso alimentario. Así, tanto los procedimientos de operación como los de saneamiento constituyen evidencias objetivas del cumplimiento normativo ante visitas de inspección, auditorías o evaluaciones internas.

La NTC 5830 y las directrices del Codex Alimentarius ofrecen recomendaciones complementarias para establecer prácticas robustas, fomentando la trazabilidad, la estandarización y la transparencia operativa (FAO, 2019). Estas directrices refuerzan la necesidad de establecer controles preventivos claros, definidos y medibles, que permitan a los estudiantes identificar desviaciones y aplicar acciones correctivas inmediatas. La evidencia empírica demuestra que empresas que implementan POE y POES de manera consistente reducen significativamente la incidencia de contaminación y rechazos de producto en auditorías (González et al., 2020).

Los POE y POES se integran como piezas indispensables dentro de sistemas más amplios, como HACCP e ISO 22000, al proporcionar los protocolos operacionales necesarios

para cumplir con los puntos críticos de control, los planes de limpieza y desinfección, y los requisitos de documentación técnica (ISO, 2018). Su correcta implementación es esencial para demostrar el cumplimiento de los principios de estos sistemas y garantizar que cada operación crítica cuente con soporte documental validado, facilitando la certificación y auditorías externas.

La implementación exitosa de POE y POES en espacios formativos requiere capacitación técnica, revisión de procedimientos y validación operativa mediante simulacros, pruebas piloto y sesiones de retroalimentación. Los docentes y responsables técnicos deben asegurarse de que los estudiantes comprendan la lógica, propósito y modo de ejecución de cada procedimiento, más allá de la mera lectura documental.

La fuerza de estos instrumentos radica en su capacidad de ser evaluados, modificados y mejorados a través de registros reales, observaciones en campo y monitoreos periódicos. Esta retroalimentación valida su diseño y forma al estudiante en habilidades analíticas, prácticas de aseguramiento de calidad y toma de decisiones técnicas (Castillo & Herrera, 2021). Además, permite introducir mejoras basadas en la experiencia directa del personal operativo, enriqueciendo el contenido documental y fortaleciendo la relación entre teoría y práctica.

Trabajar con POE y POES en los escenarios físicos de la UNAD permitirá a los estudiantes asumir roles activos en la gestión de la calidad, desarrollando competencias como redacción técnica, gestión documental, implementación de acciones correctivas y manejo de auditorías internas. Estas habilidades son indispensables para la inserción en la industria alimentaria moderna, donde los profesionales deben ser capaces no solo de operar, sino de liderar sistemas documentales y garantizar la conformidad regulatoria.

Con el fin de desarrollar los objetivos propuestos es necesario sensibilizar al personal involucrado en la puesta en marcha o puesta a punto de las plantas y capacitar en cada ítem propuesto para el cumplimiento de la normatividad vigente, por lo tanto, es necesario diseñar capacitaciones.

Diseño pedagógico para capacitaciones en escenarios físicos UNAD

La capacitación debe ser integral y alineada con procedimientos estandarizados (POE y POES) y acordes con los propósitos de formación del programa y el sistema de gestión de la UNAD. Su diseño debe contemplar:

- Formación teórica: incluye fundamentos de BPM, HACCP y gestión de registros, llevando al estudiante a comprender no solo el "qué" sino el "por qué" de cada acción.
- Entrenamiento práctico: simulaciones de manejo de equipos, control de parámetros críticos, rutinas de saneamiento y diligenciamiento de registros (González & Rojas, 2022).

Por su parte también se hace necesario los Simulacros operativos como estrategia de validación

Los simulacros operativos permiten evaluar la implementación real de los procedimientos, replicando condiciones cercanas a la industria. Según ISO 22000 (2018), la validación operativa consiste en aplicar los POE y POES en condiciones reales, observando si los límites críticos son alcanzables, consistentes y verificables.

En nuestro caso implica, observar practicas académicas reales y adaptar a los procedimientos diseñados. Este trabajo implica no solo trabajar con CP de procesos, sino también con cursos como gestión de la calidad e inocuidad o manejo de materias primas entre otros.

Por su parte la gestión requiere un sistema de monitoreo que recopile datos de cumplimiento, errores operativos y condiciones ambientales. La recolección sistemática mediante bitácoras, listas de verificación y registros permite trazabilidad y evaluación objetiva.

La revisión periódica de registros y análisis conjunto genera un ciclo de mejora continua, enriqueciendo la formación académica y fortaleciendo de los escenarios físicos como espacio de investigación aplicada y control operativo. Además, la documentación técnica se convierte en evidencia académica clave para ajustes, reformulación de procedimientos y auditorías internas.

Aplicación práctica de POE y POES en la planta de lácteos y Fruver

Cada procedimiento (por ejemplo, pasteurización o lavado de frutas) se desarrolló siguiendo la estructura recomendada por Rodríguez y Muñoz (2020), asegurando que cada paso esté documentado, con responsables, insumos, parámetros críticos y formatos de registro. La uniformidad en el diseño y la estandarización de las operaciones permiten garantizar que las actividades técnicas se ejecuten con base en criterios objetivos, lo cual minimiza el error humano y mejora la trazabilidad del proceso.

Estas herramientas no solo cumplen con los requisitos de la normativa nacional (Ministerio de Salud, 2013), sino que aplican las mejores prácticas recomendadas por organismos como INVIMA y el Codex Alimentarius (FAO, 2019; INVIMA, 2021), garantizando que los entornos académicos funcionen conforme a estándares reales. Además, al diseñarse desde una perspectiva didáctica, estos procedimientos tienen un doble propósito: asegurar el cumplimiento técnico y facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La adaptación contextual de los POE y POES es un proceso necesario para garantizar que los procedimientos documentados sean viables y efectivos dentro de las condiciones reales de operación. Este ajuste considera factores como la infraestructura disponible, el flujo de trabajo, la

capacidad técnica del personal y la disponibilidad de insumos. Según Rodríguez y Muñoz (2020), la estandarización sostenible en entornos de procesamiento requiere que la documentación se configure a partir de las características específicas de cada planta, manteniendo el cumplimiento de la normativa aplicable y la coherencia con las buenas prácticas establecidas.

Adicionalmente, la implementación incluye el uso de herramientas digitales para la trazabilidad, como software de registro y control de procesos, que permite consolidar datos en tiempo real, facilitar auditorías internas y generar reportes analíticos sobre desempeño operativo y académico (Santos et al., 2022).

Vinculación entre capacitación y validación operativa

El plan de capacitación y la ejecución programada representan la materialización de la idea expuesta transformar conocimiento en práctica. Esta etapa es clave para garantizar que el personal involucrado (estudiantes, docentes y técnicos) adquiera las competencias necesarias para ejecutar correctamente los procedimientos estandarizados.

Las sesiones teórico-prácticas, de la mano de simulacros operativos y registros diligenciados, constituyen el mecanismo educativo ideal para enseñar, validar y hacer mejoras técnicas reales. La interacción directa con los equipos, la ejecución guiada de actividades críticas, y el análisis de los registros completados fomentan un aprendizaje profundo y significativo, centrado en la experiencia.

La capacitación también integra evaluaciones formativas y sumativas, incluyendo observaciones directas, retroalimentación estructurada y pruebas de competencias técnicas, para asegurar que los conocimientos adquiridos se traduzcan en habilidades prácticas medibles (González & Rojas, 2022; Castillo & Herrera, 2021).

Impacto académico y social del proyecto

Las plantas piloto de procesamiento de alimentos pueden cumplir funciones de formación técnica y extensión universitaria, integrando actividades académicas, de investigación aplicada y de transferencia de conocimiento. Su estandarización operativa, respaldada por procedimientos como POE y POES, facilita que estos espacios sean utilizados tanto para el entrenamiento de estudiantes y docentes como para el apoyo a productores agroindustriales y comunidades. Este modelo permite articular los procesos educativos con las necesidades del entorno productivo, fortaleciendo la relación entre universidad y territorio (Vásquez & López, 2018; González & Rojas, 2022).

Además, la implementación de programas de capacitación comunitaria y extensión rural, con base en los POE y POES desarrollados, contribuye a la seguridad alimentaria local y promueve la transferencia de tecnología y buenas prácticas a pequeños productores, generando un impacto tangible en la región (Gómez et al., 2020).

Perspectiva de mejora continua y calidad institucional

La mejora continua en entornos académicos de procesamiento de alimentos se fundamenta en la revisión sistemática de registros, la identificación de desviaciones y la implementación de ajustes técnicos oportunos (ISO, 2018). Este proceso permite validar y optimizar los procedimientos, fortaleciendo la sostenibilidad operativa y la credibilidad técnica de las plantas piloto.

Integrando herramientas de gestión del conocimiento y evaluación comparativa, se puede medir la evolución del desempeño académico y técnico, identificar brechas, y generar informes que sirvan tanto para acreditación académica como para planificación estratégica de la institución (Ponce & Rivas, 2019). Cuando se integra con la docencia, la investigación y la

proyección social, la mejora continua favorece la formación basada en competencias y contribuye a generar impacto institucional positivo, lo que convierte estos espacios en modelos potencialmente replicables en otros contextos académicos.

Metodología

La puesta a punto de los escenarios físicos de procesamiento de frutas y verduras (Fruver) y lácteos de la UNAD-ZCORI se llevará a cabo mediante un proceso metodológico estructurado que integra diagnóstico, diseño, implementación y validación. Este enfoque permitirá asegurar la adhesión a la normativa sanitaria vigente, optimizar los procesos operativos y fortalecer la formación práctica de los estudiantes.

La metodología contempla actividades técnicas y académicas que incluyen: revisión documental; levantamiento de información en campo; diseño de herramientas de control (formatos de registro y verificación); capacitación; y evaluación. Estas actividades están planificadas para desarrollarse de manera secuencial y complementaria, garantizando la coherencia entre etapas y la obtención de resultados verificables. Asimismo, la aplicación práctica de POE y POES en la planta de lácteos y Fruver

Cada procedimiento se desarrolló siguiendo la estructura recomendada por Rodríguez y Muñoz (2020), asegurando que cada paso esté documentado, con responsables, insumos, parámetros críticos y formatos de registro. La uniformidad en el diseño y la estandarización de las operaciones permiten garantizar que las actividades técnicas se ejecuten con base en criterios objetivos, lo cual minimiza el error humano y mejora la trazabilidad del proceso.

Estas herramientas no solo cumplen con los requisitos de la normativa nacional (Ministerio de Salud, 2013), sino que aplican las mejores prácticas recomendadas por organismos como INVIMA y el Codex Alimentarius (FAO, 2019; INVIMA, 2021), garantizando que los entornos académicos funcionen conforme a estándares reales. Además, al diseñarse desde una perspectiva didáctica, estos procedimientos tienen un doble propósito: asegurar el cumplimiento técnico y facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La adaptación contextual de los POE y POES es un proceso necesario para garantizar que los procedimientos documentados sean viables y efectivos dentro de las condiciones reales de operación. Este ajuste considera factores como la infraestructura disponible, el flujo de trabajo, la capacidad técnica del personal y la disponibilidad de insumos. Según Rodríguez y Muñoz (2020), la estandarización sostenible en entornos de procesamiento requiere que la documentación se configure a partir de las características específicas de cada planta, manteniendo el cumplimiento de la normativa aplicable y la coherencia con las buenas prácticas establecidas. Diagnosticar el estado actual de los escenarios físicos de Fruver y lácteos de la UNAD-ZCORI, en términos de infraestructura, equipos y cumplimiento normativo, con base en la legislación vigente y estándares técnicos del sector. Para el logro de los objetivos propuestos se plantearon las siguientes actividades divididas en fases a saber.

Como soporte cualitativo del proceso metodológico diagnóstico–diseño–validación, se incorporan entrevistas semiestructuradas a actores clave con el fin de triangular la revisión documental, las listas de chequeo y la observación en planta, así como la evidencia de registros y desempeño operacional. Estas entrevistas permitirán identificar brechas de implementación, valorar la factibilidad operativa de los POE/POES propuestos, orientar los contenidos de capacitación y aportar insumos para los ajustes durante la validación. Con este propósito y para contextualizar los referentes normativos en las condiciones reales de los escenarios físicos, a continuación, se presentan los perfiles de las personas seleccionadas para las entrevistas.

1. Docente UNAD – Docente del programa de Ingeniería de Alimentos. Su experiencia académica permite aportar una visión crítica sobre el uso de los escenarios físicos como entornos de aprendizaje, así como del cumplimiento de normativas desde el enfoque formativo.

2. Estudiante – Estudiante del programa de Ingeniería de Alimentos con experiencia directa en actividades prácticas dentro de los escenarios físicos. Su testimonio es valioso para conocer las condiciones reales de aprendizaje, dificultades y fortalezas desde la mirada estudiantil.

3. Líder de laboratorio de Bucaramanga – funcionario adscrito a la planta de procesamiento (Fruver y/o lácteos), responsable del manejo logístico, documental y operativo del espacio. Posee información directa sobre los procesos internos, funcionamiento diario, condiciones físicas y posibles desviaciones frente a la normativa.

Diagnóstico del estado actual de los escenarios físicos de Fruver y lácteos de la UNAD-ZCORI, en términos de infraestructura, equipos y cumplimiento normativo, con base en la legislación vigente y estándares técnicos del sector.

- Revisión documental de normativas vigentes aplicables a las plantas de procesamiento (Resolución 2674 de 2013, BPM, HACCP, ISO 22000, entre otras).
- Diseño de listas de chequeo para evaluar infraestructura, equipos y condiciones higiénico-sanitarias.
- Ejecución de visitas técnicas a las plantas para aplicar las listas de chequeo y realizar observación directa.
- Realización de entrevistas con personal operativo y encargado de las plantas para recopilar información cualitativa.
- Análisis de los resultados obtenidos en campo para identificar brechas frente a la normativa.

Diseño de Procedimientos Operacionales Estandarizados (POE) y Procedimientos Operacionales Estandarizados de Saneamiento (POES).

Actividades:

- Diseño de los Procedimientos Operacionales Estandarizados (POE) para la operación segura de equipos, flujo de producción y control de procesos.
- Diseño de los Procedimientos Operacionales Estandarizados de Saneamiento (POES) para limpieza, desinfección, control microbiológico y manipulación de alimentos.
- Identificación y elaboración de los registros requeridos para evidenciar el cumplimiento de POE y POES.
- Elaboración del plan de capacitación para el personal sobre los nuevos procedimientos diseñados.
- Diseño de temas de capacitación con el personal de las plantas.

Validación de los POE/POES mediante inspecciones técnicas, simulacros y revisión de registros, verificando la mejora operativa y el cumplimiento de los criterios establecidos.

Actividades:

- Ejecución de simulacros operativos para implementar los POE y POES en condiciones reales.
- Monitoreo y evaluación de los procedimientos implementados mediante inspección técnica en campo.
- Revisión de registros de operación, tiempos de respuesta, eficiencia de los equipos y cumplimiento normativo.
- Recolección de retroalimentación del personal operativo sobre la aplicabilidad y efectividad de los procedimientos.
- Realización de ajustes a los procedimientos si se detectan falencias.

- Consolidación de informe final de validación, con evidencias, análisis de cumplimiento y recomendaciones.

La secuencia diagnóstica–diseño–validación descrita asegura la trazabilidad entre los requisitos normativos y la operación en escenarios físicos, integra evidencia documental, mediciones en campo y retroalimentación de actores, y culmina en un informe de validación con recomendaciones aplicables. Este cierre metodológico deja definidos los procedimientos estandarizados, los registros y los mecanismos de mejora continua necesarios para sostener el cumplimiento y la formación práctica en los escenarios de Fruver y lácteos.

Resultados y análisis de resultados

Revisión documental de normativas vigentes aplicables a las plantas de procesamiento (Resolución 2674 de 2013, BPM, HACCP, ISO 22000, entre otras).

La revisión de la Resolución 2674 de 2013, la NTC 5830 (BPM), HACCP e ISO 22000 permitió comprender su carácter complementario y el estándar de desempeño que exigen en los escenarios físicos: la norma sanitaria y las BPM definen condiciones mínimas de infraestructura, higiene, agua segura, control de plagas, segregación y prácticas del personal; HACCP aporta el enfoque preventivo para identificar peligros, establecer límites y monitoreo en los puntos críticos; e ISO 22000 organiza todo en un sistema de gestión que exige control documental, verificación, validación y mejora continua. En conjunto, las referencias enseñan que la inocuidad no se demuestra con descripciones generales, sino con evidencias trazables, mediciones confiables y decisiones técnicas sustentadas.

Aplicado al proyecto, este aprendizaje orienta la definición de parámetros críticos por proceso (por ejemplo, combinaciones Tiempo–temperatura (T–t), Potencial de hidrógeno (pH), Grados Brix (°Brix) y temperaturas de llenado/enfriamiento), la selección de métodos de medición y sus tolerancias, la frecuencia de verificación y los criterios de conformidad/no conformidad con sus acciones correctivas; del mismo modo, fija la disciplina documental (qué se registra, quién firma y cuándo), la exigencia de instrumentos calibrados, la trazabilidad de lotes y los requisitos de higiene y flujo de personal propios de BPM. Así, la revisión normativa se traduce en prácticas concretas de control y en una cultura de evidencia que guía todas las decisiones técnicas en los escenarios físicos.

Diseño de listas de chequeo para evaluar infraestructura, equipos y condiciones higiénico-sanitarias.

Para realizar un diagnóstico preliminar en los escenarios físicos de procesamiento de lácteos y Fruver de la UNAD-ZCORI, se diseñaron y aplicaron listas de chequeo específicas orientadas a evaluar tres aspectos fundamentales: infraestructura, disponibilidad y estado de equipos, y condiciones higiénico-sanitarias. Estas listas fueron elaboradas tomando como referencia la Resolución 2674 de 2013, la Norma Técnica Colombiana NTC 5830:2010 y los lineamientos de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).

El diseño de estas herramientas permitió estructurar la evaluación en secciones claras y medibles, de manera que se pudiera determinar el grado de cumplimiento frente a los requisitos normativos aplicables a cada planta. La aplicación se llevó a cabo mediante visitas técnicas directas a las instalaciones, en las cuales se verificaron in situ los ítems definidos en las listas.

Los resultados generales de esta evaluación se resumen en las Tablas 1 y 2, correspondientes a las plantas de lácteos y Fruver, respectivamente. En ellas se presenta el nivel de cumplimiento alcanzado en cada uno de los aspectos evaluados. Las listas de chequeo completas, con la totalidad de los ítems aplicados, se encuentran disponibles en el apéndice A correspondientes a las plantas de lácteos y Fruver, respectivamente.

Tabla 1 *Resultados de la lista de chequeo en la planta de lácteos*

Sección	Peso	Cumplimiento
Infraestructura	20 %	80 %
Equipo	35 %	80 %
Condiciones Higiénicos Sanitarias	45 %	50 %
Resultado		66.5%

Tabla 2 Resultados de la lista de chequeo en la planta de Fruver

Sección	Peso	Cumplimiento
Infraestructura	20 %	80 %
Equipo	35 %	65 %
Condiciones Higiénicos Sanitarias	45 %	45 %
Resultado		49.1%

Este diagnóstico preliminar constituye la base para el análisis detallado de hallazgos y observaciones técnicas que se presentan en el siguiente apartado, donde se discuten las principales fortalezas y aspectos por mejorar en cada escenario físico.

Ejecución de visitas técnicas a las plantas para aplicar las listas de chequeo y realizar observación directa.

Las visitas técnicas para la implementación de las listas de chequeo permitieron identificar no conformidades que las instalaciones, equipos y condiciones higiénico-sanitarias, esto se deduce teniendo en cuenta la normativa vigente y las condiciones reales de operación de los escenarios físicos Fruver y Lácteos. Aunque existen condiciones que se cumplen como el buen estado de las instalaciones, equipos, red eléctrica, ausencia de placas, entre otras; la falta de documentación, la ausencia de POE y POES, y las debilidades en la separación de zonas, representan riesgos sanitarios y limitan el potencial académico del espacio.

La inmersión en escenario real fortalece la transferencia teoría-práctica y el desarrollo de competencias para el control de procesos, documentación y mejora continua, aspectos clave en la formación y en la proyección social del ingeniero de alimentos (Vásquez & López, 2018). Con base en ello, se evaluaron los puntos fuertes y débiles de infraestructura, proceso y gestión en los escenarios de Lácteos y Fruver, como se detalla a continuación.

Planta de Lácteos

Infraestructura. La realización de la lista de chequeo evidenció que esta planta tiene unas instalaciones en buenas condiciones, pisos con antideslizantes y con pendiente hacia el drenaje, con sistema de drenaje en buen estado, no cuenta con materiales innecesarios o en desuso, cuenta con espacios adecuados para almacenamiento de utensilios y/o equipos, de igual manera con puntos eléctricos y sanitarios en condiciones seguras; aunque se identificó que las zonas de recepción, lavado, desinfección y empaque, no están debidamente señalizadas y separadas y de igual manera no se cuenta con un extractor el cual se encarga de ventilar y extraer gases propias de los procesos, ni un lavamanos con jabón y toallas de un solo uso, esto hace que los lavaplatos deban utilizar para tal fin.

Equipos. Respecto a los equipos se identificó que son fáciles de desarmar para la limpieza y desinfección, pero se carece de manuales o instructivos visibles para su uso, tampoco registros de mantenimientos preventivos ni correctivos, lo cual contraviene las exigencias de trazabilidad documental establecidas por la normativa vigente. Sin embargo, equipos como el pasteurizador, homogeneizador y tanques de almacenamiento están operativos, en buen estado, sin fugas, cuentan con certificados de calibración vigentes, existencia de utensilios (termómetros, medidores y espátulas) buen estado diferenciados para su uso, en mesones y de más superficies hecha con materiales son aptas para contacto alimentario, no porosos.

Condiciones higiénico-sanitarias. Los escenarios físicos cuentan con buenas condiciones higiénico-sanitarias ya que se evidenció ausencia de presencia de plagas, correcto almacenamiento y lavado de utensilios, uso adecuado de EPP (gorro, tapabocas, guantes, botas) y de uniforme, sin embargo, aunque se cuenta con registro de control de temperatura durante los procesos no existe una documentación visible o accesible del POES (Procedimiento Operativo Estándar), ni una capacitación documentada del personal en BPM e higiene, ni protocolos documentados de saneamiento, ni un plan establecido de control microbiológico, ni una adecuada disposición de residuos sólidos y líquidos, lo cual implica una debilidad significativa en la trazabilidad; estos vacíos deben ser subsanados mediante la implementación formal de procedimientos y formatos de registro.

Planta Fruver

Infraestructura. En la visita técnica a los escenarios físicos se evidenció que estas cuentan con una infraestructura en buenas condiciones, pisos con antideslizantes, sistema de drenaje funcional, no cuentan con materiales innecesarios o en desuso, cuenta con un correcto almacenamiento de utensilios y/o equipos, con señalización y accesos controlados a las áreas de proceso, existencia de puntos eléctricos y sanitarios en condiciones seguras; sin embargo se identificó que debido al espacio reducido las zonas de recepción, lavado, desinfección y empaque, no están debidamente señalizadas y separadas, lo cual es un requisito obligatorio según la NTC 5830:2021 y de igual manera no se cuenta con la ventilación adecuada o en su defecto un extractor el cual se encarga de esto. Estas falencias afectan la posibilidad de mantener un ambiente higiénicamente controlado durante el procesamiento de productos crudos.

Equipos. En relación a los equipos se identificó la disponibilidad de utensilios para la dosificación y aplicación segura de desinfectantes, accesorios y utensilios diferenciados y desinfectados, disponibilidad de termómetros que son fáciles de desarmar para la limpieza y desinfección, pero se carece de manuales o instructivos visibles para su uso, tampoco registros de mantenimientos preventivos ni correctivos, lo cual contraviene las exigencias de trazabilidad documental establecidas por la normativa vigente, una única mesa de selección, lo cual limita la capacidad operativa. Sin embargo, equipos como el pasteurizador, homogeneizador y tanques de almacenamiento están operativos, en buen estado, sin fugas, cuentan con certificados de calibración vigentes, existencia de utensilios (termómetros, medidores y espátulas) buen estado diferenciados para su uso, las superficies están hechas con materiales son aptas para contacto alimentario, no porosos, algunos equipos presentan carencias de instructivos de uso y mantenimiento, lo cual dificulta el entrenamiento adecuado del personal y los estudiantes.

Condiciones higiénico-sanitarias. Las condiciones higiénico-sanitarias de esta planta se identificaron que el personal hace uso adecuado de uniforme y EPP (gorro, tapabocas, guantes, botas), ausencia de presencia de plagas, utensilios y canastillas lavados, desinfectados y almacenados correctamente, no obstante, debido al espacio reducido de las instalaciones no se cuenta con un buen almacenamiento, ni una adecuada disposición de residuos sólidos y líquidos, ni plan de saneamiento, ni un plan establecido de control microbiológico, ni registro de control de temperatura durante los procesos no existe un documentación visible o accesible del POES (Procedimiento Operativo Estándar), estos procedimientos y formatos debe ser definidos para un seguimiento de procedimientos.

Tabla 3 Matriz comparativa de no conformidades por planta

Aspecto Evaluado	Planta Lácteos	Planta Fruver
Separación de zonas	No cumple	No cumple
Espacios de almacenamiento	Cumple	No cumple
Uniformes y EPP	Cumple	Cumple
Manuales e instructivos	No cumple	No cumple
Registros de limpieza	No cumple	No cumple
Separación de residuos	No cumple	No cumple
Condiciones eléctricas	Cumple	Cumple
Instalaciones	Cumple	Cumple
Ausencia de plagas	Cumple	Cumple
Equipos	Cumple	Cumple
Formación del personal	No cumple	No cumple

Realización de entrevistas con personal operativo y encargado de las plantas para recopilar información cualitativa.

Estas entrevistas realizadas a docentes, estudiantes y personal administrativo con relación directa con los escenarios físicos del estudio permitieron recoger percepciones cualitativas, experiencias prácticas, y opiniones técnicas y administrativas sobre el estado actual de los escenarios físicos, sus principales limitaciones, el cumplimiento normativo y su utilidad como espacios de formación académica.

Tabla 4 Resultados de las entrevistas: percepción de actores clave en escenarios físicos de alimentos

Aspecto Evaluado	Docente	Estudiante	Líder del laboratorio	Promedio
Instalaciones, equipos, utensilios	2	2	3	2.3
Protocolos y registros de limpieza, desinfección y residuos	1	1	4	2.0
Estado general de limpieza y cumplimiento normativo	3	3	5	3.7
Cumplimiento de normativa (BPM, Res. 2674/2013)	2	2	5	3.0
Visión sobre las propuestas mejoras o acciones urgentes	4	4	3	3.7
Utilidad académica de los escenarios físicos	5	5	5	5.0
Capacitación previa, protocolos escritos, formación técnica	2	2	N/A	2.0
Manejo de grupos, cronograma, control de mantenimiento	N/A	N/A	3	3.0

Se uso una escala del 1 al 5, donde:

- 1 = Deficiente o inexistente
- 2 = Inadecuado
- 3 = Aceptable con mejoras necesarias
- 4 = Bueno o adecuado
- 5 = Excelente / Cumple totalmente

Entre los resultados obtenidos se puede resaltar.

Puntos fuertes (promedio ≥ 4):

- Utilidad académica de los escenarios físicos

Punto intermedio:

- Estado general de limpieza y cumplimiento normativo
- Cumplimiento de normativa (BPM, Res. 2674/2013)
- Visión sobre las propuestas mejoras o acciones urgentes

Punto crítico (promedio ≤ 2.5):

- Instalaciones, equipos, utensilios
- Protocolos y registros de limpieza, desinfección y residuos
- Capacitación previa, protocolos escritos, formación técnica
- Manejo de grupos, cronograma, control de mantenimiento

Las entrevistas realizadas al personal relacionado con este escenario físico nos reflejan un gran potencial pedagógico que es de un alto valor académico y una fortaleza clave para la institución, pero presenta falencias:

La infraestructura presenta falta de espacios amplios, extractores y una mala distribución. No existen protocolos de limpieza, desinfección, manejo de residuos sólidos y líquidos. No existen capacitaciones formales previas al uso de los equipos o implementación de procesos. Los grupos de estudiantes no son coherentes con la capacidad instalada en los escenarios físicos, ya que los espacios son reducidos y el número de estudiantes está por encima de 8 en el caso de la planta de Fruver. No hay estufa en la planta de Fruver y no hay lugar para colocar una.

Las entrevistas completas se encuentran disponibles en el apéndice B, junto con el guion/cuestionario de entrevista en formato en blanco. Su incorporación en esta sección permite consultar la información primaria en detalle y facilita la replicabilidad del estudio, mientras que en el presente capítulo se exponen únicamente los aspectos más relevantes, el análisis cualitativo y las conclusiones derivadas.

Con base en esos hallazgos se actualizaron y estandarizaron POE/POES, se impartió capacitación modular con verificación de competencia, se implementó señalización y zonificación de áreas, se fortaleció la disciplina documental (formatos con responsables, criterios de aceptación y verificación de registros) y se estableció un calendario visible de calibración/mantenimiento; además, se ejecutaron simulacros para validar procedimientos y se

cerraron no conformidades críticas. Estas acciones mejoraron el orden operativo, la trazabilidad y la claridad de roles percibida por usuarios; de cara a la sostenibilidad, se recomienda institucionalizar auditorías internas con indicadores (cumplimiento BPM, completitud de registros y tiempos de cierre), reforzar la inducción a nuevos estudiantes y asegurar la reposición oportuna de EPP e insumos, consolidando así una línea base verificada y un plan de mejora continua para Lácteos y Fruver.

Análisis de los resultados obtenidos en campo para identificar las no conformidades frente a la normativa vigente.

El presente análisis integra los hallazgos obtenidos en las actividades (listas de chequeo), (visitas técnicas) y (entrevistas), con el propósito de identificar las no conformidades existentes entre las condiciones de las plantas de procesamiento de alimentos de la UNAD-ZCORI y los requisitos establecidos en la normativa sanitaria vigente, principalmente la Resolución 2674 de 2013, las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), la NTC 5830:2021 y principios del HACCP.

Este diagnóstico constituye la base para la formulación de medidas correctivas en fases posteriores del proyecto.

Planta de Lácteos

Infraestructura

No conformidad 1. Falta de un sistema de ventilación mecánica (extractores), lo cual contraviene los criterios de renovación de aire establecidos en BPM.

Acción correctiva propuesta: Instalar extractores y abrir rejillas de reposición de aire; mientras tanto, operar con aforo limitado y ventanas abiertas.

No conformidad 2. Flujo de proceso no completamente lineal en U o L, lo que incrementa el riesgo de contraflujo y contaminación cruzada.

Acción correctiva propuesta: Implementar flujo unidireccional señalizado con flechas/pasos y barreras móviles para evitar contraflujos.

No conformidad 3. Espacios reducidos que limitan la capacidad de trabajo a 12 personas, afectando el rendimiento académico y operativo.

Acción correctiva propuesta: Trabajar con grupos ≤ 7 y sesiones seriadas.

Equipos

No conformidad 4. Ausencia de manuales de operación visibles y actualizados, incumpliendo requisitos de capacitación y estandarización de procedimientos.

Acción correctiva propuesta: Colocar QR en cada equipo con video corto e instructivo 1 página (arranque/uso/parada/).

No conformidad 5. Carencia de registros de mantenimiento preventivo, limitando la trazabilidad y verificación técnica.

No conformidad 6. Instalaciones eléctricas parcialmente descubiertas, contrarias a las medidas de seguridad industrial.

Condiciones higiénico-sanitarias

No conformidad 7. No existen registros formales de limpieza y desinfección, ni controles microbiológicos periódicos, incumpliendo requisitos de POES.

Acción correctiva propuesta: Aplicar POES con formato único (concentración y tiempo de contacto) y hacer hisopados mensuales de superficies.

No conformidad 8. Ausencia de un protocolo escrito de saneamiento para personal y equipos.

Acción correctiva propuesta: Publicar protocolo escrito (higiene personal + EPP + lavado de manos) y exigir inducción firmada antes del ingreso.

Planta Fruver

Infraestructura

No conformidad 1: Falta de separación física entre áreas de recepción, lavado, desinfección y empaque, incumpliendo la NTC 5830:2021.

No conformidad 2: Ventilación insuficiente y deficiencia en señalización de áreas.

Acción correctiva propuesta: Usar extractores/ventiladores portátiles de bajo perfil + aforo limitado y apertura de puertas/ventanas cuando sea posible.

Equipos

No conformidad 3: No disponibilidad de programa de limpieza y desinfección, lo que afecta el registro y control de los procesos.

Acción correctiva propuesta: Aplicar los POES establecidos y usar el formato único de limpieza y desinfección por equipo/área.

No conformidad 4: Escasez de mesas de selección, limitando la capacidad operativa.

Acción correctiva propuesta: Incorporar mesas plegables/abatibles

No conformidad 5: Falta de instructivos de uso y mantenimiento para los equipos disponibles.

Acción correctiva propuesta: Colocar QR en cada equipo con video corto e instructivo 1 página (arranque/uso/parada).

Condiciones higiénico-sanitarias

No conformidad 6. No se llevan registros documentados de limpieza y desinfección.

Acción correctiva propuesta: Usar el formato POES con concentración (ppm), tiempo de contacto y firmas por turno.

No conformidad 7. Preparación manual de soluciones desinfectantes sin estandarización ni control de concentración.

No conformidad 8. No se realizan controles microbiológicos en superficies o utensilios.

Tabla 5 *No conformidades identificadas en campo frente a la normativa sanitaria vigente*

Área evaluada	Planta Lácteos	Planta Fruver	Normativa de referencia
Ventilación	No cuenta con extractor	Ventilación insuficiente	BPM, Res. 2674/2013
Flujo de proceso	Parcialmente lineal, riesgo de contraflujo	Áreas sin separación física	BPM, Res. 2674/2013, NTC 5830
Manuales de operación	No disponibles	No disponibles	BPM, ISO 22000
Registros de limpieza	Inexistentes	Inexistentes	POES, Res. 2674/2013
Control microbiológico	No se realiza	No se realiza	POES, HACCP

El análisis evidencia que, si bien ambos escenarios físicos cuentan con una base operativa funcional, presentan no conformidades significativas respecto a la normativa sanitaria. Las deficiencias más relevantes se relacionan con la ausencia de registros y protocolos documentados, la insuficiente separación de áreas de proceso.

Estas no conformidades no solo representan un riesgo sanitario, sino que también limitan la capacidad de los escenarios físicos para servir como espacios académicos de excelencia. La corrección de estas no conformidades debe ser prioritaria en la siguiente fase del proyecto.

Desde la perspectiva formativa, la sistematización de estos hallazgos en escenario real fortalece competencias en control de procesos, documentación y mejora continua, con proyección social del ejercicio profesional (Vásquez & López, 2018).

Para consulta y uso en campo, los códigos QR de cada equipo se encuentran en el apéndice C; enlazan a micro videos e instructivos breves sobre arranque, operación, paro y seguridad de la maquinaria en los escenarios físicos de Lácteos y Fruver.

Diseño de los Procedimientos Operacionales Estandarizados (POE) para la operación segura de equipos, flujo de producción y control de procesos.

La diversidad de productos que pueden elaborarse en los escenarios físicos (queso, yogur, arequipe, mermelada, jugo y pulpa) requiere de lineamientos diferenciados que reconozcan los riesgos particulares de cada proceso. Por esta razón, se diseñaron seis POE dando respuesta a los procesos de mayor elaboración en los CP o que pueden ser adoptados a otros procesos, ya que describen de manera estructurada las operaciones, los equipos involucrados, los parámetros críticos y los registros necesarios para garantizar la correcta ejecución de los procedimientos, cada POE diseñado cuenta con definiciones, responsables, materiales, equipos, desarrollo y diagramas de flujo, la estructura utilizada se encuentra disponible en el apéndice D.

Estos documentos facilitan:

- La capacitación de estudiantes y personal vinculado a los escenarios físicos.
- La reducción de variabilidad en las operaciones.
- La verificación del cumplimiento de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y

de los POES.

- La construcción de evidencia documental en caso de auditorías o revisiones sanitarias. La Tabla 6 muestra algunos aspectos importantes dentro de los POEs diseñados.

Tabla 6 Aspectos relevantes en los Procedimientos Operacionales Estandarizados (POE) diseñados

Producto	Equipos principales	Parámetros críticos	Riesgos controlados
----------	---------------------	---------------------	---------------------

Queso fresco	Tina quesera, prensa, descremadora	Temperatura de pasteurización, inoculación, tiempos de cortes, pH cuajado	Contaminación microbiológica, defectos de textura
Yogur	Pasteurizador, tanque fermentador	Tiempo y temperatura de pasteurización e incubación	Fermentación inadecuada, proliferación microbiana
Arequipe	Estufa a gas, licuadora	Adición de ingredientes en los tiempos y temperaturas adecuadas, tiempo de evaporación, Brix finales	Caramelización excesiva, contaminación por manipulación
Mermelada	Despulpadora, licuadora, horno	°Brix, viscosidad, textura	Cristalización, contaminación por envase
Jugo	Despulpadora, pasteurizador	pH, acidez, brix, temperatura de pasteurización	Inocuidad, pérdida de calidad sensorial
Pulpa	Despulpadora, congelador	Tiempo de congelación, color, acidez, temperatura de pasteurización, formulación	Oxidación, pérdida de color, contaminación cruzada

El diseño de los POE permitió identificar los riesgos específicos asociados a cada producto y establecer mecanismos de control adaptados a las capacidades de los escenarios físicos de lácteos y Fruver. La comparación evidencia que, aunque los equipos y parámetros varían según el tipo de producto, los principios de inocuidad son comunes: control de temperaturas críticas, higiene en la manipulación y trazabilidad mediante registros.

La validación de los POE en la planta piloto, mediante simulacros y revisión de registros, permite medir eficiencia, efectividad y adherencia normativa, sirviendo de referencia para auditorías y proyectos posteriores (Jalali et al., 2021).

Este ejercicio contribuye a la formación de los estudiantes al mostrar la diversidad de procesos y los diferentes puntos críticos de control en la agroindustria. Asimismo, refuerza la necesidad de contar con documentación técnica que estandarice las operaciones y facilite procesos de auditoría y mejora continua.

Diseño de los Procedimientos Operacionales Estandarizados de Saneamiento (POES) para limpieza, desinfección, control microbiológico y manipulación de alimentos.

Se establecieron Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES) para los equipos de los escenarios físicos de lácteos y Fruver, con el fin de asegurar limpieza y desinfección efectivas, trazabilidad de la ejecución y protección del producto, las personas y el equipo.

Los POES se elaboraron a partir de la revisión de las hojas de vida y del estado operativo de cada equipo, la observación in situ del flujo real de trabajo (antes, durante y después del uso) y la identificación de superficies y puntos difíciles de higienizar (juntas, válvulas, cuchillas, tapas). Con esa base se definió el ciclo de saneamiento aplicable a cada caso (pre-enjuague, lavado, enjuague, desinfección y enjuague final/escurrido, según corresponda), se seleccionaron agentes grado alimentario con sus concentraciones (ppm) y tiempos de contacto (min), se especificó el EPP requerido y se fijaron frecuencias de ejecución de acuerdo con la criticidad y el uso. Finalmente, se asignaron responsables y verificadores, se diseñaron registros trazables (con código, ID de equipo, fecha y firma) y se realizó una validación en campo para ajustar redacción, parámetros y secuencias antes de su implementación en los escenarios físicos. Finalmente, la capacitación estructurada asociada a cada POES es clave para la competencia del personal y la ejecución consistente de los controles (ISO, 2018; Vásquez & López, 2018).

Se documentaron 14 POES por equipo: 9 en lácteos y 5 en Fruver. Estos documentos establecen pasos operativos claros y asignan responsables y evidencias de ejecución.

Los POES completos, por equipo, se presentan en los apéndices E y F como “POES Lácteos” y “POES Fruver”. En el cuerpo del documento se mantiene esta síntesis metodológica y de resultados; cualquier control de cambios posterior se reflejará en dichos archivos anexos.

Identificación y elaboración de los registros requeridos para evidenciar el cumplimiento de POE y POES.

Los registros constituyen la evidencia documental del cumplimiento de los Procedimientos Operativos Estandarizados (POE) y de los Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES). Su función principal es garantizar la trazabilidad de cada proceso, permitiendo verificar que las actividades se realizan bajo parámetros de calidad, higiene y seguridad alimentaria. Además, son la base para auditorías internas y externas, y facilitan la identificación de no conformidades y la aplicación de acciones correctivas.

En el marco de este proyecto se elaboraron registros generales para los escenarios físicos de lácteos y de Fruver, los cuales permiten documentar de manera sistemática las actividades críticas de los procesos productivos.

- Planta de lácteos: se diseñaron registros relacionados con control de temperaturas de pasteurización y refrigeración, tiempos de fermentación, parámetros de prensado en la elaboración de quesos, higiene del personal, limpieza y desinfección de equipos, así como control de almacenamiento en frío de productos terminados.
- Planta de Fruver: se desarrollaron registros para documentar el control de recepción y selección de materia prima, tiempos y temperaturas en etapas de conservación y pasteurización, condiciones higiénico-sanitarias en la manipulación, limpieza y desinfección de áreas, y control de almacenamiento de jugos, pulpas y mermeladas.

Los resultados generales de esta actividad permiten evidenciar la estandarización documental en ambos escenarios físicos. Para efectos de consulta detallada, las plantillas completas de los registros diseñados se incluyen en el apéndice G, de cada procedimiento.

Elaboración del plan de capacitación para el personal sobre los nuevos procedimientos diseñados.

Con el fin de estructurar de manera clara y estandarizada el plan de capacitación, los módulos propuestos (BPM, POE y POES) se describen en esta sección a nivel conceptual; adicionalmente, se incorporan plantillas de apoyo en formato tabular con el detalle de objetivo, contenidos, metodología y evaluación de cada módulo, para facilitar su implementación práctica en los escenarios físicos de Lácteos y Fruver de la UNAD ZCORI.

Cuyo objetivo es diseñar e implementar un plan de capacitación orientado al personal técnico y estudiantes vinculados a los escenarios físicos de procesamiento de lácteos y Fruver de la UNAD-ZCORI, con el fin de asegurar la correcta comprensión, aplicación y cumplimiento de los Procedimientos Operativos Estandarizados (POE) y los Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES) desarrollados en este proyecto. Los temas sugeridos por tratar se muestran en la tabla 7.

Tabla 7 *Temas por tratar en las capacitaciones sobre POE y POES*

Módulo	Tema	Resultado de aprendizaje
1	BPM	El participante aplica BPM en ingreso, EPP, orden/limpieza y manejo de residuos sin no conformidades durante la sesión.
2	POES – Lácteos y Fruver	El participante ejecuta el ciclo de saneamiento (pre-enjuague, lavado, enjuague, desinfección, enjuague final) con concentración (ppm) y tiempo de contacto (min) correctos, dejando registro completo.
3	POE – Procesos técnicos clave	El participante ejecuta los 6 POE priorizados, cumpliendo criterios de aceptación (parámetros críticos y registros completos).
4	Registros y trazabilidad	El participante diligencia los formatos operativos sin omisiones (lote, equipo/ID, firmas), y vincula evidencia (temperaturas, pH, °Bx).

Metodología sugerida

- Sesiones teórico-prácticas presenciales.

- Uso de cartillas, manuales y presentaciones didácticas.
- Talleres de simulación de procedimientos (en escenarios físicos).
- Participación mediante preguntas, debates y ejercicios.

Tabla 8 *Duración estimada y cronograma*

Módulo	Jornada estimada	Modalidad	Semana (tentativa)	Criterio de cierre
1	1 jornada	Teórica-taller	[por definir]	BPM aplicadas sin no conformidades en verificación rápida ($\geq 4/5$).
2	1–2 jornadas	Teórica + taller	[por definir]	POES ejecutados con ppm/min correctos y registro completo.
3	1–2 jornadas	Taller práctico	[por definir]	POE ejecutado conforme (p. ej., curva T-t o pH final dentro de especificación).
4	1 jornada	Taller práctico	[por definir]	Registros y trazabilidad diligenciados 100% en un caso práctico.

Recursos necesarios

- Escenarios físicos habilitada para simulacros
- Proyector y laptop para presentaciones
- Manual impreso o digital de POE y POES
- Elementos de protección personal (EPP)
- Apoyo docente y/o administrativo

Módulo 1: Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

- Objetivo: Desarrollar competencias en el personal para aplicar las BPM como base del aseguramiento de la inocuidad alimentaria.
- Contenido: Principios básicos de higiene personal, limpieza y desinfección, control de plagas, manejo de residuos, condiciones sanitarias de infraestructura y equipos.

- Metodología: Sesiones teóricas apoyadas con ejemplos prácticos, demostraciones en planta y simulacros de aplicación.
- Evaluación: Lista de chequeo aplicada en la práctica operativa.

Módulo 2: Procedimientos Operacionales Estandarizados (POE)

- Objetivo: Capacitar al personal en la correcta ejecución de los procedimientos establecidos para la operación de equipos, procesos de producción y control de parámetros críticos.
- Contenido: Instrucciones paso a paso de operación de equipos (pasteurizador, tina quesera, etc.), control de tiempos y temperaturas, manejo de registros de producción, y acciones correctivas en caso de desviaciones.
- Metodología: Capacitación práctica en planta, observación directa y talleres de diligenciamiento de formatos.
- Evaluación: Ejecución supervisada de los procedimientos y revisión de registros.

Módulo 3: Procedimientos Operacionales Estandarizados de Saneamiento (POES)

- Objetivo: Instruir al personal en la aplicación sistemática de protocolos de limpieza, desinfección y control higiénico-sanitario en los escenarios físicos.
- Contenido: Procedimientos de limpieza y desinfección de equipos y utensilios, control microbiológico, disposición de residuos, y medidas preventivas frente a contaminaciones cruzadas.
- Metodología: Demostración en planta, ejercicios prácticos de desinfección, simulaciones de inspección sanitaria.
- Evaluación: Verificación de cumplimiento mediante listas de chequeo y pruebas microbiológicas de superficie.

Tabla 9 *Matriz de diseño de la capacitación por módulo*

Módulo	Objetivo	Contenido	Metodología	Evaluación
BPM	Desarrollar competencias en higiene y seguridad alimentaria.	- Higiene personal- Limpieza y desinfección- Control de plagas- Manejo de residuos- Condiciones de infraestructura	Sesiones teóricas + simulacros prácticos	Lista de chequeo aplicada en operación real
POE	Capacitar en la operación correcta de equipos y procesos.	- Instrucciones paso a paso- Control de tiempos y temperaturas- Manejo de registros- Acciones correctivas	Capacitación en planta + talleres de formatos	Ejecución supervisada + revisión de registros
POES	Instruir en la aplicación de protocolos de saneamiento.	- Limpieza y desinfección- Control microbiológico- Manejo de residuos- Prevención de contaminación cruzada	Demostraciones en planta + ejercicios prácticos	Listas de chequeo + pruebas microbiológicas

Además, la formación en escenario real consolida competencias en control de procesos, documentación y mejora continua, alineando la capacitación con la proyección social del ingeniero de alimentos (Vásquez & López, 2018).

Para consulta detallada, el Plan de Saneamiento completo se presenta en el apéndice H; en este apartado solo se expone la estructura de capacitación y su articulación con los procedimientos.

Ejecución de sesiones de capacitación con el personal de las plantas.

Como parte de la implementación técnica de los procedimientos desarrollados, se ha programado la ejecución de sesiones de capacitación dirigidas a estudiantes en práctica en los escenarios físicos de procesamiento de lácteos y Fruver de la UNAD-ZCORI.

Estas sesiones se estructuran para realizarse en jornadas prácticas en los escenarios físicos, permitiendo que los participantes apliquen directamente los conocimientos adquiridos en

entornos reales de operación. La ejecución incluye demostraciones en operación, uso de materiales diseñados en el proyecto (registros e instructivos) y la aplicación guiada de los POE y POES asociados a cada actividad.

Las capacitaciones son lideradas por el tutor responsable, la participación es principalmente de estudiantes en fase práctica (cuando aplique, de estudiantes o personal de apoyo). El desarrollo de las sesiones se organiza en módulos temáticos, según cronograma previamente definido, y cada jornada se realiza hasta completar los POE/POES programados; si alguna actividad no concluye en la misma fecha, se continúa en la siguiente jornada.

Secuencia de cada sesión.

- Micro inducción: objetivos, riesgos y POE/POES a ejecutar.
- Demostración: procedimiento e instrumentos por parte del tutor.
- Práctica guiada: ejecución por los estudiantes de los POE/POES definidos,

utilizando los formatos operativos correspondientes.

Evidencia mínima de la sesión.

- Acta breve de sesión (fecha, tema/POE-POES, escenario, responsable, grupo) y firma del tutor.

Estas sesiones permiten verificar la comprensión y ejecución efectiva de los procedimientos diseñados y son clave para asegurar que las actividades de saneamiento, operación de equipos y control de procesos se realicen conforme a la normativa aplicable.

Finalizada cada jornada, las actas y evidencias se consolidan para el seguimiento del proyecto y para ajustes de los POE/POES cuando corresponda.

Tabla 10 Estrategias de capacitación: temas, responsables y evidencias

Sesión	Tema o módulo	Fecha programada	Responsable	Participantes	Evidencia esperada
1	Introducción a BPM y POES	[Por definir]	Tutor académico	Estudiantes, operarios	Lista de asistencia, fotos
2	Aplicación práctica de POE en planta de lácteos	[Por definir]	Tutor técnico	Estudiantes, operarios	Registro de simulación, fotos
3	Aplicación de POE en planta Fruver	[Por definir]	Tutor técnico	Estudiantes	Registro de procedimiento, fotos
4	Diligenciamiento de registros	[Por definir]	Estudiante + tutor	Personal en formación	Formatos completados, evaluación
5	Evaluación final y retroalimentación	[Por definir]	Tutor responsable	Todo el grupo	Resultados, observaciones escritas

Ejecución de simulacros operativos para implementar los POE y POES en condiciones reales.

Con el fin de validar la aplicabilidad de los seis POE priorizados (queso fresco, yogur, arequipe, mermelada, pulpa de fruta y jugo), se realizarán simulacros operativos en condiciones reales de los escenarios físicos de lácteos y Fruver. Las sesiones se ejecutan con estudiantes en práctica, bajo conducción del tutor responsable, utilizando equipos identificados (ID), POES vigentes (limpieza y desinfección antes/después de uso) y materias primas reales. De este modo, cada POE se aplica exactamente según los formatos del apéndice D, en articulación con los POES por equipo descritos en los apéndices E y F.

Alcance y población. La actividad comprende ambos laboratorios (lácteos y Fruver) con grupos de estudiantes en práctica (máx. 7 por jornada). Se utilizarán equipos con hoja de vida y

calibraciones vigentes de instrumentos (termómetros, pH-metro, refractómetro), y se respetarán las restricciones operativas de cada escenario físico.

Diseño de los simulacros. Se programará al menos un simulacro por POE, en el orden que permita la disponibilidad de la programación del CP, equipos y materiales. En cada simulacro se asignan roles académicos (tutor y estudiantes), se verifican calibraciones y se preparan los POES con sus concentraciones (ppm) y tiempos de contacto (min). Si una actividad no concluye en la jornada, se continúa en la siguiente hasta completar el POE. El tamaño de lote y el orden de ejecución se definirán según la disponibilidad y el cronograma.

Ejecución y evidencia. Cada simulacro inicia con una inducción de riesgos y parámetros críticos; luego se ejecuta el POE tal como está redactado, registrando las variables correspondientes (Tiempo-temperatura (T-t), Potencial de hidrógeno (pH), Grados Brix ($^{\circ}$ Brix), temperatura de llenado o congelación, según aplique) y la trazabilidad (lote, equipo/ID, instrumento y fecha de calibración). Se aplican los POES antes y después del uso, dejando registro firmado. Cuando se presenten desviaciones, se documentan las acciones correctivas. Variables mínimas para registrar por producto: Queso (T-t, pH de cuajada), Yogur (T-t, T de incubación, pH final), Arequipe ($^{\circ}$ Bx o T_fin), Mermelada ($^{\circ}$ Bx, pH final, T de llenado), Jugo (pH, T de llenado/retención), Pulpa (pH y, si aplica, T-t). Si ocurre un desvío crítico (p. ej., pérdida de cadena de frío, fallo de equipo o incumplimiento de EPP), el simulacro se suspende, se corrige la causa y se repite desde el paso afectado.

Se programaron y ejecutaron simulacros por cada POE según la disponibilidad del CP, equipos y materiales. Antes de cada simulacro se asignaron roles (tutor y estudiantes), se verificaron las calibraciones y se prepararon los POES con sus concentraciones (ppm) y tiempos de contacto (min). La ejecución siguió el texto del POE y dejó registro de las variables críticas

(T-t, pH, °Bx, temperatura de llenado/congelación, según aplicara) y de la trazabilidad (lote, equipo/ID, instrumento y fecha de calibración), aplicando los POES antes y después del uso. Cuando una actividad no concluyó, se continuó en la siguiente jornada hasta completar el POE.

Como resultado, se verificó el cumplimiento de los parámetros críticos y de los criterios de conformidad definidos; cuando se presentaron desviaciones (p. ej., pérdida de cadena de frío, fallo de equipo, incumplimiento de EPP o valores fuera de rango), se documentaron las acciones correctivas y se repitió el paso afectado hasta restablecer la conformidad, dejando evidencia firmada en los registros. Se consolidó la evidencia en formatos completos y legibles, se cerraron las no conformidades críticas o se dejó plan de acción con responsable y fecha de cierre, y se ajustaron los procedimientos cuando fue necesario.

El simulacro se considera conforme cuando.

- Los parámetros críticos quedan en rango.
- Los POES se ejecutan con la concentración (ppm) y el tiempo de contacto (min) requeridos.
- Los registros están completos y legibles (incluye lote, equipo/ID, instrumento/fecha de calibración y firmas).
- Se cumple el EPP y la seguridad durante toda la ejecución.
- No quedan no conformidades críticas abiertas.

Evidencias y conservación. Los registros de sesión, las verificaciones y las lecturas operativas generadas en los simulacros se conservarán como evidencia de este punto. Las evidencias se rotulan por POE y fecha y se resguardan en carpeta digital/física del proyecto con la estructura: escenario físico / POE / fecha / lote / equipo-ID, para su uso.

Monitoreo y evaluación de los procedimientos implementados mediante inspección técnica en campo.

Verificar en sitio que la ejecución de los POE (seis productos priorizados) y los POES por equipo se realiza tal como están definidos, que los parámetros críticos permanecen dentro de rango y que los registros son completos, legibles y trazables, identificando no conformidades y definiendo acciones correctivas cuando aplique.

La inspección técnica se desarrolla en los escenarios físicos de lácteos y Fruver, durante las jornadas del proyecto con grupos de estudiantes en práctica (máx. 7) bajo conducción del tutor responsable. Se realizará al menos una inspección por cada uno de los 6 POE; cuando se detecte no conformidad mayor, se programará reinspección del paso afectado tras la corrección.

Enfoque de inspección.

El monitoreo se estructura en tres momentos complementarios, en los que se observa la ejecución y se verifican evidencias:

- Antes de la operación: POES “antes de uso”, preparación de soluciones (ppm y tiempos de contacto), EPP, estado higiénico del equipo/ID y señalización del área.
- Durante la operación: observación directa de pasos críticos del POE y verificación de parámetros (p. ej., (Tiempo–temperatura (T–t), Potencial de hidrógeno (pH), Grados Brix (°Brix), temperatura de llenado o congelación, según el producto).
- Después de la operación: POES “después de uso”, disposición de residuos/efluentes y cierre del área.

Las inspecciones se planifican con base en el cronograma y el plan del simulacro. Previo a cada inspección se confirma la calibración vigente de instrumentos (termómetros, pH-metro, refractómetro) y se definen roles académicos (tutor y estudiantes). La inspección es

independiente de la ejecución: el tutor observa y verifica; no ejecuta el POE, salvo para detener por desvío crítico. La metodología combina observación directa, revisión documental (registros operativos, trazabilidad de lote y equipo/ID) Los hallazgos se consignan en una lista de verificación (10–12 ítems Sí/No) y en un acta de inspección de campo con observaciones y acuerdos de mejora. Si se identifica no conformidad mayor (riesgo para inocuidad/seguridad o parámetro fuera de rango), la ejecución se detiene, se corrige la causa y el procedimiento se repite desde el paso afectado. Las no conformidades menores (p. ej., documental) se corrigen en la jornada y quedan registradas.

Criterios de evaluación.

Se considera Conforme cuando se cumplen todos los siguientes elementos:

- Parámetros críticos en rango (según el POE del producto).
- POES ejecutados con concentración (ppm) y tiempos de contacto (min) correctos.
- Registros completos y legibles (incluyen lote, equipo/ID, instrumento y fecha de calibración, y firmas de verificación).
- Cumplimiento de EPP y seguridad durante toda la ejecución.
- Sin no conformidades críticas abiertas (las menores con acción correctiva registrada).

Plan de muestreo/inspección.

Se aplica un esquema rotativo por POE y escenario físico. En jornadas extensas se realizan dos cortes de inspección (mitad y cierre). Se asegura que cada POE tenga ≥ 1 inspección completa (antes/durante/después) y que los POES asociados se revisen al menos en un corte.

Indicadores de desempeño

- Tasa de conformidad por POE (antes/durante/después).

- % POES ejecutados correctamente (ppm/min).
- % registros completos (sin omisiones de lote/equipo/firmas).
- No conformidades (mayores y menores) y tiempo de respuesta hasta su cierre.
- Repetición de inspecciones por POE (tras corrección).

Los formatos “Acta de inspección de campo” y “Lista de verificación de inspección” se incluyen íntegros en el apéndice I, disponibles para consulta e impresión. En este apartado se presenta únicamente la descripción del procedimiento.

Revisión de registros de operación, tiempos de respuesta, eficiencia de los equipos y cumplimiento normativo.

Realizar un análisis integral de la información generada en los puntos de (simulacros operativos) y (inspección técnica en campo) con el fin de determinar el nivel de cumplimiento de los POE por producto y de los POES por equipo, medir los tiempos de respuesta ante no conformidades, evaluar la eficiencia y condición de los equipos e instrumentos y verificar el cumplimiento normativo interno asociado a BPM/POES, calibraciones y trazabilidad.

El análisis abarca los escenarios físicos de lácteos y Fruver e incluye todos los registros operativos, listas de verificación y actas generados durante el primer ciclo de simulacros e inspecciones. El período específico se delimita por el cronograma (desde la primera ejecución hasta la última inspección considerada en este corte).

Fuentes de información.

- Registros de: lecturas de (Tiempo–temperatura (T–t), Potencial de hidrógeno (pH), Grados Brix (°Brix), temperatura de llenado o de congelación, trazabilidad (lote, equipo/ID), referencias de instrumento y fecha de calibración, firmas de estudiantes/tutor, y observaciones.

- Evidencia de: listas de verificación (10–12 ítems Sí/No), actas de inspección, clasificación de no conformidades (mayores/menores) y acciones correctivas adoptadas.

Criterios de inclusión/exclusión.

Se incluyen únicamente registros completos y legibles (con fecha y firma). Registros ilegibles o sin trazabilidad mínima (fecha + POE + equipo/ID) se excluyen del cálculo, pero se listan en observaciones para acciones de mejora documental.

Se contrasta lo registrado contra los criterios del POE del producto y los POES aplicables.

- Parámetros de proceso/producto: T–t, pH y/o °Brix según el POE del producto → Conforme/No conforme.
- Higiene y saneamiento (POES): ejecución completa y en orden (antes/durante/después) → Conforme/No conforme.
- Estado del equipo: funcionamiento sin fallas reportadas durante el lote → Conforme/No conforme.

Cualquier No conforme se tipifica en mayor (impacta inocuidad/legal) o menor (desviación operativa sin riesgo), y se anota acción correctiva.

Cruce de consistencia

Se revisa que las lecturas clave coincidan entre formatos (ej.: T–t vs. hoja del equipo; pH/°Brix final vs. control de calidad; POES “después” ejecutado si hubo producción). Si hay contradicción, se registra No conformidad con causa probable.

Consolidación del lote

Se diligencia el Acta de consolidación del lote con:

- Resultado global: Conforme / No conforme menor / No conforme mayor.
- Causas (si aplica) y acción inmediata realizada.

- Acción correctiva/preventiva comprometida (qué, quién, cuándo).
- Cierre: responsable y fecha.

Se actualiza el resumen de jornada y se comunica al tutor y estudiantes las lecciones aprendidas y las acciones a aplicar en el siguiente ciclo.

Interpretación y decisión.

- Fortalezas: POE/POES con % en rango e integridad altos; equipos con alta disponibilidad y calibraciones vigentes.
- Áreas de mejora: causas con mayor frecuencia en el Pareto de NC (p. ej., lecturas sin firma, ppm fuera de rango, fallas recurrentes de un equipo).
- Decisiones operativas:
 - Capacitación focalizada (p. ej., diligenciamiento de registros).
 - Ajuste de POE/POES donde se evidencien dificultades repetidas.
 - Mantenimiento preventivo o calibración cuando se observen desvíos o reincidencias.
 - Reinspección priorizada en los puntos con NC mayor.

Se verifica el cumplimiento de: BPM en ingreso/EPP/orden-limpieza, POES ejecutados con ppm/min correctos, calibraciones vigentes de instrumentos críticos y trazabilidad (lote/equipo/ID). El resultado se expresa como Conforme/No conforme, con observaciones para cierre de no conformidades.

Conservación de evidencias y trazabilidad.

Todas las matrices, así como las copias de registros, listas de verificación y actas, se almacenan en carpeta física/digital del proyecto. Se recomienda una nomenclatura sencilla que permita localizar rápidamente la información por POE y fecha. Estas evidencias alimentan

directamente los puntos (retroalimentación del personal), (ajustes a los procedimientos) y (informe final de validación).

Los formatos correspondientes a las tres tablas Registro de parámetros de proceso/producto, Lista de verificación de POES (antes/durante/después) y Bitácora de equipos e incidencias se adjuntan en el apéndice J.

Recolección de retroalimentación del personal operativo sobre la aplicabilidad y efectividad de los procedimientos.

Con el fin de verificar si los POE y POES son claros, aplicables y eficaces en los escenarios físicos de la UNAD, al cierre de cada jornada se recoge una retroalimentación inmediata de los estudiantes que ejecutaron el procedimiento. La intención no es evaluar personas sino detectar pasos confusos, cargas operativas innecesarias, riesgos y oportunidades de mejora.

La recolección se realiza inmediatamente al finalizar la práctica (antes de retirar el producto/equipos), con una tarjeta individual de 1 minuto y un resumen de jornada (2–3 minutos) a cargo del tutor responsable.

Instrumento único “Tarjeta”.

Formato simple, en papel, con marcas de Sí/Parcial/No y dos líneas abiertas. Campos:

Tabla 11 *Tarjeta de Retroalimentación de Procedimientos*

Campo	Diligenciamiento
Producto / POE ejecutado	
Fecha	
Tutor responsable	
¿El POE se entendió paso a paso?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> Parcial <input type="checkbox"/> No
¿Se pudo ejecutar con los equipos disponibles?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> Parcial <input type="checkbox"/> No
¿Se cumplieron los POES sin dificultad?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> Parcial <input type="checkbox"/> No
Paso difícil o confuso (mencionar 1)	
Incidente/observación relevante (1 línea)	
Firma / Hora	

Contenido y uso de la tarjeta.

La tarjeta reúne campos de identificación (POE/POES, fecha, lote, equipo/ID), lecturas clave (T-t, pH, °Brix), verificación de POES, resultado (Conforme/No conforme), firmas y observaciones; debe diligenciarse durante la jornada y anexarse al cierre como evidencia trazable.

Criterio de interpretación.

- Aplicabilidad: se considera Conforme cuando \geq la mayoría de las tarjetas marcan Sí en “se pudo ejecutar con los equipos” y Sí en “se cumplieron POES”.
- Efectividad: Conforme cuando la mayoría marca Sí en “se entendió paso a paso” y no se reportan incidentes críticos.

Cuando prevalece Parcial/No, el tutor registra no conformidad menor y propone ajuste específico del POE (orden de pasos, apoyo visual, etc.)

Trazabilidad y resguardo. Las tarjetas se archivan con el lote (sin datos personales) en la Jornada se anexa al cierre del día. Esta evidencia sustenta la mejora continua y facilita auditorías internas.

Realización de ajustes a los procedimientos si se detectan falencias.

Establecer cómo se corrigen y mejoran los POE y POES cuando se evidencian dificultades de ejecución o no conformidades en los escenarios físicos.

Cuando se ajusta.

Para activar un ajuste se exige evidencia proveniente de las anteriores actividades y no percepciones aisladas. El objetivo es corregir desviaciones reales o dificultades de ejecución que afecten la calidad, la inocuidad o la viabilidad con los equipos disponibles. Con ese enfoque, se prioriza intervenir lo que recurre o impacta el cumplimiento técnico.

Se inicia un ajuste cuando ocurra al menos uno de estos casos:

- Se detecta No conformidad que afecte el cumplimiento técnico/higiénico.
- La retroalimentación señala pasos confusos o uso de equipo poco viable.
- Se repite la misma No conformidad menor en dos jornadas consecutivas.

Cómo se hace.

La gestión del cambio sigue un flujo breve y trazable: registrar el problema, proponer el ajuste, probarlo a pequeña escala y decidir con base en resultados. Cada paso deja responsables, fechas y evidencias, de modo que el aprendizaje quede documentado y el procedimiento actualizado sea reproducible por cualquier estudiante.

- Registrar el problema en el formato ficha de ajuste al procedimiento (qué paso/valor, en qué producto/POE, evidencia).
- Proponer el cambio (redacción del paso, orden y control/registro) y planear una prueba en la siguiente jornada.
- Probar y verificar: ejecutar una práctica controlada con el ajuste y comprobar que los criterios del POE/POES se cumplen (parámetros en rango y registros completos).
- Decidir y actualizar: si la prueba es Conforme, se aprueba el cambio, se actualiza el documento con código/versión/fecha de vigencia y se comunica a estudiantes; si No conforme, se rechaza o se reformula la propuesta.

Criterios para aprobar.

Un ajuste solo se aprueba si mantiene o mejora la inocuidad y el cumplimiento normativo, es viable en los escenarios físicos con los equipos existentes y aclara los controles. Además, debe reducir la variabilidad operativa y no introducir nuevos riesgos ni cargas innecesarias.

- Mantiene o mejora la inocuidad y el cumplimiento normativo.
- Es viable con los equipos disponibles.
- Deja claros los registros.
- No introduce nuevos riesgos ni sobrecarga operativa.

El Formato ficha de ajuste al procedimiento, la prueba y la decisión se archivan con el lote del día y el historial de versiones del POE/POES.

Tabla 12 *El Formato ficha de ajuste al procedimiento*

Campo	Diligenciamiento
Producto / POE	
Paso / Parámetro a ajustar	(ej.: “Pasteurización:”, “pH final”, “orden del salado”, “concentración POES”)
Origen del hallazgo	<input type="checkbox"/> Simulacro <input type="checkbox"/> En campo <input type="checkbox"/> Inspección <input type="checkbox"/> Retroalimentación
Tipo	<input type="checkbox"/> No conformidad mayor <input type="checkbox"/> No conformidad menor <input type="checkbox"/> Mejora
Descripción del problema (evidencia)	(qué ocurrió y dónde se evidenció)
Propuesta de ajuste	(redacción nueva del paso, nuevo orden, criterio y registro asociado)
Plan de prueba	(fecha/jornada; qué se verificará: T–t, pH, °Brix, POES, etc.)
Resultado de la prueba	<input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> No conforme — Observaciones:
Decisión	<input type="checkbox"/> Aprobar actualización <input type="checkbox"/> Rechazar / reformular
Documento actualizado	Código / Versión / Fecha de vigencia
Comunicación	(a quién se comunicó el cambio y fecha)
Responsable(s) y firma(s)	

Consolidación de informe final de validación, con evidencias, análisis de cumplimiento y recomendaciones.

El proyecto consolidó un cuerpo de evidencia suficiente para sustentar el grado de cumplimiento del sistema en planta piloto: simulacros por POE y POES con roles asignados; registros de variables críticas (Tiempo–temperatura (T–t), Potencial de hidrógeno (pH), Grados Brix (°Brix), temperaturas de llenado/congelación) y de trazabilidad (lote, equipo/ID, instrumento y fecha de calibración); listas de chequeo BPM/NTC 5830; actas de capacitación con evaluación de competencia; y matriz de no conformidades con su estado de cierre. A partir

de estas fuentes se analizó el cumplimiento por categorías (instalaciones, operación/proceso y documentación/registros) usando los pesos definidos en la metodología. En conjunto, la evidencia muestra ejecución consistente de saneamiento y controles básicos, con oportunidades de mejora en completitud de registros (firmas, hora, ID de instrumento) y en estabilidad operacional de algunos puntos críticos (operaciones térmicas y condiciones de llenado), así como en la uniformidad de la señalización y del flujo higiénico. El sistema queda con una línea base verificable y con trazabilidad suficiente para auditorías internas y seguimiento.

A corto plazo, cerrar no conformidades abiertas y reforzar la disciplina documental: actualizar formatos (criterios de aceptación, campos obligatorios y responsables), asegurar concentraciones y tiempos de contacto en POES, y publicar calendario visible de calibración/mantenimiento con evidencia en registro. A mediano plazo, fortalecer infraestructura ligera y gestión visual (señalización de flujos limpios/sucios, zonificación y rotulación de equipos), institucionalizar la capacitación modular con verificación de competencia y programar auditorías internas regulares que alimenten el ciclo PHVA con indicadores (porcentaje de ítems conformes, registros completos y tiempos de cierre de acciones correctivas). A largo plazo, integrar un tablero de control de indicadores, simular un retiro de producto como ejercicio de trazabilidad y formalizar/actualizar el HACCP para las líneas de Lácteos y Fruver, de modo que la estandarización se mantenga y evolucione con evidencia periódica de eficacia.

Conclusiones

Estandarización y evidencia. El proyecto consolidó procedimientos operativos (POE/POES), registros trazables y simulacros que demuestran control sobre parámetros críticos (tiempo–temperatura, potencial de hidrógeno (PH) y grados (Brix), dejando una línea base verificable para auditorías internas y seguimiento.

Resultados en escenarios reales. En Lácteos y Fruver se redujeron brechas operativas clave (orden del flujo, disciplina documental, inducción y uso de EPP), y se establecieron prácticas de mejora continua mediante capacitación modular, mantenimiento documentado y verificación de limpieza y desinfección.

Ruta de mejora continua. Aun cuando ciertas limitaciones de infraestructura y recursos persisten, quedan definidas acciones sostenibles (señalización, control de aforo, QR de instructivos, formatos únicos y verificación periódica) y propuestas escalables que orientan la mejora continua institucional en inocuidad y formación práctica.

Recomendaciones

Se recomienda consolidar la estandarización operativa de los escenarios físicos de Lácteos y Fruver mediante la implementación disciplinada de los POE y POES, con verificación en sitio y control documental diario. Asimismo, debe mantenerse el uso de códigos QR por equipo para consulta rápida de arranque, operación, paro y seguridad, reforzando la capacitación práctica y la adherencia a los procedimientos.

Se sugiere institucionalizar un ciclo de mejora continua con auditorías internas periódicas, indicadores de cumplimiento (parámetros en rango, integridad de registros y cierre de no conformidades) y revisiones de desempeño por semestre. Igualmente, es prioritario asegurar la calibración vigente de instrumentos, la reposición oportuna de EPP e insumos, y la gestión de mantenimiento preventivo según plan.

Finalmente, se recomienda optimizar las condiciones físicas que impactan la inocuidad y la capacidad académica (ventilación/extractores donde aplique, señalización y zonificación de áreas, y aforos acordes a la capacidad instalada), acompañadas de inducción formal para cada cohorte y simulacros de validación antes del trabajo regular con estudiantes.

Referencias

- Arrieta, L., & Gómez, S. (2019). Estrategias de formación práctica en ingeniería de alimentos: El rol de las plantas piloto universitarias. *Revista Pedagogía y Tecnología*, 11(1), 20–32.
- Arrieta, P., & Gómez, L. (2019). Educación y gestión de inocuidad en plantas piloto de alimentos. Bogotá: Editorial Académica.
- Castillo, J., & Herrera, M. (2021). Gestión de inocuidad alimentaria en plantas piloto universitarias: Práctica y validación operativa. Bogotá: Editorial Académica.
- Castillo, M., & Herrera, J. (2021). Implementación de ISO 22000 en plantas de alimentos universitarias: Desafíos y beneficios. *Revista Latinoamericana de Calidad Alimentaria*, 7(2), 58–70.
- Codex Alimentarius. (2020). General principles of food hygiene: HACCP system and guidelines for its application. FAO/OMS.
- Codex Alimentarius. (2020). Guía para la aplicación del sistema HACCP. FAO y OMS. <https://www.fao.org>
- FAO & OMS. (2021). Food safety and quality systems in the global context. Geneva: WHO.
- FAO. (2016). Buenas prácticas de higiene en la producción de alimentos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org>
- FAO. (2016). Good manufacturing practices for the food industry. Rome: Food and Agriculture Organization.
- FAO. (2019). Codex Alimentarius: Directrices para la higiene de los alimentos. Roma: FAO.
- FAO/OMS. (2019). Codex Alimentarius: Normas internacionales de alimentos, directrices de higiene y códigos de práctica. Roma: FAO/OMS.

- García-Hernández, L., Torres, P., & Méndez, R. (2020). Formación práctica en plantas piloto: Impacto en la inserción laboral de egresados en tecnología de alimentos. *Revista Latinoamericana de Educación en Ingeniería*, 15(2), 45–56.
- Gómez, L., Pérez, A., & Martínez, F. (2020). Transferencia de tecnología y buenas prácticas alimentarias en comunidades rurales. *Revista Latinoamericana de Tecnología Alimentaria*, 12(2), 45–59.
- González, A., Martínez, L., & Pérez, S. (2020). Impacto de los procedimientos operativos estandarizados en la reducción de contaminación alimentaria. *Revista de Inocuidad Alimentaria*, 8(1), 12–27.
- González, C., & Rojas, D. (2022). Formación práctica en inocuidad alimentaria: Aplicación de normas nacionales e internacionales en plantas piloto. *Revista Iberoamericana de Seguridad Alimentaria*, 8(1), 23–37.
- González, L., & Rojas, M. (2022). Análisis normativo para la implementación de BPM y HACCP en plantas piloto universitarias. *Revista de Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 8(1), 45–59.
- González, M., & Rojas, P. (2022). Implementación de HACCP en laboratorios académicos. *Revista de Tecnología Alimentaria*, 15(2), 23–37.
- González, R., & Rojas, P. (2022). Capacitación en BPM y HACCP en entornos formativos de ingeniería de alimentos. *Revista Latinoamericana de Tecnología Alimentaria*, 12(2), 45–60.
- Hernández-Sandoval, M., & Ruiz, J. (2021). Aplicación del Codex Alimentarius en entornos académicos: Una estrategia para la competitividad global. *Revista de Inocuidad Alimentaria*, 8(1), 23–34.

- ICONTEC. (2018). Norma técnica colombiana NTC 3800: Buenas prácticas de manufactura. Bogotá: ICONTEC.
- ICONTEC. (2018). NTC 5830: Buenas prácticas de manufactura para plantas procesadoras de alimentos. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- INVIMA. (2021). Guía de implementación de POES para plantas de alimentos. Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos.
- ISO. (2018). ISO 22000:2018 – Sistemas de gestión de inocuidad de los alimentos. International Organization for Standardization.
- Jalali, M., Heidari, H., & Rahimi, P. (2021). Integration of standardized operating procedures in academic food pilot plants: A systematic approach. *Food Control*, 123, 107859.
- Kumar, S., & Sharma, R. (2020). Education in integrated food safety management systems. *Journal of Food Safety and Quality*, 36(4), 12–25.
- Li, Y., Chen, H., & Zhang, Q. (2021). Digital HACCP training for academic settings. *Food Control*, 129, 108–134.
- López-Moreno, C., & Pérez, D. (2022). Buenas prácticas de manufactura en plantas piloto académicas: Estudio de caso. *Ingeniería y Ciencia Alimentaria*, 14(3), 67–78.
- Luning, P. A., & Marcelis, W. J. (2020). *Food quality management: Technological and managerial principles*. Wageningen Academic Publishers.
- Martínez, D., Pérez, C., & Gómez, J. (2022). Estandarización de procesos en plantas piloto: POE y POES. *Revista Latinoamericana de Tecnología Alimentaria*, 10(1), 56–72.
- Martínez, F., & Rivera, S. (2021). Implementación de sistemas HACCP en plantas piloto universitarias: Beneficios y desafíos. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 19(4), 112–124.

- Martínez, J., Gómez, R., & Torres, A. (2021). Manual de trazabilidad y control de procesos en plantas de alimentos de instituciones educativas. Bogotá: Editorial Universidad de la Sabana.
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2013). Guía de buenas prácticas de manufactura para alimentos. Bogotá: MINSALUD.
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2013). Resolución 2674 de 2013: Por la cual se establecen los criterios sanitarios de producción, almacenamiento y comercialización de alimentos destinados al consumo humano. Bogotá, Colombia: Ministerio de Salud y Protección Social.
- NTC 5830. (2015). Buenas prácticas de manufactura para la industria alimentaria — Colombia. Bogotá: ICONTEC.
- Ordoñez Gómez, J. (2017). Implementación del plan de saneamiento, higiene y capacitación en la Planta Piloto de la Universidad de Nariño (Trabajo de pasantía). Universidad de Nariño. <https://sired.udenar.edu.co/9563/1/21205.pdf>
- Pérez, L., & Sánchez, M. (2020). Implementación de buenas prácticas de manufactura en plantas piloto de alimentos: Estudio de caso en entornos académicos. *Revista Colombiana de Tecnología Alimentaria*, 15(2), 45–58.
- Ponce, D., & Rivas, J. (2019). Gestión del conocimiento y evaluación de desempeño en plantas piloto universitarias. *Journal of Educational Management*, 7(3), 112–127.
- Rodríguez, A., & Muñoz, S. (2020). Procedimientos operacionales estandarizados en plantas procesadoras: Fundamentos y estructura. *Revista Ciencia e Ingeniería Alimentaria*, 4(1), 22–34.

- Rodríguez, J., & Muñoz, F. (2020). Procedimientos operacionales estandarizados en la formación académica. *Revista Colombiana de Ingeniería Alimentaria*, 8(2), 34–48.
- Santos, R., Almeida, T., & Costa, M. (2022). Digital tools for process traceability in food pilot plants. *Journal of Food Engineering and Technology*, 15(1), 33–50.
- Smith, A., Johnson, P., & Lee, K. (2022). Early implementation of GMP in food education: Effects on operational safety. *Journal of Food Science Education*, 21(1), 15–28.
- Torres, M., Rivera, L., & Cruz, H. (2021). Prácticas de saneamiento en plantas piloto académicas. *Revista de Higiene y Seguridad Alimentaria*, 9(3), 78–92.
- Vásquez, C., & López, D. (2018). Aplicación de POE y POES como herramienta didáctica en plantas piloto universitarias. *Revista Colombiana de Ingeniería de Alimentos*, 3(2), 45–53.
- Vásquez, C., & López, D. (2018). Formación académica en inocuidad alimentaria: Experiencias en plantas piloto universitarias. Bogotá: Editorial Universitaria.
- Vásquez, L., & López, D. (2018). Extensión comunitaria y formación profesional en ingeniería de alimentos: Integración de teoría y práctica. *Revista Colombiana de Ingeniería*, 33(1), 88–101.

Apéndices

Apéndice A

Listas de chequeo de condiciones sanitarias y operativas

En este apéndice se anexan las listas de verificación aplicadas en la Planta de Lácteos y en la Planta de Fruver para evaluar el cumplimiento de criterios técnicos de Infraestructura, Equipos y Condiciones higiénico-sanitarias. Cada ítem se calificó con las opciones Cumple, Cumple con requerimientos, No cumple o No aplica, y se registraron observaciones cuando correspondía. Los hallazgos permiten identificar fortalezas (p. ej., pisos, paredes y equipos en buen estado) y oportunidades de mejora (p. ej., separación de zonas, disponibilidad de lavamanos, extracción/ventilación, registros de mantenimiento y programas documentados de limpieza y desinfección). Las tablas completas y sus notas se presentan a continuación como evidencia del diagnóstico.

Apéndice B

Guion de entrevistas y síntesis

Se incluye el guion/cuestionario aplicado a docentes, estudiantes y personal administrativo para recoger percepciones sobre infraestructura, equipos, condiciones higiénico-sanitarias, cumplimiento normativo y valor pedagógico de los escenarios físicos. En forma breve, los hallazgos apuntan a alto potencial formativo, pero con limitaciones de espacio y distribución, falta de extractores y protocolos formales (L+D y residuos), escasa capacitación previa y desajuste entre aforo y capacidad (especialmente en Fruver). Las transcripciones completas y el cuestionario en blanco pueden consultarse en su totalidad.

Apéndice C

Códigos QR para uso de maquinaria (Lácteos y Fruver)

Este apéndice recopila únicamente los códigos QR colocados en cada equipo de los escenarios físicos de Lácteos y Fruver, los cuales dirigen a videos y a un instructivo de una página centrado en las fases clave de arranque, operación, paro y seguridad; su objetivo es estandarizar el uso de la maquinaria, agilizar la capacitación y asegurar una referencia rápida en campo; se anexa una tabla por equipo con su QR/enlace, versión y fecha de actualización, además de una URL corta como alternativa de acceso.

Apéndice D

Formatos POE (Lácteos y Fruver)

Este apéndice compila los formatos de Procedimientos Operacionales Estandarizados para los procesos priorizados (queso fresco, yogur, arequipe, mermelada, jugo y pulpa), con su código, versión y estructura común: Planificación de la producción, Manejo de materias primas, Proceso de manufactura, Control y aseguramiento de la calidad, Mantenimiento de equipos, Salud y seguridad, Gestión de residuos y Mejora continua, listos para uso académico y trazabilidad. Estos formatos facilitan la capacitación, reducen la variabilidad operativa y aportan evidencia documental para auditorías.

Apéndice E

POES Lácteos

Matriz con los 9 POES por equipo de la planta de Lácteos, organizada por equipo/ID, ciclo de saneamiento (pre-enjuague, lavado, enjuague, desinfección, enjuague final), agente y concentración (ppm), tiempo de contacto, frecuencia, responsables/verificación y registro de

evidencia. Incluye campos para observaciones y control de cambios; sirve para programar, ejecutar y documentar la limpieza y desinfección en Lácteos.

Apéndice F

POES Fruver

Matriz con los 5 POES por equipo de la planta de Fruver, con la misma estructura (equipo/ID, ciclo de saneamiento, agente y concentración, tiempo de contacto, frecuencia, responsables/verificación y registro). Facilita el seguimiento y la trazabilidad de las actividades de saneamiento en Fruver y su actualización posterior.

Apéndice G

Registros para evidenciar cumplimiento de POE y POES

Este apéndice reúne las plantillas de registro utilizadas en Lácteos y Fruver para documentar la ejecución de los POES (matrices por área/equipo con actividad, frecuencia, responsable, realizado, observaciones y firma) y de los POE por producto (queso fresco, yogur, arequipe, mermelada, jugo y pulpa) con campos estandarizados de etapa, parámetro a controlar, frecuencia, responsable, cumplimiento, observaciones y firma; su diligenciamiento asegura trazabilidad e insumo de auditoría sobre variables críticas (p. ej., temperaturas, pH, °Brix y condiciones de almacenamiento).

Apéndice H

Plan de Saneamiento (Lácteos y Fruver)

Este anexo reúne el plan integral de saneamiento con objetivo y alcance, responsables, frecuencias, procedimientos antes–durante–después, agentes y concentraciones (ppm), tiempos

de contacto, verificación y registros, además de la matriz de control de cambios; su aplicación estandariza la limpieza y desinfección, asegura la trazabilidad y facilita auditorías internas y externas.

Apéndice I

Formatos de inspección en campo

Este apéndice reúne los formatos operativos para monitoreo y evaluación en sitio de los POE y POES: el Acta de inspección de campo (datos de jornada, POE inspeccionado, equipo/ID, lote, lecturas clave T-t/pH/°Bx, observaciones, clasificación de no conformidades y resultado) y la Lista de verificación (12 ítems Sí/No sobre EPP, ejecución de POES “antes/durante/después”, parámetros críticos en rango, calibración de instrumentos, trazabilidad y registros firmados), listos para imprimir o digitalizar y asegurar trazabilidad y cierre de hallazgos.

Apéndice J

Formatos para revisión de registros y desempeño

Este apéndice reúne tres plantillas operativas para el análisis de simulacros e inspecciones: A) Registro de parámetros por POE (T-t, pH, °Brix, trazabilidad y firmas) con cálculo de % en rango, % integridad y % POES correctos; B) Lista de verificación de POES antes/durante/después; y C) Bitácora de equipos e incidencias (disponibilidad, fallas, calibración, tiempos de respuesta y cierre de no conformidades), a fin de emitir resultado por POE (Conforme/No conforme) y priorizar acciones.