

IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE MEJORAMIENTO DE LOS  
PROCESOS RELEVANTES PARA OBTENER EL INDICADOR OEE DE LA  
LÍNEA DE GALLETAS SALADAS EN LA PLANTA COLOMBINA DEL  
CAUCA.



UVEIMAR EUGENIO AGREDO PÉREZ

INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
POPAYÁN, CAUCA

2022

IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE MEJORAMIENTO DE LOS  
PROCESOS RELEVANTES PARA OBTENER EL INDICADOR OEE DE LA  
LÍNEA DE GALLETAS SALADAS EN LA PLANTA COLOMBINA DEL  
CAUCA.



UVEIMAR EUGENIO AGREDO PÉREZ

TRABAJO DE GRADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL

DIRECTOR: M.SC. OSCAR AMAURY ROJAS ALVARADO

ASESOR DE LA EMPRESA: ING. CAMILO ANDRÉS PINTO TORRES

INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
POPAYÁN, CAUCA

2022

## **Agradecimientos**

El autor expresa sus agradecimientos:

A mis padres, hermanos y sobrina quienes con su apoyo, motivación y cariño contribuyeron directamente en cada uno de los pasos dados a lo largo de mi vida, sin ellos nada sería posible.

Agradecimiento a la Universidad del Cauca por abrirme las puertas en cada uno de sus espacios formándome como persona y como profesional, así como a cada uno de los profesores y compañeros de carrera que contribuyeron en mi formación académica.

Al ingeniero Oscar Amaury Rojas y el ingeniero Camilo Andrés Pinto por su fundamental orientación, además de darme la confianza para participar en tan importante proyecto.

## Índice de contenido

INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO I: MARCO REFERENCIAL .....	10
MARCO TEÓRICO.....	10
1. Transformación digital .....	10
2. Modelado de procesos.....	10
3. IDEF-0 .....	10
4. BPMN.....	11
5. ANSI/ISA-95 .....	14
6. OEE .....	18
7. MES.....	19
8. ERP.....	20
9. BPM y manipulación de alimentos.....	20
MARCO CONTEXTUAL .....	20
1. Organigrama.....	22
2. Esquema de producción línea de galletas saladas .....	22
CAPÍTULO II: ESTADO ACTUAL DE LOS PROCESOS RELEVANTES PARA EL INDICADOR OEE .....	24
NARRATIVA DE PROCESOS .....	24
1. Planificar fabricación .....	24
2. Programar producción detallada .....	24
3. Producir galletas saladas.....	24
4. Recolectar datos de producción.....	28
5. Seguir datos de producción.....	29
6. Analizar desempeño de producción.....	31
7. Recolectar datos y seguimiento de prueba de calidad .....	31
MODELADO DE PROCESOS ACTUAL.....	32
1. Modelado estructural actual en IDEF-0 .....	32
2. Modelado dinámico actual en BPMN.....	38
CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE ESTADO ACTUAL OPORTUNIDADES DE MEJORA DE LOS PROCESOS RELEVANTES PARA EL INDICADOR OEE BASADO EN EL ESTÁNDAR ISA-95.....	46
MÉTODO.....	46
ANÁLISIS .....	46
1. Programación de producción .....	48
2. Control de producción.....	49

3. Aseguramiento de calidad.....	50
4. Segmento de proceso.....	51
5. Desempeño de segmento de proceso.....	51
<b>CAPÍTULO IV: IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE MEJORA DE LOS PROCESOS RELEVANTES PARA EL INDICADOR OEE .....</b>	<b>54</b>
<b>OPORTUNIDADES DE MEJORA .....</b>	<b>54</b>
1. Programación de producción .....	54
2. Control de producción.....	54
3. Aseguramiento de calidad.....	54
4. Segmentos de proceso .....	55
5. Desempeño de segmento de proceso.....	55
<b>MODELADO DE PROCESOS PROPUESTO .....</b>	<b>59</b>
1. Modelo estructural propuesto en IDEF-0.....	59
2. Modelo dinámico propuesto en BPMN.....	65
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....</b>	<b>71</b>
<b>Referencias bibliográficas. ....</b>	<b>72</b>

## Índice de ilustraciones

<b>Ilustración 1.</b> Sintaxis y semántica IDEF-0 [7].....	11
<b>Ilustración 2.</b> Objetos de flujo BPMN [10] .....	12
<b>Ilustración 3.</b> Objetos de conexión BPMN [10] .....	13
<b>Ilustración 4.</b> Canales BPMN [10].....	13
<b>Ilustración 5.</b> Artefactos BPMN [10].....	14
<b>Ilustración 6.</b> Modelo jerárquico funcional- Estándar ANSI/ISA- 95.00.03 .....	15
<b>Ilustración 7.</b> Modelo de flujo de datos funcional Estándar - ANSI/ISA- 95.00.03 .....	16
<b>Ilustración 8.</b> Modelo de segmentos de proceso - Estándar ANSI/ISA- 95.00.01.....	17
<b>Ilustración 9.</b> Modelo de respuesta de producción. Estándar ANSI/ISA- 95.00.01 .....	18
<b>Ilustración 10.</b> Estados de tiempo de un medio de producción [12,13] .....	19
<b>Ilustración 11.</b> Formula índice de calidad [12,13] .....	19
<b>Ilustración 12.</b> Formula índice de rendimiento [12,13] .....	19
<b>Ilustración 13.</b> Formula índice de disponibilidad [12,13].....	19
<b>Ilustración 14.</b> Indicadores Colombina del Cauca S.A. [1] .....	21
<b>Ilustración 15.</b> Organigrama planta Colombina del Cauca. Elaboración propia. ....	22
<b>Ilustración 16.</b> Esquema de producción de la línea de producción de galletas saladas. Elaboración propia.....	23
<b>Ilustración 17.</b> Diagrama de contexto A-0. Elaboración propia. ....	32
<b>Ilustración 18.</b> Diagrama descomposición A0. Elaboración propia. ....	33
<b>Ilustración 19.</b> Diagrama descomposición A3 a. Elaboración propia.....	34
<b>Ilustración 20.</b> Diagrama descomposición A3 b. Elaboración propia.....	35
<b>Ilustración 21.</b> Diagrama descomposición A4. Elaboración propia. ....	36
<b>Ilustración 22.</b> Diagrama descomposición A5. Elaboración propia. ....	37
<b>Ilustración 23.</b> Procedimientos relevantes para el indicador OEE de la línea de galletas saladas. Elaboración propia. ....	39
<b>Ilustración 24.</b> Producir galletas saladas a. Elaboración propia.....	39
<b>Ilustración 25.</b> Producir galletas saladas b. Elaboración propia. ....	40
<b>Ilustración 26</b> Producir galletas saladas c. Elaboración propia.....	41
<b>Ilustración 27</b> Producir galletas saladas d. Elaboración propia. ....	42
<b>Ilustración 28</b> Producir galletas saladas e. Elaboración propia.....	43
<b>Ilustración 29.</b> Recolectar datos de producción. Elaboración propia.....	44
<b>Ilustración 30</b> Seguir producción. Elaboración propia. ....	45
<b>Ilustración 31</b> Resultado porcentual de las buenas prácticas brindadas por el estándar ISA-95 para el ítem programación de producción. Elaboración propia. ....	49
<b>Ilustración 32</b> Resultado porcentual de las buenas prácticas brindadas por el estándar ISA-95 para el ítem control de producción. Elaboración propia. ....	50
<b>Ilustración 33</b> Resultado porcentual de las buenas prácticas brindadas por el estándar ISA-95 para el ítem aseguramiento de calidad. Elaboración propia.....	50
<b>Ilustración 34</b> Resultado porcentual de las buenas prácticas brindadas por el estándar ISA-95 para el ítem segmento de producción. Elaboración propia. ....	51
<b>Ilustración 35.</b> Resultado porcentual de las buenas prácticas brindadas por el estándar ISA-95 para el ítem desempeño de segmento de proceso. Elaboración propia. ....	52
<b>Ilustración 36.</b> Diagrama de contexto A-0 propuesto. Elaboración propia.....	59

<b>Ilustración 37.</b> Diagrama descomposición A0 propuesto. Elaboración propia.....	60
<b>Ilustración 38.</b> Diagrama descomposición A3 propuesto a. Elaboración propia. ....	61
<b>Ilustración 39</b> Diagrama descomposición A3 propuesto b. Elaboración propia.....	62
<b>Ilustración 40.</b> Diagrama descomposición A4 propuesto. Elaboración propia.....	63
<b>Ilustración 41.</b> Diagrama descomposición A5 propuesto. Elaboración propia.....	64
<b>Ilustración 42.</b> Procedimientos relevantes para el indicador OEE de la línea de galletas saladas propuesto. Elaboración propia.....	65
<b>Ilustración 43.</b> Producir galletas saladas a. propuesto. Elaboración propia.....	66
<b>Ilustración 44.</b> Producir galletas saladas b. propuesto. Elaboración propia.....	67
<b>Ilustración 45.</b> Producir galletas saladas c. propuesto. Elaboración propia.....	68
<b>Ilustración 46.</b> Producir galletas saladas d. propuesto. Elaboración propia.....	69

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Resultados obtenidos para la evaluación de buenas prácticas. Elaboración propia. ....	48
<b>Tabla 2</b> Resultado porcentual de cumplimiento de las buenas prácticas brindadas por el estándar ISA-95. Elaboración propia.....	53
Tabla 3. Oportunidades de mejoramiento para la línea de producción de galletas saladas de la planta Colombina del Cauca. Elaboración propia.....	58



## INTRODUCCIÓN

Colombina del Cauca S.A. es una compañía de fabricación y comercialización de galletas dulces, saladas, waffers, barquillos y pasteles con y sin cobertura de chocolate, que pertenece al grupo empresarial Colombina S.A. Está ubicada en el municipio de Santander de Quilichao en el departamento del Cauca-Colombia. Dentro de esta planta existe un total de 18 líneas de producción, las cuales operan bajo un esquema de producción continua, es decir, sus procesos productivos son en línea de principio a fin [1]. La compañía ha trabajado a lo largo de 3 años en proyectos de transformación digital buscando mejorar la calidad de vida de sus trabajadores, como también optimizar cada uno de sus procesos. Uno de los 3 proyectos que se está desarrollando dentro de este eje es “Digitalización y visualización en tiempo real de los indicadores de Manufactura 4.0 en la línea de galletas saladas”, un proyecto piloto enfocado en mejorar los índices definidos para el OEE (Overall Equipment Effectiveness) que son: porcentaje de desperdicio, porcentaje de desempeño, porcentaje de disponibilidad, por medio de la implementación de un sistema tipo MES (Manufacturing Execution System) que permita adquirir y visualizar los datos en tiempo real, además de actuar sobre las desviaciones de cada índice en el momento requerido, de tal forma que se obtenga una mejora del 2% en el indicador OEE en un transcurso de 18 meses posteriores a la implementación. Lo cual representa importantes beneficios en la productividad y el margen de rentabilidad para la empresa.

Uno de los puntos para tener en cuenta es que se trata de un proyecto innovador y completamente nuevo para la compañía, esto representa un reto para todos los actores involucrados debido a que en la actualidad Colombina del Cauca S.A. no cuenta con sistemas digitales de adquisición y visualización de datos en ninguna de sus líneas, es de ahí que se requiera crear una relación industria - Academia que permita identificar posibles oportunidades de mejoramiento.

De acuerdo con lo anterior, es pertinente conocer a fondo el proceso, ya que contar con documentación actualizada, estandarizada, y contextualizada permite tomar mejores decisiones para el mejoramiento de la productividad y rentabilidad durante la ejecución de un proyecto [2], con el propósito de aumentar las probabilidades de éxito de este y su posterior escalamiento a las demás líneas de producción y otras plantas pertenecientes al grupo empresarial Colombina S.A.

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente proyecto muestra el marco teórico y contextual en donde está sustentado el proyecto, luego, es desarrollado el estado actual de los procesos relevantes para el OEE de la línea de galletas saladas en la planta Colombina del Cauca en IDEF-0 y BPMN, de manera posterior, se realiza una comparación de dichos modelos encontrados con las buenas prácticas brindadas por el estándar ANSI/ISA-95, a partir de lo encontrado son planteadas oportunidades de mejoramiento definiendo específicamente las actividades a desarrollar, entregables para dichas actividades, que área de la empresa es responsable de su ejecución y un tiempo estimado igualmente las oportunidades de mejoramiento son plasmadas diagramas BPMN e IDEF-0, por ultimo son definidas las conclusiones a partir del trabajo realizado.

# CAPÍTULO I: MARCO REFERENCIAL

## MARCO TEÓRICO

Se define el marco teórico con el propósito de facilitar la comprensión del presente trabajo.

### 1. Transformación digital

La transformación digital se refiere al proceso a través del cual una organización responde a los cambios de la dinámica del mercado mediante el uso de tecnologías como computación móvil, inteligencia artificial, computación en la nube e Internet de las cosas para cambiar sus procesos de creación de valor [3], por otro lado, según [4] la transformación digital no se trata solo de un cambio tecnológico, sino de un cambio cultural que requiere una mejora organizativa y de procesos.

### 2. Modelado de procesos

Es una técnica empleada para ofrecer toda la información de un proceso de manera detallada permitiendo que diferentes partes interesadas puedan acceder a diferentes aspectos de los procesos con una visualización adaptada [5] existen diferentes técnicas de modelado dentro de las cuales se encuentra el modelado dinámico y el modelado estructural.

### 3. IDEF-0

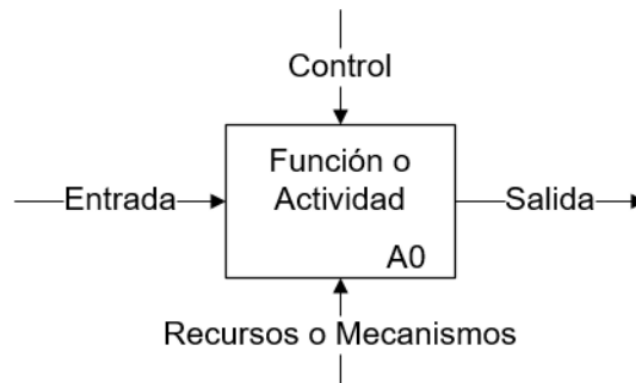
El modelado IDEF-0 (Integration Definition) para funciones desarrolla una descripción grafica de la estructura de un sistema o subsistema que contiene una función específica y transforma o modifica una señal de entrada en una señal de salida utilizando recursos específicos teniendo en cuenta ciertas limitaciones [6].

#### 3.1 Sintaxis y semántica

A continuación, se muestra la sintaxis y semántica proporcionada por el modelo según [7]:

- **Función o actividad:** Frase verbal (verbo + objeto directo)
- **I-C-O-M:** (Input, Control, Output, Mechanism)
- **Entrada (Input):** Es la información consumida o transformada por una actividad para producir “salidas”. Siempre están posicionadas en el lado izquierdo de las cajas de actividades.
- **Salida (Output):** Son objetos producidos por la actividad o proceso Se asocian al lado derecho de la actividad
- **Control (Control):** Identifica restricciones del sistema que gobiernan o regulan como se debe realizar, cuando y si una actividad se ejecuta o no. Las actividades deben tener al menos un control o guía. Se asocian en la parte superior de la actividad.

- **Recursos o Mecanismos (Mechanism):** Son los recursos necesarios para ejecutar un proceso. Se asocian en la parte inferior de la actividad.



*Ilustración 1. Sintaxis y semántica IDEF-0 [7]*

### 3.2 Definiciones de la estructura del modelado IDEF-0

A continuación, se muestran definiciones planteadas por [7] para la estructura de modelos en IDEF-0.

- **Elaboración del Diagrama de Contexto:** El primer paso es la creación del diagrama A-0. Dicho diagrama describe al sistema en su conjunto, proporciona una descripción general de la actividad de la organización que se va a modelar por lo cual la definición coincidirá con la misión del modelado.
- **Descomposición del Diagrama de Contexto:** Aquí se lleva a cabo una primera sesión de entrevistas sobre las actividades que realiza la organización. A medida que se van planteando los elementos se escriben y se enumeran, de manera que sirven como insumo principal para el modelado de los procesos.
- **Diagramas Hijo:** Se organizan en forma jerárquica sucesiva (de mayor a menor nivel) a partir del diagrama de contexto. El diagrama de descomposición (diagrama hijo) representa gráficamente en forma de ICOM cada una de las actividades que componen o integran el proceso del nivel inmediato superior (diagrama padre).

Se debe hacer un diagrama de descomposición sucesivo por cada uno de los subprocesos que aparecen en el diagrama de descomposición precedente hasta llegar al nivel de detalle que resulte satisfactorio a los propósitos de identificar y describir de manera precisa y completa las actividades de la organización.

## 4. BPMN

BPMN (Business Process Management and Notation) se puede definir como “un sistema que tiene como objetivo apoyar los procesos de negocio utilizar métodos, técnicas y software para diseñar, aprobar, controlar y analizar procesos operativos que involucren humanos, organizaciones, aplicaciones, documentos y otras fuentes de

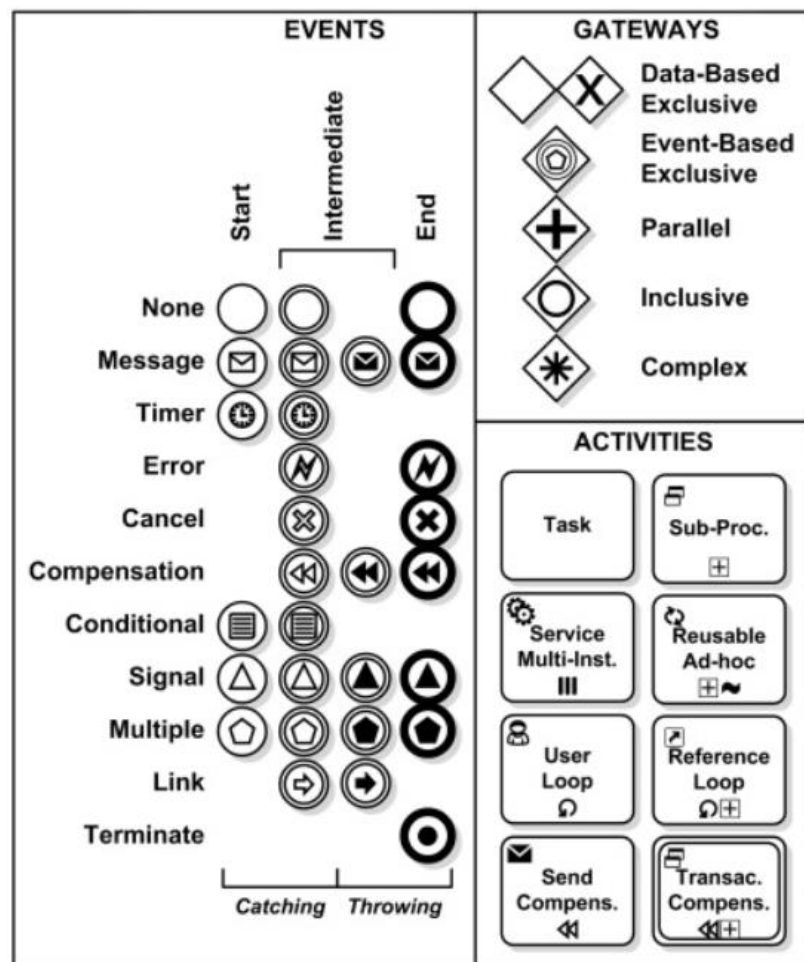
información” siendo una metodología estandarizada para representar la dinámica de cualquier tipo de proceso u organización en función de sus pasos, estableciendo así, la secuencia de ejecución del mismo [8][9][10].

#### 4.1 Elementos gráficos de la notación BPMN

A continuación, se presentan los elementos de un modelo BPMN según [10].

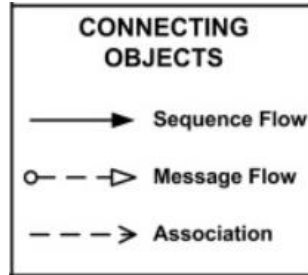
A nivel general los modelos BPMN tienen 4 grandes grupos de elementos para el modelado de procesos, los cuales son: Objetos de flujo, objetos de conexión, canales y artefactos los cuales son descritos a continuación.

- **Objetos de flujo:** Son los elementos principales del modelo, representan todas las acciones que pueden suceder dentro de un proceso de negocio determinando su comportamiento. Estos gráficos están representados en la ilustración 2.



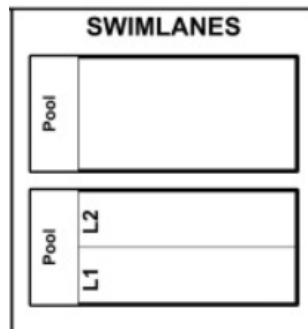
*Ilustración 2. Objetos de flujo BPMN [10]*

- **Objetos de conexión:** provee diferentes caminos para conectar objetos de flujo entre ellos, así como representar el control de flujo de proceso y su secuencia. Estos gráficos están representados en la ilustración 3.



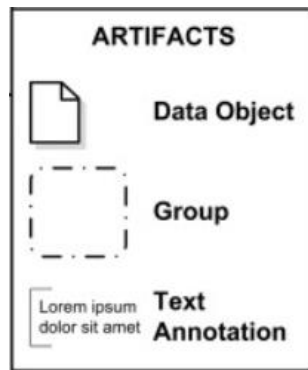
*Ilustración 3. Objetos de conexión BPMN [10]*

- **Canales:** Los gráficos de canales son utilizados para organizar las actividades de flujo dentro de diferentes categorías visuales, representando distintas áreas funcionales y actuando como contenedor de cada uno de los procesos. Estos gráficos están representados en la ilustración 4.



*Ilustración 4. Canales BPMN [10]*

- **Artefactos:** Proveen información adicional al proceso representando documentos, agregando mensajes dentro delo modelo o agrupando actividades en grupos como. Estos gráficos están representados en la ilustración 5.



## *Ilustración 5. Artefactos BPMN [10]*

### **5. ANSI/ISA-95**

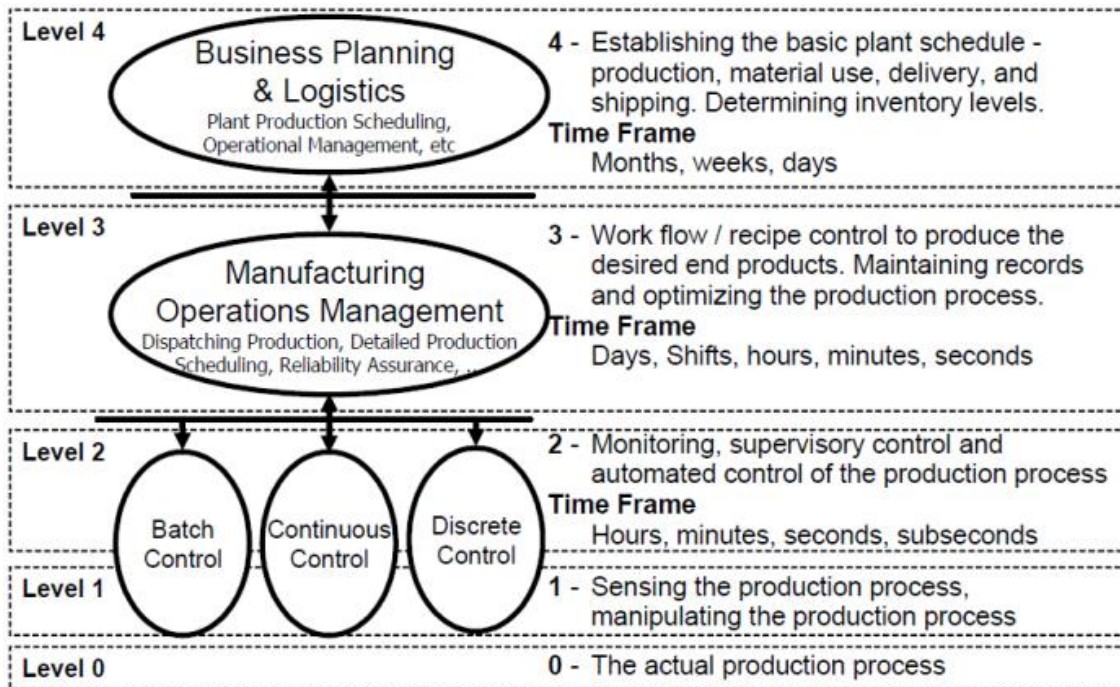
ISA-95 es un estándar que desarrolla la relación entre los niveles de la pirámide de automatización. Consiste en modelos y terminología que se puede utilizar para determinar cómo la interacción entre el dominio comercial que se ubica en el nivel 4 (ERP), los dominios de fabricación que se ubican en nivel 3 (MES) y los componentes físicos que ubican en el nivel 0-1-2 [11].

Este estándar consta de 6 partes, las cuales son:

- Parte 1: Términos y modelos.
- Parte 2: Estructuras de datos y atributos de objetos.
- Parte 3: Modelos de operaciones de manufactura.
- Parte 4: Modelos de objetos y atributos de control y operaciones de manufactura.
- Parte 5: Transacciones entre nivel de negocio y nivel de control y operaciones de manufactura.
- Parte 6: Transacciones de Gestión en las operaciones de manufactura.

Teniendo en cuenta que el estándar abarca una gran cantidad de temas, en el presente trabajo solo se hará el marco teórico de los modelos utilizados. Los cuales únicamente involucran las partes 1, 2 y 3 del estándar.

La ilustración 6 se muestra el Modelo jerárquico funcional muestra los niveles de logística y planificación de negocios, administración de operaciones de manufactura y nivel de control batch, continuo y discreto; en el nivel de logística y planificación de negocios se define un programa de producción básico con vista fija en el largo plazo (meses, semanas o días), por su parte en el nivel 3 están los flujos de trabajo definidos para elaborar productos finales esto para un tiempo entre días, turnos, horas, minutos o incluso segundos, por otro lado en los niveles 1 y 2 se encuentran las actividades desarrolladas en planta, como los son la monitorización y manipulación de los procesos donde se manejan tiempos desde horas hasta llegar a los segundos.



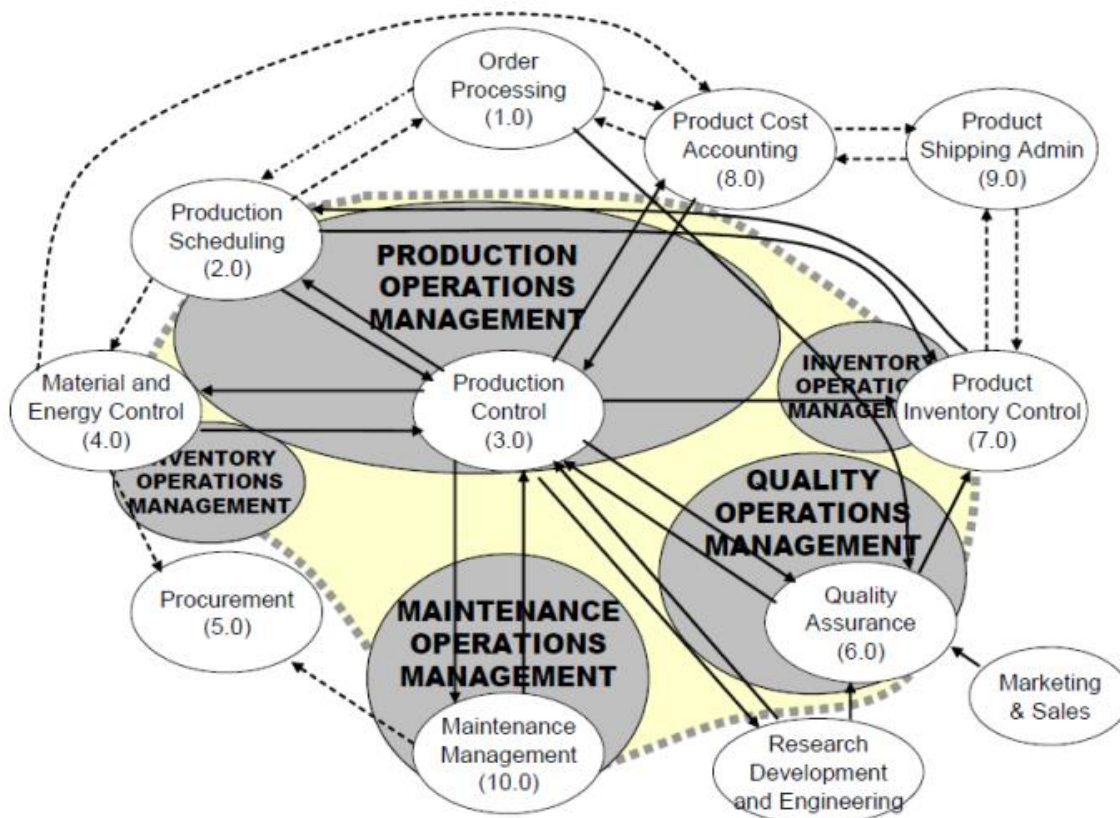
*Ilustración 6. Modelo jerárquico funcional- Estándar ANSI/ISA- 95.00.03*

Para enfatizar en las actividades del nivel 3 el estándar ANSI/ISA 95 parte 3 menciona el Modelo de flujo de datos funcional tomando lo definido por el estándar en su parte 1 como se muestra en la ilustración 7 describiendo de esta manera la interfaz presente entre los niveles 3 y 4 mencionados en el modelo jerárquico funcional, este modelo está subdividido en 4 partes las cuales son: administración de operaciones de manufactura, administración de operaciones de mantenimiento, administración de operaciones de calidad y administración de operaciones de inventario mostradas en las áreas sombreadas. Por su parte, la línea punteada hace referencia a la división existente entre el nivel 3 y 4 mencionados por el modelo jerárquico funcional.

De las 12 partes presentes en el modelo se explican las 3 que se utilizan en el presente proyecto:

- **Procesamiento de ordenes:** Incluye todas las tareas involucradas con la tramitación, aceptación y confirmación de los pedidos de los clientes, pronósticos de ventas, tramitación de reservas, reporte de margen bruto, así como la determinación de las ordenes de producción.
- **Programación de producción:** Dentro de esta actividad están involucradas las tareas de determinación de programa de producción, identificación de los requisitos de materia prima a largo plazo, determinación del programa de empaque para productos finales y la determinación del producto disponible para la venta, asimismo, contrastar la producción real frente a la producción planificada, definición de capacidad de producción y disponibilidad de recursos y definición de estados actuales de ordenes de producción.

- Control de producción: las funciones del control de producción incluyen controlar la transformación de materias primas en producto final teniendo en cuenta el cumplimiento del cronograma y los estándares de producción, elaboración de informes de desempeño y costo, restricciones de calidad y capacidad de proceso, autoevaluación de equipo, creación de estándares de producción e instrucciones para SOP (procedimientos operativos estándar) y manipulación de equipos. Dentro del control de producción también está incluida la planificación de operaciones en donde se incluyen los planes a corto plazo basados en el programa de producción, verificación del cronograma contra disponibilidad de materias primas y almacenamiento de productos y la verificación del cronograma contra la disponibilidad de equipos y personal.
- Aseguramiento de calidad: Para esta actividad se incluyen los ensayos y clasificaciones de materiales, normas a los laboratorios, recopilación y mantenimiento de datos de calidad de material y producto, liberación de material para su uso posterior, certificación de elaboración de producto de acuerdo con las condiciones estándar de procesos, comprobación de datos de producto frente a requisitos de clientes y transmisión de desviación de características de materiales.



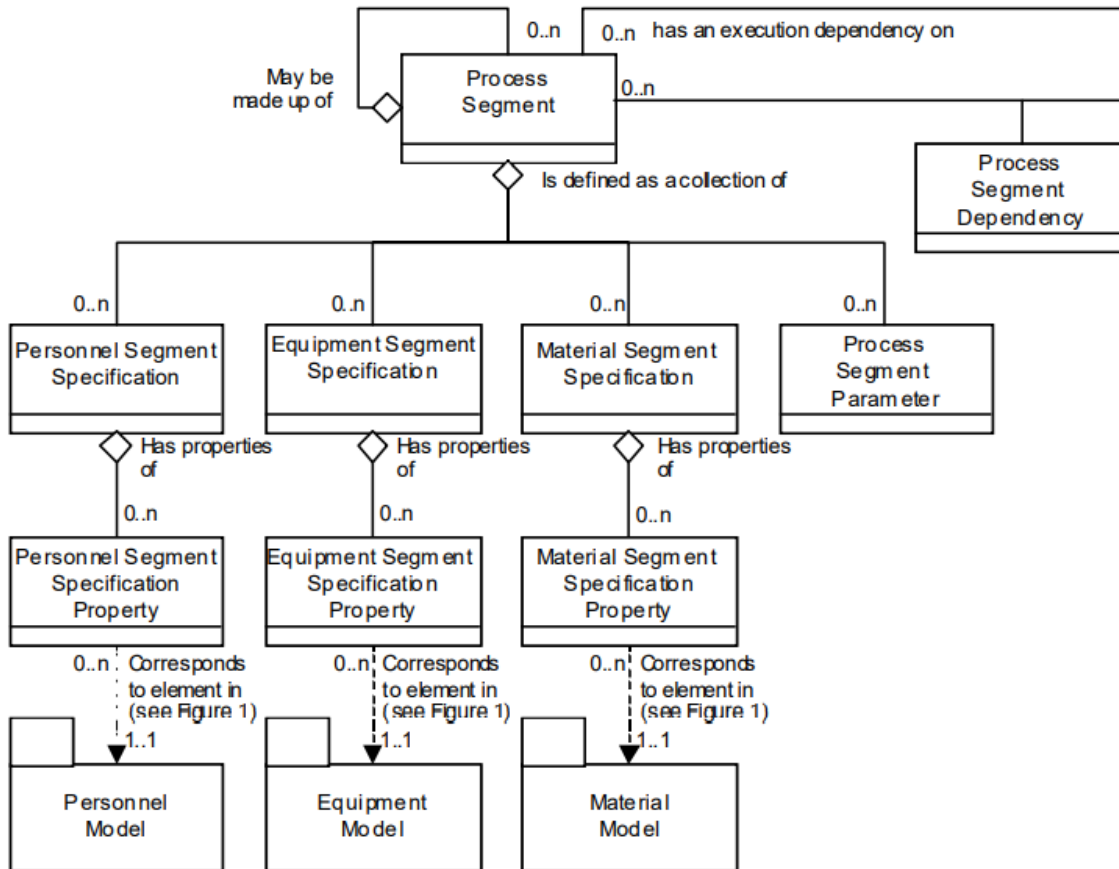
*Ilustración 7. Modelo de flujo de datos funcional Estándar - ANSI/ISA- 95.00.03*

Según el estandar ANSI/ISA-95 parte 1 un segmento de proceso es: “ una colección de capacidades necesarias para un segmento de producción incluyendo, materiales,

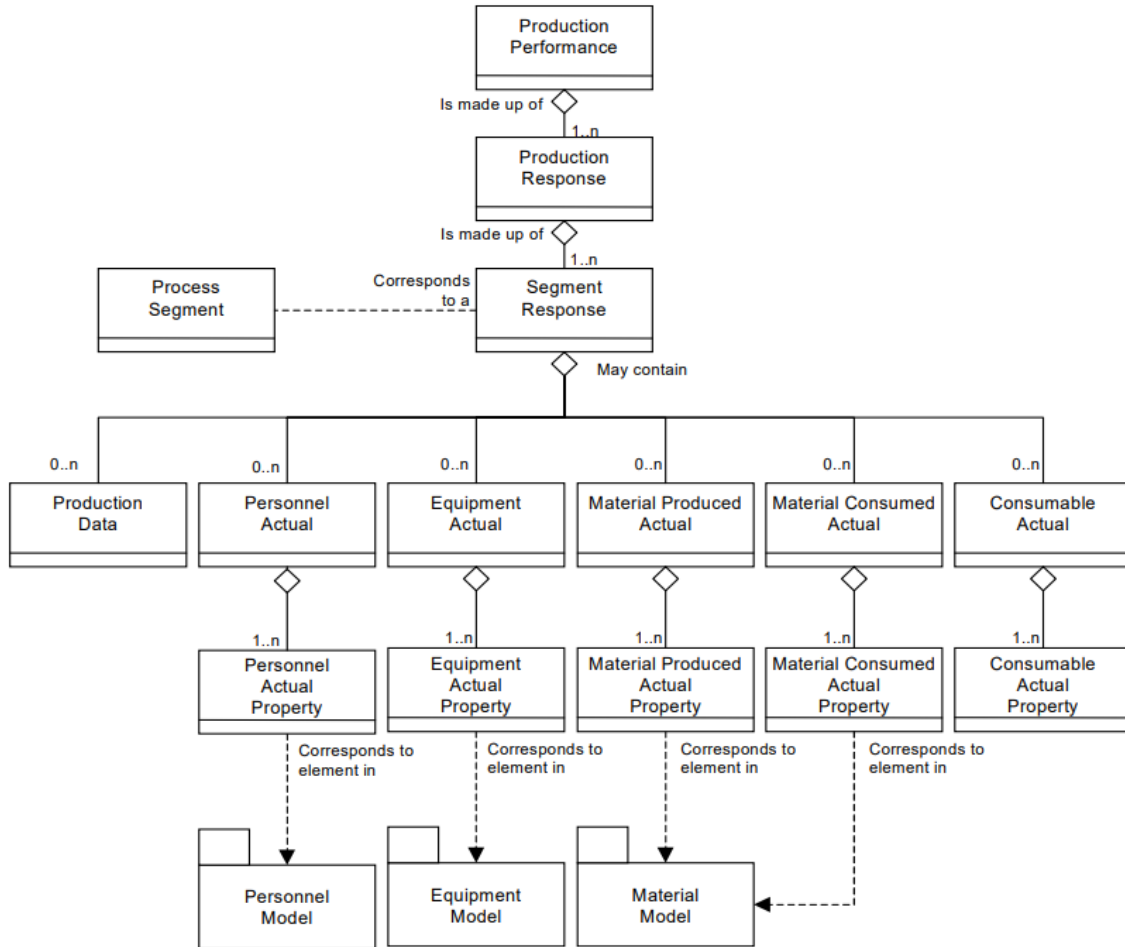


energía, personal y equipos necesarios” representando cada uno de los componentes que debe incluir este como se muestra en la ilustración 8.

El modelo de segmento de proceso define que un segmento de proceso se for



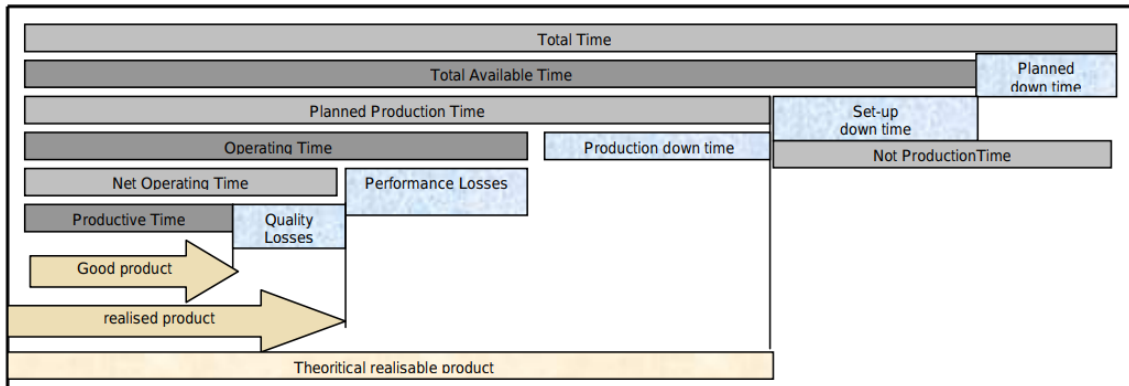
**Ilustración 8.** Modelo de segmentos de proceso - Estándar ANSI/ISA- 95.00.01



*Ilustración 9. Modelo de respuesta de producción. Estándar ANSI/ISA- 95.00.01*

## 6. OEE

OEE (Overall Equipment Effectiveness) es un índice calculado a partir de la multiplicación de 3 indicadores principales los cuales son: calidad, disponibilidad y rendimiento, este indicador provee información sobre la eficiencia de los procesos de una manera sencilla en 3 perspectivas diferentes, lo cual, facilita el mejoramiento de cada uno de los componentes de un proceso [12][13].



**Ilustración 10.** Estados de tiempo de un medio de producción [12,13]

La fórmula del índice de calidad (QR) está expresado en la ilustración 10.

$$Q_R = \frac{PT}{NOT} = \frac{NOT - t_{QL}}{NOT}$$

Where PT - Productive time  
 NOT - Net Operating time  
 $t_{QL}$  - Lost time due to none quality

**Ilustración 11.** Formula índice de calidad [12,13]

La fórmula del índice de rendimiento (PR) es expresado en la ilustración 11.

$$P_R = \frac{NOT}{OT} = \frac{OT - t_{SpL}}{OT}$$

Where OT - Operating time  
 NOT - Net Operating time  
 $t_{SpL}$  - Lost time due to speed losses

**Ilustración 12.** Formula índice de rendimiento [12,13]

La fórmula del índice de disponibilidad (OR) es expresado en la ilustración 12.

$$OA = \frac{OT}{PPT} = \frac{PPT - t_{PS}}{PPT}$$

Where OT - Operating time  
 PPT - Planned production time  
 $t_{PS}$  - Production stops

**Ilustración 13.** Formula índice de disponibilidad [12,13]

## 7. MES

MES (Manufacturing Execution System) una solución creada para llenar el vacío entre el nivel de planificación de producción y los niveles de ejecución en planta el cual brinda detalles de la transformación de materias primas en productos terminados mejorando la integración de estos niveles en tiempo real. Los sistemas MES capturan

información de máquinas y procesos en planta a través de sensores y actuadores que residen en sistemas de control tales como PLCs (Programmable Logical Controllers), DCSs (Distributed Control Systems) entre otros. Por otra parte, los sistemas MES están integrados con los planes de producción básicos estableciendo respuesta a las preguntas: ¿qué se está produciendo?, ¿dónde se está produciendo?, ¿qué queda por hacer? [14].

## **8. ERP**

ERP (Enterprise Resource Planning) es una solución donde son aplicadas las tecnologías de la información (IT) que provee a las organizaciones un sistema de integración y automatización, recopilando datos de cada una de las funciones de la empresa para posterior control y planificación de la ejecución de los recursos necesarios, seguimiento del suministro, programación de producción inventario de productos terminados, además de, información crítica para las áreas administrativas brindando información desde distintas perspectivas llegando a optimizar en gran medida la toma de decisiones. El objetivo principal de un sistema ERP es armonizar las operaciones y los procedimientos dentro de una organización de fabricación [15].

## **9. BPM y manipulación de alimentos.**

Las BPM o buenas prácticas de manufactura realizan un control de las operaciones en establecimientos de manera que se facilite la producción de productos inocuos, las BPM incluyen procedimientos para las materias primas, establecimientos, abastecimiento de agua, recepción, almacenamiento y transporte de equipos, higiene del personal, limpieza, desinfección y control de plagas además de esquemas de rechazo de productos [16].

## **MARCO CONTEXTUAL**

Colombina del Cauca S.A. es una compañía de fabricación y comercialización de galletas dulces, saladas, waffers, barquillos y pasteles con y sin cobertura de chocolate, que pertenece al grupo empresarial Colombina S.A construida en la década del 2000. Está ubicada en el municipio de Santander de Quilichao en el departamento del Cauca-Colombia a 45 km del sur de Cali. Fue declarada zona franca permanente especial en el año 2010. Dentro de esta planta existe un total de 18 líneas de producción, las cuales operan bajo un esquema de producción continua, es decir, sus procesos productivos son en línea de principio a fin [1].

Dentro de la compañía existe un gran número de indicadores, cada uno de estos brinda información sobre algún aspecto de la planta, Colombina del Cauca S.A. cuenta con 17 indicadores de gestión los cuales dan datos sobre 5 diferentes aspectos o perspectivas de la planta, dentro de las cuales están la financiera, mercados, procesos, capital estratégico y sostenibilidad.

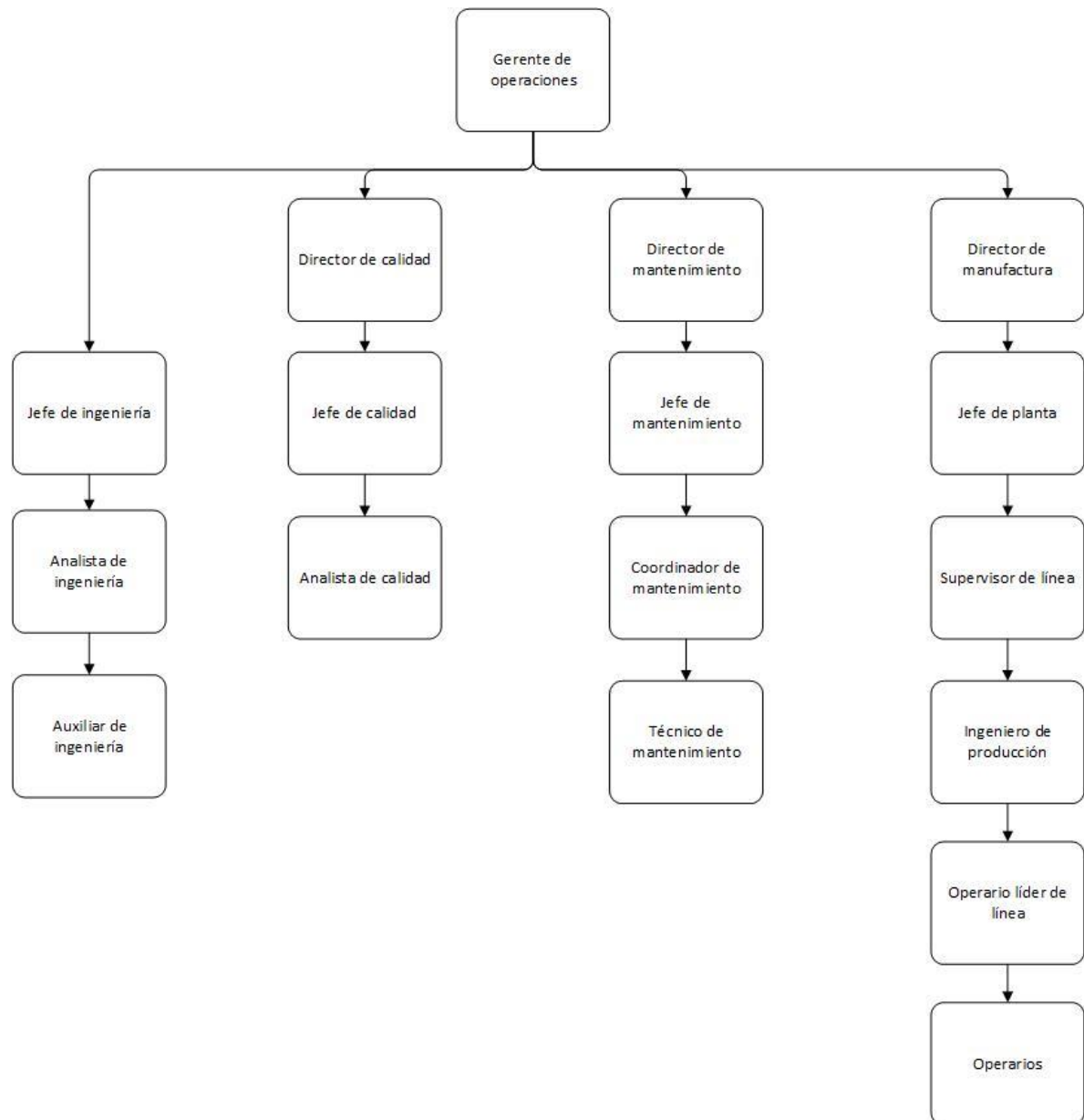
El presente trabajo se enfoca en el indicado número 14 EGP (Eficiencia Global de Planta) o por su traducción al inglés OEE.

<b>PERSPECTIVA</b>	<b>INDICADORES CLAVES</b>
<b>FINANCIERA</b>	1 ROIC (Retorno sobre capital invertido)
	2 Crecimiento en Ventas
	3 Margen de Contribución
	4 Margen EBITDA
	5 Capital de Trabajo/Ventas
<b>MERCADOS</b>	6 Share of Market (Canastas Nielsen)
	7 Recordación Marca (RAC)*
	8 Inversión AM&P / Ventas
	9 Pedidos Perfectos
<b>PROCESOS</b>	10 Costo de Servir / Ventas
	11 Ventas Colombina 100% COP\$MM
	12 Costo de Transporte / Ventas
	13 Productividad Laboral (\$MOD/Kg Prod)
	14 EGP (Eficiencia Global de Planta)
<b>CAPITAL ESTRATÉGICO</b>	15 Clima Organizacional
	16 Nomina Total / Ventas
<b>SOSTENIBILIDAD</b>	17 Calificación RobecoSAM

*Ilustración 14. Indicadores Colombina del Cauca S.A. [1]*

## 1. Organigrama.

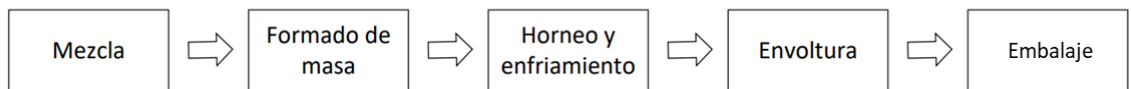
En la ilustración 14 se muestra el organigrama de Colombina del cauca



*Ilustración 15. Organigrama planta Colombina del Cauca. Elaboración propia.*

## 2. Esquema de producción línea de galletas saladas.

En la ilustración 15 se muestra el esquema de producción de la línea de galletas saladas de la planta colombina del cauca, en donde son apreciadas las etapas que componen la línea de producción, así como sus ramificaciones.



*Ilustración 16. Esquema de producción de la línea de producción de galletas saladas.  
Elaboración propia.*

## **CAPÍTULO II: ESTADO ACTUAL DE LOS PROCESOS RELEVANTES PARA EL INDICADOR OEE**

En este capítulo, se realiza un recorrido sobre la metodología aplicada para realizar el modelado del estado actual, describiendo las actividades y entregables según lo planteado en el anteproyecto para las fases 1 y 2 obteniendo así los modelos dinámico y estructural.

Luego de realizar las actividades de apertura del proyecto en conjunto con las personas involucradas con el indicador OEE, se hace el recorrido en planta para conocer los procesos de la línea de producción de galletas saladas, posteriormente, es pedida la documentación existente de cada uno de los procesos involucrados en el proyecto, más adelante se realiza el proceso de entrevistas. A partir de dichas actividades se determinaron los siguientes procesos con su respectiva descripción:

### **NARRATIVA DE PROCESOS**

#### **1. Planificar fabricación**

En esta etapa se realizan los procesos para el diseño de un programa de producción a partir del consolidado de ventas, especificando orden de producción, producto a fabricar y cantidad teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos, energía, demanda y el mantenimiento necesario para los equipos, tiempos estimados de producción, tiempos en los que la línea no va a producir, identificando así los materiales necesarios para llevar a cabo la producción de los productos programados para un mediano y largo plazo. Este plan está representado en un archivo Excel (a pesar de tener un ERP donde también es posible realizarlo), el cual es enviado a el área de programación detallada de producción.

#### **2. Programar producción detallada.**

Por otra parte, la etapa de programación detallada de producción recibe el plan básico de fabricación y define el plan detallado de fabricación, donde se precisa tipo de materiales a utilizar, cantidad de materiales necesarios, insumos, tiempos estimados de producción, tiempos en los que la línea no va a producir, entre otros aspectos. La programación detallada define el camino de qué se va a producir en la línea de galletas saladas en un corto plazo. Actualmente este proceso se lleva dentro de un archivo Excel el cual segmenta los datos anteriormente mencionados, el histórico de ordenes producidas si se encuentra dentro del ERP de la empresa, mas no el estado actual de la línea debido a la no existencia de un sistema MES. Este programa de producción puede variar con respe

#### **3. Producir galletas saladas**

Todas las etapas de producción están restringidas por los cambios a procesos de producción, programa de producción detallado, recetas, los procedimientos para operar las maquinas, instructivos de seguridad, BPM y Manipulación de alimentos, códigos para la identificación de desperdicios y los criterios de aceptación/rechazo/retención que brinda el área de calidad con respecto a los datos que definen la calidad del producto.



Durante todo este proceso son generados distintos tipos de desperdicio, por ello se debe realizar un proceso de separación e identificación de desperdicios que consiste en depositar los desperdicios en bolsas, las cuales se identifican con distintos datos específicos, este debe ser trasladado a lugares designados para el desperdicio de dicha etapa, ahí son trasladados al área de desperdicios; es importante destacar que para este proceso no existe un procedimiento documentado que lo respalde.

En esta etapa están involucrados los procesos de producción para la línea de galletas saladas, línea que está dividida en los siguientes procesos:

### **3.1 Mezclar**

La etapa de mezcla inicia con la recepción del programa detallado de producción, la cual especifica la cantidad de material a preparar, con esta cantidad definida, el operario recibe las materias primas e insumos y se dispone a preparar los equipos necesarios para ejecutar las tareas a su cargo. Posteriormente, adiciona los ingredientes definidos en la receta y realiza la verificación de los ingredientes adicionados; si observa que faltan ingredientes, adiciona los ingredientes faltantes, luego, pasa directamente a la etapa de mezcla, durante esta etapa es necesario variar el tiempo de mezclado con el fin de obtener la textura ideal de la masa. Si la referencia que se está fabricando requiere un proceso de fermentación la masa se mantiene en un cuarto a una temperatura elevada por un periodo de tiempo determinado. Cuando el tiempo de fermentación se cumple, el operario agrega los ingredientes adicionales verificando su correcta adición dejando reposar a una temperatura específica por un periodo de tiempo determinado, una vez se ha conseguido la textura deseada, la masa pasa a la etapa de formar masa. Para esta etapa actualmente no es medido un rendimiento en términos de velocidad.

Durante el proceso de mezclado se generan datos específicos de calidad de la masa que se registran en los formatos de control de adición ingredientes, formato verificación de dosificación de agua y formato verificación de dosificación de harina, en los cuales el operario registra sus comentarios en caso de que ocurra un evento. Cuando esta etapa es interrumpida y genera un paro de línea el tiempo de paro es contabilizado y es registrado en el formato paro de línea en la etapa de horneo. Es importante resaltar que existe un procedimiento estándar de operación que define cada una de las tareas realizadas en esta etapa.

Los recursos utilizados para esta etapa son: mezcladora 1, mezcladora 2, formato de control de material extraño, formato control adición ingredientes, formato de control de adición de ingredientes, formato verificación dosificación de agua supervisor de planta, operarios, bolsas para desperdicios y etiquetas para desperdicios.

### **3.2 Formar de masa**

La etapa de formado de galleta inicia con la recepción de la orden de producción, la cual especifica qué producto se va a fabricar, con base en esto el operario prepara los equipos. Posterior a este proceso, la masa pasa por un sensor que verifica la presencia de partículas metálicas, si la masa contiene algún tipo de metal, es expulsada de la línea

de producción de manera automática, luego, el producto pasa a la etapa de formado de masa, en la cual la masa adquiere una forma específica. Después, se verifica si el producto a fabricar requiere sal, de ser así, pasa por la etapa de adición de sal, de lo contrario, continúa con el siguiente proceso. Para esta etapa actualmente no es medido un rendimiento en términos de velocidad.

Paralelo a estas actividades, se debe verificar el peso de la masa, la textura de la masa y la cantidad de sal, si se encuentra alguna anomalía el operario debe corregir, en el caso de que la textura no sea conforme, el operario debe avisar a los operarios de la etapa de mezcla. Existe un documento para todo el proceso de formar masa.

Durante esta etapa se generan datos específicos de la calidad de formado, los cuales son registrados en el formato de control de variables de formado. Además, se generan comentarios por parte del operario en caso de que ocurra algún evento con la respectiva atención del supervisor de turno. Cuando esta etapa es interrumpida y genera un paro de línea el tiempo de paro es contabilizado y es registrado en el formato paro de línea en la etapa de horneo. Es importante resaltar que existe un procedimiento estándar de operación que define cada una de las tareas realizadas en esta etapa.

Los recursos utilizados para esta etapa son: formadora de galleta, detector de metales, instrumentos de medición, supervisor de planta, operarios, bolsas para desperdicios y etiquetas para desperdicios.

### **3.3 Hornear y enfriar**

La etapa de horneo y enfriamiento inicia con la recepción de la orden de producción, la cual especifica qué se va a fabricar. El operario de horno prepara los equipos necesarios para dicho proceso, una vez están preparados y la etapa anterior ya está en funcionamiento, la masa formada entra al horno y se somete a altas temperaturas hasta convertirse en galleta horneada; si dicha galleta lleva aceite, este es agregado, de lo contrario pasa directamente a la etapa de enfriamiento, posteriormente, es transportada a la etapa de envolver paquetes individuales. Paralelo a este proceso, se debe realizar un control de peso, cantidad de aceite, humedad, PH, dimensiones y atributos sensoriales. Si alguna de estas variables está fuera de rango, se deben modificar parámetros para tratar de corregirlos y avisar al área de mezcla. La variación de cada uno de estos atributos puede generar desperdicios. Para esta etapa actualmente no es medido un rendimiento en términos de velocidad.

Durante esta etapa se generan datos específicos de la calidad de horneo, los cuales son consignados en el formato de control de variables de horno, además de los comentarios del operario en caso de que ocurra algún evento con la respectiva atención del supervisor de turno. Existe un documento para todo el proceso de horneo y enfriamiento. Cuando esta etapa es interrumpida y genera un paro de línea el tiempo de paro es contabilizado y es registrado en el formato paro de línea propio de esta etapa. Es importante resaltar que existe un procedimiento estándar de operación que define cada una de las tareas realizadas en esta etapa.

Los recursos utilizados para esta etapa son: Horno, banda de enfriamiento, balanza, medidor de humedad, calibrador, formato reporte de producción y paros, supervisor de planta, operarios, bolsas para desperdicios y etiquetas para desperdicios.

### **3.4 Envolver paquetes individuales**

La etapa de envolvedora individual inicia con la recepción de la orden de producción, en donde están especificadas las referencias de los productos a fabricar, seguido a esto, el operario recibe el material de empaque necesario para realizar el proceso, luego, realiza la preparación de los equipos. Una vez estas tareas se han completado y las etapas anteriores están en funcionamiento, las máquinas realizan el proceso de separación de galletas en tacos y pasan al proceso de empacar las galletas. Paralelamente, se realiza una verificación de peso neto, codificación, atributos sensoriales y hermeticidad. Si una de estas propiedades está fuera de rango se deben modificar parámetros de equipos para realizar acciones correctivas y avisar al área de horno. La desviación de cada una de estas variables y atributos puede generar desperdicios. Para esta etapa actualmente no es medido un rendimiento en términos de velocidad.

Durante esta etapa se generan datos específicos de calidad de envoltura, además de los comentarios del operario en caso de que ocurra algún evento con la respectiva atención del supervisor de turno. Existe un archivo que documenta formalmente el proceso de envolver paquetes individuales.

Los recursos utilizados para esta etapa son: envolvedoras, 4 formatos, supervisor de planta, operarios, bolsas para desperdicios, etiquetas para desperdicios.

### **3.5 Envolver paquetes múltiples**

En la etapa de envolvedora múltiple al igual que etapas anteriores inicia con la recepción de la orden de producción que define las referencias a producir, con dichas referencias establecidas, el operario recibe el material de empaque necesario. Luego, prepara los equipos necesarios para su proceso. Una vez estas tareas han sido completadas y las etapas anteriores ya están en funcionamiento, es iniciada la siguiente operación, agrupando los tacos en un número definido. Enseguida, se lleva a cabo el proceso de envoltura en donde múltiples tacos son empacados en una envoltura múltiple. Para esta etapa actualmente no es medido un rendimiento en términos de velocidad.

Como paso siguiente, se verifica la presencia de partículas metálicas, con lo cual si el producto contiene algún tipo de metal es expulsado de manera automática. Como etapa final a este proceso es ejecutada una verificación del peso de cada producto de forma automática; si el peso real es menor al peso neto declarado en la envoltura, el producto es expulsado y se debe avisar al operario de horno de dicho evento.

Paralelamente se debe realizar una verificación de codificación e integridad de sellado si se encuentran errores o no conformidades, en estas verificaciones se deben efectuar

acciones correctivas. La variación de cada uno de estas variables y atributos puede generar desperdicios.

Durante esta etapa se generan datos específicos de la calidad de envoltura multiempaque, además de los comentarios de operario en caso de que ocurra algún evento con la respectiva atención del supervisor de turno. El proceso de envolver paquetes múltiples contiene un procedimiento claramente definido respaldado por un documento para el mismo.

Los recursos utilizados para esta etapa son: Envolvedoras múltiples, 5 formatos, supervisor de línea, operarios, bolsas para desperdicios, etiquetas para desperdicios.

### **3.6 Embalar**

Los operarios de la etapa de embalaje inician recibiendo la orden de producción en donde se definen los productos a fabricar, con esto definido, reciben cajas, cinta y demás insumos. Posteriormente, preparan los equipos necesarios para realizar el proceso. Teniendo las tareas anteriores realizadas y si se encuentran operando las etapas anteriores, se procede a embalar los productos que consiste en meter el producto terminado en cajas de cartón, luego se hace el encintado de cada una de las cajas, estas cajas son agrupadas en estibas de forma específica para cada producto. El número de cartones y estibas debe ser registrado en el formato de cartones y estibas midiendo así la velocidad de esta etapa la cual se toma como la velocidad de producción de la línea de producción de galletas saladas, esto se logra debido a que existe una velocidad nominal de producción para cada una de las referencias en esta etapa. Existe un documento claramente definido que respalda este proceso.

Paralelamente, se realiza una verificación del encintado de cartón, número de paquetes por cartón y patrón de estibado. Si en esta verificación se encuentran errores estos deben ser corregidos.

Para esta operación son necesarios los siguientes recursos: máquina encintadoras, 2 formatos, supervisor de planta, operario, bolsas para desperdicios, etiquetas para desperdicios.

### **3.7 Parar**

Para esta etapa existe un formato de reporte de producción y paros, ahí es llevado registro de: tiempo productivo del proceso, tiempo que lleva parado el proceso (discriminado por máquina que genera el paro y causa) y tiempo en donde la línea de producción no tiene agendada producción o tiempos no programados. Estos formatos de registro de tiempos están disponibles para las etapas de: horno y envolvedoras múltiples. Para cada uno de estos tiempos debe existir una causa asociada dentro del formato. Existe un documento que define que hacer ante paradas.

## **4. Recolectar datos de producción.**

Dentro del proceso recolección de datos de producción se adquieren los datos para definir cada uno de los indicadores que componen el OOE; por lo tanto, es necesario definir los

datos para los indicadores de calidad, disponibilidad y rendimiento, de esta forma, se describe cómo se realiza la recolección de los datos para cada uno de ellos.

#### **4.1 Recolectar datos de calidad**

El proceso de recolectar los datos para el indicador de calidad recibe los desperdicios debidamente etiquetados de cada una de las etapas de producción, estos son pesados de manera individual en un proceso donde cada etiqueta que contiene las bolsas de desperdicio es escaneada definiendo la etapa específica de la cual provienen, nombre de operario, tipo de turno, tipo de desperdicio y referencia de producto de la cual tuvo origen; estos códigos son escaneados y registrados en una base de datos. Luego, en el cierre de cada turno el histórico de desperdicio es enviado al personal correspondiente. Es importante resaltar que para esta etapa no existe un procedimiento documentado.

#### **4.2 Recolectar datos de disponibilidad**

Por su parte, para la recolección de datos de disponibilidad, una persona designada es responsable de recoger los formularios de producción que contiene la información de paros programados y no programados en los cuales para cada una de las etapas de horno y envoltura múltiple, cada uno de estos formularios es fotografiado por el auxiliar de ingeniería para el proceso de registro. Para este proceso existe un procedimiento operativo estándar.

#### **4.3 Recolectar datos de rendimiento**

Finalmente, los datos de rendimiento de producción son recibidos mediante el formato de registro de cartones y estibas, el cual es diligenciado por el personal de embalaje. En estos formatos están consignados los datos de cajas de producto terminado según lo establecido en la programación detallada de programación. Estos datos son entregados al personal de almacén los cuales cargan dicha información en el ERP de la empresa. Luego esta información es descargada y almacenada en una base de datos donde se consolida el histórico de producción mensual por parte de un auxiliar del área de ingeniería. Existe un documento que define este proceso.

### **5. Seguir datos de producción**

El proceso de seguimiento de producción toma los datos recolectados anteriormente y define los indicadores de la siguiente manera:

#### **5.1 Seguir datos de calidad**

A partir de la información enviada en el proceso de recolección de datos de calidad se realiza un informe general diario especificando los desperdicios generados, ahí son representados los desperdicios de las últimas 24 horas, este informe es enviado al área de ingeniería en donde es agregado el costo de cada desperdicio, de manera posterior, son cargados a una base de datos la cual agrupa los desperdicios diarios; para definir el porcentaje de desperdicios se hace necesario conocer cuantas unidades fueron producidas en la línea, lo cual, se consigue a partir de la información de rendimiento de producción.

Una vez toda la información está disponible, es posible calcular el índice de desperdicio, siendo este una relación entre la suma de la producción real y los desperdicios generados, luego, este resultado divide a los desperdicios generados. A partir de esto, la calidad es calculada como uno menos el índice de desperdicio. Con esta información se crea un informe de desperdicios diario, informe diario de costos de desperdicio y un informe acumulado de desperdicios anuales. Dicho cálculo es realizado por el analista de ingeniería. Existe un documento que define estos cálculos.

## **5.2 Seguir datos de disponibilidad**

Para este proceso se descarga la información sobre los paros de la línea que previamente fue cargada al ERP, una vez ahí, se realiza un informe en donde se consolidan los tiempos de parada de cada etapa, que juntos representan los tiempos de parada de la línea de producción, restado ese valor obtenido con el tiempo planeado de producción nos da como resultado el tiempo operativo real; luego, la relación entre el tiempo operativo real y el tiempo planeado de operación da como resultado el índice de disponibilidad. Existe un documento que define estos cálculos. asimismo, existe un estándar de para cada uno de los tiempos de parada.

Esta actividad genera un reporte de cuadro de horas en donde se encuentra definido las paradas de la línea de producción de galletas dulces por cada una de sus causas. Además, se define un reporte de auditoría de tiempo en donde se encuentra segmentados dichos tiempos por cada una de las áreas responsables.

## **5.3 Seguir datos de rendimiento**

El índice de rendimiento es calculado con los datos adquiridos a través de la información de paros y cumplimiento del programa detallado de fabricación, a partir de la información cargada en el ERP de la empresa, es decir, es la relación entre el tiempo operativo y la producción real, este resultado es multiplicado por un factor de velocidad nominal de rendimiento, para cada producto hay una velocidad establecida de proceso, por lo tanto, el factor puede variar de acuerdo con el producto. El resultado de este indicador representa el rendimiento de la línea de producción en un solo factor el cual es presentado en un reporte de indicador de rendimiento de línea. Existe un documento que define estos cálculos.

## **5.4. Seguir OEE**

Finalmente, a partir de los índices calculados en las etapas anteriores se calcula el indicador OEE el cual consolida la eficiencia de la línea de producción de galletas saladas, generando así un reporte de indicador OEE por cada turno, como también un indicador OEE global del año para la línea, luego, este cálculo es enviado al personal correspondiente para su posterior análisis.

Este indicador es calculado a partir del factor entre el indicador de disponibilidad, indicador de calidad e indicador de rendimiento de la línea. Existe un documento que define este cálculo.

Existe un documento que respalda los métodos de cálculo para cada uno de los indicadores mencionados en esta etapa del proceso.

#### **6. Analizar desempeño de producción**

El análisis de desempeño recibe los resultados obtenidos de todos los indicadores en la etapa de seguimiento, es decir, calidad, rendimiento, disponibilidad y finalmente OEE de esta manera es analizado mediante comparaciones con datos históricos, resultados esperados u otros procesos equivalentes, a partir de esto se identifican oportunidades de mejora para los procesos o cambios dentro del mismo. Dicho análisis es realizado por el director de manufactura, jefe de planta, supervisor de línea e ingeniero de producción.

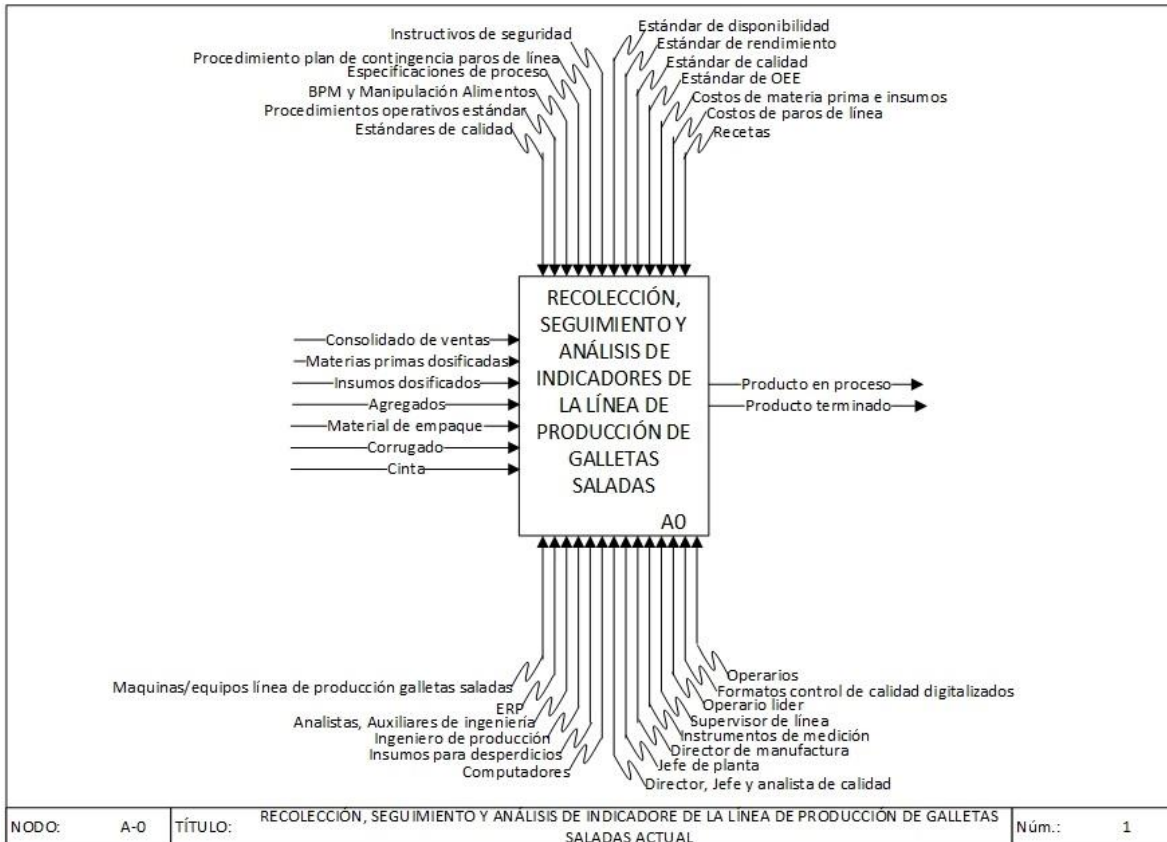
#### **7. Recolectar datos y seguimiento de prueba de calidad**

La recolección de datos y seguimiento de prueba de calidad es un proceso donde se adquieren y analizan las características físicas del producto de manera que se pueda garantizar un control adecuado de la calidad en variables como PH, humedad, atributos sensoriales, entre otros, de esta manera, se define si el producto se acepta, rechaza o es retenido para análisis posteriores. Este proceso no está dentro del alcance del proyecto, pero se menciona para tener en cuenta su existencia.

## MODELADO DE PROCESOS ACTUAL

### 1. Modelado estructural actual en IDEF-0

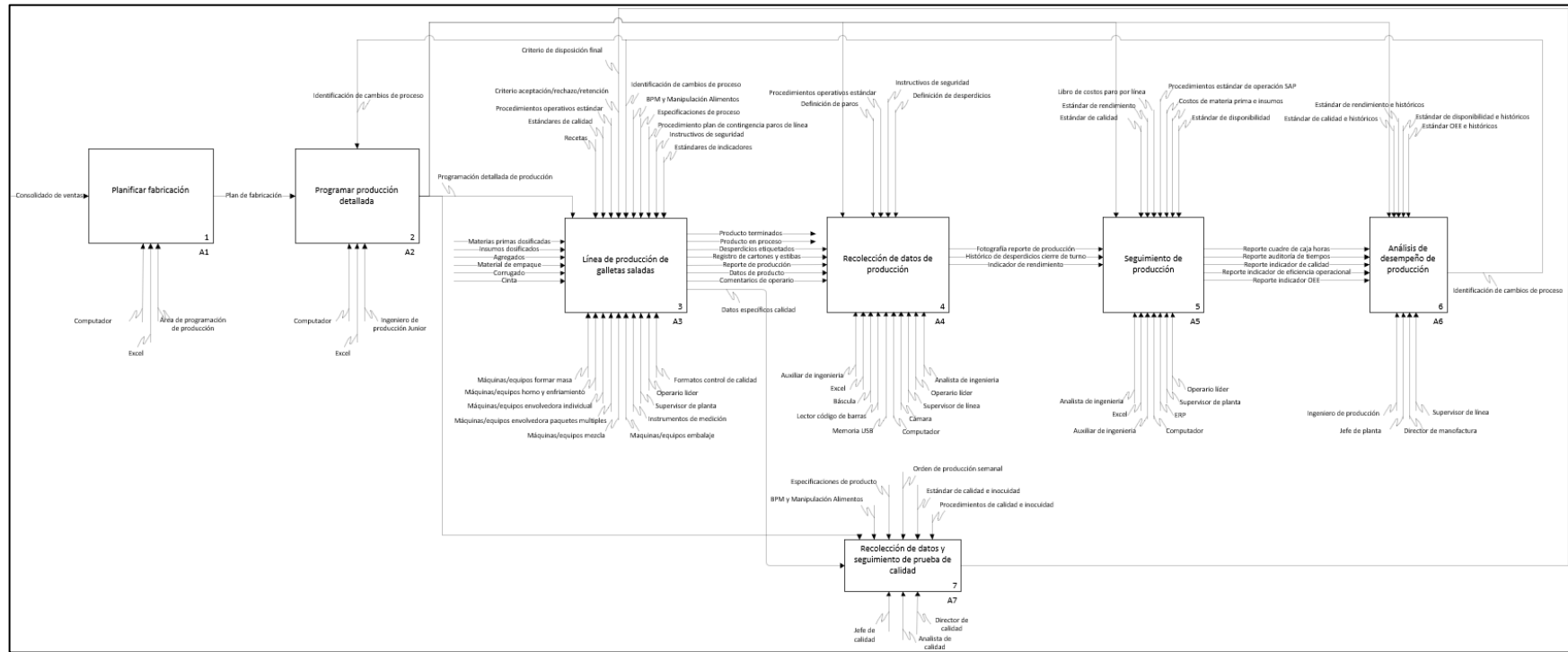
Para continuar con la metodología, se realizar el modelo estructural de los procesos identificados, En la *ilustración 17* es mostrado el diagrama de contexto A-0 que indica todas las entradas, salidas, recursos y controles encontrados a partir de la fase anterior.



*Ilustración 17. Diagrama de contexto A-0. Elaboración propia.*



Luego se realiza la descomposición del diagrama A0 en los procesos de planificar fabricación, programar producción detallada, producir galletas saladas, recolectar datos de producción, recolectar datos de producción, seguir producción, analizar desempeño de producción y por último recolectar datos y seguimiento de prueba de calidad, así como sus entradas, salidas, recursos y controles tal y como se muestra en la *ilustración 18*.

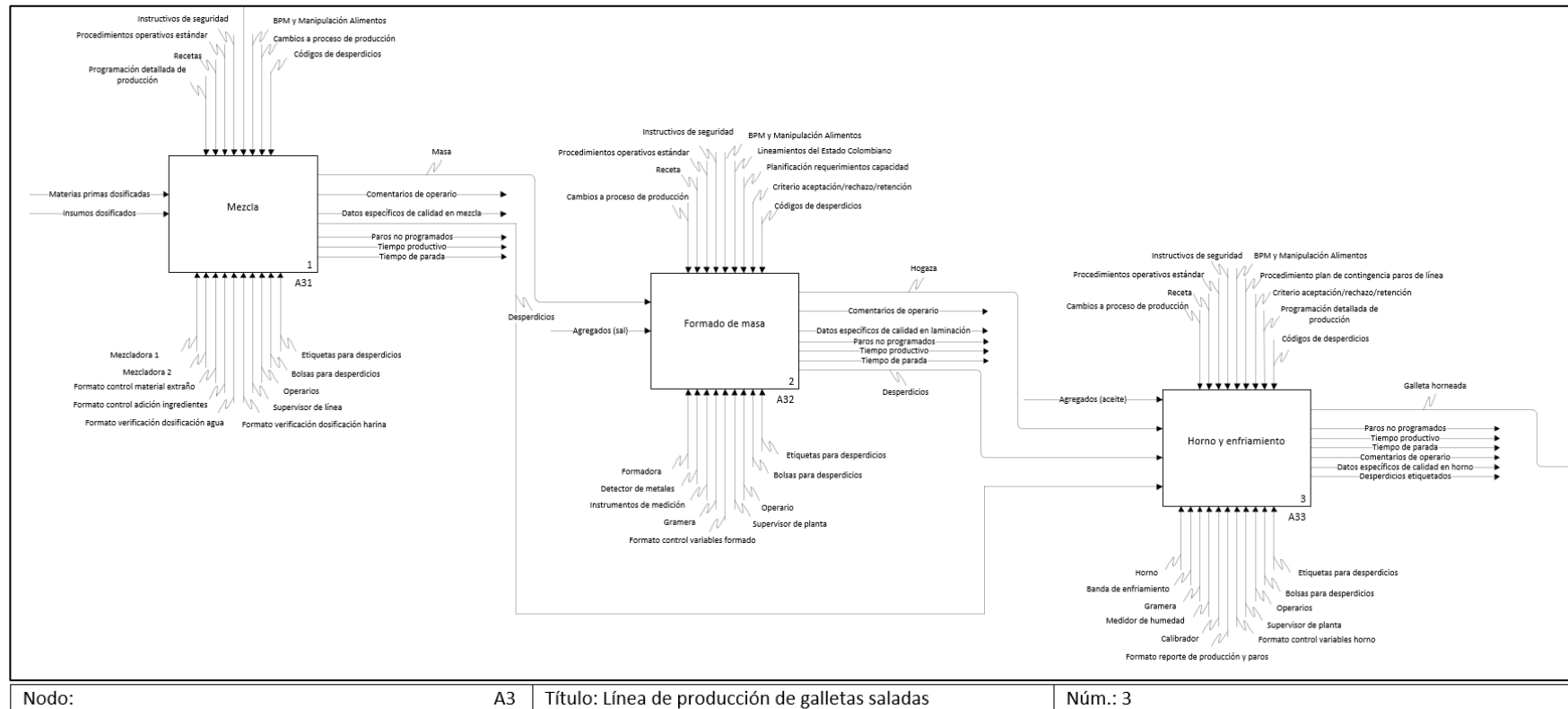


Nodo: A0	Título: Recolección, seguimiento y análisis de indicadores de la línea de producción de galletas saladas	Núm.: 1
----------	--	---------

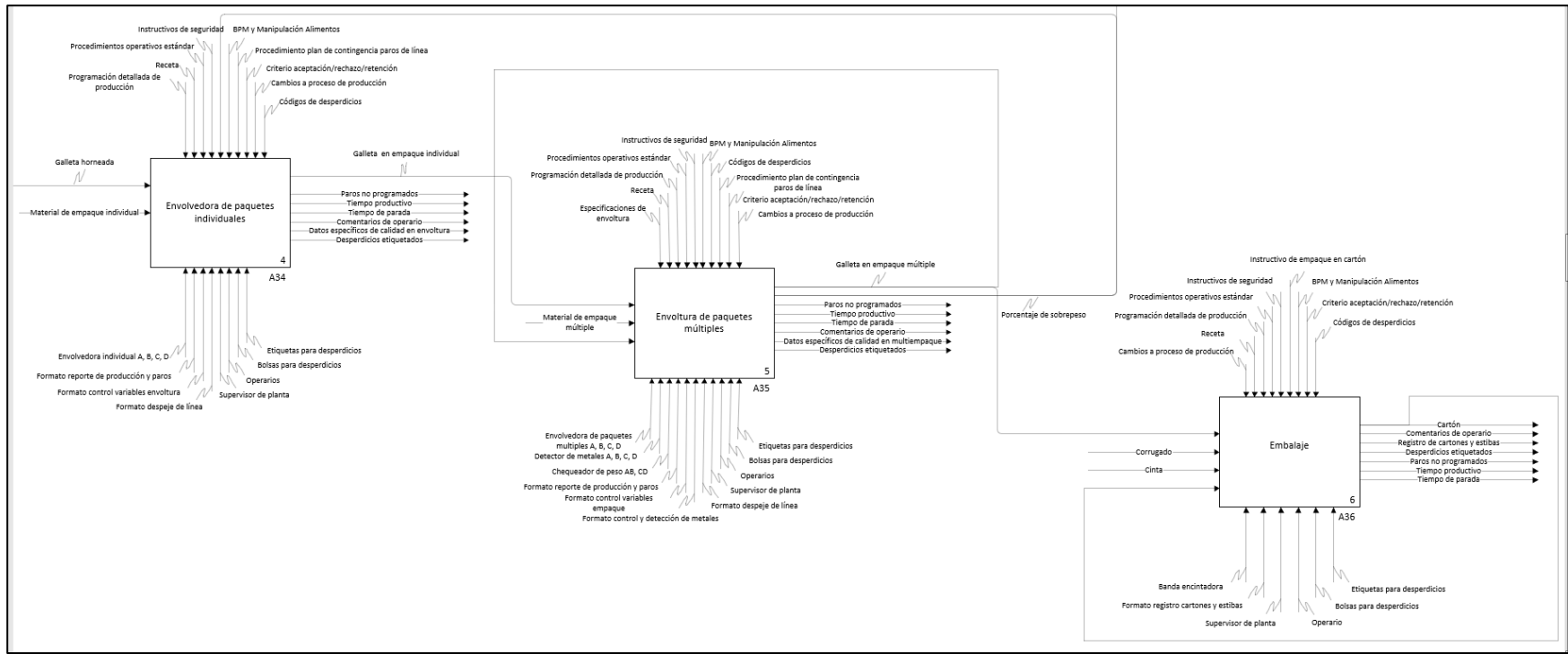
**Ilustración 18.** Diagrama descomposición A0. Elaboración propia.

A partir de lo anterior, se realiza un nuevo nivel para algunas de las tareas identificadas de manera que sea posible representar el detalle encontrado en la narrativa de cada uno de los procesos; este nuevo nivel es realizado para los diagramas A3, A4, A5 dentro de los cuales se requiere tener mayor nivel de detalle debido a que interactúan directamente con el indicador OEE.

De esta forma, es descompuesto el diagrama A3 mostrado en la *ilustración 18*; en la *ilustración 19* e *ilustración 20* se detalla este nuevo modelo con sus entradas, salidas, recursos y controles de los procesos mezclar, formar galleta, hornear y enfriar, envolver paquetes individuales, envolver paquetes múltiples y embalar.



*Ilustración 19. Diagrama descomposición A3 a. Elaboración propia.*



Nodo:

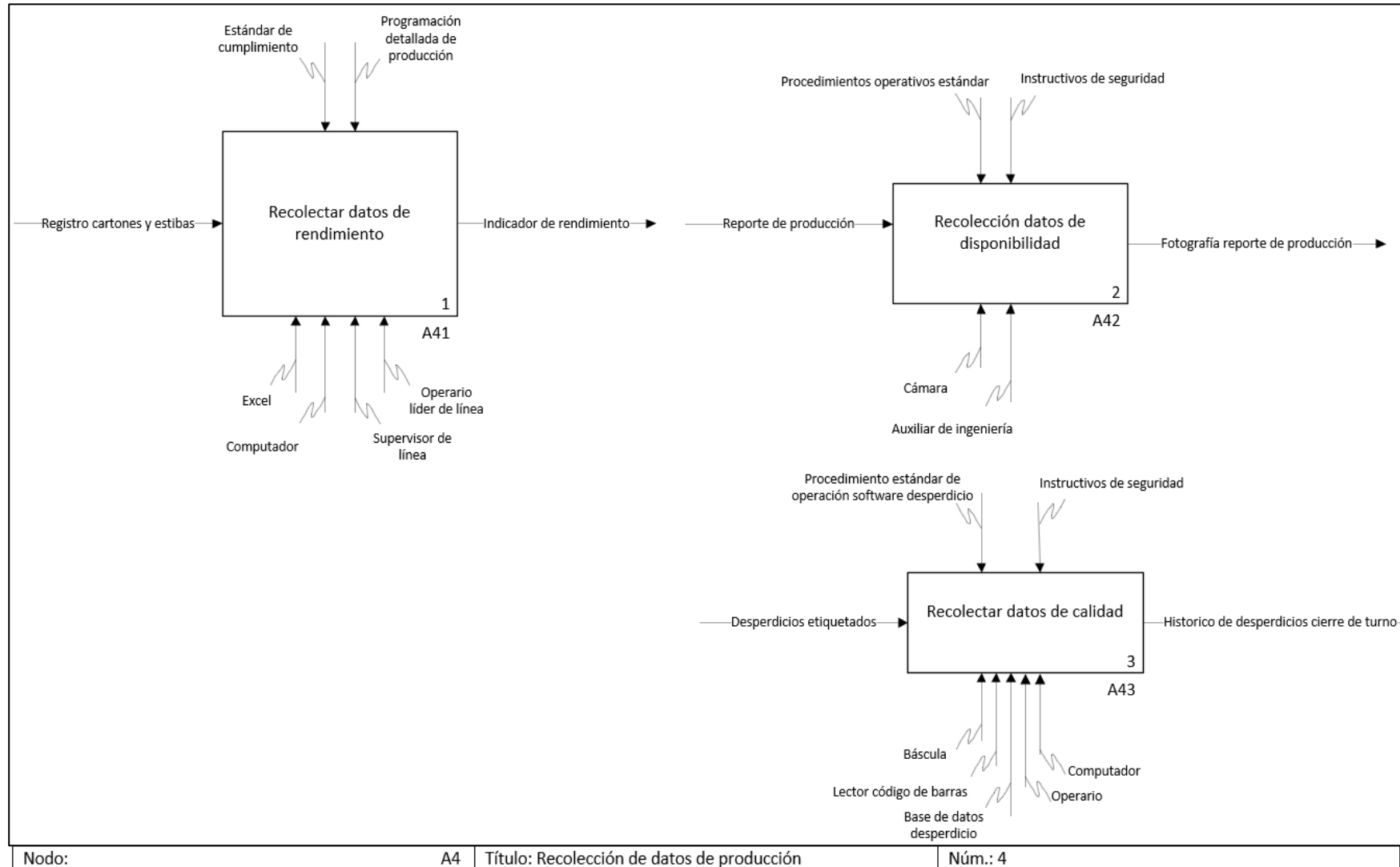
A3

Título: Línea de producción de galletas saladas

Núm.: 3

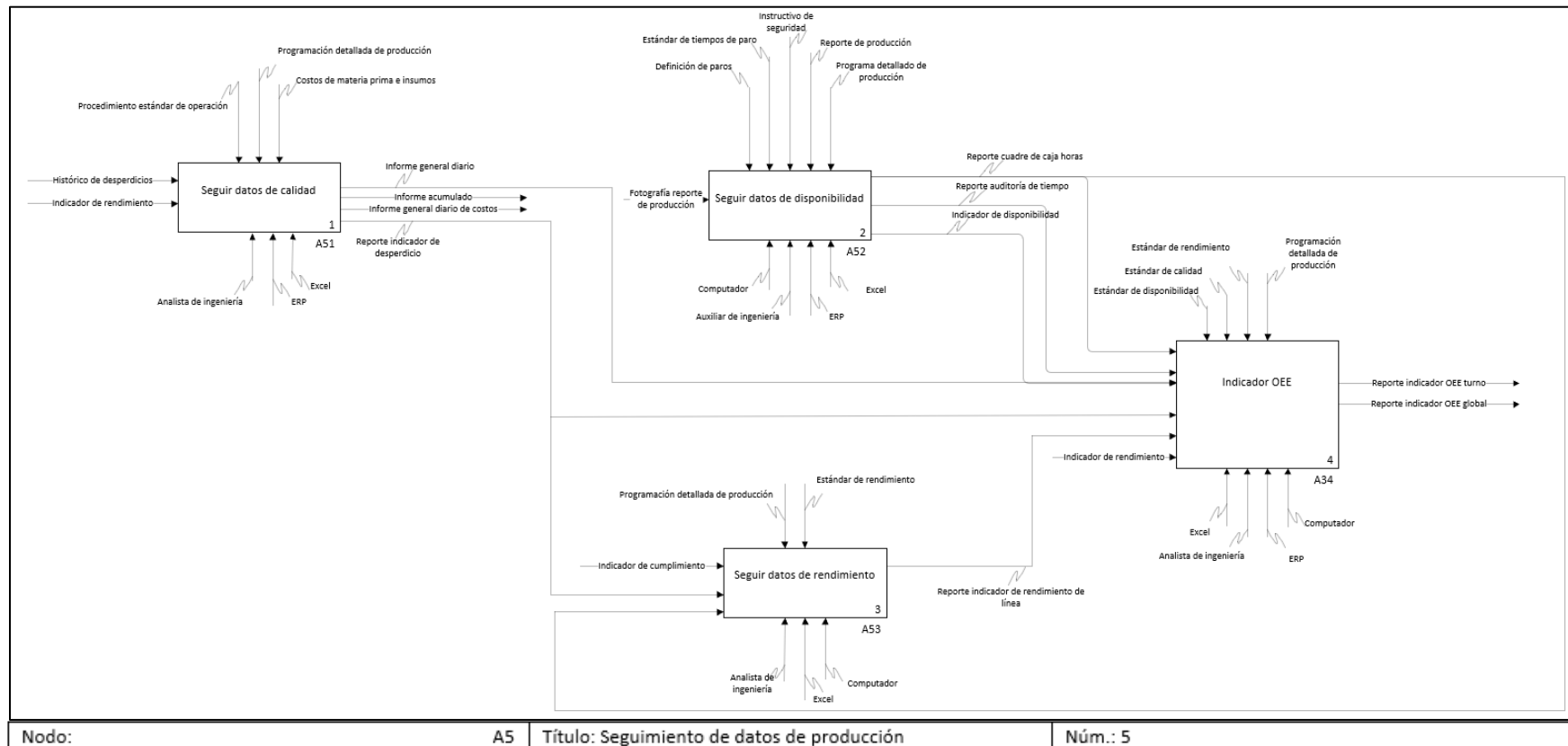
**Ilustración 20.** Diagrama descomposición A3 b. Elaboración propia.

De igual manera, en la *ilustración 21* es descompuesto el diagrama A4 mostrado en la *ilustración 18*, a partir de esta descomposición son detallados los procesos de recolectar datos de calidad, recolectar datos de disponibilidad y recolectar datos de rendimiento. Así como sus entradas, salidas, recursos y controles.



*Ilustración 21. Diagrama descomposición A4. Elaboración propia.*

Por último, se realiza la descomposición del diagrama A5 mostrado en la ilustración 18, para que este sea dividido en las tareas de: seguir datos de calidad, seguir datos de disponibilidad, seguir datos de rendimiento y seguir OEE. Este diagrama es mostrado en la *ilustración 22*.

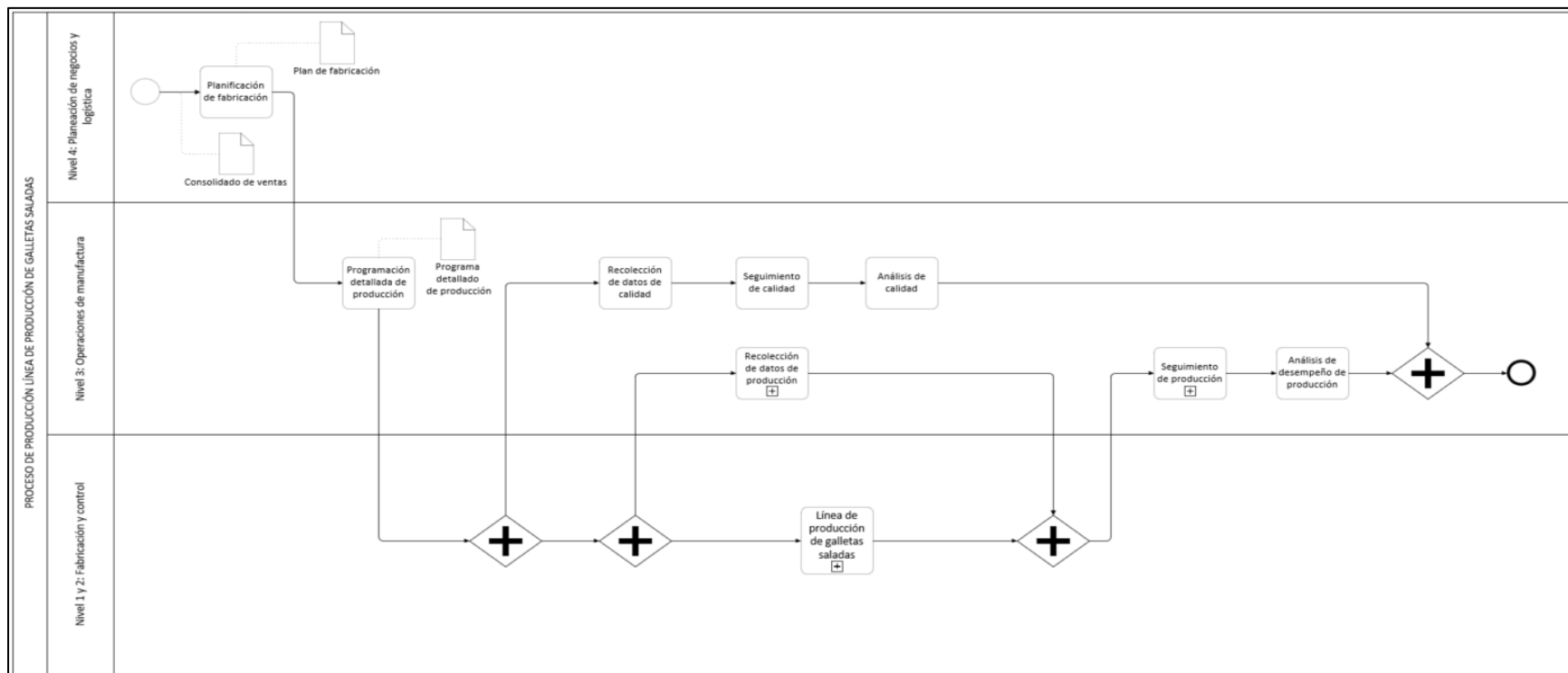


*Ilustración 22. Diagrama descomposición A5. Elaboración propia.*

## 2. Modelado dinámico actual en BPMN

En el modelado dinámico en BPMN es representado el comportamiento de cada uno de los procesos identificados en el modelado estructural, esto con el fin de evaluar sus procedimientos.

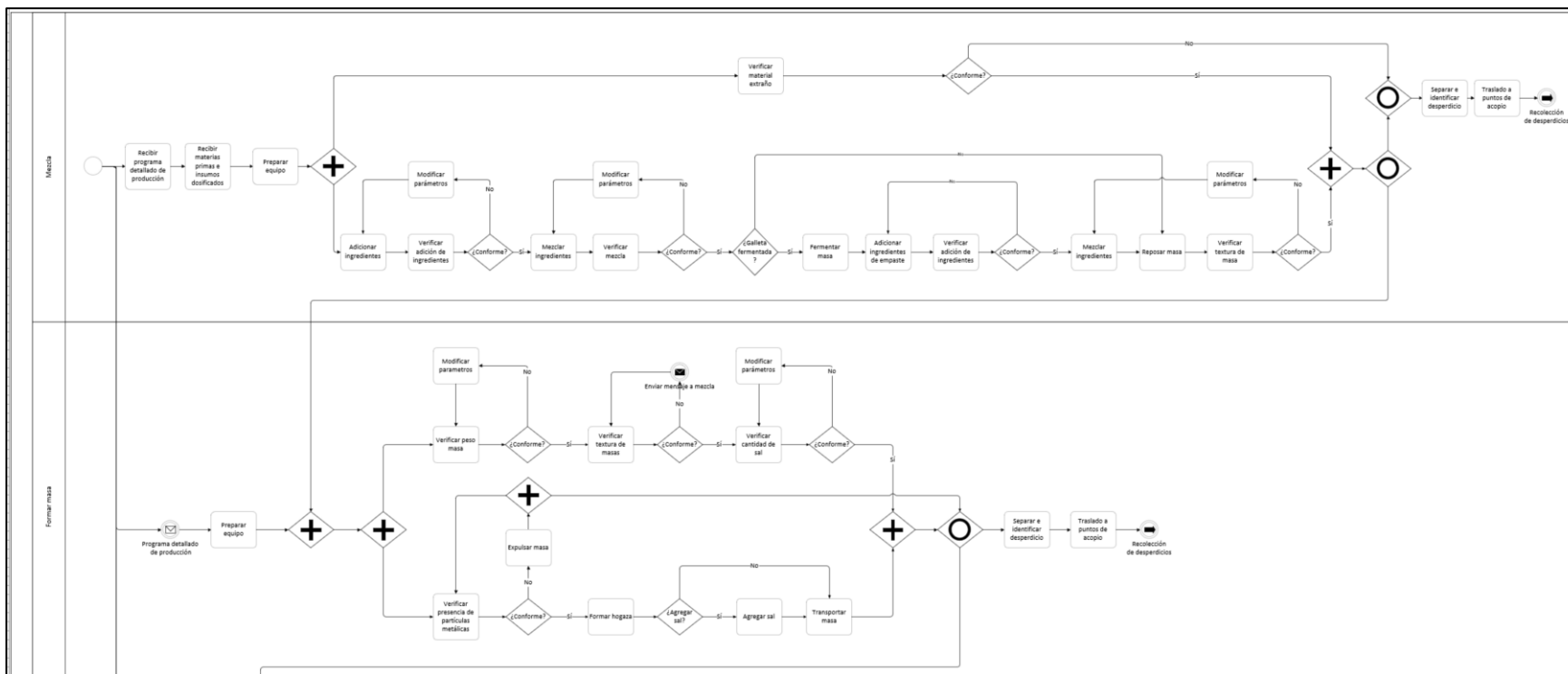
De esta manera, es realizado el diagrama procedimientos relevantes para el indicador OEE de la línea de galletas en la *ilustración 23* el cual muestra la interacción de cada uno de los 7 procesos descritos en la narrativa y en el modelo estructural (planificar fabricación, programar producción detallada, producir, recolectar datos de producción, recolectar datos de producción, seguir producción, analizar desempeño de producción y por último recolectar datos y seguir de prueba de calidad) de manera que da distintas perspectivas del mismo proceso, además, envuelve dichos procedimientos en los distintos niveles existentes de la pirámide de automatización agregando contexto a los mismos.



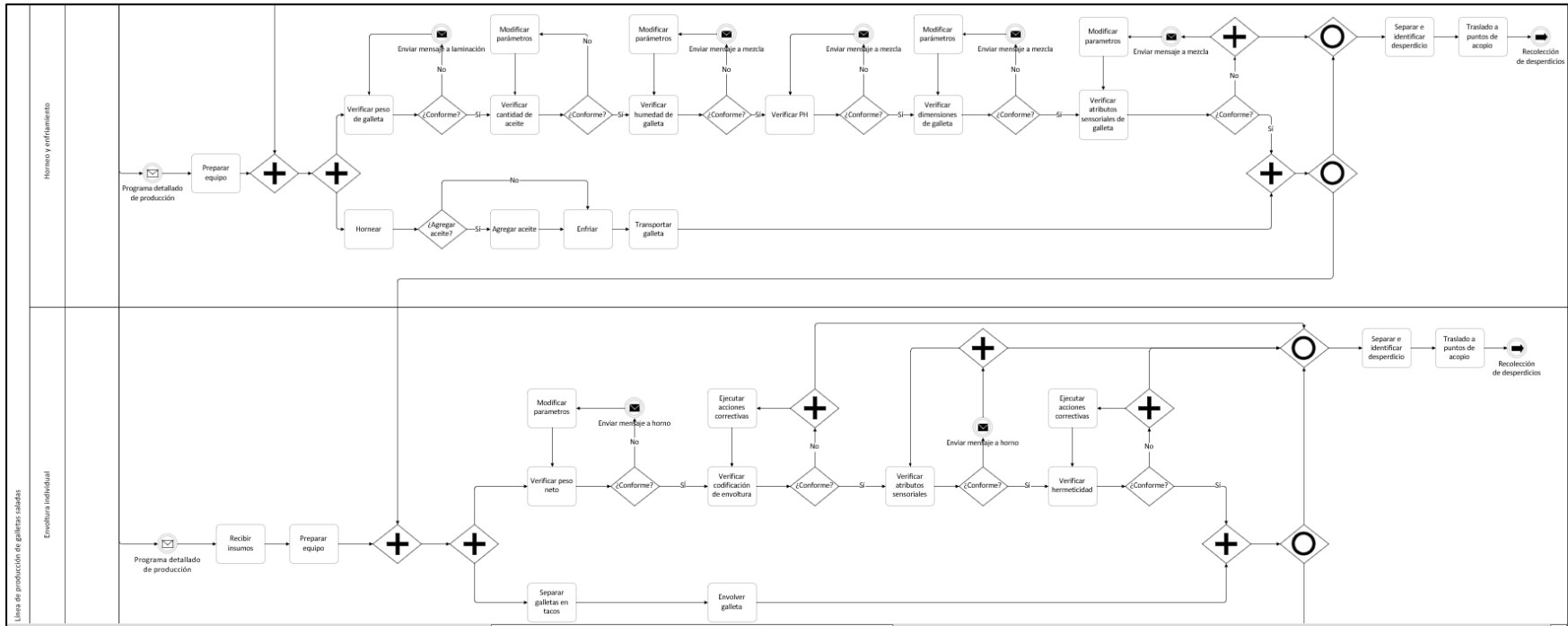
**Ilustración 23.** Procedimientos relevantes para el indicador OEE de la línea de galletas saladas. Elaboración propia.

Luego, se hace necesario mostrar mayor nivel de detalle para los procedimientos: producir galletas saladas, recolectar datos de producción y seguir producción, de manera que, sean analizados con mayor profundidad; esto teniendo en cuenta que estos procedimientos interactúan directamente con el indicador OEE.

En la ilustración 24, ilustración 25, ilustración 26, ilustración 27 e ilustración 28 es mostrado el procedimiento para producir galletas saladas el cual lo resume en los procedimientos de: mezclar, formar masa, hornear y enfriar, envolver paquetes individuales, envolver paquetes múltiples, embalar y paros.

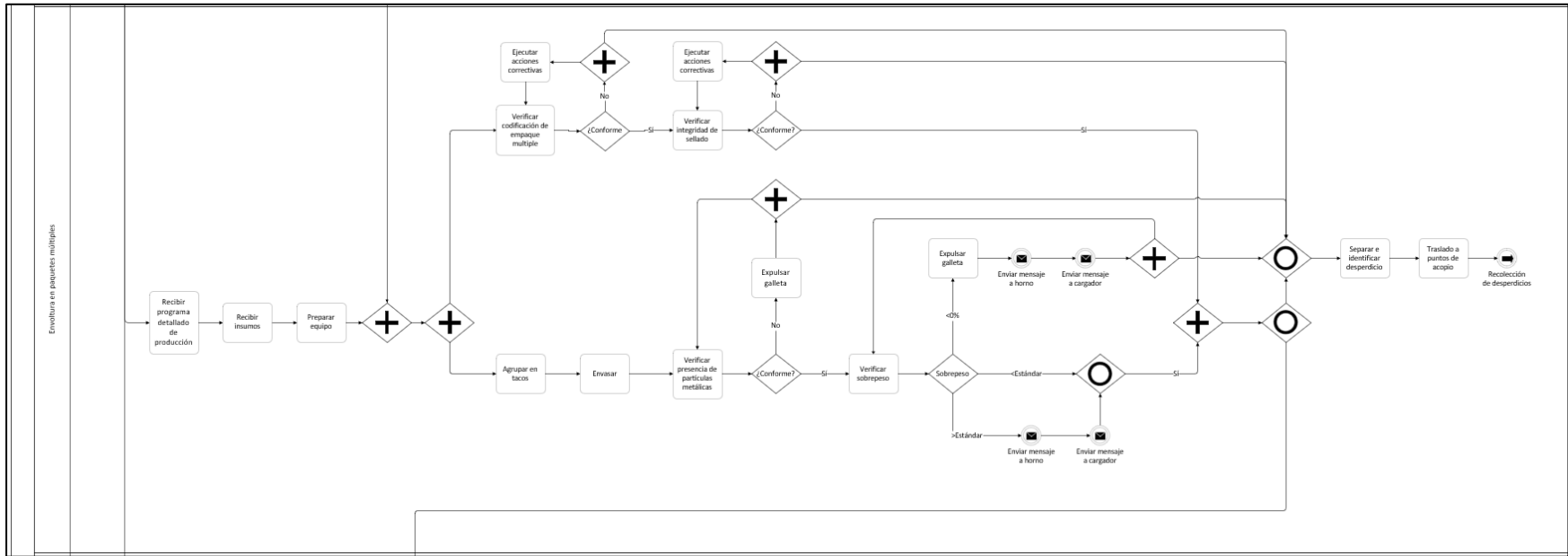


**Ilustración 24.** Producir galletas saladas a. Elaboración propia.



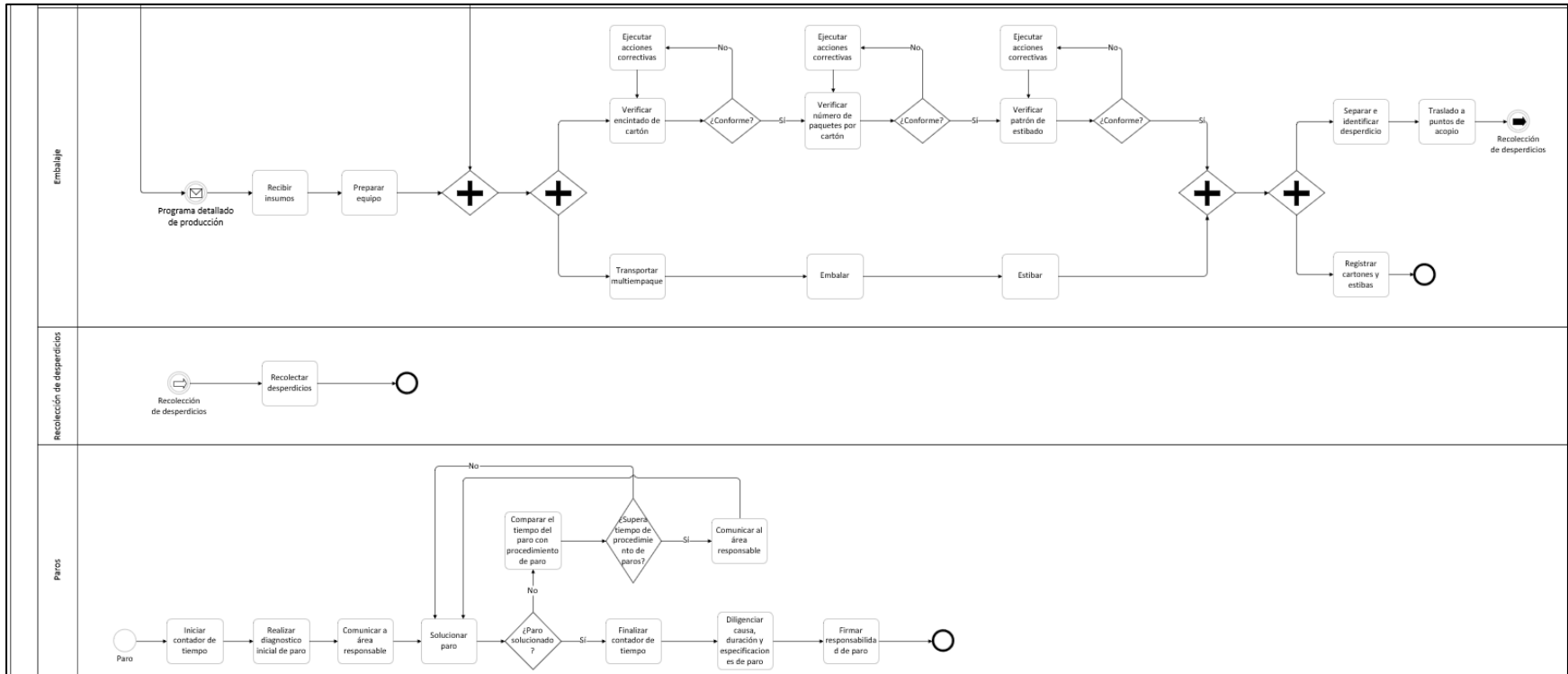
**Ilustración 25.** Producir galletas saladas b. Elaboración propia.





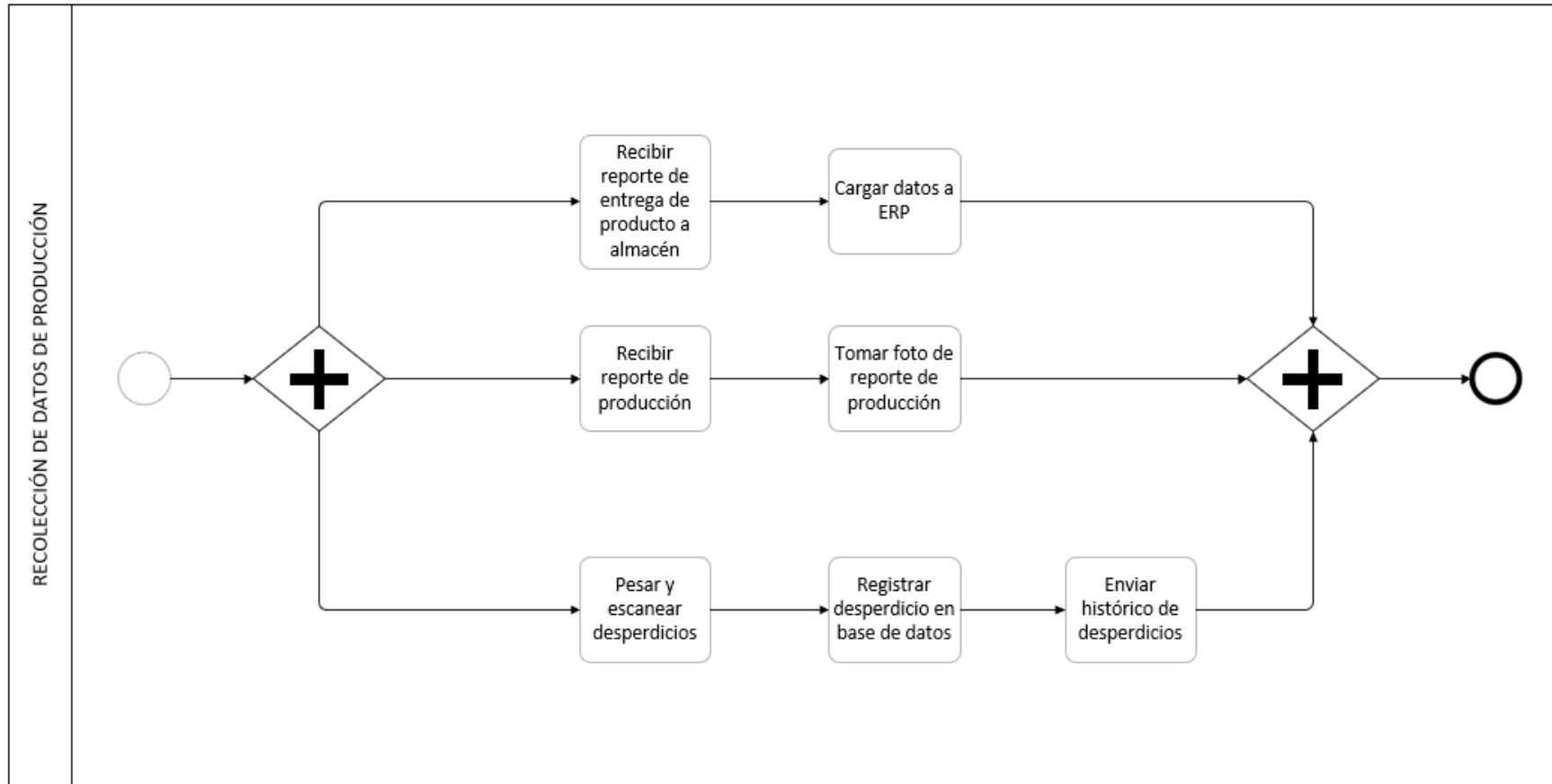
*Ilustración 26 Producir galletas saladas c. Elaboración propia.*





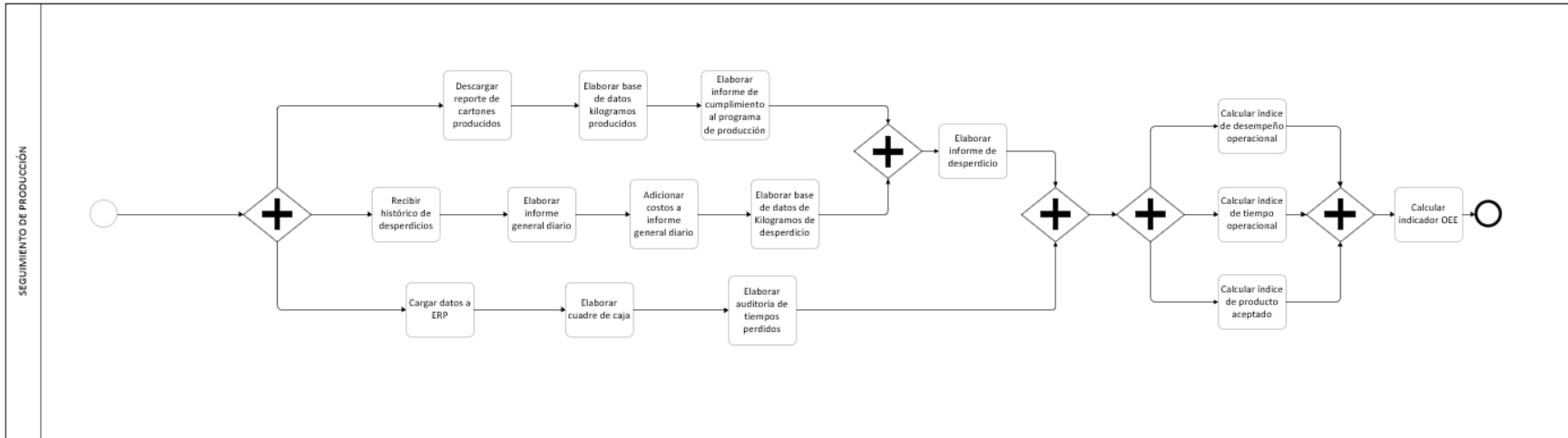
**Ilustración 28** Producir galletas saladas e. Elaboración propia

Por otra parte, en la *ilustración 29* es representado el procedimiento de recolectar datos de producción, el cual está dividido en los procedimientos: recolectar datos de calidad, recolectar datos de disponibilidad y recolectar datos de rendimiento.



**Ilustración 29.** Recolectar datos de producción. *Elaboración propia.*

Finalmente, en la *ilustración 30* se muestra el procedimiento de seguir producción el cual está dividido en los procedimientos: seguir datos de calidad, seguir datos de disponibilidad, seguir datos de rendimiento y seguir OEE.



*Ilustración 30 Seguir producción. Elaboración propia.*

### **CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE ESTADO ACTUAL OPORTUNIDADES DE MEJORA DE LOS PROCESOS RELEVANTES PARA EL INDICADOR OEE BASADO EN EL ESTÁNDAR ISA-95.**

En el presente capítulo son evaluadas las buenas prácticas sugeridas por el estándar ISA-95, para identificar oportunidades de mejoramiento en cada uno de los procesos identificados.

#### **MÉTODO**

El análisis de los procesos relevantes para el indicador OOE para la línea de producción de galletas saladas es realizado bajo los siguientes criterios de calificación.

- Cumple (C) con la buena práctica (10 puntos).
- Cumple parcialmente (CP) con la buena práctica (5 puntos).
- No cumple (NC) con la buena práctica (3 puntos).
- No aplica (NA) la buena práctica (0 puntos).

En total son evaluados 31 buenas prácticas sugeridas por el estándar; la información obtenida es vista desde dos perspectivas distintas, haciendo uso de la medición de la frecuencia con la que cada ítem se cumple, cumple parcialmente, no cumple o no aplica para cada uno de los criterios de evaluación. Por otro lado, es visto el porcentaje de cumplimiento para cada una de las Actividades (programación de producción, control de producción, aseguramiento de calidad y segmentos de proceso) obteniendo así conclusiones del análisis.

#### **ANÁLISIS**

A partir del método especificado anteriormente, se realiza la evaluación de cada una de las buenas prácticas brindadas por el estándar ISA-95, con lo cual, son obtenidos los siguientes resultados:

N°	Actividades	C	CP	NC	NA
1	Programación de producción	2	1	0	0
1	Determinar programa de producción		5		
2	Identificar los requisitos de materia prima a largo plazo.	10			
3	Determinar el programa de empaque para los productos finales.	10			
Subtotal		20	5	0	0
Valor porcentual obtenido:		83,33%			
2	Control de producción	11	2	0	0

1	Controlar la transformación de materias primas y producto final de acuerdo con el programa de producción y los estándares de producción.	10			
2	Realizar actividades de ingeniería de planta y actualizar los planes de proceso.	10			
3	Emitir requisitos para materias primas.	10			
4	Elaborar informes de desempeño y costos.	10			
5	Evaluar las restricciones a la capacidad y la calidad.	10			
6	Realizar autoevaluación y diagnóstico de equipos de producción y control	10			
7	Crear estándares de producción	10			
8	Crear instrucciones para SOP (procedimientos estándar de operación), recetas y manejo de equipos para equipos de procesamiento específicos.		5		
9	Establecer un plan de producción a corto plazo basado en el programa de producción		5		
10	Verificación del cronograma contra capacidad de almacenamiento y materia prima	10			
11	Verificación del cronograma contra la disponibilidad de equipo y personal	10			
12	Determinación de capacidad de proceso	10			
13	Modificar plan de producción teniendo en cuenta paradas, mano de obra y disponibilidad de materias primas.	10			
Subtotal		110	10	0	0
Valor porcentual obtenido		92,31%			
<b>3</b>	<b>Aseguramiento de la calidad</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
1	Establecer estándares para la calidad de los materiales.	10			
2	Recopilar y mantener datos de calidad de los productos y materiales.		5		
3	Certificar que el producto se elaboró de acuerdo con las condiciones estándar del proceso.	10			

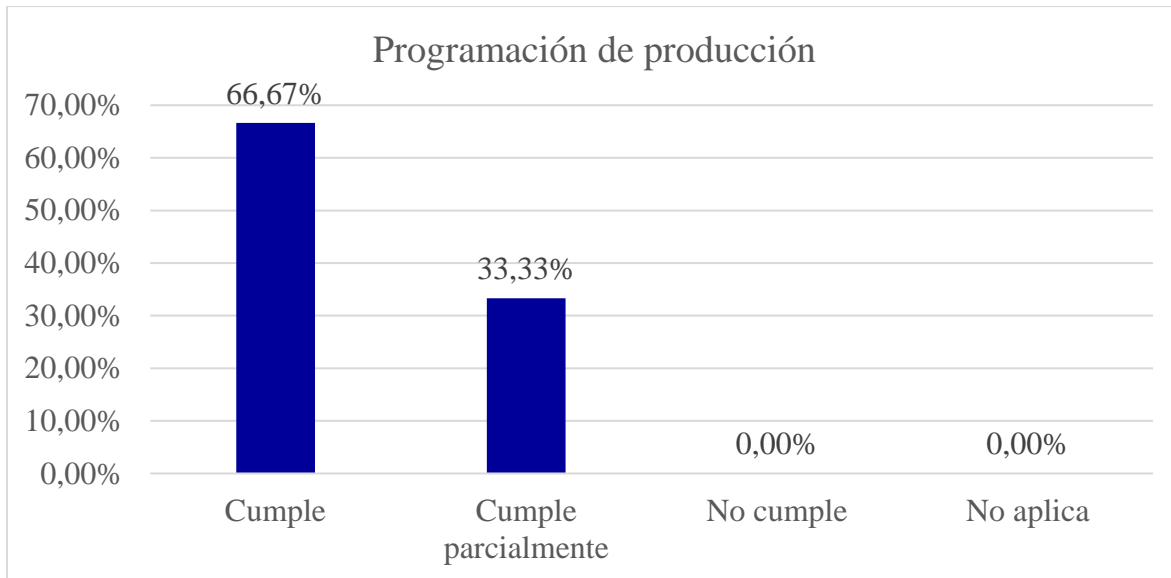
4	Comprobar los datos del producto frente a los requisitos del cliente y rutinas de control de calidad estadístico para asegurar la calidad adecuada antes de envío.	10			
Subtotal		30	10	0	0
Valor porcentual obtenido		87,5%			
4	<b>Segmento de proceso</b>	4	1	0	0
1	Segmentos de proceso claramente identificados.	10			
2	Personal para cada segmento.	10			
3	Equipos para cada segmento.	10			
4	Materiales para cada segmento.	10			
5	Parámetros de cada segmento de proceso.		5		
Subtotal		40	5		
Valor porcentual obtenido		90,00%			
5	<b>Desempeño de proceso</b>	0	6	0	0
1	Datos de producción.		5		
2	Personal real.		5		
3	Equipos reales.		5		
4	Material producido consumido actual.		5		
5	Material consumido actual.		5		
6	Consumibles actuales		5		
Subtotal		0	30	0	0
Valor porcentual obtenido		50,00%			

*Tabla 1. Resultados obtenidos para la evaluación de buenas prácticas. Elaboración propia.*

A partir del análisis anterior se entregan obtienen los siguientes resultados:

### **1. Programación de producción**

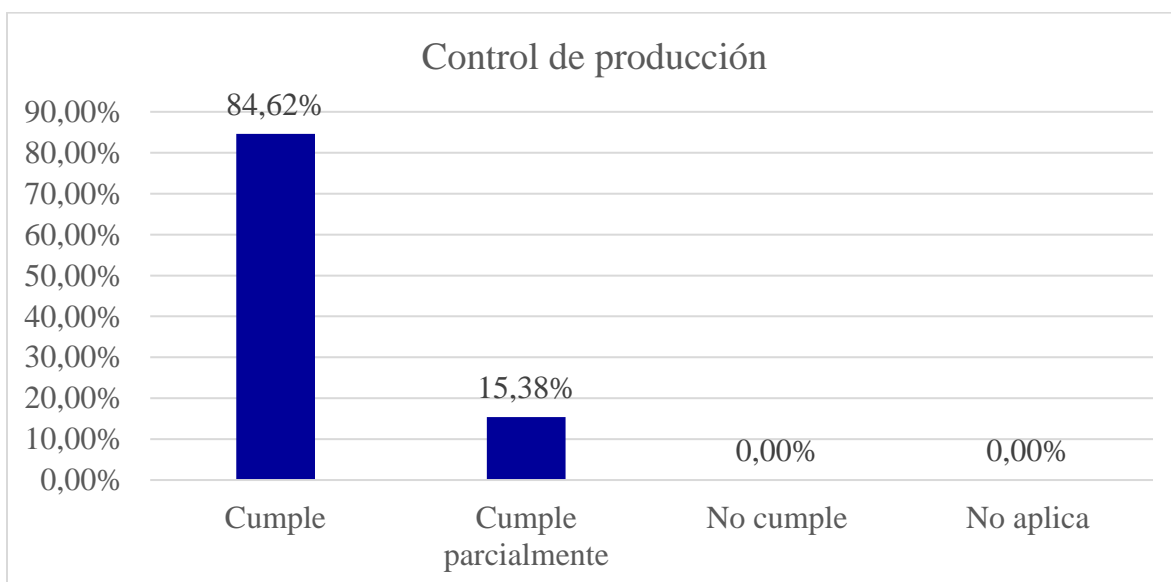




**Ilustración 31** Resultado porcentual de las buenas prácticas brindadas por el estándar ISA-95 para el ítem programación de producción. Elaboración propia.

En la *ilustración 31* para el ítem de programación de producción se puede observar que el 66,67% de las actividades son cumplidas, mientras que el 33,33% de las actividades se cumplen de manera parcial, dentro de estas últimas en la *tabla 1* se encuentra la actividad “determinar programa de producción”, esta actividad se cumple de manera parcial debido a que es desarrollada dentro de la herramienta Excel, lo cual limita en gran medida la comunicación entre el nivel donde se desarrollan las actividades de negocio de la empresa y el nivel de operaciones de manufactura.

## 2. Control de producción



**Ilustración 32** Resultado porcentual de las buenas prácticas brindadas por el estándar ISA-95 para el ítem control de producción. Elaboración propia.

Con respecto a los resultados mostrados en la *ilustración 32* para el ítem de control de producción se puede observar un cumplimiento de 84,62% de las actividades, de igual manera, es observado que un 15,38% de las actividades se cumplen parcialmente, esto se da debido a que:

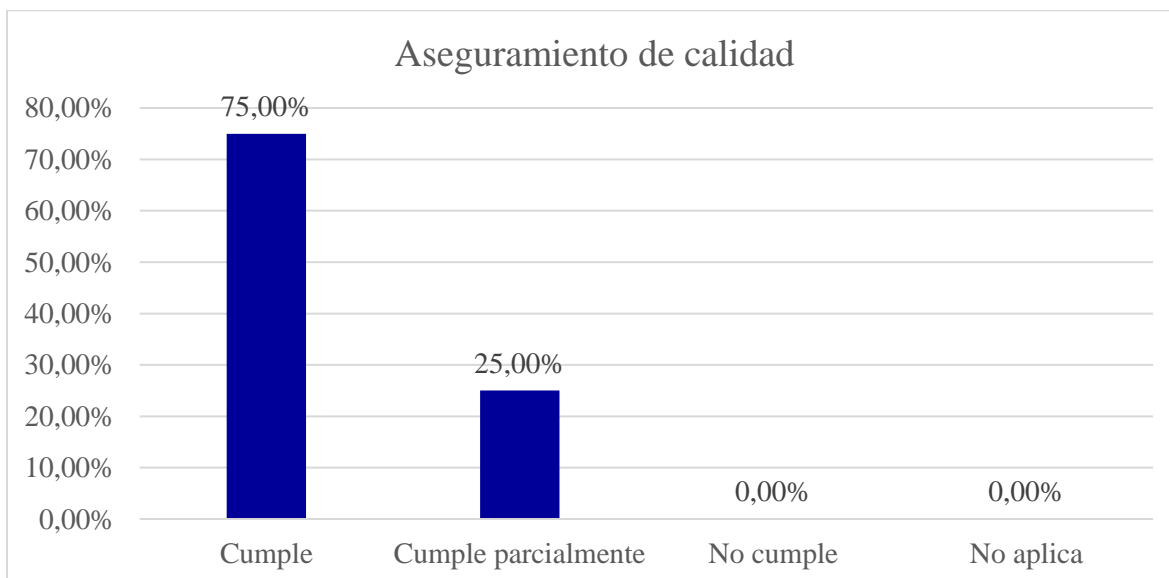
La actividad “Crear instrucciones para SOP (procedimientos estándar de operación), recetas y manejo de equipos para equipos de procesamiento específicos.” Mostrada en la *tabla 1* no se ejecuta para las siguientes actividades:

Manejo de excedentes industriales:

- Separación, identificación y traslado a puntos de acopio.
- Recolección.
- Pesaje y escaneo.
- Manejo y dominio de la información, generación de reportes de desperdicio.

Por otra parte, la actividad “Establecer un plan de producción a corto plazo basado en el programa de producción” es desarrollada de manera local en la herramienta Excel, limitando la comunicación interna del nivel de manufactura de la empresa, así como para las otras áreas que lo requieran.

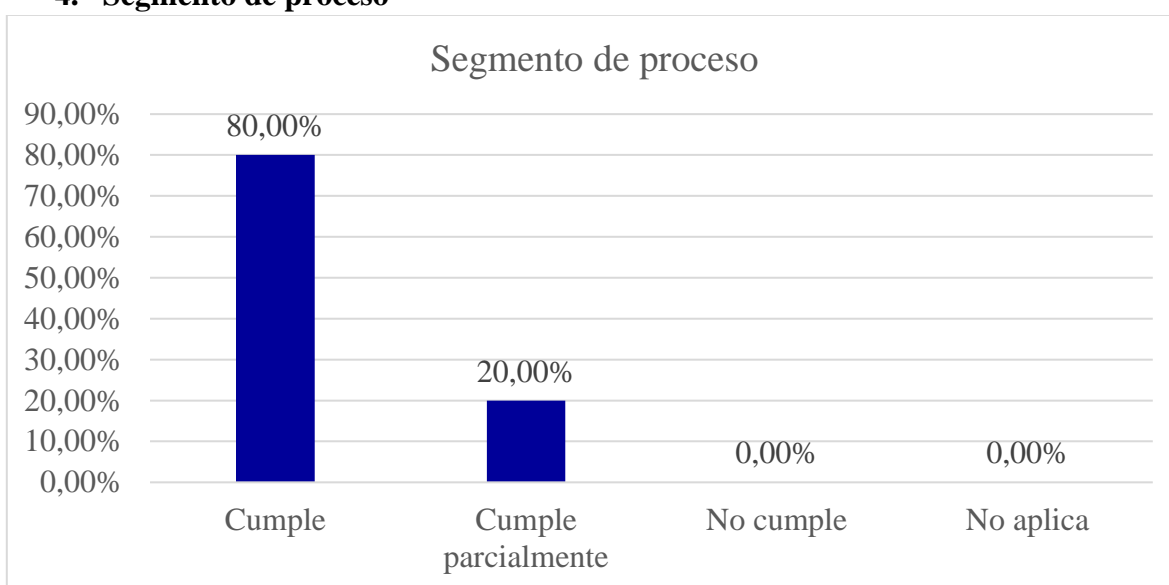
### 3. Aseguramiento de calidad



**Ilustración 33** Resultado porcentual de las buenas prácticas brindadas por el estándar ISA-95 para el ítem aseguramiento de calidad. Elaboración propia.

Con respecto a los resultados obtenidos para en la *ilustración 33* para el ítem de aseguramiento de calidad se puede notar que un 75% de las actividades dadas por el estándar son cumplidas, asimismo, la actividad “Recopilar y mantener datos de calidad de los productos y materiales” es ejecutada de manera parcial representando un cumplimiento parcial del 25% de las actividades, esto es debido a que la recopilación de las variables de calidad en las etapas de formado, horno y envoltura se realiza de manera manual como se observa en la ilustración 19 y 20 dificultando así la trazabilidad y el análisis de las mismas, puesto que no se consignan en ningún tipo de base de datos. Por otra parte, las especificaciones para cada una de estas variables no se encuentran en una base de datos estructurada, dificultando de la misma manera la comparación de dichos datos con las variables adquiridas.

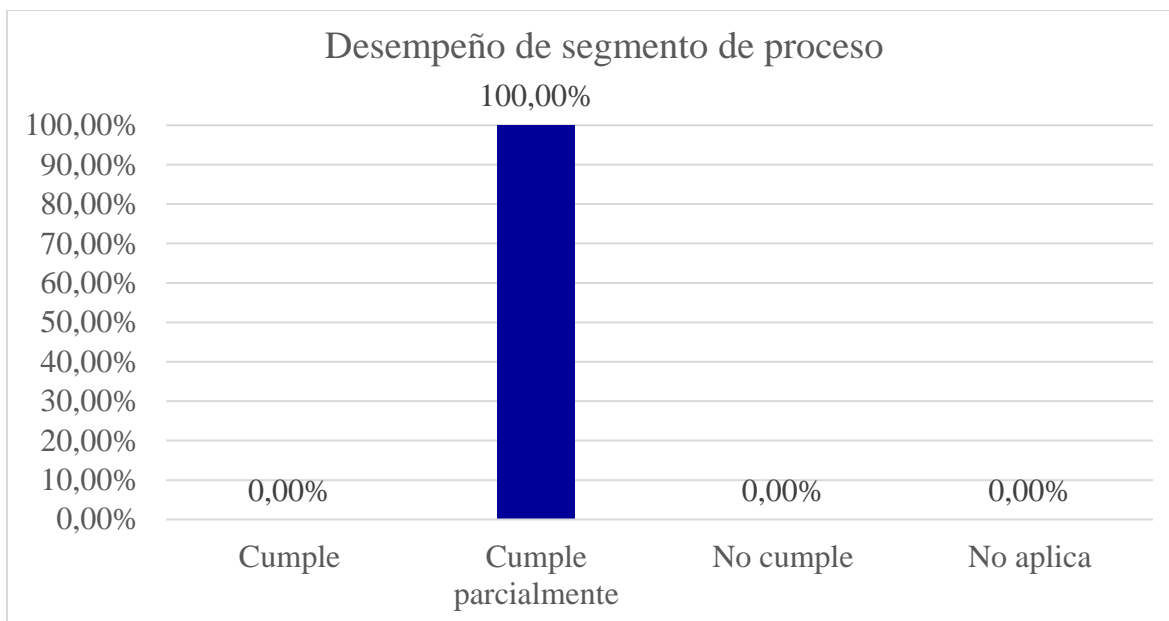
#### 4. Segmento de proceso



**Ilustración 34** Resultado porcentual de las buenas prácticas brindadas por el estándar ISA-95 para el ítem segmento de producción. *Elaboración propia.*

Con respecto a los resultados obtenidos para en la *ilustración 29* para el ítem de segmento de proceso, se observa que un 20% de las actividades se cumplen de manera parcial a causa de que la actividad “Parámetros de cada segmento de proceso” presentan oportunidades de mejoramiento, esto porque actualmente no se llevan los parámetros de rendimiento para los procesos de formado, horneado y envoltura individual, solo se tiene un parámetro de rendimiento para toda la línea de producción como conjunto y este es establecido para la etapa de embalaje.

#### 5. Desempeño de segmento de proceso



**Ilustración 35.** Resultado porcentual de las buenas prácticas brindadas por el estándar ISA-95 para el ítem desempeño de segmento de proceso. Elaboración propia.

Con respecto a los resultados obtenidos para en la *ilustración 30* para el ítem de desempeño de segmento de proceso se puede ver que todas las actividades son cumplidas de manera parcial, esto es debido a que actualmente hay tareas que se realizan de manera manual, por tanto, no es posible tener datos actualizados de personal, equipos, material producido actual, material consumido actual y consumibles actuales.

Por otro lado, en el modelo IDEF-0 en la *ilustración 19* se puede ver que los datos de disponibilidad de equipos solo se miden para las etapas de horneado y envoltura múltiple, por su parte el producto fabricado para cada proceso solo es medido en la etapa de embalaje, esto trae como consecuencia que no sea posible medir un OEE para cada uno de los segmentos de proceso identificados.

N°	ACTIVIDAD	PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO
1	Desempeño de proceso	50,00%
2	Segmento de proceso	90,00%
3	Aseguramiento de la calidad	87,50%
4	Control de producción	92,31%

5	Programación de producción	83,33%
Total		80,63%

**Tabla 2** Resultado porcentual de cumplimiento de las buenas prácticas brindadas por el estándar ISA-95. Elaboración propia.

En la *Tabla 2* se puede observar que las actividades relevantes para la obtención del indicador OEE de la línea de galletas saladas de la planta Colombina del Cauca presentan un grado de cumplimiento de las buenas prácticas brindadas por el estándar del 80,63, por otro lado, se puede ver que para las actividades de desempeño de proceso se obtuvo un porcentaje de cumplimiento de 50%, este resultado respalda la necesidad de implementación de un sistema para la realización de actividades de nivel 3.

## **CAPÍTULO IV: IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE MEJORA DE LOS PROCESOS RELEVANTES PARA EL INDICADOR OEE**

En este capítulo se establecen las oportunidades de mejora tomando como referencia los resultados obtenidos a partir del capítulo anterior, las cuales son el resultado final del presente proyecto. Luego, dichas oportunidades son plasmadas en los modelos en IDEF-0 y BPMN propuestos representando las buenas prácticas sugeridas por el estándar.

### **OPORTUNIDADES DE MEJORA**

#### **1. Programación de producción**

Se propone cargar el programa de producción semanal directamente en el ERP de la empresa, esto aumenta la integración de los sistemas empresariales con el sistema de manufactura que está planeado integrar en la empresa, reduciendo así el error humano que puede generarse al usar herramientas como Excel, mejorando la calidad de los datos y permitiendo tomar decisiones acertadas.

Actualmente se cuenta con los recursos necesarios para realizar esta actividad teniendo en cuenta que existe un módulo en el ERP que permite realizar dicha tarea. Esta tarea tiene como responsable al área de programación de la empresa.

#### **2. Control de producción**

Este ítem requiere mejorar la actividad de “Crear instrucciones para SOP (procedimientos estándar de operación), recetas y manejo de equipos para equipos de procesamiento específicos” con lo cual se propone crear un SOP para los siguientes procesos:

Manejo de excedentes industriales:

- Separación, identificación y traslado a puntos de acopio.
- Recolección.
- Pesaje y escaneo.
- Manejo y dominio de la información, generación de reportes de desperdicio.

Asimismo, para la actividad “Establecer un plan de producción a corto plazo basado en el programa de producción” se propone establecer este plan directamente en el sistema de control de manufactura, recibiendo como insumo el programa de producción semanal ya dispuesto en el sistema ERP punto anterior. Con esto se lograría garantizar la información oficial de dichos programas mejorando la calidad de la información y la disponibilidad de esta para todas las áreas interesadas evitando así islas de información.

#### **3. Aseguramiento de calidad**

En cuanto al ítem aseguramiento de calidad, para la actividad “Recopilar y mantener datos de calidad de los productos y materiales” se propone recopilar y almacenar las variables de calidad de producto en bases de datos mediante la digitalización de los

formatos de calidad actuales en las etapas de mezcla, formado, horneado, envoltura individual y envoltura múltiple en donde cada operario ingrese datos de calidad permitiendo así el posterior análisis de la información con el fin de generar oportunidades de mejora.

Al mismo tiempo se propone que las especificaciones de cada una de las variables de calidad sean consignadas en una base de datos dentro del sistema ERP empresarial para que de manera posterior estos datos sean integrados con el sistema MES permitiendo la comparación con los datos adquiridos de producto fabricado.

#### **4. Segmentos de proceso**

En relación con el ítem de segmentos de proceso se propone que sea establecido un valor de referencia para el parámetro de rendimiento de proceso para mezcla, formado, horneado, envoltura individual, envoltura multiempaque y no solo en la etapa de embalaje, estableciendo la cantidad de producto por unidad de tiempo permitiendo así identificar el valor meta de rendimiento por cada uno de los segmentos de procesos definido; estas metas permiten tener un punto de referencia para el rendimiento de cada proceso con el fin de identificar posibles cuellos de botella en etapas específicas de la producción.

#### **5. Desempeño de segmento de proceso**

Por su parte el ítem desempeño de segmento de proceso reafirma la necesidad de implementar un sistema de ejecución de manufactura, permitiendo optimizar la adquisición de la información de personal, equipos, material producido consumido actual, material consumido actual y consumibles actuales logrando así tomar decisiones en tiempo real con los datos de planta, así como realizar trazabilidad de cada uno de estos datos debido a que con dicho sistema la información es almacenada en bases de datos de manera estructurada dando mayor posibilidad de análisis y así generar futuras oportunidades de mejora.

Por otro lado, se propone incluir en el sistema MES la medición de la disponibilidad de los equipos en cada una de las etapas del proceso sin importar que la disponibilidad de estos genera una parada de la producción, esta propuesta es realizada con el fin de tener datos históricos para posterior gestión sobre cada uno de ellos.

Por último, se propone medir o estimar el rendimiento de cada uno de los segmentos del proceso midiendo la cantidad de producto fabricado por unidad de tiempo y no solo en la etapa de embalaje, esto trae como consecuencia que el indicador OEE pueda ser medido por segmento de proceso y finalmente para toda la línea de producción de galletas saladas.

Las anteriores propuestas son mostradas en la siguiente tabla mostrando las actividades a desarrollar, el entregable para cada una de las tareas, área responsable y tiempo estimado para esta actividad.

Oportunidades de mejora para la línea de galletas saladas de Colombina del Cauca					
N°	Actividad	Actividades para desarrollar	Entregable	Área responsable	Tiempo estimado
1	Programación de producción				
1.1	Determinar programa de producción	Cargue de programa de producción en sistema ERP.	Informe que contiene capturas de pantalla del ERP de la empresa en donde se evidencia el cargue de programa de producción para la línea de galletas saladas.	Programación de producción.	1 mes
1	Control de producción				
2.1	Crear instrucciones para SOP (procedimientos estándar de operación), recetas y manejo de equipos para equipos de procesamiento específicos	<p>Creación de procedimientos estándar de operación para las etapas de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Separación, identificación y traslado a puntos de acopio.</li> <li>• Recolección.</li> <li>• Pesaje y escaneo.</li> <li>• Manejo y dominio de la información, generación de reportes de desperdicio.</li> </ul>	<p>Procedimientos estándar de operación de las etapas de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Separación, identificación y traslado a puntos de acopio.</li> <li>• Recolección.</li> <li>• Pesaje y escaneo.</li> <li>• Manejo y dominio de la información, generación de reportes de desperdicio.</li> </ul>	Desperdicios	5 meses
2.2	Establecer un plan de producción a corto plazo basado en el programa de producción	Creación de plan de producción a corto plazo en el sistema de control de manufactura a partir de programa de producción	Informe que contiene capturas de pantalla del sistema MES de la empresa en donde se evidencia el cargue del plan de	Manufactura	1 mes



		dispuesto en el ERP.	producción a corto plazo basado en el programa de producción para la línea de galletas saladas.		
<b>3 Aseguramiento de calidad</b>					
3.1	Recopilar y mantener datos de calidad de los productos y materiales	Recopilar y almacenar las variables de calidad de producto en bases de datos mediante la digitalización de los formatos de calidad actuales en las etapas de formado, horneo, envoltura individual y envoltura múltiple	Informe que contiene capturas de pantalla de los formatos de las etapas de mezcla formado, horneo, envoltura individual y envoltura múltiple digitalizados	Calidad	1 mes
		Especificaciones de cada una de las variables de calidad de las etapas de formado, horneo, envoltura individual y envoltura múltiple sean consignadas en una base de datos dentro del sistema ERP empresarial	Informe que contiene capturas de pantalla de las variables de calidad de las etapas de mezcla formado, horneo, envoltura individual y envoltura múltiple para la línea de producción de galletas saladas en una base de datos dentro del sistema ERP de la empresa.	Calidad	2 meses
<b>4 Segmentos de proceso</b>					
4.1	Parámetros de cada segmento de proceso	Establecer un valor de referencia para el parámetro de rendimiento para los procesos de	Informe que reúne los valores estándar de rendimiento de los procesos de mezcla, formado,	Ingeniería	3 meses

		formado, horneo, envoltura individual, envoltura multiempaque y no solo en la etapa de embalaje,	horneo, envoltura individual, envoltura múltiple para la línea de galletas saladas.		
<b>5</b>	<b>Desempeño de segmento de proceso</b>				
5.1	Datos actualizados de personal, equipos, material producido actual, material consumido actual y consumibles actuales.	Incluir en el sistema MES la medición de la disponibilidad de los equipos en cada una de las etapas del proceso sin importar que la disponibilidad de estos genera una parada de la producción	Informe de disponibilidad de todos los equipos de la línea de producción de galletas saladas en un período de al menos un mes.	Manufactura	1 mes
		Medir o estimar el rendimiento de cada uno de los segmentos del proceso midiendo la cantidad de producto fabricado por unidad de tiempo y no solo en la etapa de embalaje.	Informe que contiene la medición o estimación del indicador de rendimiento de proceso para cada uno de los segmentos de proceso para al menos un mes de la línea de galletas saladas.	Ingeniería	1 mes

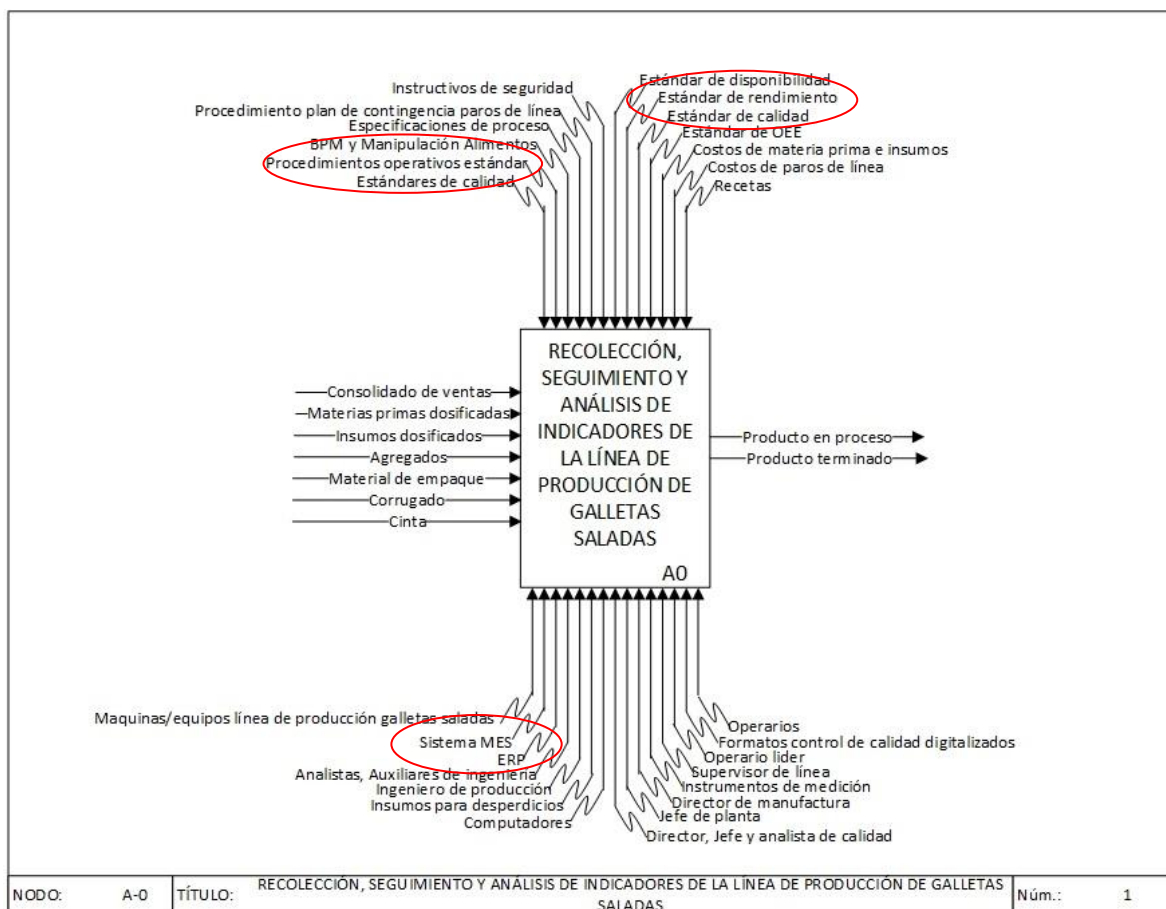
*Tabla 3. Oportunidades de mejoramiento para la línea de producción de galletas saladas de la planta Colombina del Cauca. Elaboración propia.*

## MODELADO DE PROCESOS PROPUESTO

A partir de las oportunidades de mejoramiento dispuestas en la *tabla 3* se realiza el modelado estructural y dinámico de los procesos el cual recoge cada una de las propuestas encerradas en círculos de la siguiente manera:

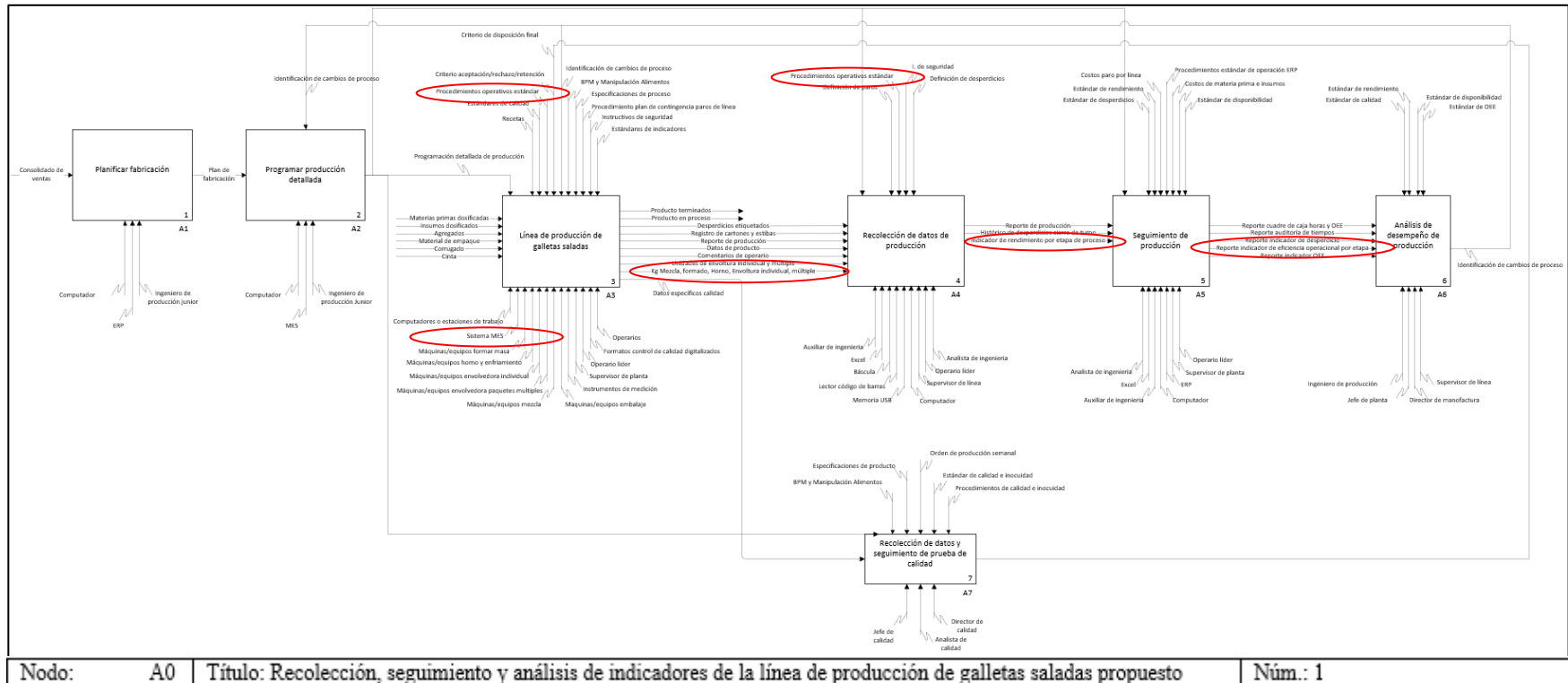
### 1. Modelo estructural propuesto en IDEF-0

A continuación, se muestra el modelo estructural propuesto de los procesos identificados, en la *ilustración 36* es mostrado el diagrama de contexto A-0 que indica todas las entradas, salidas, recursos y controles encontrados a partir de las oportunidades encontradas.



*Ilustración 36. Diagrama de contexto A-0 propuesto. Elaboración propia.*

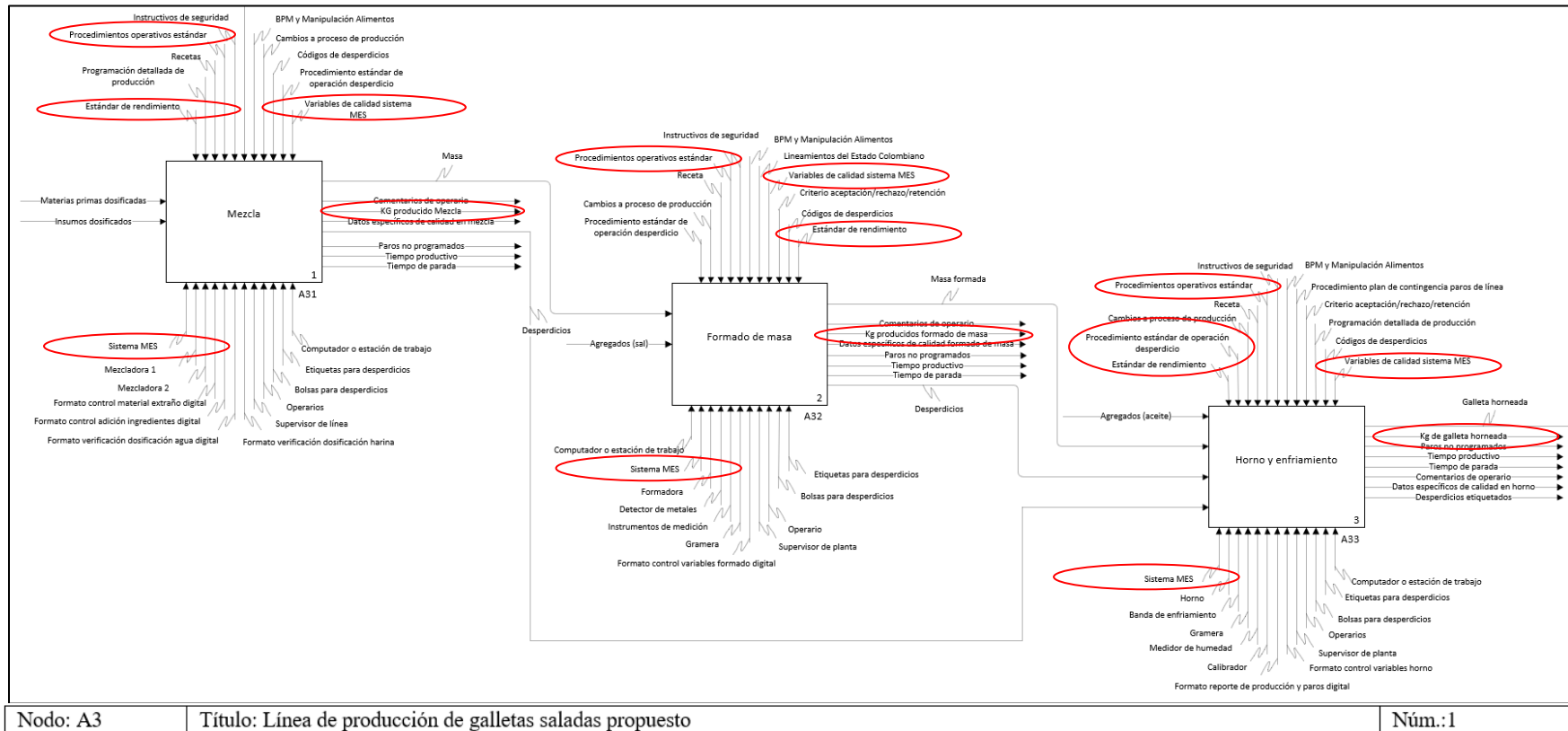
Luego se realiza la descomposición del diagrama A0 en los procesos de planificar fabricación, programar producción detallada, producir galletas saladas, recolectar datos de producción, recolectar datos de producción, seguir producción, analizar desempeño de producción y por último recolectar datos y seguimiento de prueba de calidad, así como sus entradas, salidas, recursos y controles a partir de las oportunidades encontradas tal y como se muestra en la *ilustración 37*.



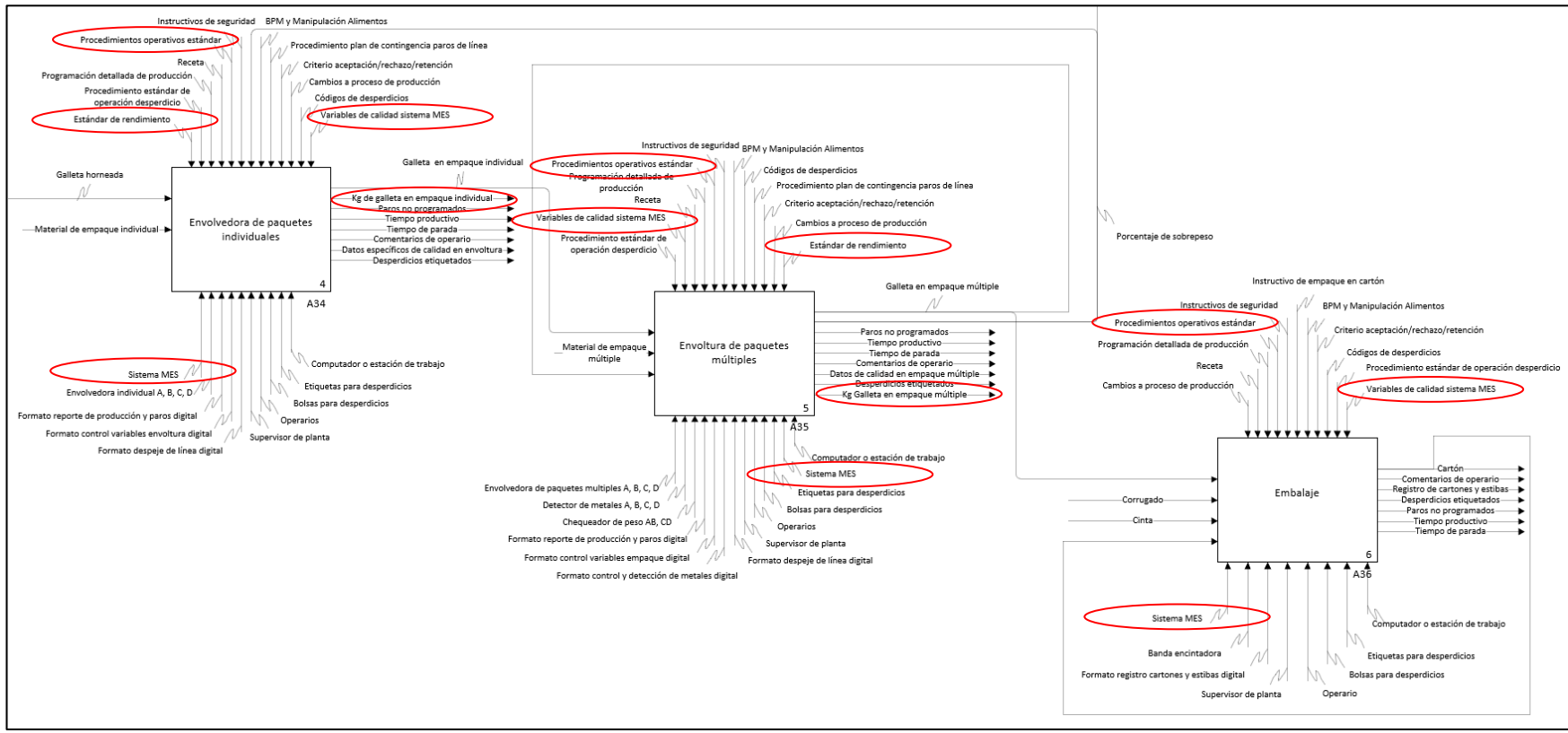
*Ilustración 37. Diagrama descomposición A0 propuesto. Elaboración propia.*

A partir de lo anterior, se realiza un nuevo nivel para algunas de las tareas identificadas de manera que sea posible representar el detalle encontrado en la narrativa de cada uno de los procesos; este nuevo nivel es realizado para los diagramas A3, A4, A5 dentro de los cuales se requiere tener mayor nivel de detalle debido a que interactúan directamente con el indicador OEE.

De esta forma, es descompuesto el diagrama A3 mostrado en la *ilustración 37*; en la *ilustración 38 e ilustración 39* se detalla este nuevo modelo con sus entradas, salidas, recursos y controles de los procesos mezclar, formar galleta, hornear y enfriar, envolver paquetes individuales, envolver paquetes múltiples, embalar y parar a partir de las oportunidades encontradas.



**Ilustración 38.** Diagrama descomposición A3 propuesto a. Elaboración propia.



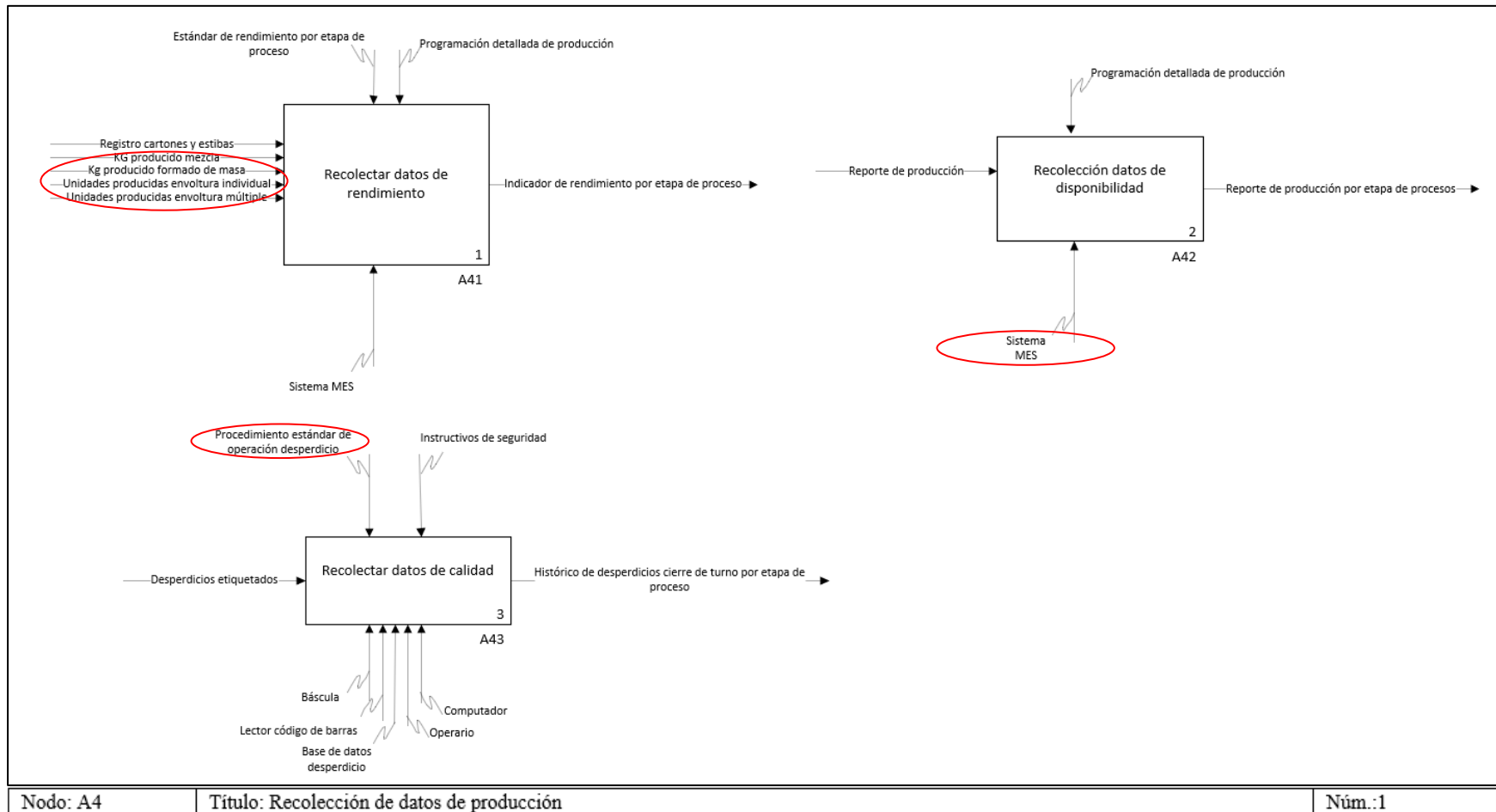
Nodo: A3

Título: Línea de producción de galletas saladas propuesto

Núm.: 1

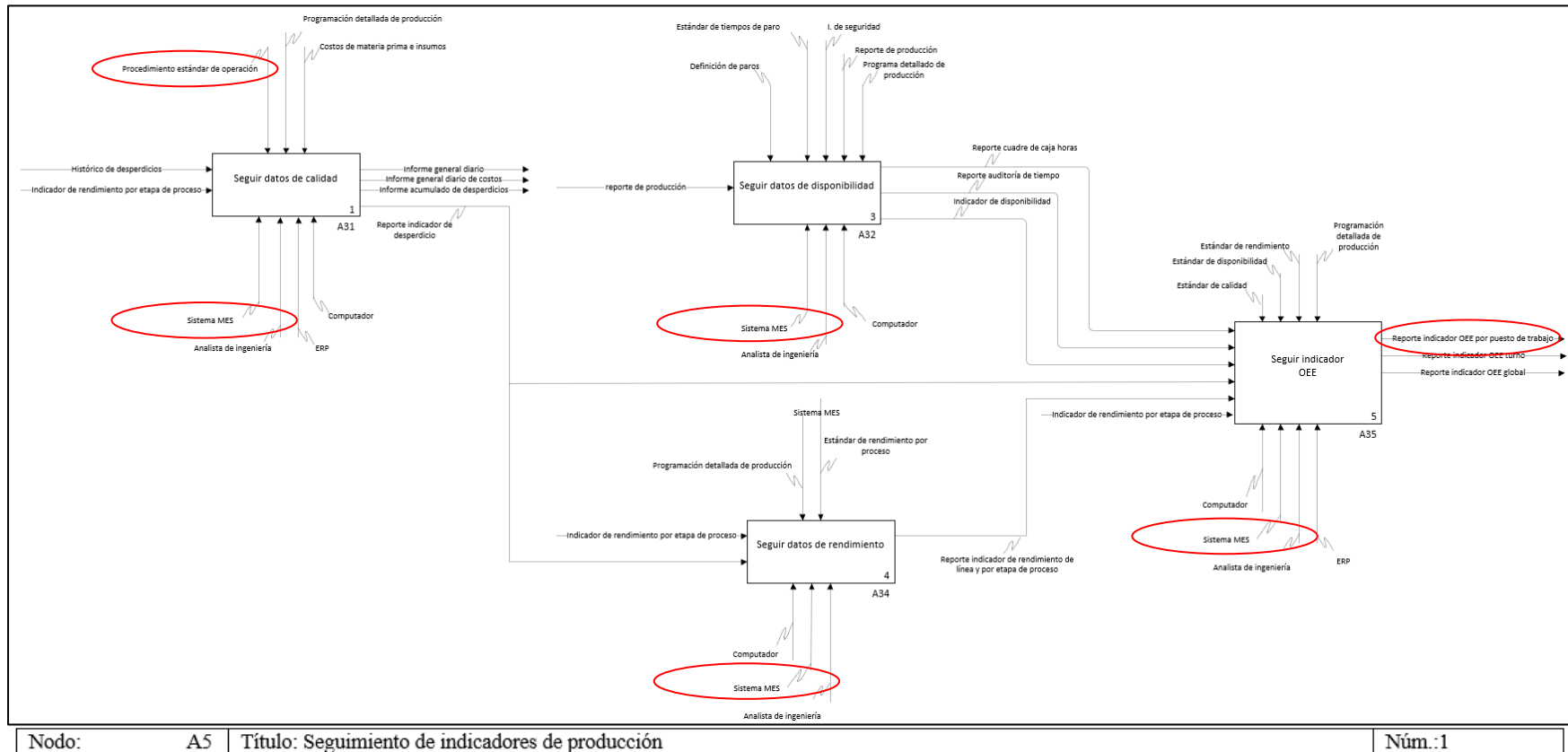
*Ilustración 39 Diagrama descomposición A3 propuesto b. Elaboración propia.*

De igual manera, en la *ilustración 40* es descompuesto el diagrama A4 mostrado en la *ilustración 32*, a partir de esta descomposición son detallados los procesos de recolectar datos de calidad, recolectar datos de disponibilidad y recolectar datos de rendimiento. Así como sus entradas, salidas, recursos y controles a partir de las oportunidades encontradas.



*Ilustración 40. Diagrama descomposición A4 propuesto. Elaboración propia.*

Por último, se realiza la descomposición del diagrama A5 mostrado en la ilustración 32, para que este sea dividido en las tareas de: seguir datos de calidad, seguir datos de disponibilidad, seguir datos de rendimiento y seguir OEE a partir de las oportunidades encontradas. Este diagrama es mostrado en la *ilustración 41*.

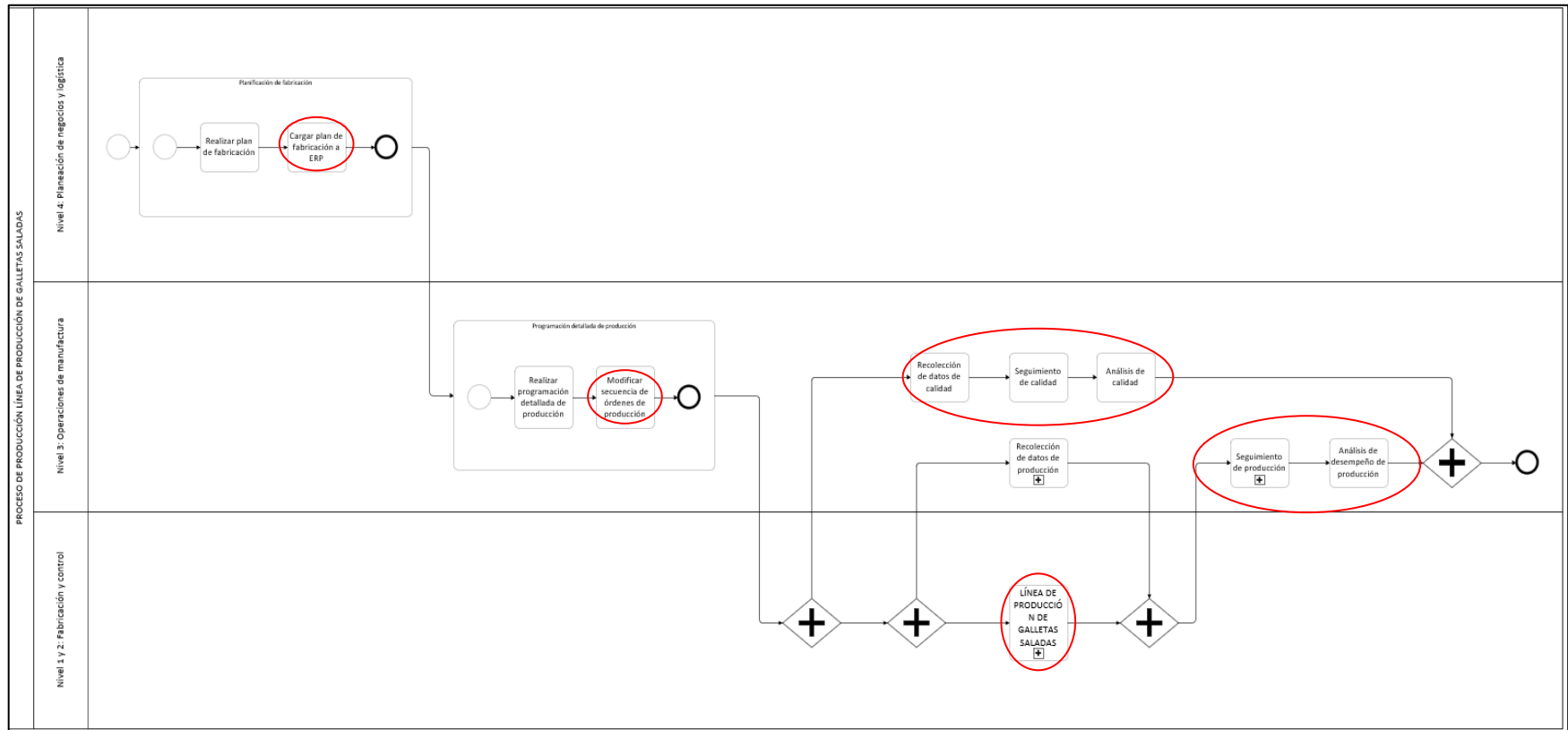


**Ilustración 41.** Diagrama descomposición A5 propuesto. Elaboración propia.



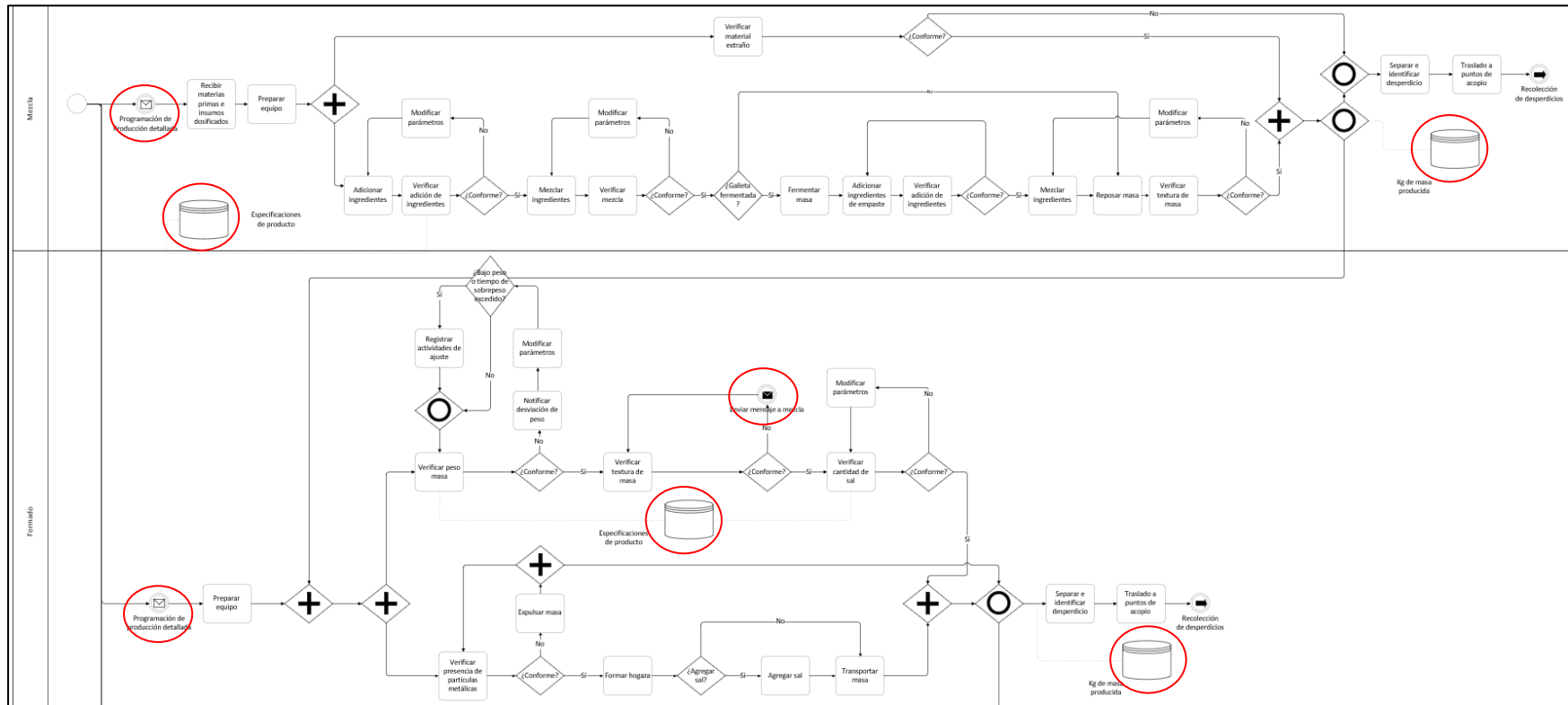
## 2. Modelo dinámico propuesto en BPMN

A continuación, en la *ilustración 31* es mostrado el diagrama BPMN propuesto de procedimiento relevantes para el indicador OEE a partir de las oportunidades encontradas.

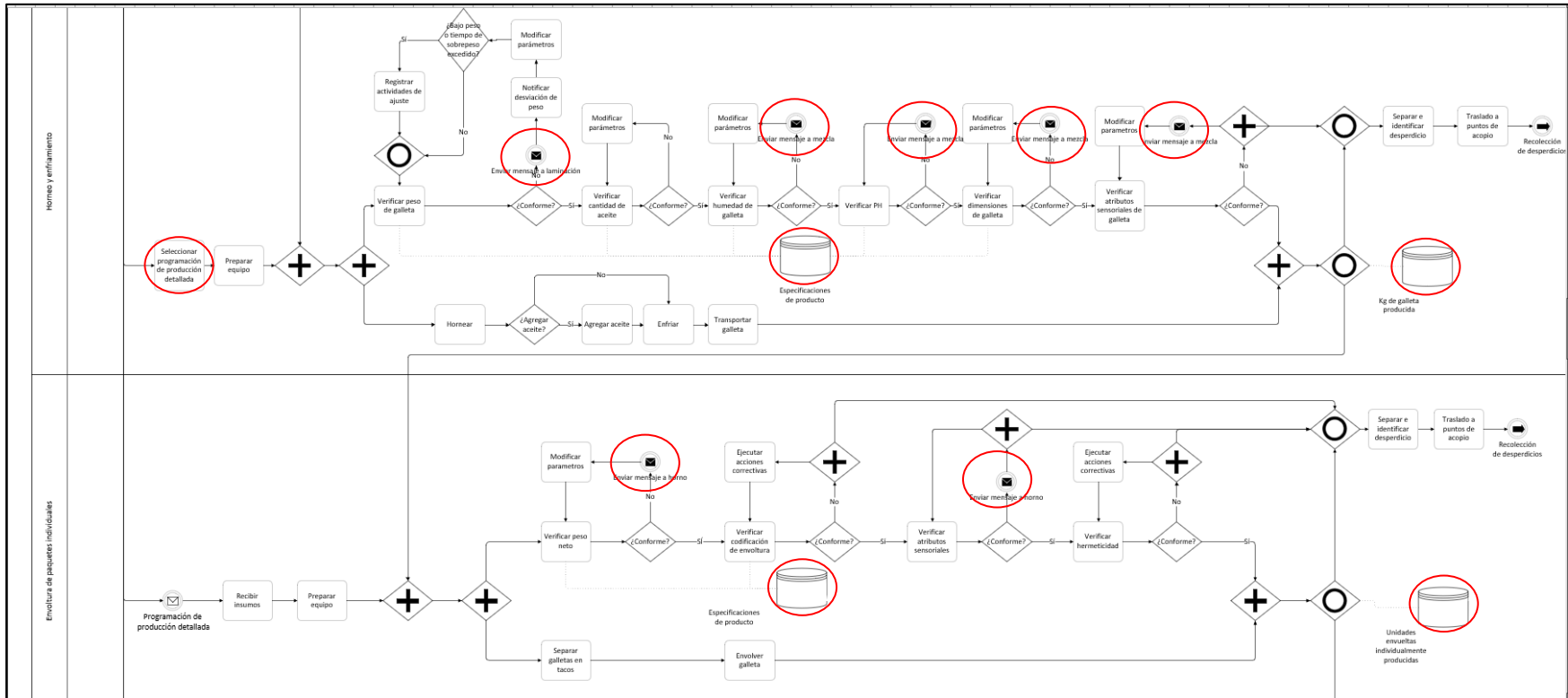


**Ilustración 42.** Procedimientos relevantes para el indicador OEE de la línea de galletas saladas propuesto. Elaboración propia.

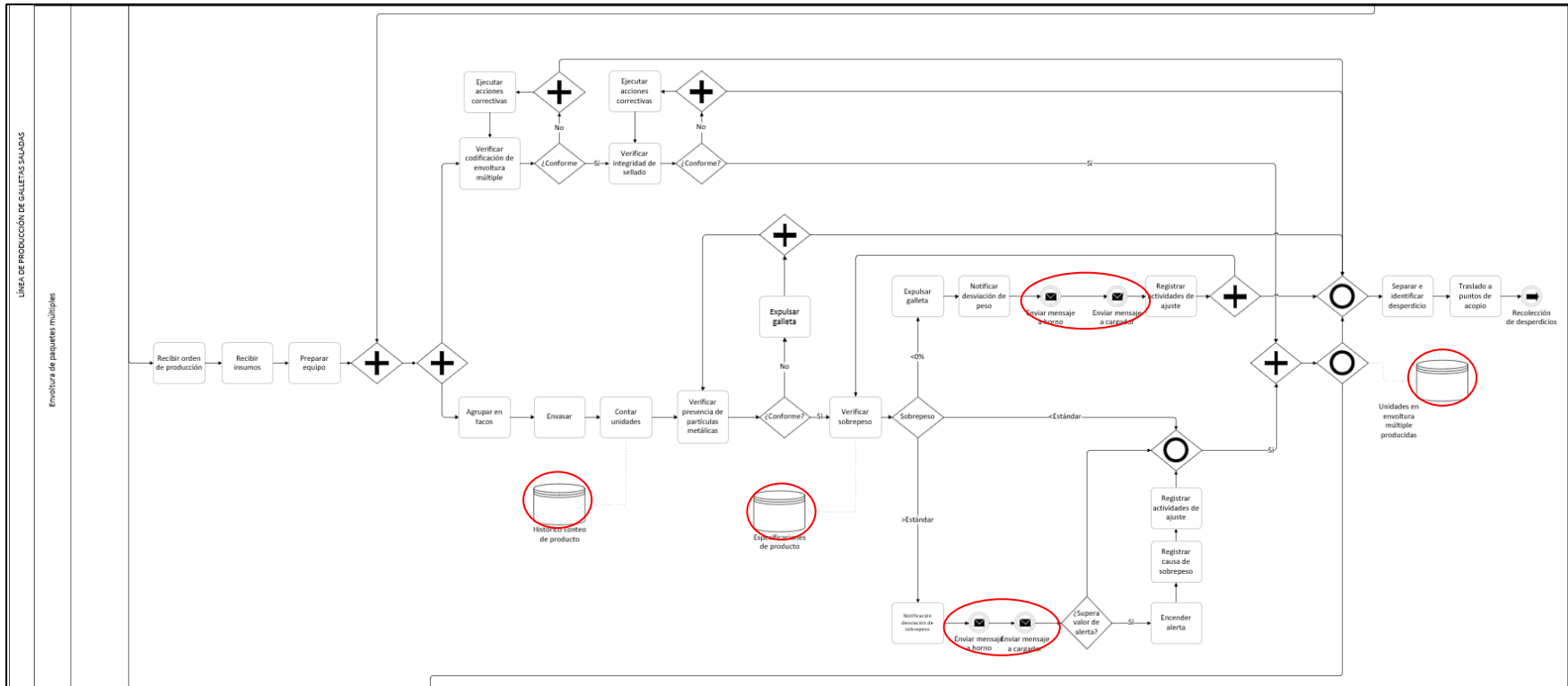
En la *ilustración 43*, *ilustración 44*, *ilustración 45*, *ilustración 46* e *ilustración 47* es mostrado el procedimiento para producir galletas saladas el cual lo resume en los procedimientos de: mezclar, formar masa, hornear y enfriar, envolver paquetes individuales, envolver paquetes múltiples, embalar y paros teniendo en cuenta las propuestas realizadas.



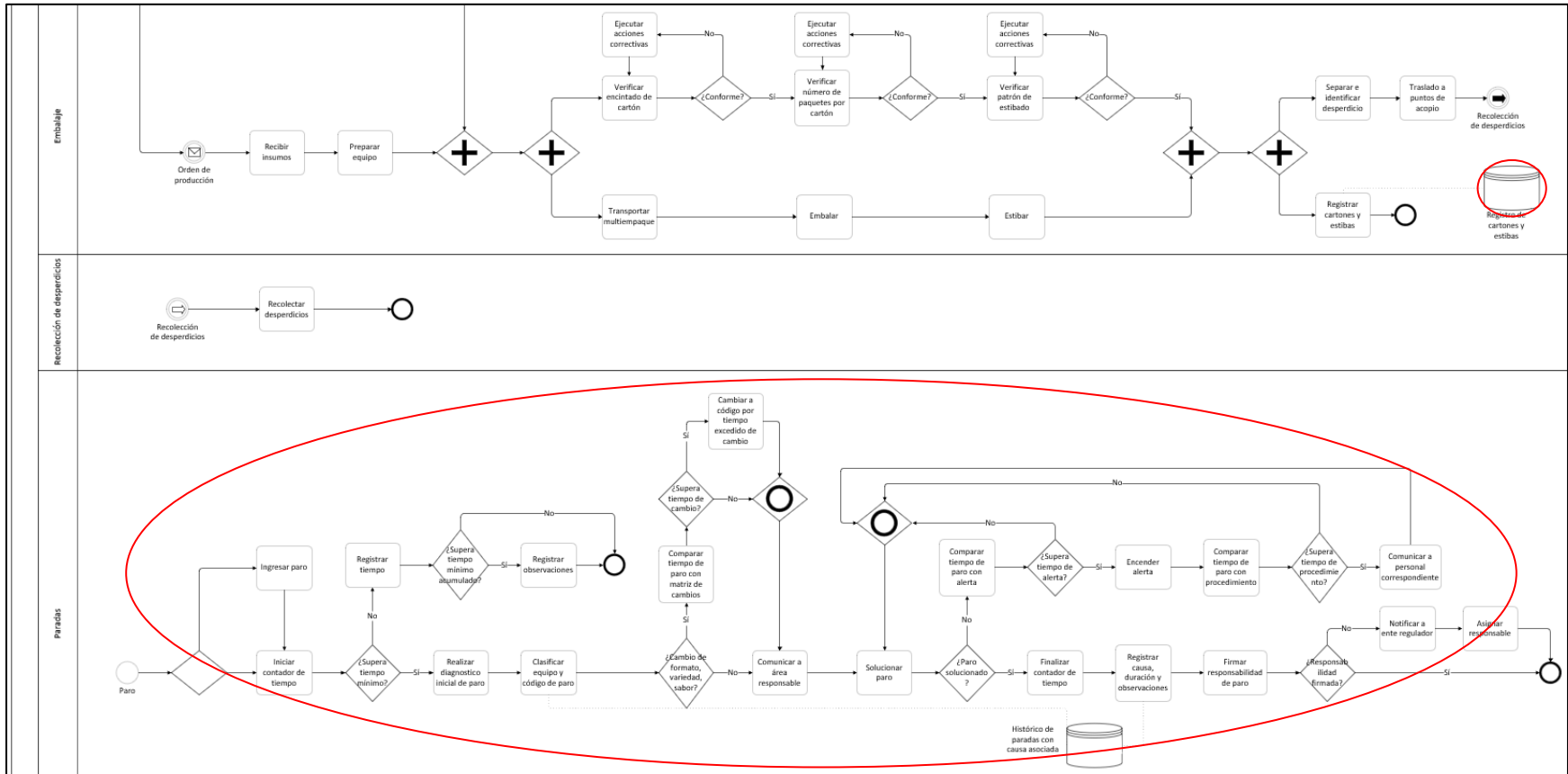
**Ilustración 43.** *Producir galletas saladas a. propuesta. Elaboración propia.*



**Ilustración 44.** Producir galletas saladas b. propuesto. Elaboración propia.

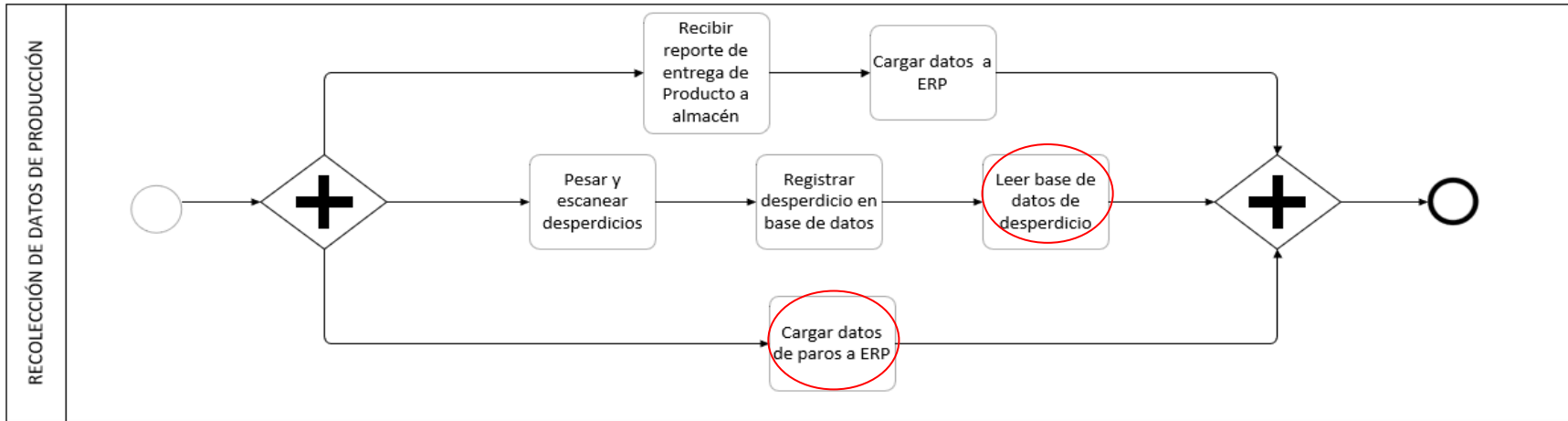


**Ilustración 45.** Producir galletas saladas c. propuesto. Elaboración propia.



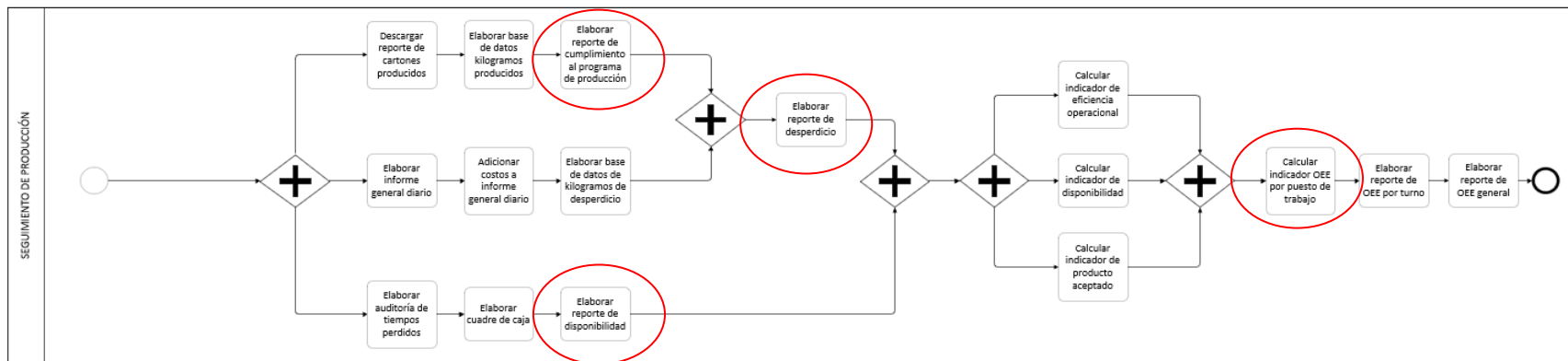
**Ilustración 46.** Producir galletas saladas d. propuesto. Elaboración propia.

Por otra parte, en la *ilustración 47* es representado el procedimiento de recolectar datos de producción propuesto, el cual está dividido en los procedimientos: recolectar datos de calidad, recolectar datos de disponibilidad y recolectar datos de rendimiento representando las oportunidades encontradas.



*Ilustración 47. Recolectar datos de producción propuesto. Elaboración propia.*

Finalmente, en la *ilustración 48* se muestra el procedimiento de seguir producción el cual está dividido en los procedimientos: seguir datos de calidad, seguir datos de disponibilidad, seguir datos de rendimiento y seguir OEE, esto tomando en cuenta las propuestas de mejora



*Ilustración 48 Seguir producción. Elaboración propia.*

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.**

Por último, en el presente capítulo se reúnen las conclusiones encontradas para el trabajo desarrollado.

- Es establecido el estado actual de los procesos relevantes para el indicador OEE de la línea de galletas saladas de Colombina del Cauca, realizando una descripción para luego ser plasmada en los modelos IDEF-0 y BPMN que permite tener una visión detallada de los procesos y procedimientos que se realizan para obtener dicho indicador.
- La definición del estado actual de la empresa en los modelos IDEF-0 y BPMN es determinante para el diseño, implementación, mantenimiento y escalamiento a las demás líneas de producción de la planta del sistema MES debido que define todos los puntos necesarios para tener en cuenta de manera estandarizada y detallada.
- Las oportunidades de mejoramiento encontradas a partir del contraste con el estándar ANSI/ISA-95 le permiten a Colombina del Cauca tener una guía para garantizar el éxito del proyecto de implementación del sistema MES, logrando así cumplir con las metas planteadas para el proyecto “Digitalización y visualización en tiempo real de los indicadores de Manufactura 4.0 en la línea de galletas saladas”.
- Los resultados obtenidos en el presente proyecto muestran la importancia del análisis de los procesos y procedimientos lo cual motiva a la empresa a continuar analizando sus procesos de manera detallada siguiendo con el proceso de mejora continua.
- Como objetivo para trabajos futuros se espera implementar las oportunidades encontradas no solo en la línea donde el trabajo fue desarrollado, si no también en las otras 17 líneas de producción previo a un análisis específico, optimizando el proceso de mejora continua.

## Referencias bibliográficas.

- [1] "Colombina - El Sabor Es Infinito". Colombina - El Sabor Es Infinito. [https://colombina.com/co\\_es](https://colombina.com/co_es), 2022.
- [2] A. F. Castano, L. G. Astudillo, y O. A. Rojas, "Conceptualización de la gestión de activos fijos de planta en un enfoque integral basado en la norma bsi pas-55: 2008 y los estándares ansi/isa-88 y ansi/isa-95." In XX Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos, Bogotá, 2018.
- [3] X. Zhu, S. Ge y N. Wang, "Digital transformation: A systematic literature review", *Computers & Industrial Engineering*, vol. 162, p. 107774, diciembre 2021. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107774>
- [4] F. Facchini, S. Digiesi y L. F. Rodrigues Pinto, "Implementation of I4.0 technologies in production systems: opportunities and limits in the digital transformation", *Procedia Computer Science*, vol. 200, pp. 1705–1714, 2022. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.371>
- [5] C. Tsagakani y A. Tsalgatidou, "Process model abstraction for rapid comprehension of complex business processes", *Information Systems*, vol. 103, p. 101818, enero 2022. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.is.2021.101818>
- [6] G. R. Waissi, M. Demir, J. E. Humble y B. Lev, "Automation of strategy using IDEF0 — A proof of concept", *Operations Research Perspectives*, vol. 2, pp. 106–113, diciembre 2015. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.orp.2015.05.001>
- [7] A. G. Alexander. "Modelado de Procesos Utilizando IDEF0". Eficiencia Gerencial y Productividad – Asesoría Empresarial. Disponible: [https://www.gerenciayproductividad.com/wp-content/uploads/2020/07/12\\_Modelado\\_de\\_Procesos\\_Utilizando\\_IDEF0.pdf](https://www.gerenciayproductividad.com/wp-content/uploads/2020/07/12_Modelado_de_Procesos_Utilizando_IDEF0.pdf)
- [8] R. P. Martins, N. Lopes y G. Santos, "Improvement of the food hygiene and safety production process of a Not-for-profit organization using Business Process Model and Notation (BPMN)", *Procedia Manufacturing*, vol. 41, pp. 351–358, 2019. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.09.019>
- [9] W. M. P. van der Aalst, A. H. M. ter Hofstede, B. Kiepuszewski y A. P. Barros, *Distributed and Parallel Databases*, vol. 14, n.º 1, pp. 5–51, 2003. Disponible: <https://doi.org/10.1023/a:1022883727209>
- [10] M. Chinosi y A. Trombetta, "BPMN: An introduction to the standard", *Computer Standards & Interfaces*, vol. 34, n.º 1, pp. 124–134, enero 2012. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.csi.2011.06.002>
- [11] L. Apilioğulları, "Digital transformation in project-based manufacturing: Developing the ISA-95 model for vertical integration", *International Journal of Production Economics*, vol. 245, p. 108413, marzo 2022. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108413>



- [12] I. Šajdlerová, V. Schindlerová y J. Kratochvíl, "Potential and limits of overall equipment effectiveness in the total productivity management", *Advances in Science and Technology Research Journal*, vol. 14, n.º 2, pp. 19–26, junio 2020. Disponible: <https://doi.org/10.12913/22998624/113617>
- [13] T. Kombe, E. Niel, L. Pietrac y A. Rauzy, "Global efficiency assessment based on component composition of OEE using altarcica data-flow language", *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 42, n.º 4, pp. 246–251, 2009. Disponible: <https://doi.org/10.3182/20090603-3-ru-2001.0047>
- [14] M. Rolón y E. Martínez, "Agent-based modeling and simulation of an autonomic manufacturing execution system", *Computers in Industry*, vol. 63, n.º 1, pp. 53–78, enero 2012. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2011.10.005>
- [15] Chopra, R., Sawant, L., Kodi, D. y Terkar, R. (2022). Utilization of ERP systems in manufacturing industry for productivity improvement. *Materials Today: Proceedings*, vol 62, n.º 2, pp. 1238-1245, 2022. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.529>
- [16] Castellanos R., L. C., Villamil J., L. C. y Romero P., J. R. (2004). Incorporación del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control en la legislación alimentaria. *Revista de Salud Pública*, 6(3), 289–301. Disponible: <https://doi.org/10.1590/s0124-00642004000300005>