

Artículo original

## **Procedimiento para el perfeccionamiento del proceso de producción con enfoque de economía circular en empresas de conservas de vegetales**



**Procedure for improving the production process with a circular economy approach in vegetable canning companies**

**Procedimento para a melhoria do processo produtivo com uma abordagem de economia circular em empresas de conservas de vegetais**

**Luis Tomás Bravo Rodríguez<sup>1</sup>**  0009-0009-5368-2088  [luistomas@upr.edu.cu](mailto:luistomas@upr.edu.cu)

**Jineht Pérez Martínez<sup>2</sup>**  0000-0002-8160-0475  [jperezsm@upr.edu.cu](mailto:jperezsm@upr.edu.cu)

**Carlos Cesar Torres Paez<sup>2</sup>**  0000-0001-7956-5079  [carlosc@upr.edu.cu](mailto:carlosc@upr.edu.cu)

<sup>1</sup> Empresa de Conservas de Vegetales "La Conchita". Cuba.

<sup>2</sup> Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Cuba.

**Recibido:** 26/06/2026

**Aceptado:** 4/09/2026

### **RESUMEN**

La presente investigación propone un procedimiento para el perfeccionamiento del proceso de producción con enfoque de economía circular en la Empresa de Conservas de Vegetales "La Conchita", ubicada en Pinar del Río, Cuba. Se parte de la contradicción existente entre el modelo de producción lineal vigente en la empresa y los principios de la economía circular, evidenciada en la ausencia de métricas de gestión de residuos, carencia de infraestructura para su clasificación y

procesamiento, limitaciones tecnológicas y desaprovechamiento sistemático de la materia prima. Mediante un diagnóstico integral que integró observación directa, encuestas a trabajadores y directivos, método Delphi con expertos y el Sistema de Gestión de la Capacidad de la Carga, se identificaron seis causas fundamentales del ineficiente proceso productivo del puré de tomate: malas condiciones de trabajo, dificultades en la gestión de residuos sólidos, personal poco capacitado, maquinarias en mal estado, desmotivación e ineficiencia laboral y escaso contenido de trabajo. El procedimiento diseñado se estructura en cuatro etapas bajo la lógica del ciclo (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar), integrando doce pasos operativos que abarcan desde el diagnóstico del flujo de materiales hasta la estandarización documental y la proyección de nuevos ciclos de mejora. La validación mediante la técnica de validación por usuarios arrojó un Índice de Satisfacción Grupal de 0,942, lo que confirma la pertinencia, viabilidad práctica y efectividad percibida del procedimiento propuesto.

**Palabras clave:** economía circular; gestión de la producción; conservas vegetales; procedimiento; residuos agroindustriales.

## ABSTRACT

This research proposes a procedure for improving the production process using a circular economy approach at the "La Conchita" Vegetable Canning Company, located in Pinar del Río, Cuba. The study begins with the contradiction between the company's current linear production model and the principles of the circular economy, as evidenced by the absence of waste management metrics, a lack of infrastructure for waste sorting and processing, technological limitations, and the systematic waste of raw materials. Through a comprehensive assessment that combined direct observation, surveys of workers and managers, the Delphi method with experts, and the Load Capacity Management System, six root causes of the inefficient tomato puree production process were identified: poor working conditions, difficulties in solid waste management, undertrained staff, machinery in poor condition, demotivation and labor inefficiency, and low job content. The designed procedure is structured in four stages following the PDCA cycle (Plan, Do, Check, Act), integrating twelve operational steps ranging from the analysis of material flow to the standardization of documentation and the planning of new improvement cycles. Validation using the user validation

technique yielded a Group Satisfaction Index of 0.942, confirming the relevance, practical feasibility, and perceived effectiveness of the proposed procedure.

**Keywords:** circular economy; production management; canned vegetables; procedure; agro-industrial waste.

## RESUMO

Esta pesquisa propõe um procedimento para melhorar o processo produtivo na Empresa de Conservas de Vegetais "La Conchita", em Pinar del Río, Cuba, adotando uma abordagem de economia circular. O estudo aborda o conflito entre o atual modelo de produção linear da empresa e os princípios da economia circular, um conflito evidenciado pela ausência de métricas de gestão de resíduos, infraestrutura insuficiente para triagem e processamento de resíduos, limitações tecnológicas e subutilização sistemática de matérias-primas. Por meio de um diagnóstico abrangente, incorporando observação direta, pesquisas com trabalhadores e gestores, o método Delphi com especialistas e um Sistema de Gestão da Capacidade de Carga, foram identificadas seis causas raiz para a ineficiência do processo de produção de purê de tomate: condições de trabalho precárias, dificuldades na gestão de resíduos sólidos, pessoal inadequadamente treinado, maquinário em más condições, baixa motivação e ineficiência da mão de obra, e conteúdo de trabalho insuficiente. O procedimento elaborado estrutura-se em quatro etapas, seguindo a lógica do ciclo PDCA (Planejar-Executar-Verificar-Agir), integrando doze passos operacionais que vão desde o diagnóstico dos fluxos de materiais até a padronização de documentos e o planejamento de futuros ciclos de melhoria. A validação, realizada por meio da técnica de validação pelo usuário, resultou em um Índice de Satisfação do Grupo de 0,942, confirmando a relevância, a viabilidade prática e a eficácia percebida do procedimento proposto.

**Palavras-chave:** economia circular; gestão da produção; conservas vegetais; procedimento; resíduos agroindustriais.

## INTRODUCCIÓN

Las empresas del siglo XXI operan en un entorno que les exige resultados crecientes en volumen, surtido, calidad, plazo y precio, mientras enfrentan múltiples restricciones en su estructura y recursos. Esta contradicción fundamental debe resolverse aplicando la filosofía de elevar sistemáticamente el nivel de satisfacción de las exigencias sociales, lo que demanda una gestión de procesos más óptima, eficiente y eficaz, incluso en escenarios de disminución de recursos. A nivel internacional, las empresas de conservas vegetales se caracterizan por operar dentro de una industria madura y altamente competitiva, cuya actividad está intrínsecamente ligada a la estacionalidad de las cosechas y a la necesidad perentoria de procesar rápidamente materias primas perecederas. Esta industria es un sector crucial para el crecimiento del producto bruto interno de los países (Chavesta et al., 2025) y su dinámica las sitúa en una encrucijada constante entre la eficiencia productiva, la gestión de los significativos volúmenes de subproductos orgánicos que genera su proceso, un desafío que las empuja hacia la adopción de modelos de economía circular (Massaro et al., 2021; SYSTEMIQ & Ellen MacArthur Foundation, 2017).

La problemática ambiental mundial se ha acrecentado de forma alarmante. Según la Organización Mundial de la Salud, cerca de dos millones de personas mueren al año por enfermedades relacionadas con la contaminación; más de 17 millones de hectáreas de bosques son destruidas anualmente y diariamente se generan cuatro millones de toneladas de basura doméstica e industrial. El modelo lineal de producción, centrado en la lógica de "tomar, hacer, desechar", resulta insostenible, pues tanto los recursos naturales como las fuentes energéticas no son ilimitadas. Se ha evidenciado que, de continuar con este estilo de economía lineal, para el año 2050 se necesitarán tres veces más materiales, 70 % más alimentos y la necesidad de agua y energía aumentará en un 40 % (Barret et al., 2018, citado por Da Costa Pimienta, 2022). En este escenario, emerge la economía circular como una alternativa sostenible y pertinente en el contexto actual, donde los términos economía circular y sostenibilidad están ganando terreno en el ámbito académico, la industria y los responsables políticos (Geissdoerfer et al., 2017; González & Pomar Fernández, 2021).

Para Cuba, las cuestiones asociadas a la gestión de los residuos forman parte de la estrategia para el desarrollo socioeconómico del país. Los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, actualizados en el VII Congreso del Partido Comunista de Cuba, plantean que "se debe promover la intensificación del reciclaje y el aumento del valor agregado de los productos

recuperados, priorizando actividades de mayor impacto económico con menos recursos" (PCC, 2021, p. 15). En este contexto, la Empresa de Conservas de Vegetales "La Conchita", fundada en 1937 y ubicada en Pinar del Río, se enfrenta al desafío de mantener su competitividad en un mercado globalizado donde la eficiencia operativa, la sostenibilidad ambiental y la responsabilidad social se han convertido en factores críticos de éxito. Su modelo de producción tradicional, basado en un sistema económico lineal, genera ineficiencias inherentes y un impacto ambiental significativo, lo que motivó la presente investigación.

El diagnóstico preliminar reveló que los residuos de las líneas de producción se recolectan para posibles usos, pero la gestión estratégica de esta actividad es ineficiente: no existen métricas históricas, indicadores de seguimiento ni reportes. Se aprecian carencias en la infraestructura necesaria para recolectar, clasificar y procesar los residuos, limitaciones en la innovación tecnológica, y falta de herramientas que permitan identificar los niveles de residuos para su posterior utilización, lo que conlleva a un desaprovechamiento de la materia prima. Estos elementos configuran el problema científico: la contradicción entre el modelo de producción lineal implementado y los principios de la economía circular que buscan maximizar la utilidad de los recursos, minimizar los residuos y crear ciclos de valor cerrados. El objetivo de la investigación es diseñar un procedimiento para el perfeccionamiento del proceso de producción de la Empresa de Conservas de Vegetales "La Conchita", que, a partir de la asunción del enfoque de economía circular, contribuya a elevar la utilidad de los recursos, los niveles de eficiencia, eficacia y aprovechamiento de los residuos de la producción.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se fundamenta en el método dialéctico materialista y emplea un enfoque mixto que integra análisis de datos cualitativos y cuantitativos para obtener una comprensión holística de la situación actual del proceso productivo de puré de tomate en la empresa estudiada. Se adopta un tipo de estudio descriptivo-diagnóstico, basado en el principio de triangulación metodológica, utilizando diversas fuentes de datos y técnicas de recolección para validar los hallazgos y minimizar los sesgos inherentes a cada método individual.

Se utilizaron el método lógico-histórico para determinar los antecedentes teórico-metodológicos de la gestión de la producción con énfasis en la economía circular; el método hipotético-deductivo para

formular la hipótesis de investigación y explicar los resultados obtenidos; el análisis y síntesis para el estudio de los diferentes aspectos relacionados con la integración de la modalidad de economía circular; y el método sistémico para caracterizar el objeto y el campo de acción, precisando los elementos constitutivos y las relaciones que entre ellos se establecen.

Se aplicó un conjunto de técnicas e instrumentos diseñados específicamente para el diagnóstico. Se ejecutaron sesiones de observación directa en el área de pulpado, utilizando una guía de observación estructurada para el registro de deficiencias técnicas y organizacionales. Se diseñó una encuesta para 35 trabajadores directos del área de pulpado, con 10 ítems que combinan preguntas cerradas dicotómicas para evaluar el cumplimiento de volúmenes de producción, disponibilidad de equipos de protección, aprovechamiento de residuos, estado de los equipos, capacitación recibida y eficiencia operacional. Paralelamente, se aplicó una encuesta a seis directivos de la administración, con 7 ítems orientados a evaluar la gestión de residuos, el estado de los equipos y la capacitación recibida. El instrumento fue validado por juicio de expertos.

Se aplicó el método Delphi con un grupo de cinco expertos y un grupo facilitador de cuatro especialistas, mediante tres rondas iterativas para la identificación, ratificación y ponderación de las deficiencias que afectan el proceso productivo, utilizando el coeficiente de concordancia y la dócima no paramétrica de Kendall (W). Adicionalmente, se realizó un análisis documental y técnico del proceso mediante la aplicación del Sistema de Gestión de la Capacidad de la Carga (SGCC), para el cálculo del fondo de tiempo, la carga de operaciones, el coeficiente de correspondencia, la capacidad de los procesos y el coeficiente de pérdida. Para la validación del procedimiento se empleó la técnica de Iadov, aplicada a 19 directivos y especialistas vinculados al proceso productivo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis teórico de la economía circular en el sector conservero parte de su concepción como modelo productivo restaurador y regenerativo por diseño, que sustituye el esquema lineal de "extraer-producir-consumir-desechar" por sistemas de circuitos cerrados donde los residuos de unos procesos se convierten en insumos de otros. En la industria conservera, particularmente en la elaboración de puré de tomate, este enfoque cobra relevancia estratégica debido al elevado volumen de subproductos generados como: cáscaras, semillas y bagazo; que bajo una óptica circular, dejan de concebirse como pérdidas para transformarse en flujos de valor aprovechables mediante

estrategias de valorización jerarquizada, como la extracción de compuestos bioactivos (licopeno, pectina), la elaboración de alimentos para animales o la obtención de enmiendas orgánicas. La economía circular no solo reduce la presión ambiental, sino que se constituye en un vector directo de crecimiento productivo: al minimizar las pérdidas de materia prima, optimizar los rendimientos tecnológicos y disminuir los costos asociados a la disposición de residuos, la empresa incrementa su eficiencia y amplía su capacidad efectiva de producción, generando además economías de alcance a partir de nuevas líneas de negocio derivadas de los subproductos. De este modo, la relación entre circularidad y aumento productivo no es antagónica sino sinérgica, pues cada tonelada de residuo valorizado representa un incremento neto en el aprovechamiento del material procesado, elevando el índice de circularidad y, simultáneamente, la productividad integral del sistema (Geissdoerfer et al., 2017).

### **Diagnóstico integral del proceso productivo**

La Empresa de Conservas de Vegetales "La Conchita" posee una plantilla aprobada de 411 trabajadores y cuatro fábricas productivas: Dulces y Almíbar, Pulpado, Pastas de Frutas, y Mayonesas y Jugos. El diagnóstico se concentró en la Fábrica de Pulpado, específicamente en la línea de puré de tomate, cuyo proceso productivo comprende nueve operaciones tecnológicas principales: recepción de materia prima, lavado y selección, triturado, precalentado, repasado, concentración de la pulpa, esterilización, llenado y tapado, y etiquetado. Las operaciones de triturado y repasado concentran las mayores pérdidas de materia prima, con un 10 % en semillas y pieles y un 4 % de residuos respectivamente.

Los resultados de la encuesta a trabajadores revelaron que el 68 % considera que no se alcanzan los volúmenes de producción planificados, el 83 % coincide en la necesidad de implementar operaciones más eficientes, y el 89 % no ha recibido capacitación en Gestión de Procesos. En cuanto a la gestión de residuos, aunque el 66 % percibe que se aprovechan al máximo, existe una contradicción con el 86 % que opina que no se les brinda la importancia necesaria a los desechos sólidos. El 55 % de los encuestados considera que las maquinarias son obsoletas y no trabajan a su máximo nivel. Por su parte, los directivos poseen una sólida base conceptual en materia de gestión ambiental, pero la mitad califica como regular la gestión de residuos en el área de pulpado y un tercio la considera insuficiente, atribuido específicamente a la falta de control por parte de los jefes de fábrica.

La aplicación del método Delphi permitió identificar y ponderar seis deficiencias principales: malas condiciones de trabajo (pisos deteriorados, falta de climatización e iluminación), dificultades en la gestión de residuos sólidos, personal poco capacitado, maquinarias en mal estado, desmotivación e ineficiencia en el trabajo, y escaso contenido de trabajo. El coeficiente de concordancia alcanzó valores superiores al 70 % para seis de las ocho deficiencias identificadas inicialmente. El estadígrafo de Kendall arrojó  $W = 0,32$ , lo que, si bien sugiere dispersión en las ponderaciones relativas, no invalida el consenso cualitativo logrado en la segunda ronda.

El análisis mediante el SGCC cuantificó la desarticulación productiva en un coeficiente de pérdida del 80 %, originado en la divergencia entre la capacidad del punto limitante (concentración: 321,56 t/mes) y la del punto fundamental (llenado: 1669,52 t/mes). Este resultado evidencia un grave desaprovechamiento del proceso, que incrementa los costos de producción y limita la satisfacción de la demanda. La triangulación de las fuentes permitió consolidar el diagnóstico integral, representado mediante un Diagrama de Ishikawa que interrelaciona las seis causas validadas como factores causales del ineficiente proceso de producción.

### **Procedimiento para el perfeccionamiento del proceso de producción con enfoque de economía circular**

El procedimiento diseñado constituye un aporte metodológico original que integra, en una secuencia operativa de doce pasos, el diagnóstico del flujo de materiales, la identificación de causas raíz de generación de residuos, la evaluación del potencial de circularidad, la optimización tecnológica, la gestión diferenciada de residuos, la capacitación del capital humano, la medición de indicadores de desempeño circular, la auditoría interna, la evaluación de satisfacción, el análisis de lecciones aprendidas, la estandarización documental y la proyección de nuevos ciclos de mejora. Todo ello se estructura bajo la lógica dinámica del ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act, en español: Planificar-Hacer-Verificar-Actuar).

La fundamentación metodológica del procedimiento se sustenta en la integración de tres enfoques complementarios: la gestión por procesos de negocio (Dumas et al., 2018), la economía circular como paradigma regenerativo (SYSTEMIQ & Ellen MacArthur Foundation, 2017) y las metodologías de mejora continua aplicadas a contextos de restricción presupuestaria. El procedimiento se rige por cinco principios derivados del diagnóstico: trazabilidad circular, jerarquización de residuos, viabilidad tecnológica en contextos de restricción, participación integral y medición y mejora continua.



El objetivo del procedimiento es perfeccionar el proceso de producción de puré de tomate en la Empresa de Conservas de Vegetales "La Conchita", mediante la asunción del enfoque de economía circular, para elevar la utilidad de los recursos, los niveles de eficiencia, eficacia y aprovechamiento de los residuos de la producción.

El procedimiento abarca el proceso productivo de puré de tomate desde la recepción de la materia prima hasta el almacenaje del producto terminado, incluyendo explícitamente la gestión de subproductos y residuos generados en cada operación tecnológica.

Los límites del procedimiento son:

- No incluye la gestión de residuos líquidos industriales (aguas residuales), aunque sí su minimización en origen.
- No contempla inversiones en nueva maquinaria de alta tecnología, centrándose en la optimización del equipamiento existente.
- Se aplica inicialmente a la línea de puré de tomate, con potencial de replicación a otras líneas de la Fábrica de Pulpado.

El procedimiento se estructura en cuatro etapas que reproducen la lógica del ciclo PDCA. Cada fase contiene un objetivo específico y se desagrega en pasos operativos concretos que se describen en las tablas 1, 2, 3 y 4.

### **Etapas I: Planificación del perfeccionamiento circular**

Objetivo de la etapa: Diagnosticar el estado actual del proceso productivo de puré de tomate, identificar oportunidades de circularidad en cada operación tecnológica, y diseñar un plan integral de mejoras que integre la reducción de residuos en origen, la reutilización interna de subproductos y la valorización externa de residuos inevitables.

**Tabla 1.** Pasos de la etapa 1

| <b>Paso 1. Caracterización del flujo de materiales actual</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Elemento</b>                                               | <b>Contenido</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Descripción                                                   | Elaborar un mapa detallado del flujo de materiales en el proceso de puré de tomate y evaluar el potencial técnico-económico de aplicar las tres vías de la economía circular (reducir, reutilizar, valorizar) a cada tipo de residuo identificado.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Acciones a desarrollar                                        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificar y cuantificar entradas (materia prima, agua, energía) y salidas (producto terminado, residuos sólidos y líquidos) en cada operación tecnológica.</li> <li>2. Calcular el Índice de Eficiencia de Materiales (IEM) por operación: <math>IEM = (Masa \text{ de producto útil} / Masa \text{ total de entrada}) \times 100</math>.</li> <li>3. Construir el Diagrama de Sankey del flujo de materiales.</li> <li>4. Para cada tipo de residuo (semillas y pieles, tomate en mal estado, aguas de cocción, materiales de empaque), evaluar: Vía 1 (Reducción en origen), Vía 2 (Reutilización interna), Vía 3 (Valorización externa).</li> <li>5. Calcular el Índice de Potencial Circular (IPC): <math>IPC = (Masa \text{ potencialmente circularizable} / Masa \text{ total de residuo generado}) \times 100</math>.</li> <li>6. Estimar impacto económico preliminar de cada vía (ahorro por materia prima, ingresos por subproductos).</li> </ol> |
| Entradas                                                      | Registros de producción de los últimos 12 meses; fichas técnicas de equipos; especificaciones de calidad (NC 108:2012); resultados de la SGCC; datos de costos de materia prima y precios de subproductos potenciales.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Técnicas a emplear                                            | Análisis documental; observación directa estructurada; medición directa de masas y volúmenes; diagrama de Sankey; análisis costo-beneficio preliminar; matriz de decisión multicriterio (IPC, impacto económico, viabilidad técnica).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Tiempo                                                        | 4 semanas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Responsable                                                   | Jefe de área de Pulpado, con apoyo del especialista de calidad, el contador de costos y asesoría del Centro de Información y Gestión Tecnológica (CIGET) Pinar del Río.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Salidas                                                                | Mapa de flujo de materiales cuantificado; matriz de potencial de circularidad por tipo de residuo con IPC calculado; informe técnico-económico de potencial de circularidad.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Paso 2. Identificación de causas raíz de generación de residuos</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Elemento</b>                                                        | <b>Contenido</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Descripción                                                            | Analizar las causas técnicas, organizacionales y humanas que originan la generación de residuos en las operaciones con mayor pérdida, priorizando aquellas susceptibles de intervención.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Acciones a desarrollar                                                 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aplicar el diagrama de Ishikawa (espina de pescado) por cada operación priorizada, identificando causas en las categorías: mano de obra, maquinaria, materiales, métodos, medio ambiente y medición.</li> <li>2. Clasificar las causas en: tecnológicas, procedimentales, humanas y de diseño.</li> <li>3. Construir matriz de priorización de causas según impacto en generación de residuos (escala 1-5) y viabilidad de intervención (escala 1-5). Seleccionar causas con puntaje combinado <math>\geq 6</math> para intervención prioritaria.</li> <li>4. Formular hipótesis de solución para cada causa priorizada.</li> </ol> |
| Entradas                                                               | Mapa de flujo de materiales del Paso 1; resultados de encuestas a trabajadores y directivos; registros de mantenimiento de equipos (últimos 24 meses); especificaciones técnicas de operación.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Técnicas a emplear                                                     | Diagrama de Ishikawa; matriz de priorización (impacto vs. esfuerzo); entrevista semiestructurada a operarios y técnicos de mantenimiento; revisión técnica de registros de fallas; análisis de correlación entre variables.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Tiempo                                                                 | 2 semanas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Responsable                                                            | Especialista de calidad, con participación del jefe de fábrica, especialista de mantenimiento y representante de los trabajadores operativos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Salidas                                                                | Diagramas de Ishikawa por operación priorizada; matriz de causas priorizadas con clasificación y puntaje; hipótesis de solución por causa priorizada.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

| <b>Paso 3. Diseño del Plan de Perfeccionamiento Circular (PPC)</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Elemento</b>                                                    | <b>Contenido</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Descripción                                                        | Formular el plan integral de intervenciones que integre las acciones de reducción, reutilización y valorización priorizadas, con objetivos específicos, cronograma, recursos asignados e indicadores de seguimiento.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Acciones a desarrollar                                             | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definir objetivos específicos de mejora por operación con metas cuantificables.</li> <li>2. Diseñar acciones correctivas y preventivas para cada causa priorizada.</li> <li>3. Asignar recursos humanos, materiales y temporales con responsables definidos.</li> <li>4. Establecer cronograma de implementación: corto plazo (1-3 meses), mediano plazo (4-6 meses), largo plazo (7-12 meses)</li> <li>5. Definir indicadores de seguimiento, frecuencias de medición y metas.</li> <li>6. Elaborar presupuesto preliminar diferenciando inversiones de bajo costo y mediana inversión.</li> <li>7. Validar internamente el plan con el Consejo de Dirección.</li> </ol> |
| Entradas                                                           | Matriz de potencial de circularidad del Paso 1; matriz de causas priorizadas del Paso 2; recursos disponibles; Estrategia de Desarrollo de la Empresa; plan de producción anual; normativa vigente (NC 108:2012).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Técnicas a emplear                                                 | Diagrama de Gantt; matriz urgencia-importancia; tormenta de ideas; elaboración de presupuesto por partidas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Tiempo                                                             | 2 semanas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Responsable                                                        | Consejo de Dirección, con elaboración técnica de la Dirección Técnica y Desarrollo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Salidas                                                            | Plan de Perfeccionamiento Circular documentado y aprobado; cronograma de implementación (Diagrama de Gantt); presupuesto preliminar; matriz de indicadores de seguimiento con metas y frecuencias.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

Fuente: Elaboración propia

**Etapas II: Implementación de las mejoras**

Objetivo de la etapa: Ejecutar las acciones planificadas en el proceso productivo real, modificando operaciones tecnológicas, estableciendo la gestión diferenciada de residuos y capacitando al personal.

**Tabla 2.** Pasos de la etapa 2

| <b>Paso 4. Optimización tecnológica de operaciones críticas</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Elemento</b>                                                 | <b>Contenido</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Descripción                                                     | Implementar ajustes técnicos en las operaciones críticas para reducir la generación de residuos y mejorar la eficiencia del proceso, utilizando el equipamiento existente.                                                                                                                                                                 |
| Acciones a desarrollar                                          | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ajustar procesos técnicos en las operaciones.</li> <li>2. Establecer control visual de calidad de residuos.</li> <li>3. Ajustar capacidad operativa para equilibrar con punto limitante de la SGCC.</li> <li>4. Capacitar operarios en uso del sistema y respuesta ante desviaciones.</li> </ol> |
| Entradas                                                        | PPC aprobado; fichas técnicas de equipos; repuestos y materiales; especificaciones de calidad del producto.                                                                                                                                                                                                                                |
| Técnicas a emplear                                              | Ajuste mecánico de equipos; calibración de instrumentos; control de calidad en línea; registro sistemático de parámetros; pruebas piloto de ajustes.                                                                                                                                                                                       |
| Tiempo                                                          | 4 semanas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Responsable                                                     | Jefe de Fábrica de Pulpado, con ejecución del especialista de mantenimiento y supervisión del especialista de calidad.                                                                                                                                                                                                                     |
| Salidas                                                         | Equipos ajustados y calibrados con registros; malla de 0,6 mm instalada y funcionando; sistema de registro de temperatura operativo; fichas de control de parámetros por operación.                                                                                                                                                        |

| <b>Paso 5. Implementación de la gestión diferenciada de residuos y reorganización del área</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Elemento</b>                                                                                | <b>Contenido</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Descripción                                                                                    | Establecer el sistema de clasificación, recolección, registro y destino diferenciado de residuos, y ejecutar las reparaciones y reorganización del área de trabajo para eliminar deficiencias ambientales y organizacionales.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Acciones a desarrollar                                                                         | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gestión de residuos: diseñar e instalar contenedores diferenciados por colores; señalar con pictogramas; diseñar e implementar Ficha de Control Diario de Residuos; designar responsable de registro por turno; establecer destinos diferenciados.</li> <li>2. Reorganización del área: analizar flujo actual de materiales; rediseñar <i>layout</i> minimizando distancias de transporte; definir zonas diferenciadas; señalar piso con líneas de circulación.</li> <li>3. Reparaciones: reparar pisos deteriorados; reparar o reemplazar iluminación; mejorar ventilación.</li> <li>4. Mantenimiento preventivo: elaborar calendario para equipos críticos; asignar responsables; registrar acciones en fichas técnicas.</li> </ol> |
| Entradas                                                                                       | PPC aprobado; matriz de potencial de circularidad (Paso 1); contenedores, señalización y materiales de oficina; acuerdos preliminares con destinatarios de residuos; presupuesto para reparaciones; planos del área.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Técnicas a emplear                                                                             | Diseño de sistema de clasificación por colores; diseño de fichas de registro; técnica de 5S; análisis de flujo de procesos; diagrama de distribución en planta ( <i>layout</i> ); gestión de proyectos de reparación.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Tiempo                                                                                         | 5 semanas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Responsable                                                                                    | Jefe de Fábrica de Pulpado, con ejecución del especialista de mantenimiento y supervisión del especialista de calidad.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Salidas                                                                                        | Sistema de contenedores diferenciados instalado y operativo; fichas de Control Diario de Residuos en uso; acuerdos con destinatarios de residuos; área reorganizada con nuevo <i>layout</i> ; pisos, iluminación y ventilación reparados; calendario de mantenimiento preventivo en ejecución.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

| <b>Paso 6. Capacitación y desarrollo del capital humano</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Elemento</b>                                             | <b>Contenido</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Descripción                                                 | Superar la brecha formativa identificada mediante un programa de capacitación integral que prepare al personal para operar bajo el enfoque de economía circular y gestionar los nuevos procedimientos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Acciones a desarrollar                                      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diseñar programa con módulos diferenciados.</li> <li>2. Ejecutar sesiones teórico-prácticas en horarios que no afecten producción; utilizar material didáctico adaptado con ejemplos de la empresa; realizar demostraciones prácticas en área de producción; aplicar evaluación de conocimientos.</li> <li>3. Establecer sistema de reconocimiento: reconocimiento mensual al turno con mejor IEM, distintivo "Operario Circular", vinculación con estímulos salariales.</li> <li>4. Registrar asistencia y evaluaciones; realizar refuerzos trimestrales; evaluar efectividad mediante encuesta de satisfacción y medición de indicadores.</li> </ol> |
| Entradas                                                    | PPC aprobado; resultados de diagnóstico de capacitación; perfiles de competencias; material bibliográfico y normativo; presupuesto para capacitación; instalaciones para sesiones teóricas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Técnicas a emplear                                          | Capacitación teórico-práctica; estudio de casos; simulación de situaciones operativas; evaluación de conocimientos; gestión del cambio (comunicación, participación, reconocimiento).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Tiempo                                                      | 5 semanas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Responsable                                                 | Dirección de Capital Humano, con elaboración de contenidos a cargo de la Dirección Técnica y Desarrollo y asesoría del CIGET Pinar del Río.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Salidas                                                     | Programa de capacitación ejecutado y documentado; registro de asistencia y evaluaciones; material didáctico disponible; sistema de reconocimiento implementado; informe de ejecución y evaluación.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

Fuente: Elaboración propia

**Etapas III: Control y seguimiento**

Objetivo de la etapa: Verificar el cumplimiento del PPC, medir resultados mediante indicadores de desempeño circular, auditar el sistema y evaluar la satisfacción de clientes.

**Tabla 3.** Pasos de la etapa 3

| <b>Paso 7. Medición de indicadores de desempeño circular</b>     |                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Elemento</b>                                                  | <b>Contenido</b>                                                                                                                                                                                                   |
| Descripción                                                      | Aplicar el sistema de indicadores diseñado para evaluar cuantitativamente el impacto del procedimiento en la eficiencia de materiales, reducción de residuos, valorización de subproductos y capacidad productiva. |
| Acciones a desarrollar                                           | 1. Calcular mensualmente el sistema de indicadores y elaborar un reporte mensual consolidado en formato gráfico y tabular, con análisis de variaciones y alertas de desviaciones.                                  |
| Entradas                                                         | Fichas de Control Diario de Residuos (Paso 5); registros de producción mensual; datos de la SGCC actualizados; metas establecidas en el PPC; herramientas de cálculo (hojas de cálculo).                           |
| Técnicas a emplear                                               | Estadística descriptiva; análisis de tendencias; comparación con línea base; <i>dashboards</i> ; análisis de desviaciones.                                                                                         |
| Tiempo                                                           | Mensual.                                                                                                                                                                                                           |
| Responsable                                                      | Especialista de calidad, con apoyo del jefe de fábrica y el contador de costos.                                                                                                                                    |
| Salidas                                                          | Reporte mensual de indicadores de desempeño circular; gráficos de tendencia; alertas de desviaciones; informe trimestral consolidado.                                                                              |
| <b>Paso 8. Auditoría interna del sistema de gestión circular</b> |                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Elemento</b>                                                  | <b>Contenido</b>                                                                                                                                                                                                   |
| Descripción                                                      | Realizar auditorías periódicas para verificar el cumplimiento del procedimiento, la correcta aplicación de las nuevas prácticas y la efectividad del sistema de gestión de residuos implementado.                  |



|                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Acciones a desarrollar                                                     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Auditar registros y documentación: verificar existencia, actualización y correcto llenado de Fichas de Control Diario de Residuos; revisar coherencia entre registros de producción y residuos; verificar registros de mantenimiento preventivo.</li> <li>2. Auditar físicamente el área: inspeccionar estado de contenedores diferenciados; verificar uso correcto por operarios; evaluar estado de señalización y demarcación; verificar aplicación de nuevos procedimientos operativos.</li> <li>3. Auditar capacitación: verificar registros de asistencia y evaluaciones; entrevistar trabajadores para evaluar retención de conocimientos; verificar aplicación práctica.</li> <li>4. Identificar no conformidades: registrar desviaciones; clasificar en leves, graves y críticas; formular acciones correctivas con responsables y plazos.</li> <li>5. Elaborar informe de auditoría con hallazgos, no conformidades y oportunidades de mejora.</li> </ol> |
| Entradas                                                                   | Procedimiento documentado y aprobado; fichas de Control Diario de Residuos; registros de mantenimiento; expedientes de capacitación; <i>checklist</i> de auditoría; normativa del SGC (ISO 9001 adaptada).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Técnicas a emplear                                                         | Auditoría interna por muestreo; observación directa estructurada; entrevista a trabajadores y directivos; revisión documental sistemática; análisis de no conformidades.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Tiempo                                                                     | Trimestral.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Responsable                                                                | Auditor interno del SGC, con participación del Comité de la Calidad.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Salida                                                                     | Informe de auditoría interna trimestral; registro de no conformidades con acciones correctivas; plan de seguimiento de correcciones.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Paso 9. Evaluación de la satisfacción del cliente interno y externo</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Elemento</b>                                                            | <b>Contenido</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Descripción                                                                | Medir el impacto de las mejoras implementadas en la satisfacción de los clientes, el cumplimiento de la demanda y la percepción de los trabajadores sobre las nuevas condiciones de trabajo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Acciones a desarrollar | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Medir cumplimiento de programas de producción: comparar volúmenes producidos vs. planificados; calcular índice de cumplimiento; analizar causas de incumplimiento.</li> <li>2. Evaluar calidad del producto: registrar reclamaciones de clientes; comparar tasa de reclamaciones con período anterior; evaluar resultados de controles internos.</li> <li>3. Aplicar encuesta de satisfacción a clientes principales.</li> <li>4. Aplicar encuesta de percepción a trabajadores: mejora en condiciones de trabajo, utilidad de capacitación, claridad de procedimientos, motivación laboral; comparar con encuesta inicial del diagnóstico.</li> <li>5. Analizar reducción de costos: calcular ahorro por reducción de materia prima, ingresos por subproductos valorizados, reducción de costos de disposición; comparar beneficios con costos de implementación.</li> </ol> |
| Entradas               | Planes de producción y registros de cumplimiento; registros de reclamaciones; resultados de controles de calidad; listado de clientes principales; datos de costos de materia prima y disposición de residuos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Técnicas a emplear     | Análisis de cumplimiento de planes; encuesta de satisfacción (escala Likert); análisis de reclamaciones; análisis costo-beneficio; comparación antes-después.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Tiempo                 | Semestral.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Responsable            | Dirección Comercial (clientes externos), Dirección de Capital Humano (clientes internos), Dirección Económica (análisis de costos).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Salida                 | Informe semestral de satisfacción y cumplimiento; índice de satisfacción de clientes externos e internos; análisis de reducción de costos por economía circular; recomendaciones de ajuste.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

Fuente: Elaboración propia

**Fase IV: Acción correctiva y mejora continua**

Objetivo de la etapa: Consolidar las mejoras validadas, corregir desviaciones, actualizar la documentación del sistema y proyectar nuevos ciclos de perfeccionamiento con replicación a otras líneas.

**Tabla 4.** Pasos de la etapa 4

| <b>Paso 10. Análisis de resultados y lecciones aprendidas</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Elemento</b>                                               | <b>Contenido</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Descripción                                                   | Evaluar los resultados alcanzados respecto a las metas establecidas, identificar las acciones más efectivas, documentar las lecciones aprendidas y analizar las causas de las desviaciones no resueltas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Acciones a desarrollar                                        | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Comparar cada indicador medido en Fase III con la meta del PPC; calcular grado de cumplimiento: <math>(\text{Valor alcanzado} / \text{Meta}) \times 100</math>; clasificar indicadores en cumplidos (<math>\geq 95\%</math>), parcialmente cumplidos (70-94%), no cumplidos (<math>&lt; 70\%</math>).</li><li>2. Identificar factores de éxito: analizar qué acciones generaron mayor impacto positivo; identificar prácticas a mantener y reforzar; documentar casos de éxito con datos cuantificados.</li><li>3. Analizar desviaciones: para indicadores no cumplidos, aplicar análisis de causa raíz; identificar si causas son técnicas, organizacionales, humanas o externas; formular propuestas de corrección para siguiente ciclo.</li><li>4. Documentar lecciones aprendidas: elaborar registro sistemático de qué se hizo, qué funcionó, qué no funcionó, por qué, qué se recomienda; socializar en reunión con personal involucrado; incorporar al manual de buenas prácticas.</li></ol> |
| Entradas                                                      | Reportes mensuales de indicadores (Paso 7); informes de auditoría interna (Paso 8); informe de satisfacción y cumplimiento (Paso 9); PPC original; registros de incidencias durante implementación.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Técnicas a emplear                                                | Análisis de brechas (gap analysis); análisis de causa raíz (Ishikawa); técnica de lecciones aprendidas (After Action Review); análisis de contribución; reunión de retrospectiva multidisciplinaria.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Tiempo                                                            | 1 semana.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Responsable                                                       | Consejo de Dirección, con elaboración técnica de la Dirección Técnica y Desarrollo y el especialista de calidad.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Salida                                                            | Informe de evaluación de resultados vs. metas; registro de lecciones aprendidas; propuestas de corrección para siguiente ciclo; manual de buenas prácticas (borrador).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Paso 11. Estandarización y actualización de procedimientos</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Elemento</b>                                                   | <b>Contenido</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Descripción                                                       | Incorporar las mejoras validadas y las prácticas exitosas a la documentación oficial del Sistema de Gestión de la Calidad y de la Producción, garantizando su sostenibilidad y replicabilidad.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Acciones a desarrollar                                            | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Actualizar fichas técnicas de equipos: incorporar nuevos parámetros de operación ajustados; incluir frecuencias y procedimientos de mantenimiento preventivo; actualizar especificaciones de calidad de salida por operación.</li> <li>2. Actualizar Procedimientos Operativos Estándar (POE): redactar o actualizar POE con prácticas de economía circular; incluir procedimiento de manejo diferenciado de residuos en cada operación; incluir procedimiento de llenado de fichas de control; incluir procedimiento de respuesta ante desviaciones de indicadores.</li> <li>3. Actualizar Manual de Procedimientos del SGC: incorporar el procedimiento de perfeccionamiento circular como documento oficial; vincular con otros procedimientos del sistema; establecer revisión periódica anual.</li> <li>4. Capacitar en procedimientos actualizados: diseñar sesiones de socialización; aplicar evaluación de comprensión; disponer documentación en puntos de consulta del área.</li> </ol> |
| Entradas                                                          | Informe de evaluación de resultados (Paso 10); Manual de Procedimientos del SGC vigente; fichas técnicas de equipos; POE vigentes; normativa aplicable (NC 108:2012, ISO 9001 adaptada).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

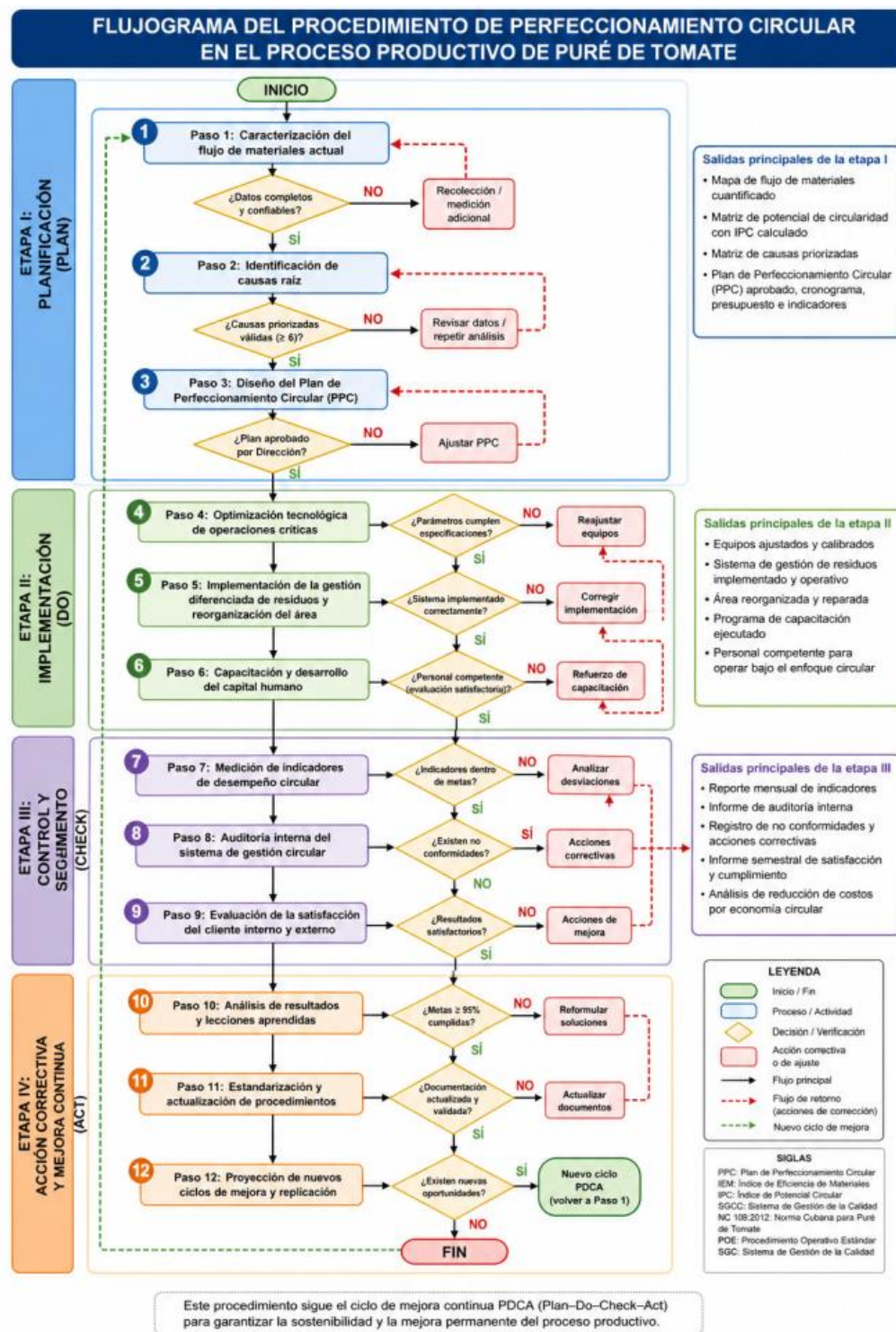
|                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Técnicas a emplear                                                  | Redacción técnica de procedimientos; revisión por pares; control de versiones documentales; socialización grupal; evaluación de comprensión.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Tiempo                                                              | 2 semanas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Responsable                                                         | Dirección Técnica y Desarrollo, con apoyo del especialista de calidad y el especialista de normalización.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Salida                                                              | Fichas técnicas de equipos actualizadas; POE actualizados y aprobados; Manual de Procedimientos del SGC actualizado; registro de capacitación en nuevos procedimientos; documentación disponible en área de trabajo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Paso 12. Proyección de nuevos ciclos de mejora y replicación</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Elemento</b>                                                     | <b>Contenido</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Descripción                                                         | Identificar nuevas oportunidades de circularidad, evaluar la factibilidad de replicar el procedimiento en otras líneas de producción, y formular el plan de mejora para el siguiente ciclo PDCA.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Acciones a desarrollar                                              | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificar nuevas oportunidades de circularidad: evaluar tecnologías de baja inversión no implementadas (secado de semillas para aceite, producción de biogás a pequeña escala, compostaje de alta calidad); evaluar viabilidad técnica y económica; priorizar según impacto e inversión.</li> <li>2. Evaluar replicabilidad a otras líneas: analizar similitudes y diferencias entre puré de tomate y otros procesos (molienda de mango, molienda de guayaba); identificar ajustes necesarios del procedimiento; estimar recursos y plazos; elaborar plan de replicación secuencial priorizando línea con mayor potencial.</li> <li>3. Formular plan de mejora para siguiente ciclo: definir nuevos objetivos basados en resultados actuales; incorporar oportunidades y líneas de replicación; establecer metas más exigentes; definir nuevos indicadores si es necesario; elaborar cronograma y asignar responsables.</li> <li>4. Socializar resultados y proyecciones: preparar informe ejecutivo para el Ministerio de la Industria Alimentaria, Organizaciones Superiores de Dirección Empresarial, CIGET, Universidad de Pinar del Río; presentar en foros científicos o empresariales si es viable; documentar experiencia como caso de estudio.</li> </ol> |

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Entradas           | Informe de evaluación de resultados (Paso 10); manual de buenas prácticas (borrador); información técnica de nuevas tecnologías de valorización; descripción de procesos de otras líneas; Estrategia de Desarrollo actualizada; Lineamientos PCC vigentes. |
| Técnicas a emplear | Análisis de viabilidad técnica-económica; análisis de similitud de procesos (matriz de comparación); planificación estratégica (árbol de objetivos); elaboración de informes ejecutivos; gestión de partes interesadas.                                    |
| Tiempo             | 2 semanas.                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Responsable        | Consejo de Dirección, con elaboración técnica de la Dirección Técnica y Desarrollo.                                                                                                                                                                        |
| Salida             | Plan de mejora para siguiente ciclo PDCA; plan de replicación a otras líneas de producción; informe ejecutivo de resultados y proyecciones; caso de estudio documentado para socialización externa.                                                        |

Fuente: Elaboración propia

En la figura 1 se muestra el flujograma del procedimiento para la mejora del proceso de reciclaje en la línea de puré de tomate en la empresa.

El flujograma representa un sistema de gestión no lineal basado en el ciclo PDCA, donde las etapas se encuentran interconectadas mediante múltiples bucles de retroalimentación que garantizan la mejora continua del proceso. En la etapa de planificación, el diagnóstico del flujo de materiales condiciona la identificación de causas raíz y, a su vez, estas determinan la calidad del Plan de Perfeccionamiento Circular, el cual puede ser ajustado según su validación directiva. Durante la implementación, existe una interacción directa entre los ajustes tecnológicos, la organización del sistema de gestión de residuos y la capacitación del personal, evidenciando la relación crítica entre tecnología y factor humano. En la fase de control, los indicadores de desempeño, las auditorías internas y la evaluación de la satisfacción actúan como mecanismos de verificación que retroalimentan la etapa de implementación ante desviaciones o no conformidades. Finalmente, en la etapa de mejora, el análisis de resultados permite redefinir causas y acciones, mientras que la estandarización consolida las prácticas exitosas y la proyección de nuevos ciclos reinicia el proceso, cerrando el sistema bajo un enfoque dinámico, adaptativo y orientado a la sostenibilidad.

**Figura 1.** Flujoograma del procedimiento para la mejora del proceso de producción

Fuente: Elaboración propia



Este flujograma representa el Procedimiento de Perfeccionamiento Circular aplicado al proceso productivo de puré de tomate, estructurado según el ciclo PDCA en 4 etapas con 12 pasos:

- Etapa I - Planificación (Pasos 1-3): Se caracteriza el flujo de materiales actual, se identifican las causas raíz de los problemas y se diseña el Plan de Perfeccionamiento Circular, el cual debe ser aprobado por la Dirección.
- Etapa II - Implementación (Pasos 4-6): Se optimizan las operaciones tecnológicas críticas, se implanta la gestión diferenciada de residuos con reorganización del área, y se capacita al capital humano para operar bajo el enfoque circular.
- Etapa III - Control y Seguimiento (Pasos 7-9): Se miden los indicadores de desempeño circular, se realizan auditorías internas al sistema de gestión y se evalúa la satisfacción de clientes internos y externos.
- Etapa IV - Acción Correctiva y Mejora Continua (Pasos 10-12): Se analizan resultados y lecciones aprendidas, se estandarizan los procedimientos y se proyectan nuevos ciclos de mejora.

Cada paso incluye puntos de decisión (rombos amarillos) que, al no cumplirse, activan acciones correctivas (recuadros rojos) mediante bucles de retroalimentación. Cuando surgen nuevas oportunidades de mejora, el sistema reinicia el ciclo PDCA, garantizando así la mejora continua. Cada etapa genera salidas documentadas (mapas de flujo, matrices, reportes e informes) que sustentan la trazabilidad del procedimiento.

### **Validación del procedimiento**

La validación se realizó mediante la técnica de Iadov, aplicada a 19 directivos y especialistas vinculados al proceso productivo de puré de tomate. El cuestionario estuvo conformado por cinco preguntas, tres cerradas y dos abiertas, estructuradas de forma tal que el encuestado no percibiera la relación lógica entre ellas. Los resultados obtenidos fueron contundentes: el 100 % de los encuestados manifestó estar satisfecho con el procedimiento diseñado, el 96,15 % expresó que le gusta mucho el diseño, y el 100 % consideró que la herramienta es útil y aplicable en el contexto real de la empresa. El Índice de Satisfacción Grupal calculado arrojó un valor de 0,942, ubicado en el rango de máxima satisfacción grupal, lo que confirma la pertinencia, viabilidad práctica y efectividad percibida del procedimiento.



Entre los aspectos valorados positivamente por los evaluadores se destacaron: la posibilidad de generalización a otras líneas productivas o empresas del sector; el impacto positivo en la eficiencia productiva, la reducción de residuos y la sostenibilidad; la mejora en la calidad del proceso y en la toma de decisiones; y la integración de herramientas de gestión como indicadores de desempeño, control de residuos y técnicas organizativas (5S), que anteriormente no se aplicaban de forma sistemática. Estos resultados son coherentes con los hallazgos de Raudales García et al. (2024), quienes identificaron que el 34 % de los residuos orgánicos generados en empresas de conservas eran susceptibles de valorización, aunque solo el 12 % se reintegraba efectivamente en procesos productivos, y coinciden con la necesidad señalada por Lieder y Rashid (2016) de un enfoque sistémico que permita el rediseño de productos, la innovación en modelos de negocio y la adopción de tecnologías habilitadoras.

La investigación confirmó la existencia de una contradicción evidente entre el modelo de producción lineal implementado en la Empresa de Conservas de Vegetales "La Conchita" y los principios de la economía circular, manifestada en la ausencia de métricas de gestión de residuos, carencia de infraestructura para su clasificación y procesamiento, limitaciones tecnológicas, restricciones económicas y falta de herramientas para identificar los niveles de residuos, lo que conlleva a un desaprovechamiento sistemático de la materia prima.

El diagnóstico integral del proceso productivo de puré de tomate, realizado mediante triangulación de múltiples fuentes y técnicas, permitió identificar seis causas fundamentales de ineficiencia: malas condiciones de trabajo, dificultades en la gestión de residuos sólidos, personal poco capacitado, maquinarias en mal estado, desmotivación e ineficiencia laboral, y escaso contenido de trabajo. El coeficiente de pérdida del 80 % cuantificado mediante el SGCC evidencia la magnitud del desaprovechamiento productivo.

El procedimiento diseñado constituye un aporte metodológico original al integrar, en una secuencia operativa de doce pasos bajo la estructura del ciclo PDCA, el diagnóstico del flujo de materiales, la gestión diferenciada de residuos, la capacitación del capital humano y la medición de indicadores de desempeño circular, respondiendo al vacío metodológico identificado en el estado del arte respecto a la integración de diagnóstico operativo, optimización de procesos y valorización de residuos en una metodología unificada.

La validación mediante la técnica de Iadov, con un Índice de Satisfacción Grupal de 0,942, confirma la pertinencia contextual, factibilidad técnica y económica, replicabilidad, completitud y claridad operativa del procedimiento, así como su efectividad percibida desde la perspectiva de quienes directamente interactúan con el proceso productivo, lo que fortalece la confianza en su implementación y generalización a otras líneas productivas del sector agroindustrial cubano.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chavesta, F., Quispe, D., & Avalos Ortecho, E. (2025). Application of lean manufacturing to increase productivity in a food sector company. *Proceedings of the 23rd LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology (LACCEI): «Engineering, Artificial Intelligence, and Sustainable Technologies in service of society»*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2025.1.1.528>
- Da Costa Pimienta, C. C. (2022). La Economía Circular como eje de desarrollo de los países latinoamericanos. *Revista Economía y Política*, (35), 1-18. <https://doi.org/10.25097/rep.n35.2022.01>
- Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2018). *Fundamentals of Business Process Management*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56509-4>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy - A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- González, G. C., & Pomar Fernández, S. (2021). La economía circular en los nuevos modelos de negocio. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 9(23). <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2021.23.79933>
- Lieder, M., & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: A comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115, 36-51. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>

Massaro, M., Secinaro, S., Dal Mas, F., Brescia, V., & Calandra, D. (2021). Industry 4.0 and circular economy: An exploratory analysis of academic and practitioners' perspectives. *Business Strategy and the Environment*, 30(2), 1213-1231. <https://doi.org/10.1002/bse.2680>

PCC. (2021). *Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2021-2026*. Partido Comunista de Cuba.  
<https://www.pcc.cu/sites/default/files/documentos/2023-06/conceptualizacion-del-modelo-economico-y-social-cubano-de-desarrollo-socialista-y-lineamientos-de-la-politica-economica-y-social-del-partido-y-la-revolucion-para-el-periodo-2021.pdf>

Raudales García, E. V., Acosta Tzin, J. V., & Aguilar Hernández, P. A. (2024). Circular economy: A systematic and bibliometric review. *Región Científica*, 3(1), 2024192.  
<https://doi.org/10.58763/rc2024192>

SYSTEMIQ & Ellen MacArthur Foundation. (2017). *Achieving «growth within»: A 320 billion circular economy investment opportunity available to Europe up to 2025*. SUN Institute Environment & Sustainability. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/achieving-growth-within>

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

## Contribución de los autores

Todos los autores revisaron la redacción del manuscrito y aprueban la versión finalmente remitida.



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional