

CONCEPTUALIZACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC CON BASE A LOS ESTÁNDARES ISA-95 E ISA-88 APLICADO A UN CASO DE ESTUDIO



**Laura Isabel Terán Díaz
Adriana Paola Rojas Gaviria**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL
INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL
POPAYÁN
2015**

CONCEPTUALIZACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC CON BASE A LOS ESTÁNDARES ISA-95 E ISA-88 APLICADO A UN CASO DE ESTUDIO



Monografía presentada como requisito parcial para optar por el título de Ingenieras en Automática Industrial

**Laura Isabel Terán Díaz
Adriana Paola Rojas Gaviria**

Director: PhD(C). Oscar Amaury Rojas A.

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL
INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL
POPAYÁN
2015**

AGRADECIMIENTOS

*A Dios por todas sus bendiciones.
A mis padres por ser los mejores del mundo, por alentarme a superarme cada día y confiar en mí.
A mi hermana, por ser mi compañía generadora de alegrías.
A Ainara, que vienes en camino y estoy esperándote con mucha emoción.
A Camilo que has sido un gran apoyo y de quien he aprendido tanto.
Y a esas personas especiales, gracias por su apoyo, consejos, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida.*

Laura

*Gracias Dios por todo lo que me has dado y por tu infinito amor:
Gracias por mi Señor Jesús, quien es mi fortaleza, al no soltar mi mano y mantenerme a su lado en cada momento.
Gracias por mis padres, quienes han sido un motor para mi vida. Gracias papá por ser ese ejemplo de constancia y dedicación; gracias mamá por tu apoyo incondicional y por entregarme lo mejor de ti.
Gracias por mis hermanitos, quienes despiertan en mí una felicidad y un amor inexplicable.
Gracias por mi familia, quienes han sido el complemento diario de amor, compañía y comprensión.
Gracias por cada una de las personas que has colocado en mi vida, quienes me han enseñado el significado de amistad y de compañerismo.*

*“Pon en manos del SEÑOR todas tus obras,
y tus proyectos se cumplirán”
Proverbios 16:3 NVI*

Adriana

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	9
OBJETIVOS	11
Capitulo I. Marco Teórico Six Sigma y Metodología DMAIC	12
1.1. Origen de Six Sigma.....	12
1.2. Six Sigma.....	12
1.2.1. Métrica Six Sigma	13
1.2.2. Otras métricas Six Sigma	14
1.2.3. Metodologías Six Sigma	16
1.2.4. Principios Six Sigma [11]	16
1.2.5. Objetivos Six Sigma.....	17
1.3. Metodología DMAIC	17
1.3.1. Fase 1: Definir	18
1.3.2. Fase 2: Medir.....	19
1.3.3. Fase 3: Analizar	21
1.3.4. Fase 4: Implementar.....	21
1.3.5. Fase 5: Controlar	22
1.4. Metodología DMAIC aplicada en casos de estudio	23
Capitulo II. Conceptualización de la metodología DMAIC con base a los estándares ISA-88 e ISA-95	26
2.1. Introducción a los estándares ISA.....	26
2.1.1. ISA-88.....	28
2.1.2. ISA 95.....	29
2.1.2.1. ISA 95.01	30
2.1.2.2. ISA 95.03	32
2.2. Conceptualización de la metodología DMAIC en base a las funciones y modelos definidos en el estándar ISA-88 e ISA-95.....	37
2.2.1. Fase de Definición	38
2.2.3. Fase de Analisis	52
2.2.4. Fase de Implementación.....	54

2.2.5. Fase de Control.....	57
Capitulo III. Validación de la Conceptualización de la Metodología DMAIC en la empresa Dulces Rinconcito.....	60
3.1. Implementación y Desarrollo de la Conceptualización de la Metodología DMAIC	60
3.1.1. Definición del proceso de elaboración de dulces de guayaba.....	60
3.1.2. Medición del Proceso de elaboración de dulces de guayaba.....	73
3.1.3. Análisis de datos e información del proceso de elaboración de dulces de guayaba 88	
3.1.4. Implementación de soluciones propuestas para el proceso de elaboración de dulces de guayaba	90
3.1.5. Control en el proceso de elaboración de dulces de guayaba	101
3.2. Validación de la implementación una vez conceptualizada la metodología DMAIC	102
3.2.2. ENCUESTAS	102
3.2.3. REGISTRO FOTOGRAFICO	103
3.2.3. NIVEL SIGMA	106
3.2.4. RESULTADOS NUEVOS KPI's.....	108
CONCLUSIONES.....	111
REFERENCIAS	113

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Demostración gráfica del nivel Six Sigma.	13
Figura 2. Cambio de un proceso de calidad con 3 Sigma a 6 Sigma.	14
Figura 3. Jerarquía Funcional ISA-95.01.	27
Figura 4. Modelo de flujo de datos funcional.	31
Figura 5. Modelo de flujo de datos funcional relacionado a las cuatro categorías MES.	32
Figura 6. Modelo genérico de actividades de administración de operaciones de manufactura. ...	33
Figura 7. Modelo de actividades de administración de operaciones de manufactura de producción.	34
Figura 8. Modelo de actividades de administración de operaciones de manufactura de mantenimiento.	35
Figura 9. Modelo de actividades de administración de operaciones de manufactura de inventario.	36
Figura 10. Modelo de actividades de administración de operaciones de manufactura de calidad.	37
Figura 11. Modelo de personal.	39
Figura 12. Modelo de equipo.	40
Figura 13. Modelo de material.	41
Figura 14. Modelo de segmento de proceso.	42
Figura 15. Interfaces del modelo de actividad de administración de recursos de producción.	43
Figura 16. Recapitulación fase definir.	44
Figura 17. Modelo Físico	45
Figura 18. Interfaces del modelo de actividad de recolección de información de producción.	46
Figura 19. Modelo de proceso.	47
Figura 20. Modelo de control de Procedimiento.....	48
Figura 21. Modelo de Control de Procedimientos/ Modelo Físico/ Modelo de Procesos.	49
Figura 22. Interfaces del modelo de actividad de despacho de la producción.	50
Figura 23. Interfaces del modelo de actividad de seguimiento de la producción.	51
Figura 24. Recapitulación fase medir.	52
Figura 25. Interfaces del modelo de actividad de análisis de desempeño de producción.	53
Figura 26. Recapitulación fase análisis.	54
Figura 27. Interfaces del modelo de actividad de administración de definición de producto.	55
Figura 28. Interfaces del modelo de actividad de programación detallada de producción.	56
Figura 29. Recapitulación fase mejorar.	57
Figura 30. Interfaces del modelo de actividad de administración de ejecución de producción. ...	58
Figura 31. Recapitulación fase control.	59
Figura 32. PFD proceso de elaboración de dulces de guayaba.	62
Figura 33. Cadena de valor proceso de elaboración de dulces de guayaba.	63
Figura 34. Objeto de negocio selección y adecuación guayaba.....	64

Figura 35. Diagrama A-0.	74
Figura 36. Funciones generales efectuadas en el proceso.	75
Figura 37. Actividades administración de la producción.	76
Figura 38. Actividad planificación de la producción.	76
Figura 39. Actividad operaciones de producción.	77
Figura 40. Actividades inmersas en corte.	78
Figura 41. Actividades inmersas en empaque.	78
Figura 42. Actividades inmersas en embalaje.	79
Figura 43. Actividad comercialización y ventas.	79
Figura 44. Modelo físico general.	80
Figura 45. Modelo físico de selección y adecuación de la guayaba.	81
Figura 46. Modelo de proceso.	82
Figura 47. Modelo de procedimiento general.	83
Figura 48. Modelo de procedimiento selección y adecuación de la guayaba.	84
Figura 49. Etapa selección y adecuación.	85
Figura 50. Funciones generales del proceso.	95
Figura 51. Actividades administración de la producción.	96
Figura 52. Actividad planificación de la producción.	97
Figura 53. Actividades de operaciones de producción.	98
Figura 54. Actividades inmersas en corte.	99
Figura 55. Actividades inmersas en empaque.	99
Figura 56. Actividades inmersas embalaje.	100
Figura 57. Actividades Comercialización y ventas.	100
Figura 58. Cortadoras.	104
Figura 59. Armario de herramientas.	104
Figura 60. Herramientas de la extrusora.	105

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Conversión del DPMO al nivel sigma.....	20
Tabla 2. Atributos de operario 1.....	65
Tabla 3. Clase operarios dulce guayaba.....	65
Tabla 4. Definición atributos de clase operarios dulces guayaba.....	65
Tabla 5. Propiedad A1.....	66
Tabla 6. Propiedad A2.....	66
Tabla 7. Agrupación tiempo de trabajo.....	66
Tabla 8. Especificaciones y requerimientos de Operario 1.....	67
Tabla 9. Definición clase marmitas.....	68
Tabla 10. Marmita 1.....	68
Tabla 11. Clases existentes en el modelo de equipos.....	69
Tabla 12. Materiales utilizados en la elaboración de dulces de guayaba.....	70
Tabla 13. Definición de Guayaba.....	71
Tabla 14. Agrupación de los materiales en cada clase.....	71
Tabla 15. Especificación de segmento de proceso de selección y adecuación de las guayabas.	72
Tabla 16. Especificación de segmento de material para el segmento de proceso selección y adecuación.....	72
Tabla 17. Especificación de segmento de equipo para el segmento de proceso selección y adecuación de la guayaba.....	73
Tabla 18. Especificación de segmento de personal para el segmento de proceso selección y adecuación de la guayaba.....	73
Tabla 19. Clasificación del OEE según el nivel de excelencia.....	87

INTRODUCCIÓN

Con el paso del tiempo y debido a las exigencias de mejora que se ven expuestas las empresas por la alta competitividad en los diferentes mercados, se ha hecho necesario la implementación de herramientas, métodos y metodologías que identifiquen con rapidez y bajo costo las anomalías en los procesos, de tal manera que estos se optimicen, logrando una alta calidad en los productos y la satisfacción del cliente [1]

Entre las principales estrategias que por mucho tiempo han sido utilizadas por empresas a nivel mundial se encuentra Six Sigma, la cual tiene el objetivo de encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos de producción; su nombre se debe a que tiene como objetivo generar máximo 3.4 defectos por millón de oportunidades y se apoya en metodologías como DMAIC¹ para alcanzarlo, la cual cuenta con el desarrollo de cinco fases: definir, medir, analizar, mejorar y controlar [2].

De igual manera se ha ido desarrollando la normatividad empresarial, donde sus objetivos y planteamientos se basan en ayudar en el mejoramiento, organización y solución a las necesidades de las empresas, como la Sociedad Internacional de Automatización (ISA).

Por otro lado, son numerosas las metodologías, herramientas y normas empresariales que han surgido de importantes conocedores en temas empresariales y de organizaciones especializadas en la unificación de conceptos y procedimientos; pero también se han encontrado metodologías y herramientas que son interpretadas por cada actor² según sus conocimientos y conceptos, obteniendo como consecuencia informes de aplicación con terminologías y conceptos diferentes que ocasionan confusión entre lectores.

En base a lo expuesto anteriormente, se estipula que la metodología DMAIC no cuenta con pasos y actividades dentro de cada una de sus fases de manera estandarizada, por lo que en este trabajo se aplican los términos, funciones, actividades y modelos definidos en los estándares ISA-88 e ISA-95 para alcanzar la conceptualización de cada una de las fases de la metodología DMAIC y de esta manera mantener sus objetivos, adicionando los alcances de los estándares con los cuales se logra la optimización, mejoramiento en los flujos de la empresa, integración vertical y horizontal y organización de funciones y actividades permitiendo un orden específico en cada uno de los pasos a desarrollar dentro de la metodología inicial.

¹ DMAIC: Sus siglas en inglés (define, measure, analyze, improve, control).

² Actor: Intérprete, Ejecutante.

Una vez obtenida la conceptualización, se procede a implementarla en la empresa Dulces Rinconcito como caso de estudio, la cual se dedica a la elaboración de dulces típicos en la región de Cauca, y finalmente validar la solución propuesta.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Conceptualizar los aspectos de la metodología DMAIC con base a los estándares ISA-95 e ISA-88.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los conceptos y las fases definidas en la metodología DMAIC.
- Unificar las fases de la metodología DMAIC con base en los conceptos y modelos establecidos en los estándares ISA-88 e ISA-95.
- Aplicar y validar la conceptualización de la metodología DMAIC complementada con los estándares ISA-88 e ISA-95 en un caso de estudio.

Capítulo I.

Marco Teórico Six Sigma y Metodología DMAIC

Este capítulo presenta los principales aspectos de la estrategia de mejora conocida como Six Sigma e introduce a una de sus metodologías de apoyo: DMAIC, abordando las cinco fases que la compone y exponiendo brevemente las herramientas utilizadas en cada una de ellas.

1.1. Origen de Six Sigma

En 1987, Six Sigma es introducida en el Departamento de Fabricación de Motorola, tras la labor del Ingeniero Mikel Harry, quien comenzó a influenciar la organización para profundizar en los estudios de la variación de los procesos basándose en los conceptos Deming. La iniciativa de aquel Ingeniero se convirtió en el foco de esfuerzo para mejorar la calidad en Motorola, capturando la atención de Bob Galvin, Directivo Ejecutivo de dicha organización, quien no solo enfatizó en el análisis de la variación sino también en la mejora continua, con el propósito de reducir los defectos en los productos electrónicos.

Posteriormente Allend Signal en 1994 y General Electric en 1995 contribuyeron a consolidar la estrategia Six Sigma, obteniendo excelentes e impactantes resultados en todas sus divisiones. Desde entonces, Six Sigma ha sido adoptada, enriquecida y generalizada por múltiples empresas y hoy en día es una de las herramientas de mejora más utilizadas en todo el mundo [2]–[4].

1.2. Six Sigma

Six Sigma es una estrategia de mejora continua que busca identificar las causas de errores, defectos y retrasos en los diferentes procesos dentro de una organización, enfocándose en los aspectos que son más críticos para el cliente [2], intentando alcanzar un alto nivel de calidad en los procesos con la reducción del número de defectos en los mismos y minimizando su variabilidad [5].

Por su parte [6], describe que Six Sigma es una herramienta que articula el uso de diferentes técnicas de la gestión de la calidad, el control estadístico y el diseño de experimentos; que combinadas con la medición del desempeño de procesos permite

centrarse en mejoras focalizadas o de toda la organización, impactando en la reducción de costos de operación y aumento de la rentabilidad.

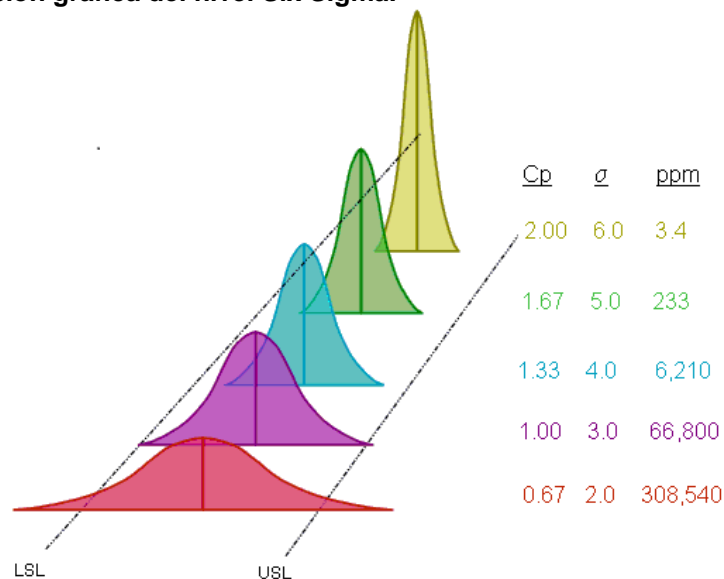
La estrategia de Six Sigma se basa en métodos estadísticos rigurosos que emplean herramientas de calidad y análisis matemáticos, ya sea para diseñar nuevos productos y procesos o para mejorar los ya existentes dentro de la organización. Con esta estrategia se pretende optimizar las salidas del proceso mediante un enfoque detallado en las entradas del mismo y en los procesos involucrados [4], [5], [7].

La meta de Six Sigma, a la cual se le debe su nombre, es lograr que los procesos tengan 3.4 DPMO³, o en otras palabras, lograr que estén bien el 99.9997% de las veces a la primera ejecución, lo cual se asemeja a la realización de procesos claves casi a la perfección [7], [8].

1.2.1. Métrica Six Sigma

Sigma (σ) es la letra griega que se utiliza para representar la desviación estándar; conforme a la teoría básica de la estadística, mientras más alto sea el sigma, la desviación estándar es menor, permitiendo que el proceso sea mejor, más preciso y menos variable [3], [8]. Ver figura 1.

Figura 1. Demostración gráfica del nivel Six Sigma.



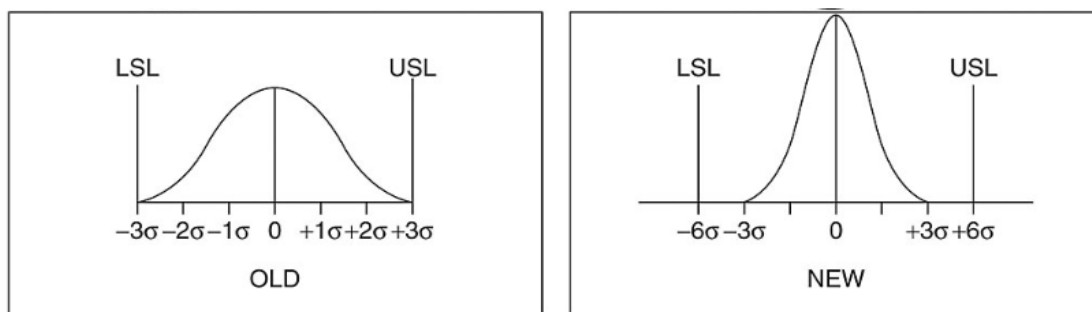
³ DPMO: defectos por millón de oportunidades.

Fuente: [9].

El valor de sigma determinan el número de defectos que se presentan; si se asume que una distribución es gaussiana para la variación de un proceso, el área en las colas de la distribución se puede utilizar para estimar los defectos previstos [2].

Cambiar la calidad de un proceso de tres sigma a seis sigma, es pasar de un rendimiento del 99.73% con un 66,80 DPMO a uno del 99.9997% con un 3.4 DPMO [8]. Ver figura 2.

Figura 2. Cambio de un proceso de calidad con 3 Sigma a 6 Sigma.



Fuente: [10].

1.2.2. Otras métricas Six Sigma [9]

Existe una variedad de métricas estadísticas para medir el desempeño de un proceso con un enfoque Six Sigma, entre ellas se encuentran:

- Defectos por unidad (*DPU*):

Métrica que mide el nivel de no calidad de un proceso que no toma en cuenta las oportunidades de error y se obtiene de la siguiente forma:

$$DPU = \frac{d}{U}$$

Donde

d = número de defectos observados

U = número de unidades producidas en cierto periodo de tiempo.

- Defectos por oportunidad (*DPO*):

Se utiliza para tomar en cuenta la complejidad de la unidad o producto y se obtiene de la siguiente manera:

$$DPO = \frac{d}{U * O}$$

Donde

O = número de oportunidades de error por unidad (*Se debe asegurar que solo se cuenten oportunidades que son significantes en el proceso*).

- Defectos por millón de oportunidad (*DPMO*):

Esta métrica mide los defectos esperados en un millón de oportunidades de error y se calcula:

$$DPMO = DPO * 1.000.000$$

Con ello los consultores y estadísticos de Six Sigma estudian procesos existentes y determinan los métodos que producen los mejores resultados. Si un proceso no logra ajustarse al criterio de Six Sigma de tener 3.4 defectos por millón de oportunidades, este proceso se analiza nuevamente y se modifica el sistema incluyendo estructuras y procedimientos, y posteriormente es otra vez evaluado. Este ciclo es repetitivo hasta que se observen mejoras en las estadísticas. Una vez se encuentra una mejora, se documentan las actividades desarrolladas y el conocimiento se replica a través de las otras unidades de la compañía con el objetivo de mejorar su ejecución y reducir sus defectos hasta conseguir el valor ideal de la metodología [8].

1.2.3. Metodologías Six Sigma

Six Sigma contiene diferentes metodologías para determinados fines y usos, entre las cuales se tiene [9]:

- **DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control):** Metodología utilizada para la mejora de procesos ya existentes dentro de la organización.
- **DMADV (Define, Measure, Analyze, Design, Verify):** Metodología aplicada para el rediseño de procesos que no alcanzan la mejora aun siendo mejorados.
- **IDOV (Identify, Design, Optimize, Validate):** Metodología que se aplica para nuevos procesos o productos y no existe medición alguna disponible.
- **CQDFSS (Commercial, Quality, Design, For, Six Sigma):** Metodología utilizada para la búsqueda y aseguramiento en introducción de productos o servicios al mercado.

1.2.4. Principios Six Sigma [11]

- **Enfoque en el cliente:** la metodología se fundamenta en lo que el cliente solicita.
- **Administración basada en datos y hechos:** se identifica los métricos claves, después se realizan mediciones claras y se utilizan los datos que son analizados para probar que las soluciones funcionan y mantienen las ganancias.
- **Enfoque en el proceso:** Six Sigma se enfoca en la mejora del proceso para lograr ventajas competitivas y entregar un valor agregado al cliente.
- **Administración proactiva:** Se necesita que la dirección de la empresa sea dinámica, receptiva, proactiva, realice el seguimiento de las soluciones planteadas, verifique las metas y se enfoque en prevenir los problemas.
- **Colaboración sin límites:** Six sigma es una metodología que utiliza el trabajo en equipo, por lo cual, es necesario que se eliminen las barreras que se presenten entre los miembros, de igual forma, todos deben estar enfocados en un mismo fin.
- **Enfoque a la perfección:** con las nuevas propuestas implementadas por Six Sigma, se desea alcanzar un “cero defectos”, es decir, realizar las cosas bien desde el comienzo evitando que salgan al mercado productos de baja calidad.

1.2.5. Objetivos Six Sigma

Al aplicar Six Sigma se desea [12] :

- Optimizar productos y procesos.
- Mejorar el servicio al cliente.
- Reducir la variabilidad.
- Lograr el crecimiento de la productividad.
- Mejorar la capacidad y rendimiento de los procesos.
- Reducir los defectos totales y la duración del ciclo.
- Aumentar la confianza del producto y/o servicio.
- Mejorar el flujo del proceso para hacerlo más predecible.
- Obtener una mayor ganancia y retornar la inversión.

1.3. Metodología DMAIC

DMAIC es una metodología que consta de cinco fases: definir, medir, analizar, mejorar y controlar, definida por Six Sigma para lograr la mejora continua de procesos, con el objetivo de buscar “cero errores” y reducir costos, disminuyendo retrasos en la producción y aumentando la efectividad [5].

Un aspecto fundamental para lograr el éxito al aplicar la metodología, es definir el proyecto adecuado, el cual contenga: un problema obvio dentro del proceso, facilidad de recolectar información y potencial para mejorar la eficiencia y rentabilidad [2], después de definir correctamente el proyecto que se va a llevar a cabo, se procede a ejecutar la metodología DMAIC, la cual consta de las siguientes fases:

1.3.1. Fase 1: Definir

La primera fase de la metodología detalla claramente en que consiste el proyecto, para ello es necesario que se identifique el producto y/o proceso a ser mejorado, los requerimientos del cliente, el estado actual del proceso, las expectativas del proyecto, los recursos que serán utilizados para su ejecución y el personal encargado para llevarlo a cabo [5].

Para definir de forma adecuada el problema, es conveniente responder: ¿Por qué es necesario resolver esto ahora?, ¿Cuál es el flujo de proceso general del sistema?, ¿Qué se busca lograr en el proceso?, ¿Qué beneficios cuantificables se esperan del proyecto?, ¿Cómo sabrá que finalizo el proyecto?, ¿Qué se necesita para lograr completar el proyecto de forma exitosa? [13]

Para llevar a cabo esta fase, se propone las siguientes actividades [14]:

- Definir los requerimientos del cliente.
- Especificar el problema, las metas propuestas y los beneficios que se obtendrán al finalizar el proyecto.
- Documentar el proceso.
- Identificar al equipo que implementará la metodología y también la forma de evaluación del apoyo organizacional presente.
- Definir los recursos necesarios.

Las herramientas comúnmente utilizadas en esta fase son: team charter, diagrama de flujo de proceso, diagrama SIPOC⁴, voz del cliente, variables críticas para la calidad (CTQ`s), entre otras. Dichas herramientas son definidas y explicadas en el anexo A [14].

⁴ SIPOC: Sus siglas en inglés (suppliers, inputs, process, outputs, clients).

1.3.2. Fase 2: Medir

Esta fase es fundamental para la continuidad del proyecto, ya que recolecta la información que detalla con profundidad el funcionamiento del proceso, el flujo de trabajo, los parámetros que afectan su desempeño y todos los aspectos primordiales para el mismo. A partir de esta información, datos y variables se puntualiza la forma de medir el desempeño actual del proceso, su capacidad y el nivel sigma en el que se encuentre, definiendo el punto de inicio del proyecto, estableciendo los defectos y metas de mejora [5], [12].

Se debe responder a las preguntas: ¿Cómo funciona el proceso actualmente?, ¿Qué tipos de pasos componen el proceso?, ¿Cuáles son los indicadores de calidad del proceso y que variables de proceso parecen afectar los indicadores?, ¿Cómo están los indicadores de calidad del proceso relacionados con las necesidades del cliente?, ¿Cómo se obtiene la información?, ¿Qué exactitud o precisión tiene el sistema de medición? [15].

Los pasos en esta fase son [9]:

- Detallar el mapa del proceso.
- Plantear el método de recolección de datos.
- Validar el sistema de medición.
- Recolectar los datos.
- Determinar la capacidad y el nivel sigma del proceso.

Entre las herramientas comúnmente utilizadas se encuentran: plan de recolección de datos, benchmarking, análisis del sistema de medición / estudio R&R⁵, las cuales se definen y exponen en el anexo A; adicionalmente se utiliza el cálculo del nivel sigma del proceso [9].

⁵ Estudio R & R: estudio de repetitividad y reproducibilidad.

- **Calculo del nivel sigma del proceso**

Todo proceso tiene un nivel sigma y es necesario calcularlo en términos cuantificables para conocer la situación en la que se encuentra antes y después de la implementación de la metodología. Existen diversos métodos para calcular el nivel sigma, de los cuales el más utilizado es DPMO.

Para establecer el nivel sigma a través del DPMO es necesario: definir el proceso, determinar el número de unidades procesadas, estipular un número de oportunidades de error, calcular el número de defectos encontrados, aplicar la métrica DPMO y convertirlo al valor de sigma de acuerdo a la tabla 1 [16], [17].

Tabla 1. Conversión del DPMO al nivel sigma.

SIGMA	DPMO	SIGMA	DPMO	SIGMA	DPMO
6	3.4	4	6,210	2	308,538
5.9	5.4	3.9	8,198	1.9	344,578
5.8	8.5	3.8	10,724	1.8	382,089
5.7	13	3.7	13,903	1.7	420,740
5.6	21	3.6	17,864	1.6	460,172
5.5	32	3.5	22,750	1.5	500,000
5.4	48	3.4	28,716	1.4	539,828
5.3	72	3.3	35,930	1.3	579,260
5.2	108	3.2	44,565	1.2	617,911
5.1	159	3.1	54,799	1.1	655,422
5	233	3	66,807	1	691,462
4.9	337	2.9	80,757	0.9	725,747
4.8	483	2.8	96,801	0.8	758,036
4.7	687	2.7	115,070	0.7	788,145
4.6	968	2.6	135,666	0.6	815,940
4.5	1,350	2.5	158,655	0.5	841,345
4.4	1,866	2.4	184,060	0.4	864,334
4.3	2,555	2.3	211,855	0.3	884,930
4.2	3,467	2.2	241,964	0.2	903,199
4.1	4,661	2.1	274,253	0.1	919,243

Fuente: [17]

1.3.3. Fase 3: Analizar

La tercera fase de la metodología consiste en observar, examinar, estudiar y comparar los datos obtenidos sobre el estado actual del proceso, con el objetivo de seleccionar y aplicar herramientas de análisis a los mismos, con lo anterior se logran definir las causas de los inconvenientes inmersos en el proceso y se alcanza a estructurar un plan de mejoras potenciales con la finalidad de ser implementadas en la etapa siguiente. Es importante verificar que el problema sea real y no un evento aleatorio, pues de ser así la metodología DMAIC no podrá solucionarlo [5], [13].

Para lograr una visión clara de las variables relevantes en el proceso se propone dar solución a las siguientes preguntas: ¿Qué variables de proceso afectan más la calidad?, ¿Qué variables son controladas?, ¿Qué es de valor para el cliente?, ¿Cuáles son los pasos detallados del proceso? [5].

Los pasos a seguir son [9]:

- Definir los objetivos de desempeño.
- Identificar lo que le agrega valor o no al proceso.
- Identificar fuentes de variación.
- Determinar la(s) causa(s) raíz.

Entre las herramientas propuestas para desarrollar esta fase se encuentran: histograma, diagrama de Pareto, diagrama de causa y efecto, series de tiempo, diagrama de dispersión y análisis de regresiones; dichas herramientas son definidas en el anexo A [8].

1.3.4. Fase 4: Implementar

En la cuarta fase de la metodología se desarrollan, validan e implementan las soluciones propuestas, analizando si con ellas se alcanzan o exceden las metas de mejoramiento de calidad del proyecto. Se comprueba la solución a pequeña escala en un ambiente real de negocio, para poder conocer su funcionamiento y de acuerdo a eso efectuarla por completo.

También es necesario definir las tolerancias operacionales del sistema y evaluar los modos de falla de la solución propuesta. Por tanto, se puede asegurar que se han arreglado las causas de variación y que la solución va a funcionar cuando sea implementada por completo [5], [12], [13].

Las preguntas a responder en esta etapa son: ¿Cuál es el plan para implementar el nuevo proceso?, ¿Cómo se implementan los cambios?, ¿Qué variables de desempeño se deben usar para mostrar la mejora?, ¿Esta solución está de acuerdo con la meta de la organización? [5].

Las herramientas comúnmente utilizadas en el mejoramiento del proceso son: lluvia de ideas, matriz de prioridades, herramientas Lean y la simulación de eventos discretos., que se encuentran definidas en el anexo A [9].

1.3.5. Fase 5: Controlar

En la última fase de la metodología se implementa la solución y se asegura que esta se pueda sostener con el paso del tiempo, por lo cual es necesario diseñar un sistema que se encargue de mantener las mejoras logradas en el proceso evitando el estado anterior y que continúe con un funcionamiento eficiente.

Para finalizar, se procede a compartir la información del proyecto con otras áreas en las cuales se pueda llevar a cabo la implementación de la metodología con el fin de obtener mejoras similares [2], [5].

En esta etapa se propone[9]:

- Estandarizar el proceso.
- Documentar el plan de control.
- Monitorear el proceso.
- Difundir el proyecto.

Las herramientas que normalmente se utilizan son: cartas de control, control visual, plan de control y mantenimiento preventivo. Las herramientas mencionadas anteriormente se definen en el anexo A [9].

1.4. Metodología DMAIC aplicada en casos de estudio

La metodología DMAIC es una de las herramientas más utilizadas para reducir los defectos o errores en procesos, productos y/o servicios existentes y se ha aplicado en diferentes áreas obteniendo grandes beneficios; a continuación se presenta casos de estudio donde emplean DMAIC:

- En la tesis “Análisis y propuesta de mejora al proceso de la dirección general de vida silvestre (DGVS) mediante la aplicación de la metodología DMAIC de Six Sigma” realizada en México en el 2010, se describe el proyecto llevado a cabo en la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales en el área de Gestión y Manejo Documental del Archivo de Trámite de la Ciudad de México, con el objetivo de analizar el procedimiento de recepción de expedientes en el archivo de trámite de dicha organización y a través de la metodología plantear la solución más adecuada para agilizar las actividades y llevar un correcto control de los expedientes por parte de los empleados encargados en esa dependencia, como también, mejorar el servicio a los ciudadanos que deben realizar esos trámites; la solución propuesta después de realizar las tres primeras fases, fue un manual de procedimiento exclusivo para las funciones de la organización [18].
- Se realizó un proyecto en el 2010 para la Fabrica Maipú de Nestlé en Chile, utilizando la metodología DMAIC con el objetivo de reducir las pérdidas de materia prima y mejorar los procesos de las etapas de fabricación de chocolate. Inicialmente se tenía pérdidas que alcanzaban los \$784 millones de pesos (*Chilenos*), de las cuales el 25% se centraban en la etapa de fabricación de chocolates, específicamente en las áreas de refinado y almacenamiento, así que siguiendo la metodología, se creó un equipo de trabajo que identificó las causas potenciales de pérdidas en cada etapa del proceso de fabricación, se desarrolló una matriz de prioridad de mejoras a realizar y se asignaron responsables para su ejecución.
Con su implementación el sigma paso de 1.83 a 3.87, lo que significa que las pérdidas disminuyeron de 207.6kg a 137.3kg por día, equivalente a un ahorro de \$22 millones de pesos (*chilenos*) al año.
Para mantener bajo control las mejoras implementadas, se crearon planillas de control, informativos del proyecto para presentar en la fábrica y se realizó un entrenamiento con el personal del sector [19].

- Se diseñó una propuesta de Six Sigma en la Industria Farmacéutica Kymade en Caracas, Venezuela en el 2012, para la disminución de desperdicios en el Departamento de Producción de Sólidos para el proceso de producción de la blíster 1, debido a que presenta una baja productividad.
A través de DMAIC Se observó que este proceso no contaba con estándares o parámetros de envasado y se encontró que la mayor causa del problema era la falla del proceso, generada por la demora del ingreso de la materia y el desajuste de la máquina.
Como solución se creó un calendario de planificación y se definió indicadores de desempeños que debían ser verificados constantemente [20].
- En el artículo “Mejora del sistema de medición: Un caso aplicado a la Industria Automotriz” publicado en México en el 2013, se describe la implementación de la metodología DMAIC con el objetivo de disminuir los desperdicios generados en el proceso de inspección en una industria maquiladora de vidrio del sector automotriz. Al realizar la comparación de defectos presentes antes y después de aplicar la metodología, se obtuvo como resultado la mejora en la comunicación organizacional al dotar a los trabajadores de herramientas visuales y de comparación para la detección de errores inadvertidos con un método de trabajo estandarizado, permitiendo elevar el nivel de operación sigma de 2.5 a 3.9, lo cual se traduce a una reducción de desperdicios del 17.68% al 0.66%, correspondiente a \$24.480 USD.
A pesar de que el objetivo era lograr 4 sigmas y no se alcanzó, se resaltan las acciones realizadas que contribuyeron significativamente a la mejora del proceso, como también se menciona el uso de la metodología DMAIC como guía para la reducción de la variabilidad en un proceso, pues permitió evaluar su estado actual antes de definir e implementar una mejora [21].
- Para el 2014 en Lima, Perú, se publica “Aplicación de la metodología DMAIC al proceso de elaboración de harina residual de pescado”, donde se presenta la aplicación de las tres primeras etapas de la metodología DMAIC en una empresa dedicada a la elaboración de harina residual de pescado, con el objetivo de reducir el porcentaje de desperdicios y mejorar los procesos.
En la primera etapa se plantea el problema a tratar y los objetivos del proyecto, en la segunda etapa se verifica la capacidad del sistema de medición y del proceso mediante gráficos de control, dando como resultado que no se están cumpliendo los requisitos del cliente debido al alto porcentaje de devoluciones de

sacos de harina y finalmente, en la tercera etapa se analiza el nivel de influencia de las posibles causas que originan el incumplimiento [22].

- La Universidad Nacional de Colombia en el 2010, realizó un proyecto con el objetivo aplicar la metodología DMAIC para mejorar la capacidad del proceso de nivelación vertical dentro de una ensambladora de vehículos, para poder fortalecer la imagen de la marca proveedora y lograr la reducción de costos generados por trabajos y destrucción de material.
Como resultados, se tiene una mejora en el indicador de capacidad de proceso de nivelación vertical con un 80%, generando un ahorro de \$13.659 USD para el proveedor [23].
- En la fábrica de Corona S.A. ubicada en Bogotá, para el año 2012 se debía ensamblar llaves individuales para lavamanos de 8 pulgadas y se detectó que llevarlo a cabo tenía un costos muy elevado debido al tiempo del ciclo (86 s); por esta razón, la metodología DMAIC es implementada con el objetivo de reducirlo en un 50% disminuyendo costos, optimizando el proceso e incrementando la satisfacción de los clientes.
De acuerdo a los resultados obtenidos, se logró una reducción del 44% del ciclo, equivalente a 48 s, la productividad aumento en un 52% y el estado ergonómico de los trabajadores encargados del ensamble mejoro considerablemente [12].

De los casos de estudio encontrados, se observa que no hay ninguno que relacione los estándares ISA-95 e ISA-88 con la metodología DMAIC, por lo que la conceptualización que se llevará a cabo es la primera en su clase, permitiendo demostrar que la automatización no solo se desarrolla en grandes empresas, ni requiriendo siempre la implementación de nueva maquinaria, sino, que su aplicación puede ser en cualquier empresa y proceso de la misma.

Capítulo II.

Conceptualización de la metodología DMAIC con base a los estándares ISA-88 e ISA-95

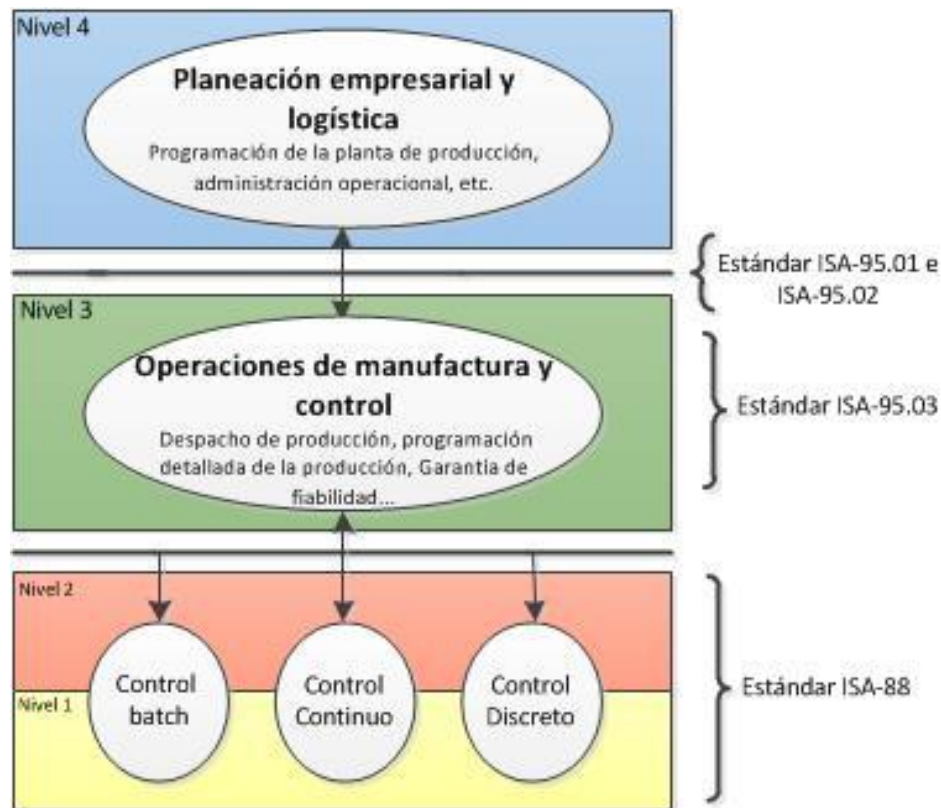
Este capítulo introduce a una recopilación de los estándares ISA-88.01, ISA-95.01 e ISA-95.03, donde se enfatizará sobre la importancia de su estudio, detallando su nivel de aplicación y especificando su alcance dentro de la jerarquía funcional. Posteriormente se realiza la conceptualización de la metodología DMAIC al unificar sus fases con la terminología, conceptos, modelos, procedimientos y funciones que suministran los estándares, logrando una integración vertical y horizontal dentro de la empresa en la que se implemente.

2.1. Introducción a los estándares ISA

La Sociedad Internacional de Automatización -ISA (*International Society of Automation*), es una organización líder a nivel mundial que ha permitido el desarrollo de tecnologías para la automatización y el control de procesos, a través de la creación de estándares que han generado la unificación de conceptos en este campo como lo son ANSI/ISA 88 y ANSI/ISA 95 [24].

La sociedad Internacional de Automatización ha definido una jerarquía funcional, tomando como base la pirámide de automatización; su objetivo es describir y brindar un conocimiento de toda la información que se maneja dentro de una industria pero vista y analizada desde una manera estructural partiendo desde el nivel de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA), pasando por el nivel de administración de operaciones de manufactura (MES) y llegando hasta el nivel de gestión de negocios (ERP). En la figura 3, se ilustran los diferentes modelos que se manejan y posteriormente se limitaran y explicaran las actividades que se realizan en los mismos.

Figura 3. Jerarquía Funcional ISA-95.01.



Fuente: [25].

En el nivel 4 se tiene el nivel de negocios: planeación empresarial y de logística (ERP), donde se llevan a cabo la planeación de recursos empresariales. Este nivel puede ser definido como el encargado de la administración operativa de la empresa, en el cual se garantiza la rentabilidad del negocio, su productividad, los altos índices de calidad y la satisfacción de las necesidades del cliente [25].

El nivel 3 correspondiente a la administración de operaciones de manufactura (MES), es el encargado de administrar los procesos productivos, teniendo bajo su responsabilidad la coordinación de la transformación de materias primas en productos terminados, garantizando el cumplimiento de las políticas de producción de la empresa o de las necesidades del cliente. Dentro de este nivel se gestionan todos los recursos involucrados en los procesos de producción, como lo son materiales, equipos y personas [25].

En los niveles 0, 1 y 2 se llevan a cabo las tareas de supervisión, monitoreo y control de variables de proceso (SCADA), incluyendo todo los recursos necesarios para

transformar materias primas en productos terminados, como lo son: sensores, actuadores, sistemas de control, controladores lógicos programables (PLC's), etc.[25].

Teniendo en cuenta la designación de niveles que se evidencia dentro de la jerarquía funcional, la sociedad internacional de automatización (ISA) ha tomado como base los problemas que se evidencian en cada uno de los ellos para presentar una terminología, unos conceptos y modelos, con los cuales se abarque la raíz de la problemática y se apacigüen las dificultades logrando una unificación en cada uno de estos niveles implementando buenas prácticas de ingeniería [25].

A continuación se presentan los estándares ISA-88 e ISA-95, dando a conocer su alcance, propósito y utilización dentro de la conceptualización que se desarrollará.

2.1.1. ISA-88

Debido a una serie de problemas de automatización que se presentaban en las diferentes industrias donde se llevaban a cabo procesos por lotes, como la inexistencia de un modelo común para el control de los mismos, la complejidad para integrar soluciones por parte de los ingenieros y la dificultad de los usuarios para transmitir sus requerimientos [24], se crea el estándar ISA 88, con el propósito de unificar la terminología y practicas apropiadas en el campo de la instrumentación [26].

Este estándar se divide en cuatro partes:

- ISA 88.01: Modelos y terminología [26].
- ISA 88.02: Estructura de datos y pautas para lenguajes [27].
- ISA 88.03: Modelos de receta general y de sitio.
- ISA 88.04: Información detallada de los registros de producción por lotes [28].

La parte del estándar que será utilizado para la conceptualización de la metodología DMAIC es ISA 88.01, el cual presenta la terminología estándar y el conjunto de modelos y conceptos para la definición de los requerimientos de control de las plantas que fabrican por lotes, con el objetivo de mejorar la comunicación entre las partes involucradas, identificar mejor las necesidades de los usuarios, disminuir costos de la automatización de procesos por lotes, desarrollar recetas de manera sencilla y reducir los esfuerzos de ingeniería.

Entre los modelos propuestos por el estándar, se encuentran el modelo de proceso, el modelo físico, el modelo de control de procedimiento y el modelo de control de actividades, con los cuales se trabajara para desarrollar procedimientos y funciones definidas en las fases de la metodología que requieran de un conocimiento específico y detallado del proceso de producción [26].

2.1.2. ISA 95

Los inconvenientes presentados en el manejo de la información entre las áreas de los sistemas de gestión de negocios (ERP) y los sistemas de administración de operaciones de manufactura (MES) han incentivado a la asociación a brindar soluciones, creando el comité ISA SP95 en el cual surge la elaboración de un estándar para simplificar el trabajo de integrar la información entre los sistemas mencionados anteriormente [29].

El estándar ISA 95, ha servido de referencia para la integración horizontal de sistemas de manufactura, puesto que, sin tener en cuenta el grado de automatización que presente la empresa, se logra una fácil unificación de las operaciones. Por otro lado, en base a los modelos y terminología se crea una correcta definición de interfaces, para lograr una integración vertical entre los sistemas MES y ERP [25].

En el estándar se encuentra una descripción de las funciones relevantes de cada uno de los sistemas y la información clave que se requiere para compartir entre estos dominios, estableciendo el alcance de las operaciones en los dos niveles y la jerarquía de equipos de la empresa [29].

El estándar ISA 95 tiene una estructura que cuenta de cinco partes:

- ISA 95.01: Modelos y terminología.
Define modelos y terminologías estándar en cuanto a definición de las interfaces entre los sistemas comerciales de una empresa y sus sistemas de control de producción [25].
- ISA 95.02: estructuras y atributos de los datos.
En conjunto con la parte 1 define el contenido de la interfaz entre las funciones de control en la producción y otras funciones de la empresa [30].

- ISA 95.03: Modelos de actividad de administración de operaciones.
Define las actividades para desarrollos de la información en la producción que permiten una integración sistemática entre el nivel de empresa y el control de la producción [31].
- ISA 95.04: modelos de objeto y atributos de la administración de operaciones de manufactura.
Provee los modelos de objetos y sus atributos de las actividades de la administración de operaciones de manufactura, los cuales describen más ampliamente las definiciones realizadas en la parte 3. Su objetivo es proporcionar la base para el diseño y la implementación de interfaces estándar dentro de la administración de operaciones de manufactura, dando soporte para lograr la interoperabilidad entre las funciones del nivel 3 [32], [33].
- ISA 95.05: Transacciones entre sistemas de negocios y de manufactura
Especifica la manera como debe realizarse el intercambio de la información definida en las partes 1 y 2 del estándar teniendo en cuenta la forma en que esta debe ser almacenada, recibida y transferida; estableciendo para ello la estructura del mensaje, mas no el contenido [32], [34].

2.1.2.1. ISA 95.01

Se encarga de definir la mayoría de funciones dentro de una empresa, donde muchas de ellas están ligadas al sistema de control de manufactura, desde las cuales se crean y proporcionan modelos de flujos de datos y modelos jerárquicos, donde se describen las diferentes funciones. Adicionalmente proporciona terminología, conceptos y modelos para integrar los sistemas de control y los sistemas empresariales mejorando la comunicación entre ellos [25].

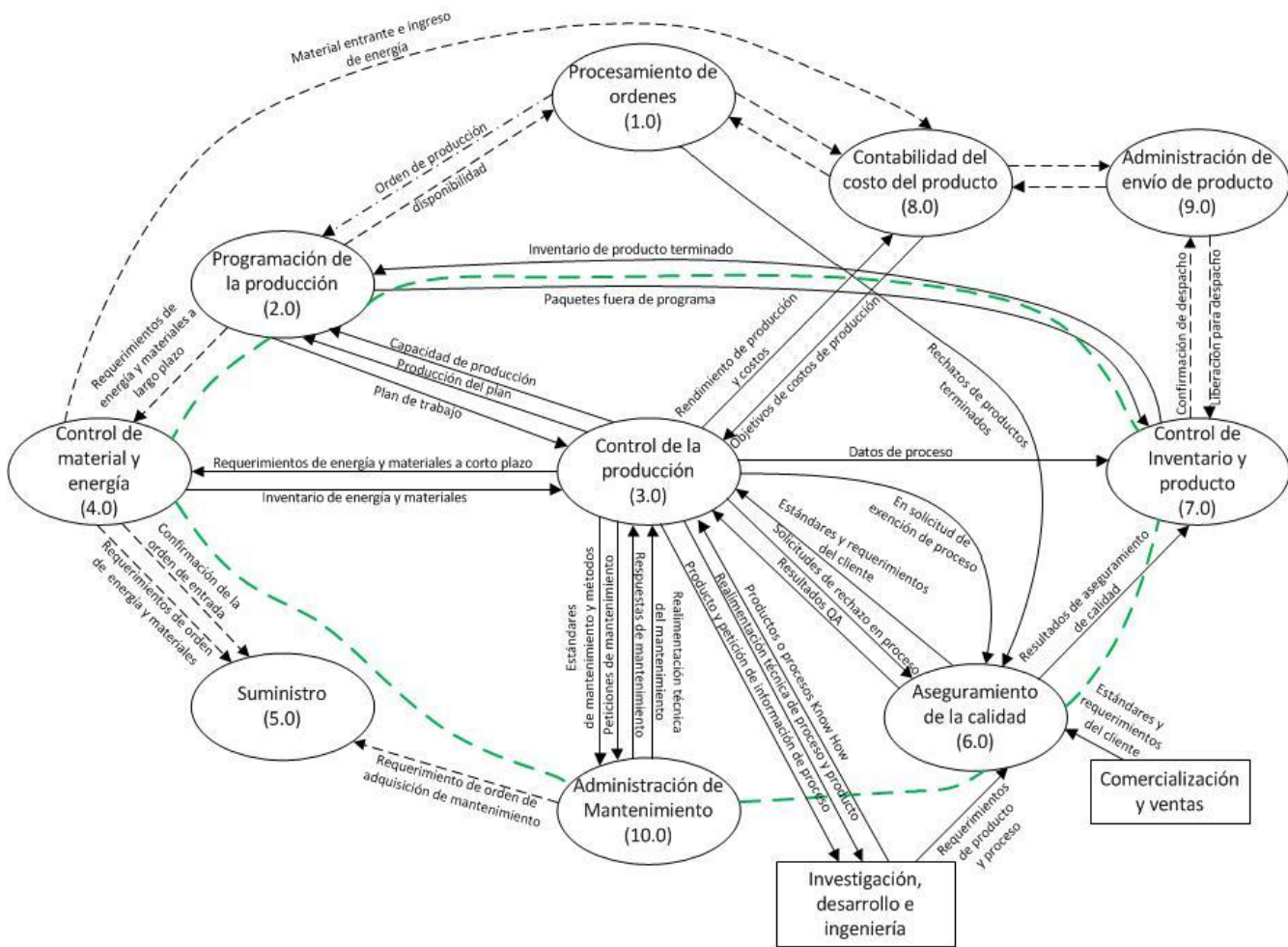
Adicionalmente se desarrollan las funciones que hacen parte del dominio de control y de manera detallada se presenta un *modelo de flujo de datos* funcional, donde se exponen funciones de la empresa directamente involucradas con manufactura especificando los flujos de información entre las funciones que cruzan la interfaz empresa-control [25].

En la figura 4, se observa el modelo de flujo de datos funcional, donde la línea ancha punteada de color verde ilustra la frontera de la interfaz empresa-control, la cual es equivalente a la interfaz nivel 3 (MES) – nivel 4 (ERP). En la parte referente al control

de manufactura se incluye la mayoría de funciones pertenecientes al control de producción, indicando flujos de información entre el mismo nivel y flujos de información [25].

El modelo refleja una estructura organizativa de funciones, con la cual se entra a realizar un reconocimiento y un estudio específico de cada una de las funciones y actividades de las mismas, de esta manera, se empieza a desarrollar una estructuración de las funciones específicas relacionadas con los objetivos definidos en cada una de las fases pertenecientes a la metodología DMAIC [25].

Figura 4. Modelo de flujo de datos funcional.



Fuente: [25].

2.1.2.2. ISA 95.03

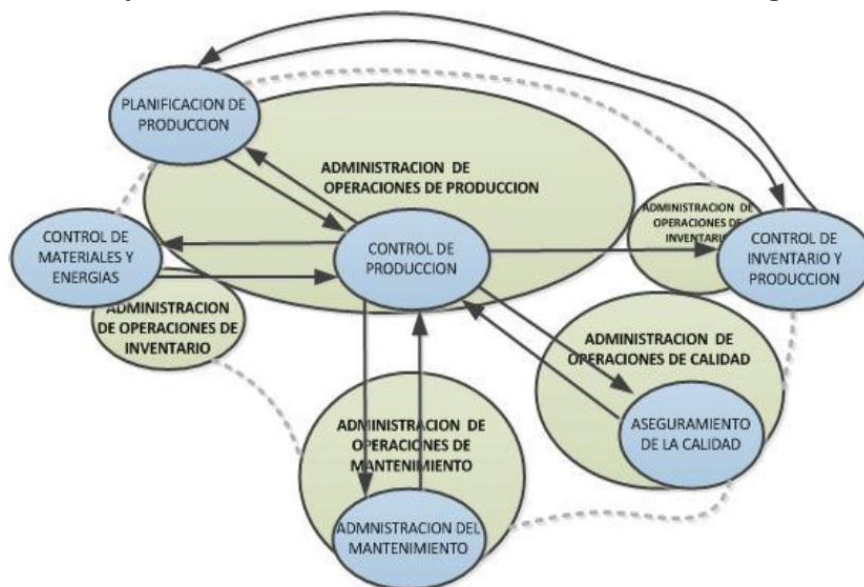
En esta parte se definen los modelos de actividad de administración de manufactura que permiten la integración con los sistemas empresariales.

El estándar ISA 95.03 está limitado a modelos asociados al nivel 3 definidos en la jerarquía funcional, donde se especifican algunos intercambios de datos entre las actividades efectuadas dentro de la administración de operaciones de manufactura. Adicionalmente se realiza una división de dichas funciones entre cuatro categorías que corresponden a: la administración de operaciones de manufactura de producción, mantenimiento, calidad e inventario [31].

Por ello, el estándar toma las funciones presentes dentro de la línea puntiaguda que se evidencia en el modelo de flujo de datos funcional definido por la norma ISA 95.01 (ver figura 4) para realizar la estructuración de las actividades que deben realizarse dentro de cada una de estas categorías y especificar los posibles flujos de datos entre ellas.

En la figura 5, se observa la correlación entre las funciones que hacen referencia al nivel 3 en el modelo de flujo de datos funcional definido en la parte 1 y la asociación a cada una de las categorías mencionadas anteriormente [25].

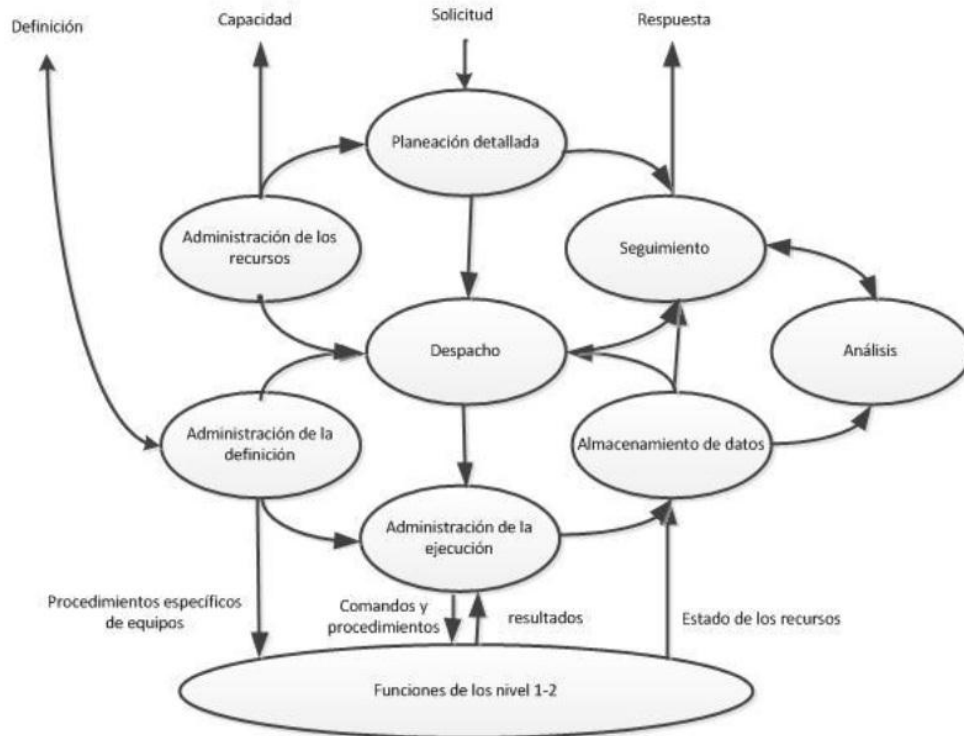
Figura 5. Modelo de flujo de datos funcional relacionado a las cuatro categorías MES.



Fuente:[31].

El estándar ISA 95.03 ha definido un modelo genérico de actividades de administración de operaciones de manufactura en el cual provee una estructura de las funciones claves que se desarrollan en cada una de las categorías y especifica los posibles flujos de información entre cada una de ellas; Ver figura 6.

Figura 6. Modelo genérico de actividades de administración de operaciones de manufactura.



Fuente: [31].

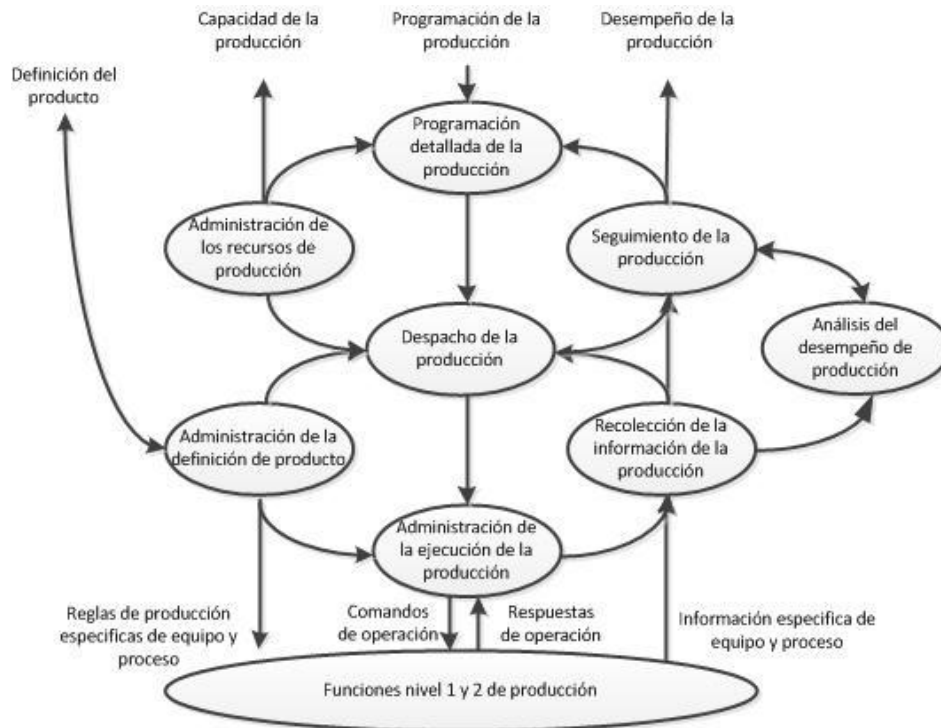
A partir del modelo genérico de actividades, se realiza la correlación de las funciones determinadas en cuatro modelos: producción, calidad, inventario y mantenimiento.

Dichos modelos proporcionan un complemento a las funciones definidas en el modelo de flujo de datos funcional (figura 4), complementando las actividades principales y definiendo de una manera detallada los flujos de información existentes entre las actividades pertenecientes a funciones específicas.

El modelo de actividades de administración de operaciones de manufactura de producción (figura 7), brinda un complemento a las funciones definidas en la parte 1 del estándar dentro del dominio de control como lo son: la asignación de recursos y control, el lanzamiento de producción, la acumulación y adquisición de datos, el seguimiento y

planificación de la producción, las operaciones y programación detallada, el análisis de desempeño, el análisis de desempeño, administración de proceso y el control de documentación, con la unificación dentro de cada una de las funciones de una serie de actividades específicas para alcanzar un correcto desarrollo de la función y adicionando los flujos de información existentes en la interacción que se efectúa entre ellas [31].

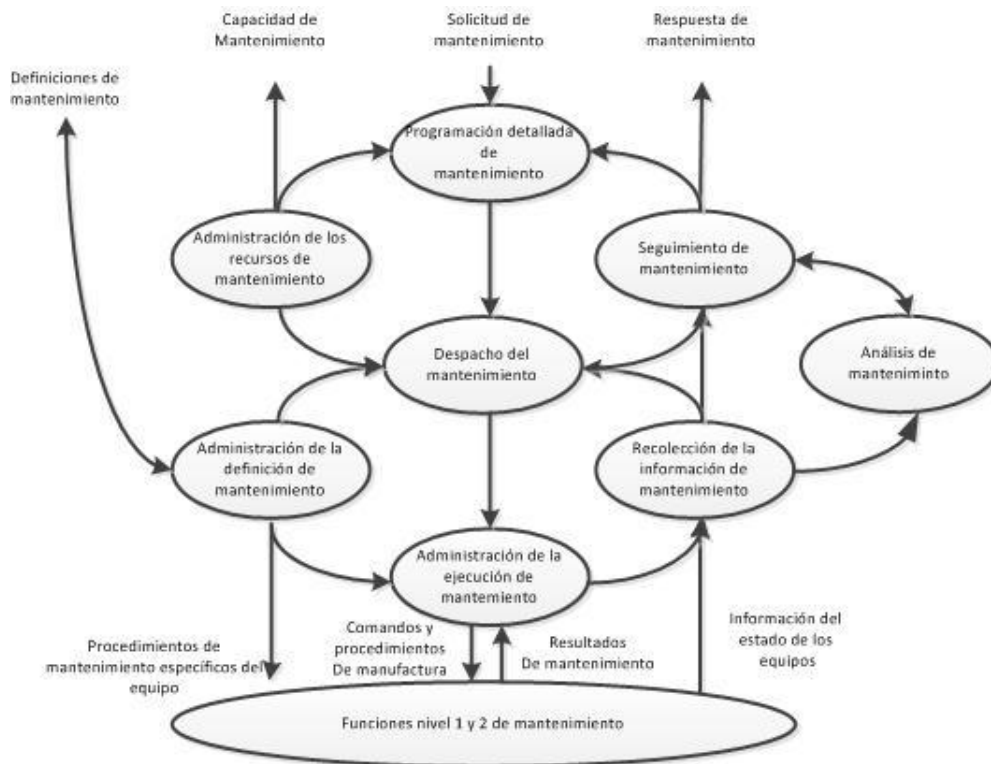
Figura 7. Modelo de actividades de administración de operaciones de manufactura de producción.



Fuente: [31].

Posteriormente, se tiene el modelo de actividades de administración de operaciones de manufactura de mantenimiento (figura 8), el cual contiene un conjunto de actividades que coordinan, dirigen y aseguran la disponibilidad y la utilización de equipos, personas y herramientas apropiadas para las operaciones que corresponden a mantenimiento con el fin de asegurar una programación de mantenimiento reactivo, periódico, preventivo o proactivo. Este modelo brinda un complemento a la función de administración de mantenimiento definida en el estándar ISA 95.01, puntualizando actividades para el correcto desarrollo de dicha función. [31]

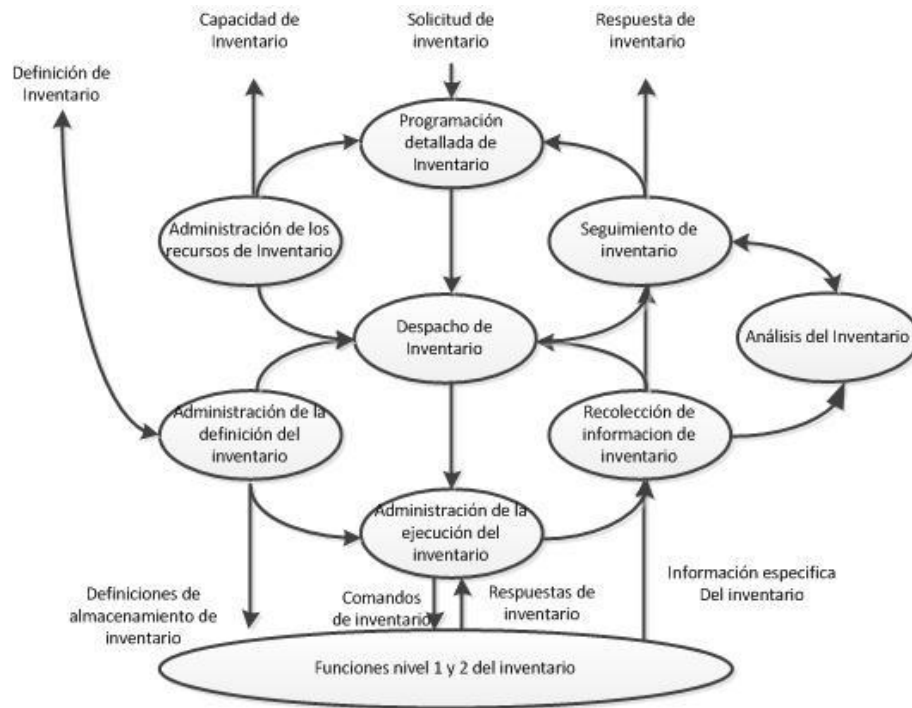
Figura 8. Modelo de actividades de administración de operaciones de manufactura de mantenimiento.



Fuente: [31].

El modelo de administración de operaciones de inventario (figura 9) consta de un conjunto de actividades encargadas de: manejar el inventario de producto o material, realizar periódicamente conteos de ciclo de inventario, manejar el traslado de material, de medir e informar sobre el inventario y las capacidades de traslado de material y de coordinar y controlar el personal y los equipos utilizados en el traslado de material. Adicionalmente, el modelo complementa la función de control de inventario de producto definida en el modelo de flujo de datos funcional en la parte 1 del estándar. Integrando actividades y flujos de información necesarios para dar un cumplimiento y desarrollar un seguimiento de la función definida con anterioridad [31].

Figura 9. Modelo de actividades de administración de operaciones de manufactura de inventario.

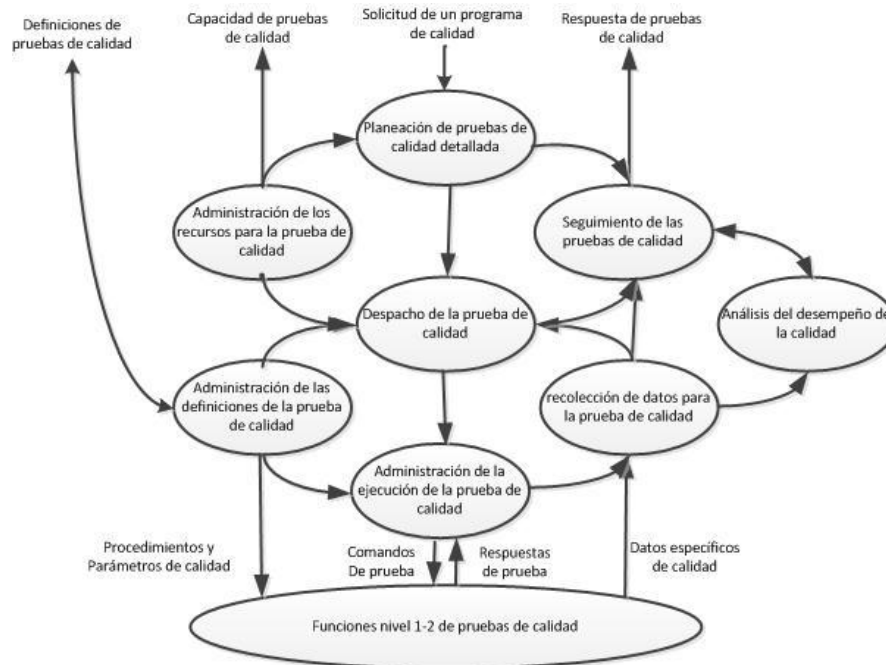


Fuente: [31].

Por último, se cuenta con el modelo de actividades de administración de operaciones de manufactura de calidad (figura 10), el cual está conformado por un conjunto de actividades relacionadas con la medición e información para lograr el objetivo de asegurar la calidad de productos intermedios y finales.

Este modelo brinda un complemento de actividades a la función de aseguramiento de la calidad definida en el modelo de flujo de datos funcional y a la función de administración de la calidad definida dentro del dominio de control en el estándar ISA-95.01 [31].

Figura 10. Modelo de actividades de administración de operaciones de manufactura de calidad.



Fuente: [31].

2.2. Conceptualización de la metodología DMAIC en base a las funciones y modelos definidos en el estándar ISA-88 e ISA-95

Al tener un conocimiento previo de los estándares de automatización ISA-88 e ISA-95 y al analizar las funciones y modelos que se definen en sus diferentes partes, se procede a realizar la conceptualización de la metodología DMAIC partiendo desde los objetivos específicos que se evidencian en cada una de sus fases (definir, medir, analizar, implementar y controlar) e integrando las funciones con sus respectivas actividades y los modelos definidos en los estándares. Esto con el fin de obtener una metodología con fases robustas que soporten con instrucciones claras y detalladas la finalidad principal de DMAIC, así, se conseguirá una metodología que logre una mejora, optimización y calidad del proceso utilizando buenas prácticas de manufactura y evidenciando una unificación de terminología y conceptos con los cuales se obtenga una claridad, un entendimiento total de los procedimientos expuestos dentro de ella y una integración de la información que se mueve dentro sus áreas organizacionales.

2.2.1. Fase de Definición

En la primera fase de la metodología se define claramente en que consiste el proyecto, sus expectativas y el personal encargado para llevarlo a cabo, para lograr este objetivo se debe identificar el proceso y/o producto en el cual se va a desarrollar el proyecto, para ello se comienza con un reconocimiento del proceso utilizando el *diagrama de flujo* y la *cadena de valor* del mismo [5].

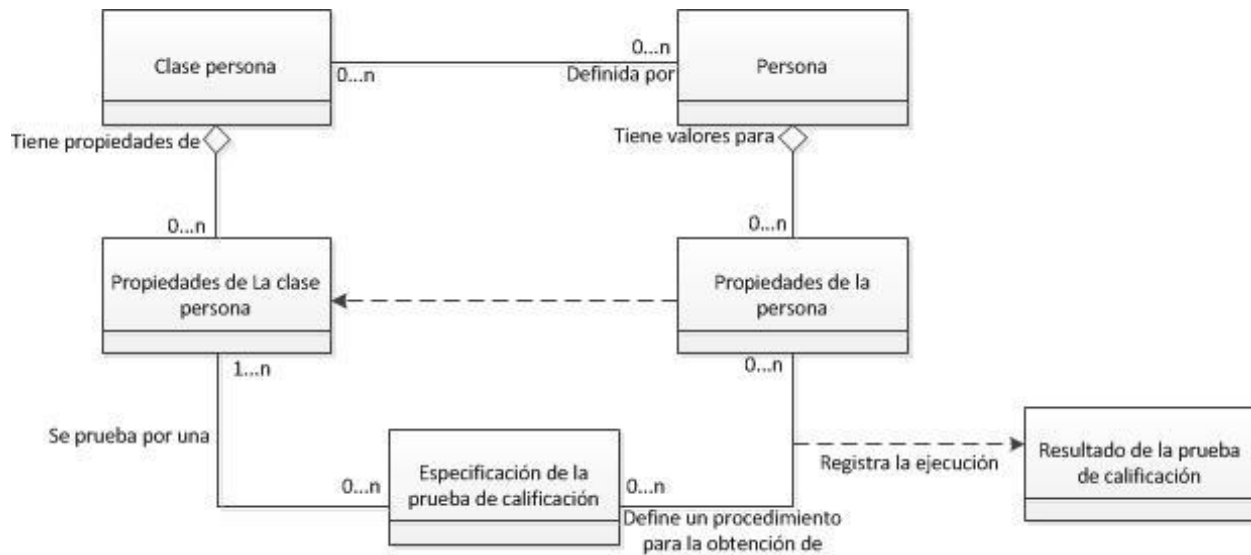
El desarrollo de estos modelos empresariales brindan las bases para describir el proceso de producción dando a conocer objetos de negocio, que detallan los elementos físicos, de comunicación y de información de cada uno de los subprocesos [25], [35].

Con el fin de obtener un estado actual del proceso de producción confiable y con detalles relevantes al proyecto, se realiza la *administración de recursos de producción*, con la cual se pretende proporcionar las definiciones de los recursos como lo son el personal, equipos y materiales. Para ello, se desarrollan los modelos que se describen a continuación donde se obtendrá la información específica de cada uno de los recursos [25].

Modelo de personal

En este modelo se encuentra la información del personal implicado en la producción dentro de una empresa. Dependiendo de las propiedades del mismo, será clasificado por clases de personal, ver figura 11 [25].

Figura 11. Modelo de personal.

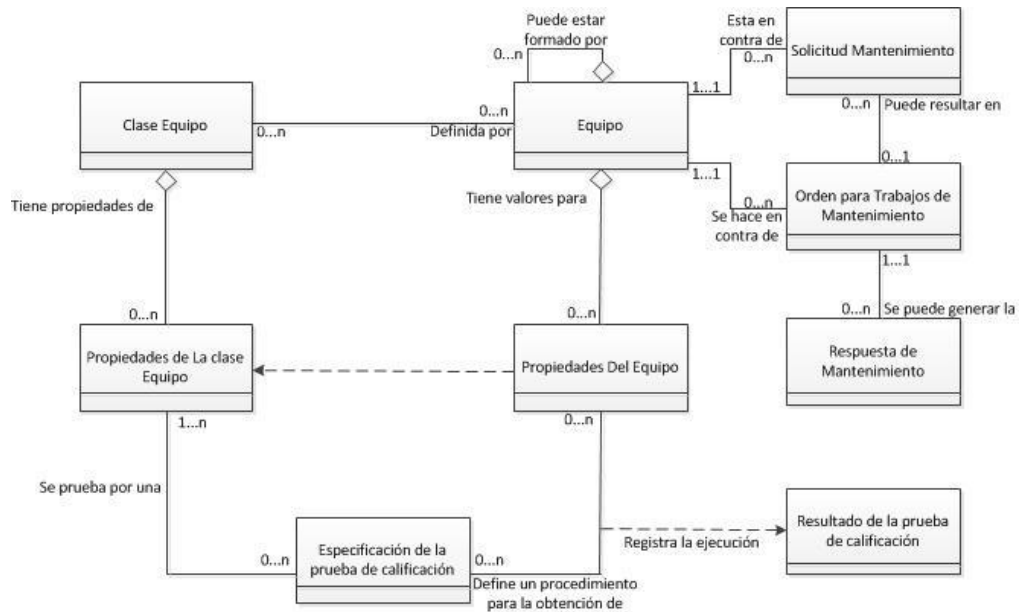


Fuente: [25][26].

Modelo de equipos

Contiene toda la información específica de los equipos utilizados en el proceso de producción, donde se describen las características de cada uno de ellos y según sus propiedades se realiza un debido agrupamiento, ver figura 12 [25].

Figura 12. Modelo de equipo.

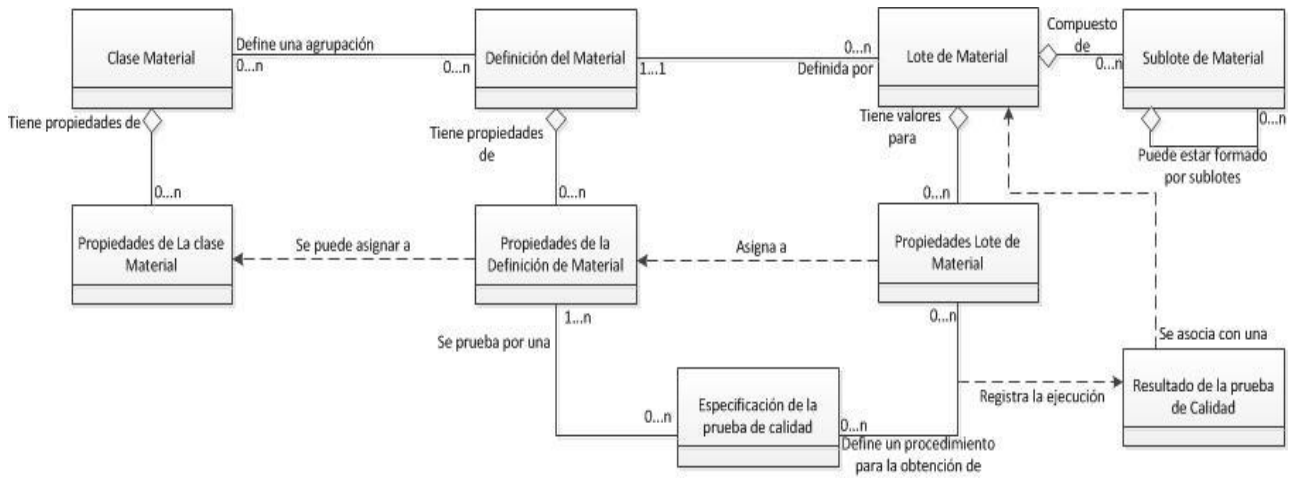


Fuente: [25].

Modelo de materiales

Define los materiales que se utilizan dentro de la línea de producción y se brinda la información de cada uno de ellos, teniendo en cuenta materias primas, materiales intermedios y productos terminados, ver figura 13 [25].

Figura 13. Modelo de material.



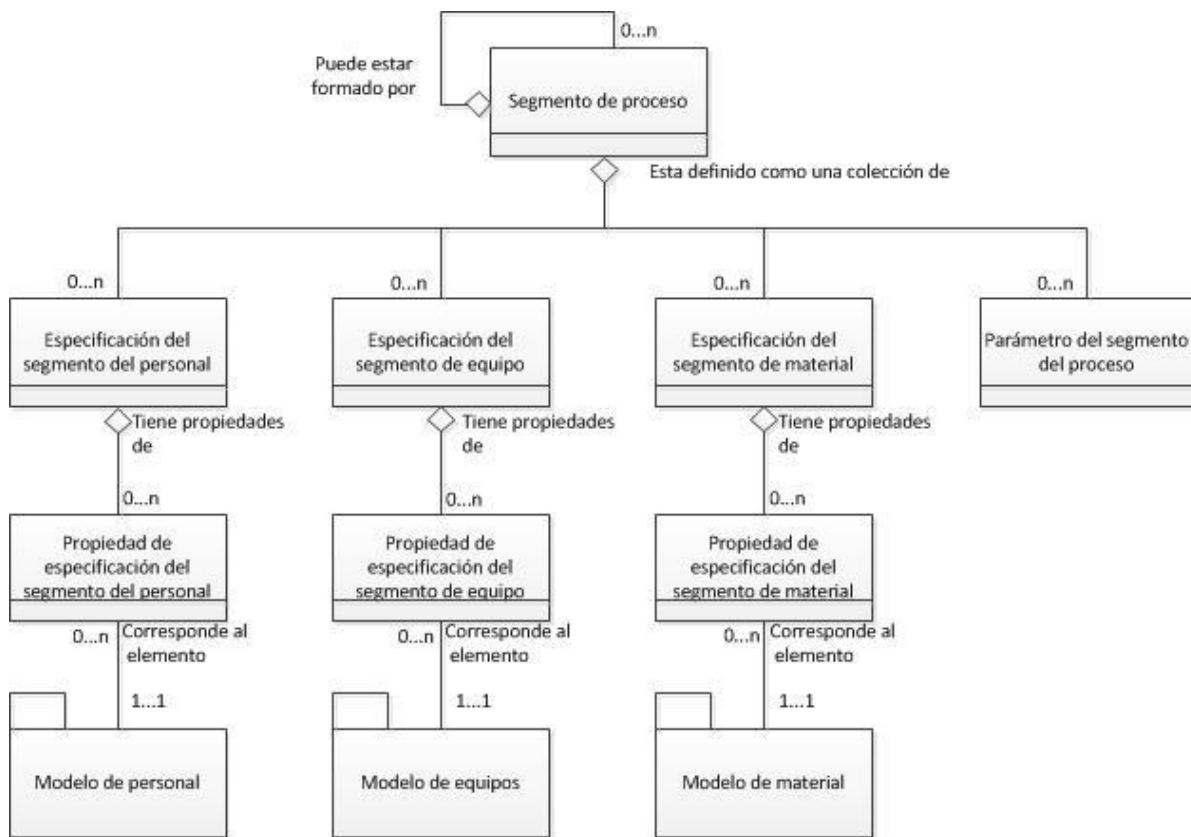
Fuente:[25].

Para finalizar con la definición y descripción de los recursos, se desarrolla el *modelo de segmento de proceso*, que contiene un agrupamiento de los recursos necesarios para llevar a cabo cada una de las etapas pertenecientes al proceso de producción [25].

Modelo de segmento de proceso

Brinda información sobre el segmento de proceso, en donde se encuentra una agrupación lógica de recursos de personal, equipos y materiales exigidos para llevar a cabo un proceso de producción, ver figura 14 [25].

Figura 14. Modelo de segmento de proceso.



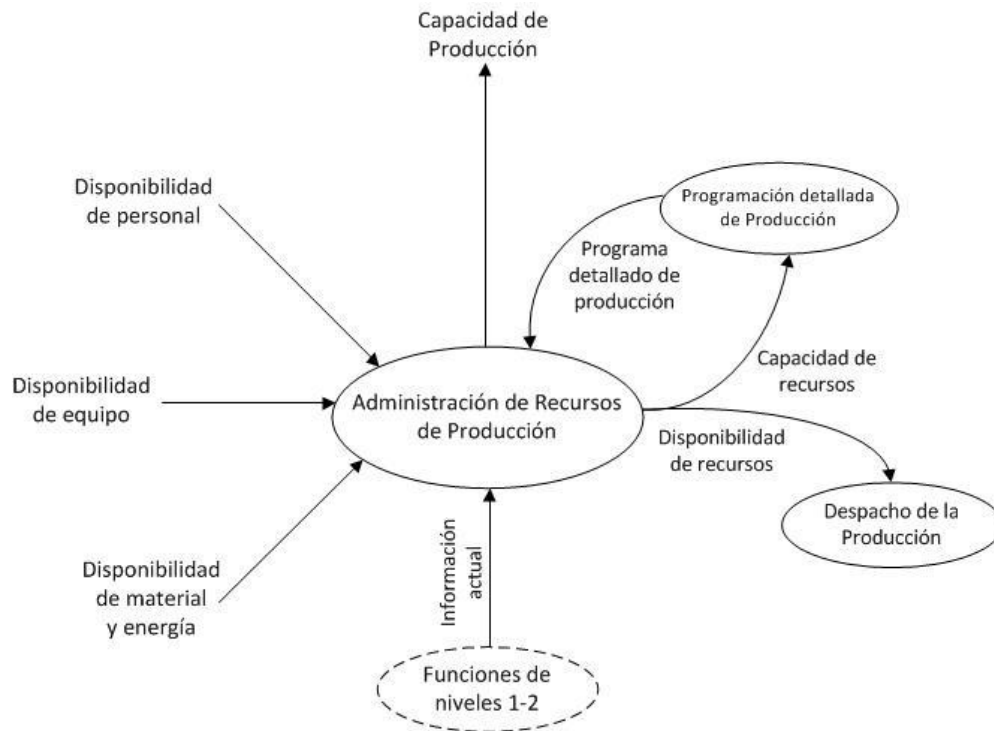
Fuente: [25].

Posteriormente se debe *administrar la información* que brinda el desarrollo de estos modelos del estado actual de los recursos, y de esta manera se podrá proporcionar información sobre la capacidad (comprometida, disponible o inalcanzable) de los recursos que se especifica por los segmentos de proceso [25], [31].

Se realiza una *asignación de recursos y control* con base a la información suministrada, la localización y la asignación de los mismos hacia las tareas de producción con el acompañamiento respectivo de un historial detallado [25], [31].

En la figura 15, se evidencia la información que está vinculada a la función de *administración de recursos de producción*, donde se observa la información requerida por ella y la que provee a distintas funciones que pertenecen a otras fases de la metodología [25], [31].

Figura 15. Interfaces del modelo de actividad de administración de recursos de producción.



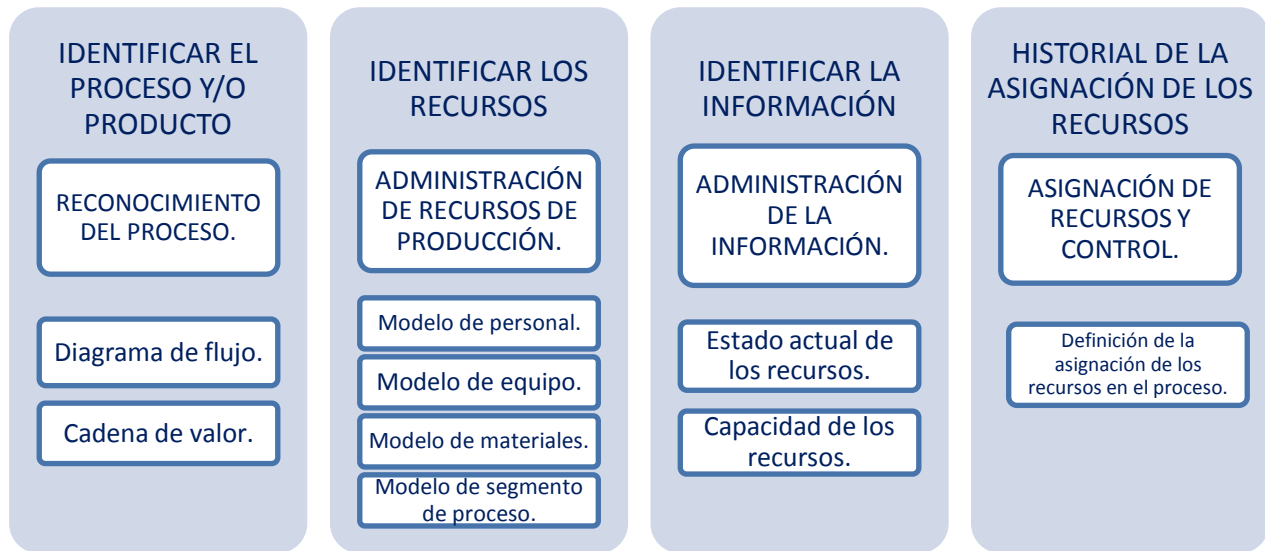
Fuente:[31].

Adicionalmente, se precisan otras actividades que se realizan en la fase de definición y de las cuales se provee la información para el apropiado desarrollo de otras fases de la metodología [25], [31].

- Mantener información del resultado de la prueba de calidad de los materiales.
- Mantener información del resultado de la prueba de calidad de los equipos.
- Recolectar las necesidades futuras dadas por el plan de producción, la producción actual o los programas de mantenimiento.

Recapitulando la fase definir, se obtiene la figura 16.

Figura 16. Recapitulación fase definir.



Fuente: Propia.

2.2.2. Fase de Medición

En esta fase se recolecta la información y los datos específicos del proceso de producción, determinando los parámetros que lo afectan, profundizando en el funcionamiento del proceso, midiendo su desempeño actual y encontrando el nivel sigma del mismo [5], [12].

Inicialmente se desarrolla el *IDEF0*⁶ del proceso de producción, el cual presenta de manera estructurada y jerarquizada las actividades que conforman el proceso de producción dentro de la empresa y los objetos o datos que soportan la interacción de esas actividades. Con su desarrollo se detalla de una manera más precisa los flujos de información y de producto obteniendo un conocimiento más profundo del proceso, la información clave para extraer datos e identificar inconvenientes dentro del proceso [35].

Posteriormente, las actividades que se desarrollan para dar cumplimiento con los objetivos claves de la fase son:

La acumulación y adquisición de datos junto con la recolección de información de producción, proporciona la actividad de obtención de la producción operacional y la

⁶ IDEF0: Integrated Definition Modeling Language. Definición de esta técnica de modelado en la parte B de los anexos.

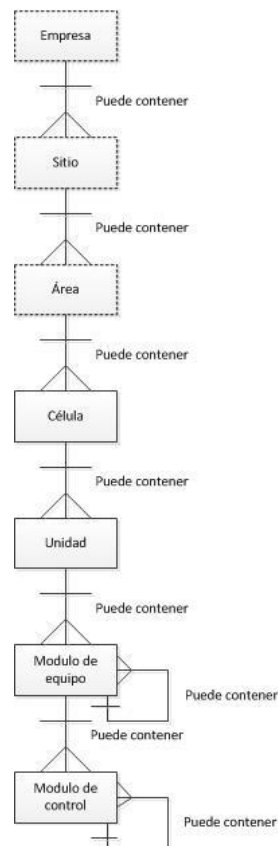
obtención de los datos paramétricos que están asociados al proceso, reuniendo, recopilando y manejando estos datos para las solicitudes de producción específicas [25], [31].

Para la recopilación de los datos y la información asociada a los equipos, se desarrolla el *modelo físico* suministrado por el estándar ISA-88.01 [26].

Modelo físico

Describe los recursos físicos que se utilizan en el proceso de producción organizado en siete niveles; los tres niveles superiores son definidos por consideraciones comerciales y no son especificados en el estándar y los cuatro niveles inferiores definen y agrupan equipos de acuerdo a las actividades de ingeniería, ver figura 17 [26]

Figura 17. Modelo Físico

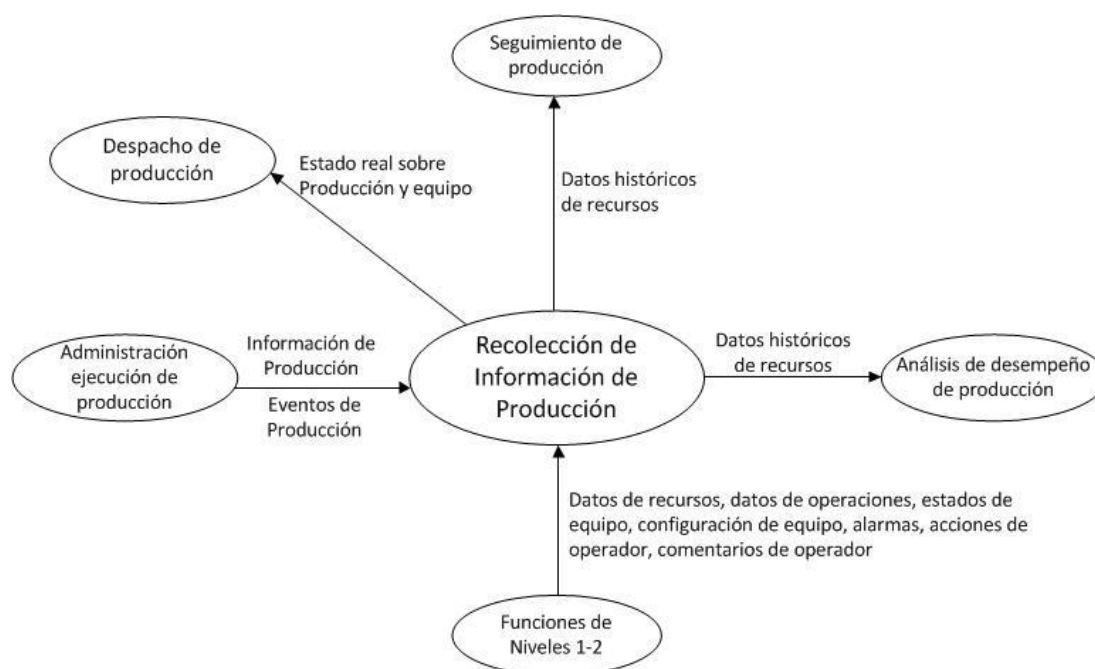


Fuente: [26].

Al obtener la información sobre los equipos específicos utilizados en la producción se proporcionan los estados en tiempo real de los mismos y se procede a almacenar, recuperar y archivar la información sobre el uso de estos equipos y la información relacionada con la ejecución de las solicitudes de producción para suministrar un historial y un reporte detallado de los datos de producción [25], [31].

En la figura 18 se observa la interacción de la información para dar cumplimiento con las actividades mencionadas anteriormente y la utilización de los datos recolectados para desarrollar actividades involucradas en otras fases de la metodología.

Figura 18. Interfaces del modelo de actividad de recolección de información de producción.



Fuente: [31].

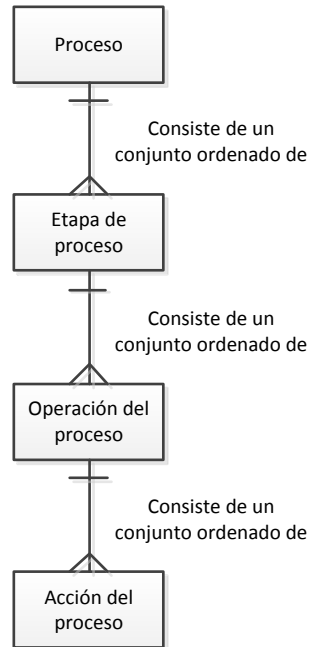
Para profundizar en el funcionamiento del proceso de producción se realizan actividades pertenecientes a *lanzamiento y despacho de la producción*, donde se administra el flujo de información en forma de tareas, lotes y órdenes de trabajo para despacharla hacia el equipo y personal.

Para evidenciar y dar a conocer el procedimiento específico y determinar las tareas de *despacho de la producción* dentro de cada unidad de trabajo, se desarrolla el *modelo de proceso* que define la norma ISA-88.01.

Modelo de proceso

Presenta de forma jerárquica las subdivisiones de un proceso por lotes y cuenta con cuatro niveles: proceso, etapa de proceso, operaciones de procesos y acción de proceso, ver figura 19 [26].

Figura 19. Modelo de proceso.



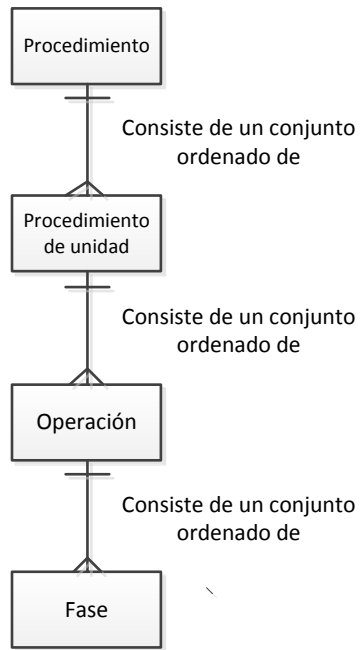
Fuente: [26].

Adicionalmente se desarrolla el *modelo de control de procedimiento*.

Modelo de control de procedimiento

Organiza secuencialmente las acciones que serán realizadas por los equipos para llevar a cabo una tarea dentro del proceso; está conformado por procedimientos, procedimientos de unidad, operaciones y fases; ver figura 20.

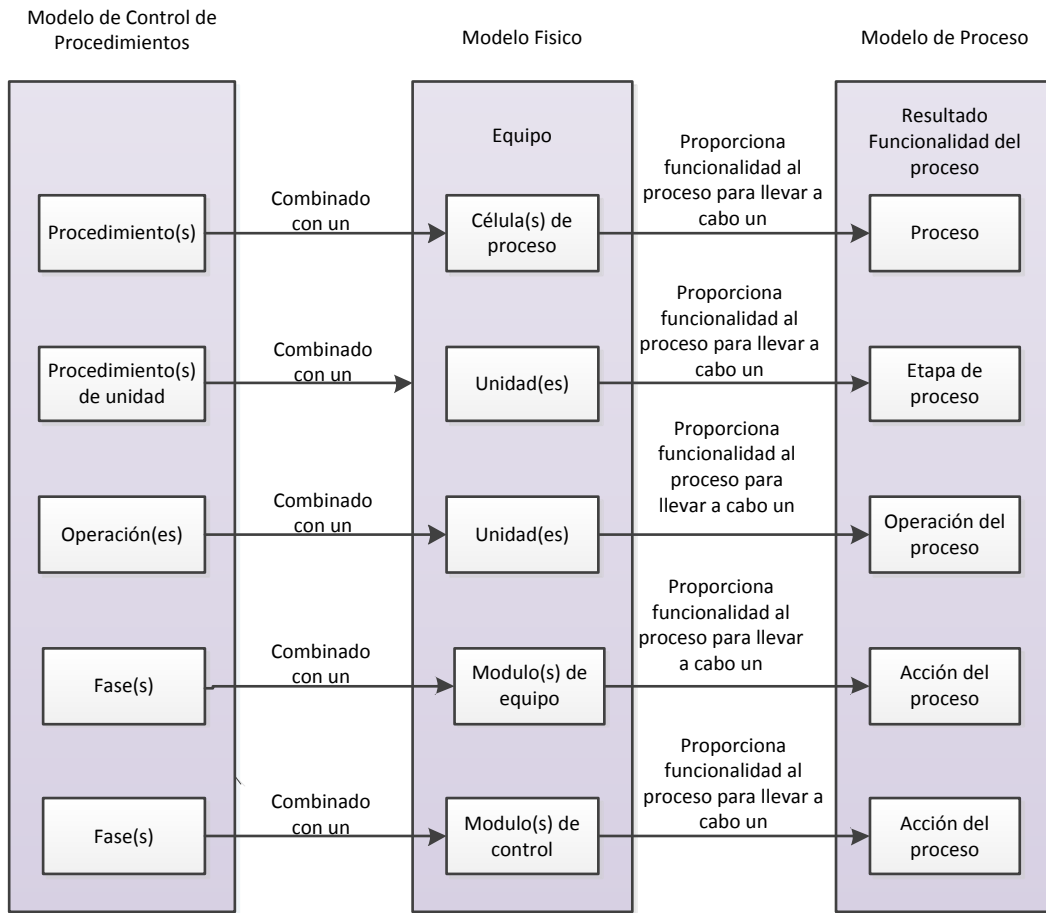
Figura 20. Modelo de control de Procedimiento.



Fuente: [26].

Con el fin de obtener una mayor claridad de la información manejada a través de los modelos anteriormente planteados, se presenta su relación en la figura 21.

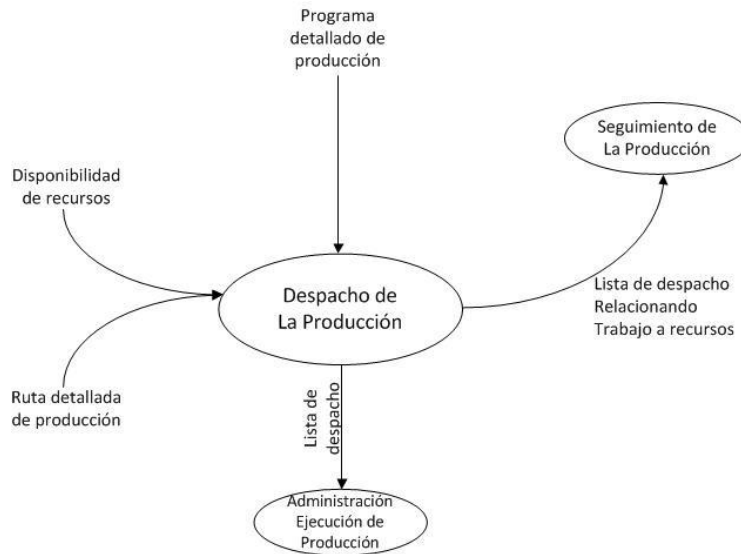
Figura 21. Modelo de Control de Procedimientos/ Modelo Físico/ Modelo de Proceso.



Fuente: [26].

Con la información del funcionamiento del proceso que se adquiere al efectuar las actividades y al desarrollar los modelos descritos anteriormente, se procede a liberar los recursos locales para la producción, dar inicio y mantener el estado de las órdenes de trabajo, como también poner a disposición la lista de despacho de producción que especifica las actividades a ser realizadas. La interacción de la información de estas actividades se visualiza en la figura 22 [25], [26], [31].

Figura 22. Interfaces del modelo de actividad de despacho de la producción.

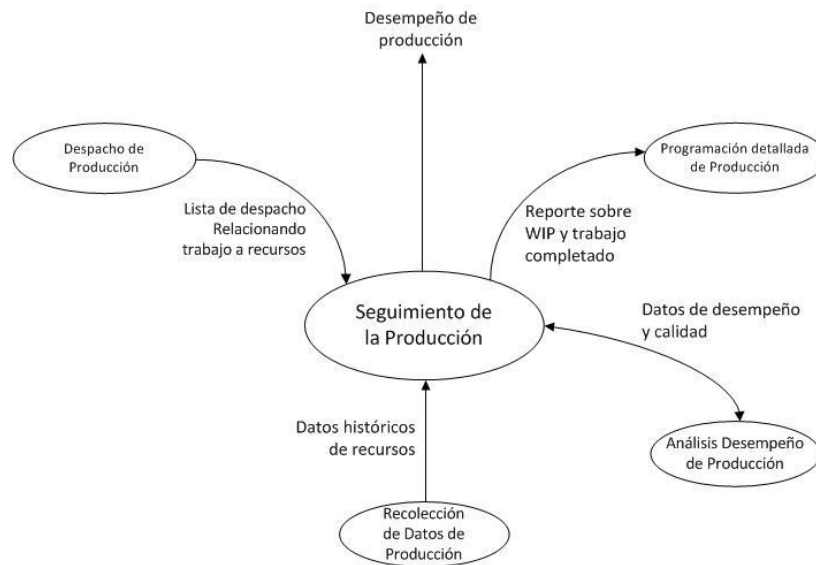


Fuente:[31].

Al tener un completo conocimiento del funcionamiento del proceso, se ejecuta el *seguimiento y planificación de la producción*, con lo cual se procede a reportar la información acerca de los recursos usados para la elaboración del producto, recibiendo la recolección de datos de producción y teniendo en cuenta los materiales utilizados y el personal asignado al trabajo, para generar condiciones actuales de la producción suministrando registros, reportes del trabajo en proceso y del trabajo terminado para proporcionar el desempeño de producción y la trazabilidad del producto en elaboración [25], [31].

Las interfaces del *seguimiento y planificación de la producción* se observa en la figura 23, evidenciando el flujo de información que se necesita para el desarrollo de las actividades y de la interacción con otras [25], [31].

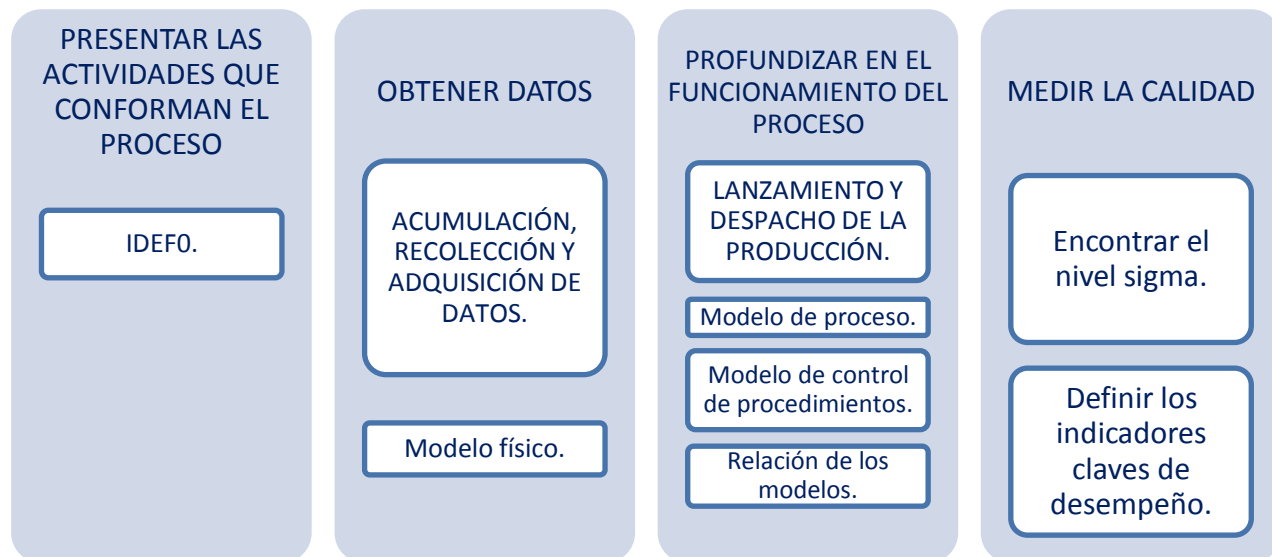
Figura 23. Interfaces del modelo de actividad de seguimiento de la producción.



Fuente:[31].

Con la información específica del proceso de producción y teniendo datos completos del mismo se encuentra el nivel sigma y se definen los indicadores claves de desempeño (KPI's) convenientes para cada empresa, con los cuales se evaluará la calidad y la eficiencia.

Recapitulando la fase medir, se presenta la figura 24.

Figura 24. Recapitulación fase medir.

Fuente: Propia.

2.2.3. Fase de Analisis

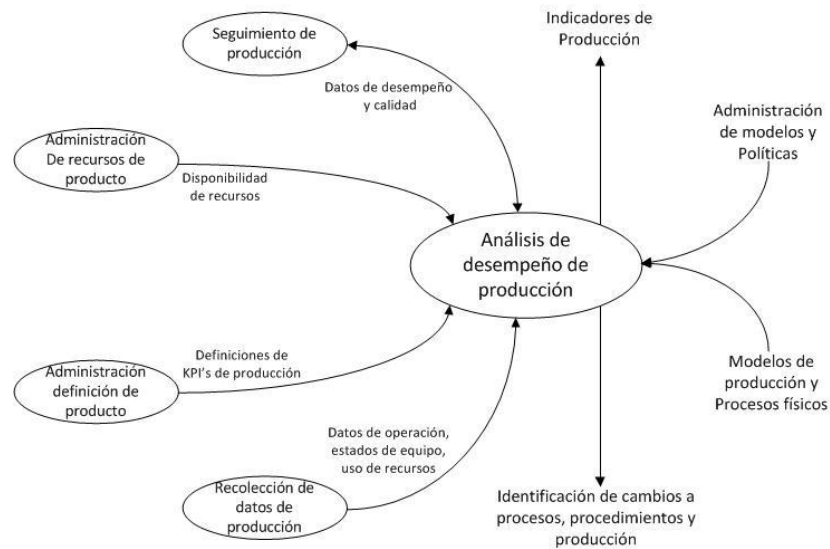
Consiste en observar, comparar, examinar y estudiar la información y datos del proceso de producción obtenidos en la fase de medición, con la finalidad de definir causas y plantear posibles cambios que se puedan implementar para mejorar y optimizar el proceso [5], [13].

Mediante el *análisis de desempeño de producción* se analizan y se reportan los KPI's y la información del desempeño suministrada por la fase de medición a los sistemas de negocio buscando la optimización de la producción y el uso de los recursos. Adicionalmente, al analizar los datos provenientes del desempeño actual y pasado de producción se generan indicadores y se pronostica los resultados de una ejecución de producción [25], [31].

La información que surge del análisis puede ser usada para generar propuestas aplicativas a las operaciones de manufactura para el mejoramiento y optimización del proceso, o esta misma información puede ser suministrada a procesos de negocios de alto nivel para toma de decisiones [25], [31].

En la figura 25, se observan las interfaces del *análisis del desempeño de la producción* evidenciando la información requerida para dar cumplimiento a las tareas mencionadas anteriormente y mostrando el aporte de la información que se genera en el *análisis del desempeño de producción* para ser usada en otras fases de la metodología [31].

Figura 25. Interfaces del modelo de actividad de análisis de desempeño de producción.



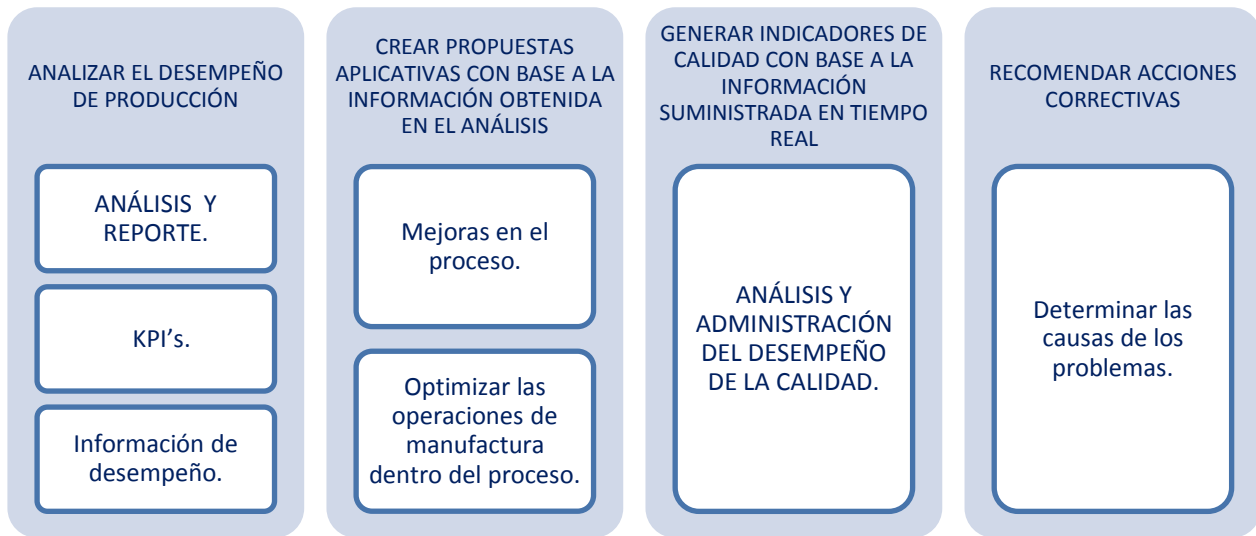
Fuente:[31].

Posteriormente, se desarrolla el *análisis y administración del desempeño de la calidad* analizando datos e identificando variables y parámetros en el proceso que requieren atención teniendo en cuenta la información suministrada de los estados en tiempo real y al resultado del análisis de desempeño, con lo cual se crean reportes de indicadores de calidad [25], [31].

Con el análisis de dichos indicadores, se determinan las causas de los problemas que se estén evidenciando en la calidad del proceso o del producto y se procede a recomendar acciones para la corrección de los mismos [25], [31].

Finalmente, se unifican propuestas y recomendaciones para corregir problemas y buscar un mejoramiento de procesos de producción o de negocio.

Recapitulando la fase analizar, se obtiene la figura 26.

Figura 26. Recapitulación fase análisis.

Fuente: Propia.

2.2.4. Fase de Implementación

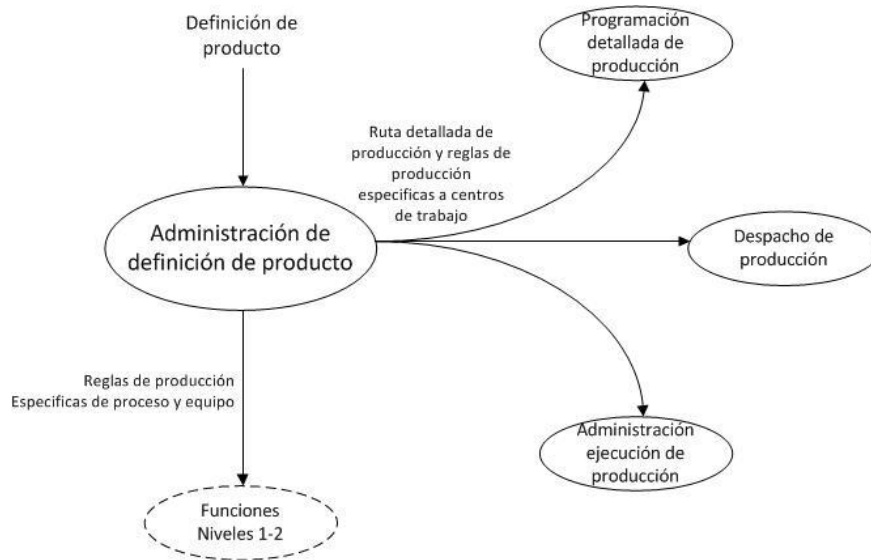
La fase de implementación consta del desarrollo, ejecución y validación de las soluciones propuestas como respuesta a los inconvenientes presentes en cada empresa, exponiendo los resultados de las mejoras implementadas [5], [12], [13].

Para comenzar con el desarrollo de las soluciones es indispensable definir los nuevos requerimientos para el proceso de acuerdo al objetivo de las mejoras, utilizando diferentes herramientas como las propuestas en el anexo A. Adicionalmente se ejecuta *la administración de la definición de producto*, con lo cual se pasa a manejar la información requerida por la manufactura incluyendo las reglas y operaciones de producción, contando con procedimientos, condiciones, rutinas y pasos [25], [31].

Dentro de las actividades para dar cumplimiento con la ejecución de la mejora, es necesario manejar documentos como las instrucciones de fabricación y las variantes de la definición del producto, inspeccionando los cambios del mismo en la línea de producción y proporcionando las pautas a las personas involucradas [25], [31].

En la figura 27, se observa la interacción de la información que se necesita para dar cumplimiento con *la administración de definición de producto* y la información que esta misma actividad provee a otras fase [31].

Figura 27. Interfaces del modelo de actividad de administración de definición de producto.



Fuente: [31].

Al culminar con la *administración de definición de producto*, se provee información como lo son la ruta detallada y las reglas de producción específicas a la *programación detallada de la producción*, con la cual se determina el uso óptimo de los recursos locales y se crea un programa detallado que se define como un conjunto de órdenes de trabajo y secuencias de producción involucrando uno o más productos, a un nivel de detalle requerido por la manufactura teniendo en cuenta la capacidad real, disponibilidad de recursos y el estado actual de las ordenes de producción, también se realiza un seguimiento del producto y de las reglas de producción [25], [31].

Adicional a la información suministrada por el nivel 4 con los nuevos requerimientos del producto y del proceso, la información requerida para llevar a cabo una programación detallada de producción se muestra en la figura 28 [31].

Figura 28. Interfaces del modelo de actividad de programación detallada de producción.



Fuente: [31].

Finalmente, al tener la implementación de las soluciones propuestas en el proceso de producción, se procede a exponer dichas mejoras y los resultados obtenidos al analizar los datos tomados antes y después de llevarla a cabo [5], [12].

Para lograr el *aseguramiento de la calidad*, se fijan actividades donde se realizan una acumulación y un mantenimiento en continua vigencia de los datos que comprueban requerimientos del producto y las rutinas estadísticas del control de calidad [26], [31].

Recapitulando la fase mejorar, se obtiene el diagrama 29.

Figura 29. Recapitulación fase mejorar.

Fuente: Propia.

2.2.5. Fase de Control

Esta última fase asegura la sostenibilidad con el paso del tiempo de las soluciones y mejoras implementadas, diseñando como primera medida un plan de control y mantenimiento, con el fin de monitorear y documentar cada una de las actividades pertenecientes al proceso [2],[31].

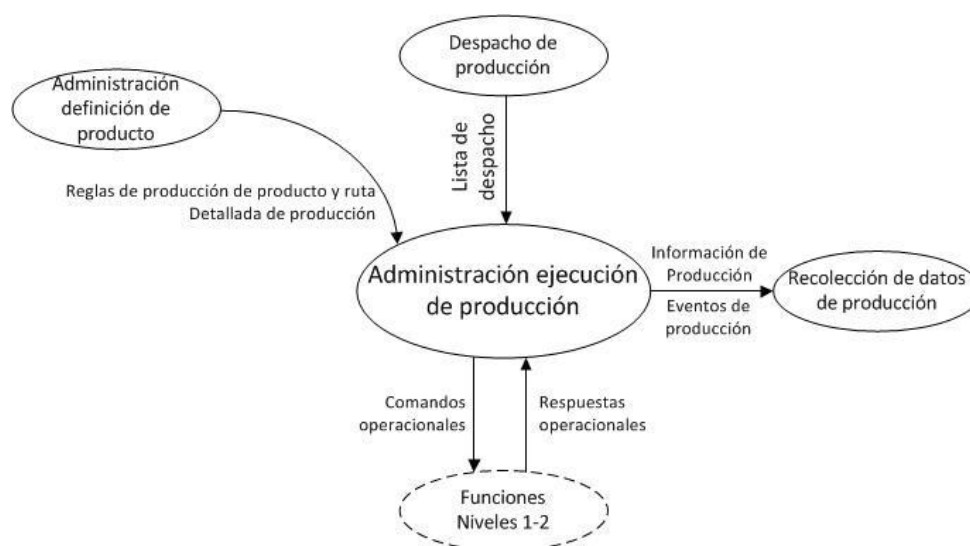
Este plan surge de las funciones definidas en los estándares ISA 95.01 e ISA 95.03, cuyo direccionamiento dentro del proceso de producción logra el control de cada una de las actividades pertenecientes al mismo.

Para ello se comienza con la *administración del proceso* buscando proveer un monitoreo constante con el fin de corregir automáticamente o proporcionar un soporte de toma de decisiones inmediatas a los operarios sobre cualquier eventualidad que se presente en el proceso [25], [31].

Adicionalmente, se lleva a cabo el *control y administración de la ejecución de producción* (ver figura 30) para dar un cumplimiento a los lineamientos de calidad, los estándares de producción y las instrucciones de los procedimientos de operación dados para la receta y el manejo adecuado de los recursos. Es importante contar con una ingeniera de soporte, la cual tiene en cuenta las peticiones de modificación y mantenimiento expedidas por el área de producción; contar de igual manera con una

planificación de operaciones, así, se logra verificar que las operaciones desarrolladas estén cumpliendo con las especificaciones del cliente y se estén desarrollando de una manera adecuada; finalmente se debe realizar un reporte de la información de producción, recursos y proceso que evidencie un continuo seguimiento en procedimientos como la disponibilidad de recursos, capacidad de almacenamiento de producto, entre otros, controlando la documentación que surge de los registros y formularios de cada unidad de producción [25], [31].

Figura 30. Interfaces del modelo de actividad de administración de ejecución de producción.



Fuente: [31].

Como se había mencionado, es importante la *administración del mantenimiento*, donde se lleva un monitoreo de los mantenimientos periódicos o preventivos, así como la respuesta a problemas inmediatos, brindando una realimentación técnica sobre el rendimiento y la confiabilidad de los equipos. Para ello se debe contar con la *programación detallada de mantenimiento* donde se revisan solicitudes, determinen prioridades y programen órdenes de mantenimiento coordinando el trabajo con los operarios [5], [25], [31].

Como funciones adicionales se encuentra el *control de materia prima y energía* que maneja el inventario, solicitudes de compra, calidad de los materiales, pérdidas en la

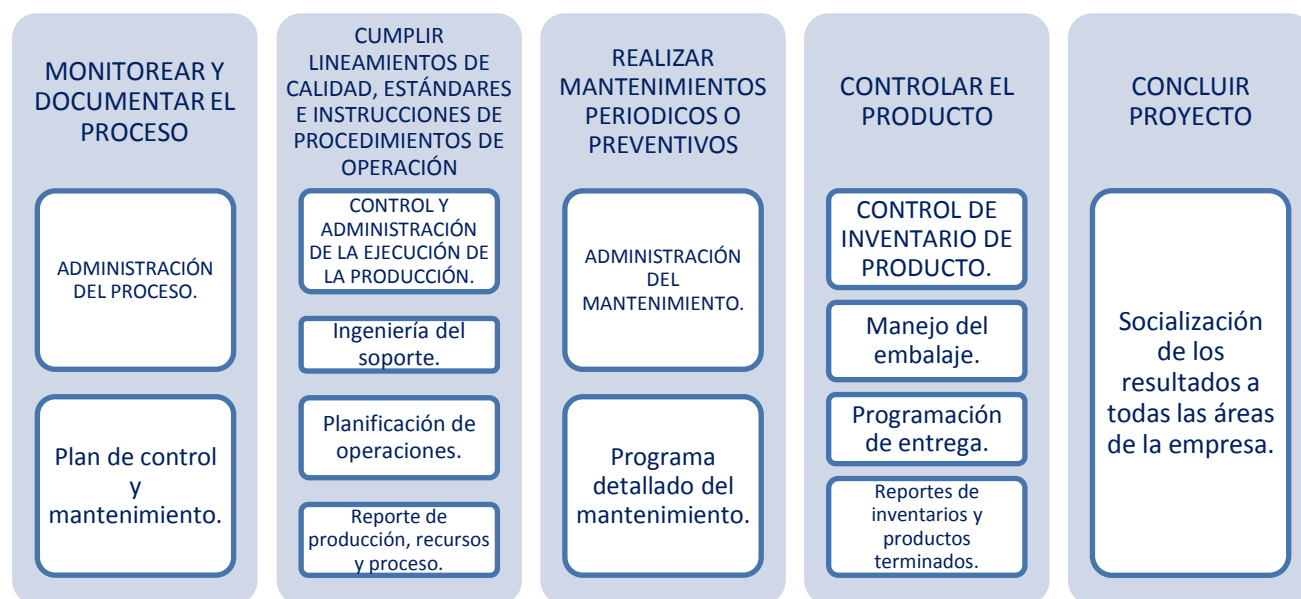
materia prima y la utilización de la energía. Todo ello con una correcta documentación y reportes [25], [31].

Por último se cuenta con un *control de inventario de producto* donde se maneja el embalaje del producto final de acuerdo con la programación de entrega y suministrando un reporte del balance sobre el inventario y los productos terminados al programa de producción [25], [31].

Para dar por concluido el proyecto, se procede a compartir la información y sus resultados a todas las áreas en las cuales se pueda implementar la metodología para obtener mejoras similares [2], [5].

Recapitulando la fase control, se presenta la figura 31.

Figura 31. Recapitulación fase control.



Fuente: Propia.

Capítulo III.

Validación de la Conceptualización de la Metodología DMAIC en la empresa Dulces Rinconcito

El tercer y último capítulo presenta la implementación y validación de la conceptualización de la metodología DMAIC en la empresa Dulces Rinconcito, en donde se desarrolló cada una de las fases con el objetivo de mejorar el proceso de producción de dulces de guayaba.

3.1. Implementación y Desarrollo de la Conceptualización de la Metodología DMAIC

Se realizó un reconocimiento de los procesos de producción de elaboración de dulces de leche y dulces de guayaba en la fábrica Dulces Rinconcito, para definir en cuál de ellos se realizaría la implementación y el desarrollo de cada una de las fases de la conceptualización de la metodología DMAIC.

Se eligió el proceso de elaboración de dulces de guayaba debido a que presentaba mayores inconvenientes que el proceso de elaboración de dulces de leche, se contaba con la facilidad para recolectar datos y un potencial para observar los resultados al implementar la mejora.

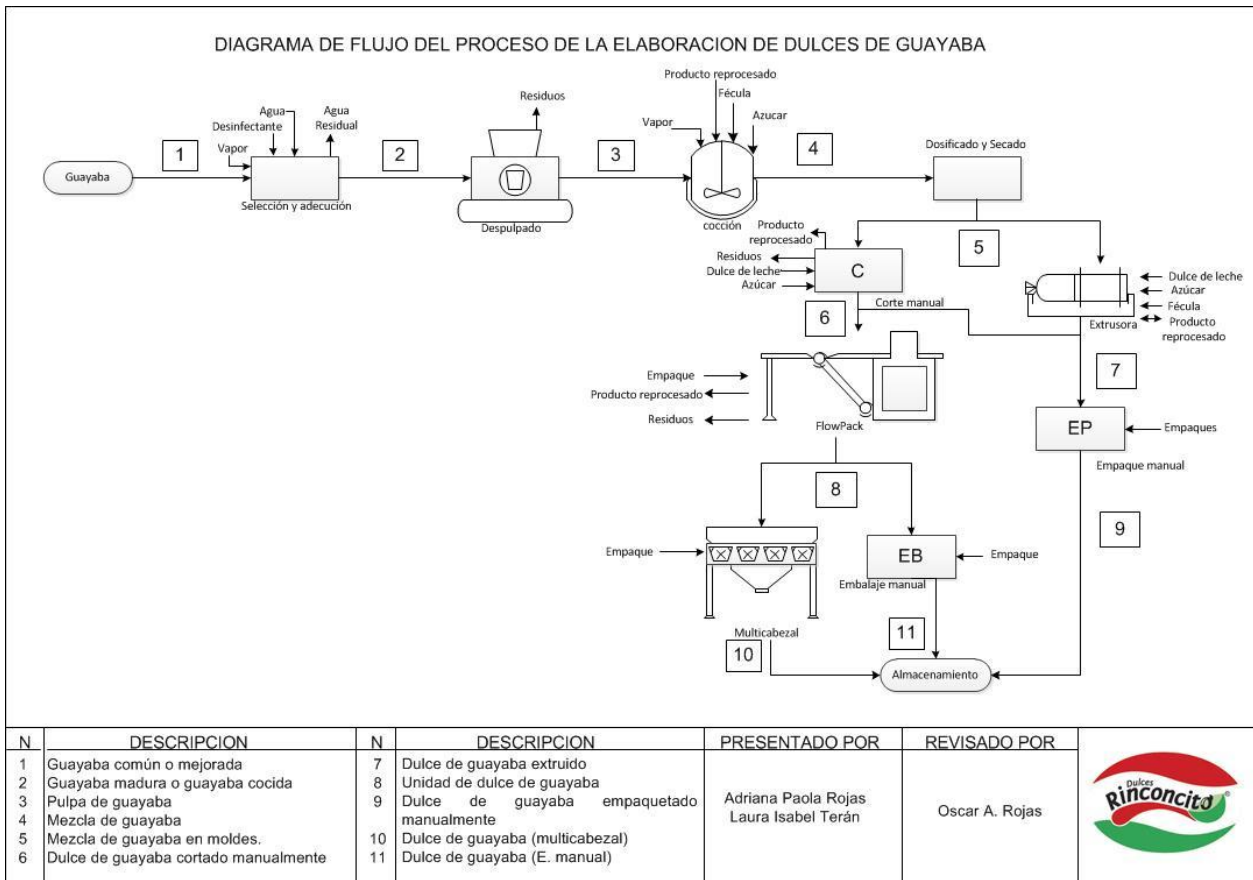
3.1.1. Definición del proceso de elaboración de dulces de guayaba

Se define de manera general la descripción del proceso de dulces de guayaba a través del diagrama de flujo, la cadena de valor y objetos de negocio.

En el diagrama de flujo se presenta cada una de las etapas del proceso de producción (ver figura 32), las cuales son:

- Selección y adecuación de la guayaba: se hace la recepción de la materia prima, la cual es seleccionada, limpiada y desinfectada; de manera opcional la guayaba que no se encuentre madura es escaldada.
- Despulpado: la guayaba madura o cocida es ingresada a la máquina y la pulpa que sale es almacenada en recipientes.
- Cocción: se adiciona a la marmita la pulpa y los insumos para ser mezclados y cocinados durante un tiempo determinado obteniendo el dulce de guayaba.
- Dosificado y secado: el dulce de guayaba es introducido a moldes dependiendo de la referencia dada por la orden de producción, luego se deja secar por un tiempo específico.
- Corte: Dependiendo al producto que se desea obtener, el dulce en moldes es extruido o cortado manualmente. En el primero, el dulce es introducido en el cilindro de la máquina para ser extruido y posteriormente ser despegado y azucarado; en el segundo, el dulce es ubicado en la cortadora accionada manualmente, luego se extrae el producto y finalmente este es pesado y adecuado.
- Empaque: basándose en la referencia que se necesite, los dulces son empacados por la flow pack o manualmente.
- Embalaje: los dulces de guayaba que pasaron por la flow pack se les realiza un embalaje a través del multicabezal o manual, para después ser almacenados.

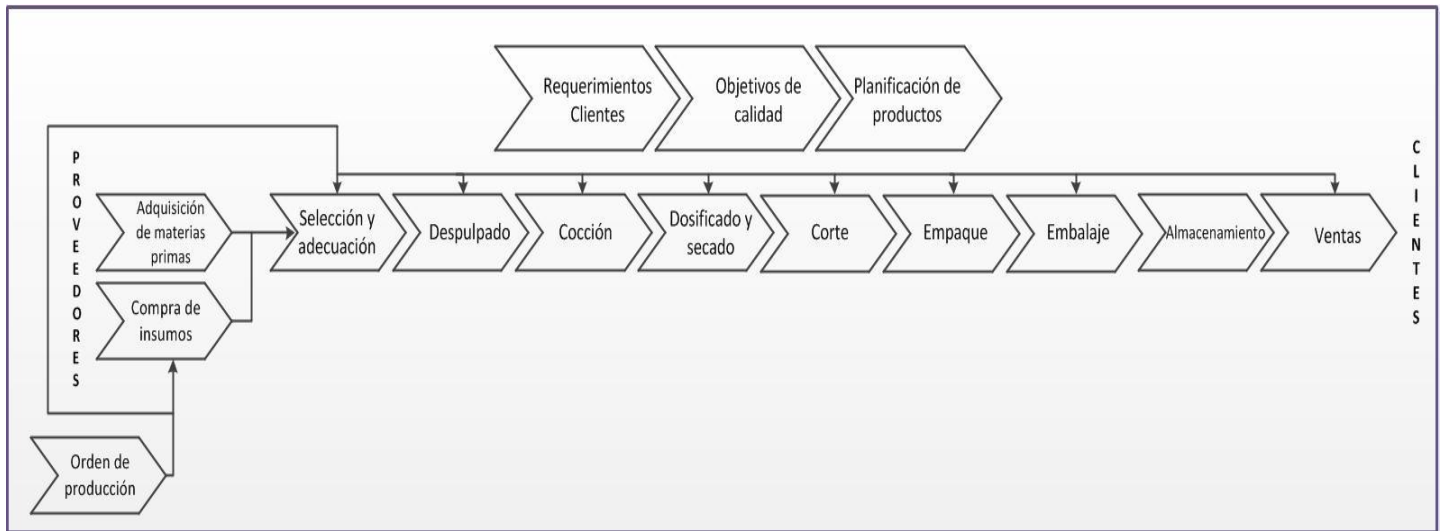
Figura 32. PFD proceso de elaboración de dulces de guayaba.



Fuente: Propia.

Para continuar con la definición del proceso se expone la cadena de valor actual relacionada con la elaboración de dulces de guayaba dentro de la empresa, de esta manera se obtiene el conocimiento de los procesos de negocio y la identificación de los objetos de negocio [35], partiendo desde la adquisición de materia prima e insumos y pasando por los procesos de transformación para concluir con el almacenamiento de los productos finales; la cadena de valor se observa en la figura 33.

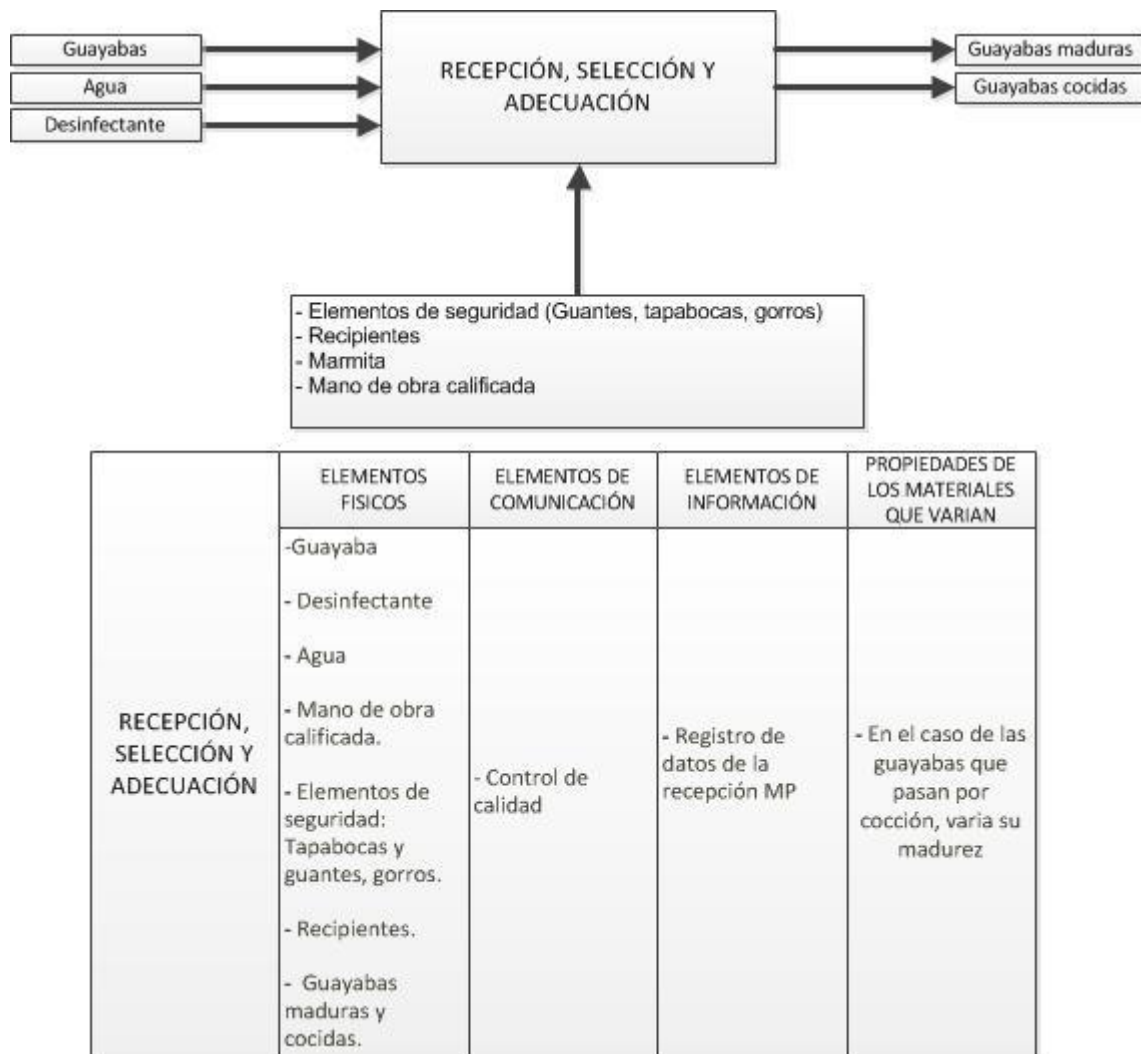
Figura 33. Cadena de valor proceso de elaboración de dulces de guayaba.



Fuente: Propia.

Con base a la cadena de valor, se proceden a identificar los elementos actuales de cada uno de los objetos de negocio. Se identifica en cada uno de ellos los elementos físicos, de comunicación e información; en el presente documento se desarrollará el objeto de negocio denominado selección y adecuación de guayaba, el cual se observa en la figura 34; la presentación de los demás se encuentra en el anexo C del documento adjunto a esta monografía.

Figura 34. Objeto de negocio selección y adecuación guayaba



Fuente: Propia.

Continuando con la definición del proceso, se identifica el personal, los equipos y los materiales requeridos para dar cumplimiento con la producción de dulces de guayaba. Para ello se desarrolla el modelo de personal, equipos y materiales.

Modelo de Personal

Para dar comienzo al modelo, se tienen en cuenta las personas implicadas en la elaboración de dulces de guayaba, donde se especifican sus atributos relevantes lo cual se observa a continuación:

Tabla 2. Atributos de operario 1.

NOMBRE DE ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN
ID	Operario 1
DESCRIPCIÓN	Operario producción guayaba.
NOMBRE	Milton Beltrán

Fuente: Propia.

Las tablas de información de los atributos de los demás operarios se observan en el anexo C ítem 2.2.

En la tabla 3 se observa la agrupación de los operarios del proceso de elaboración de dulces de guayaba en una clase denominada “operarios dulces guayaba”.

Tabla 3. Clase operarios dulce guayaba.

NOMBRE DE ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN
ID	C_OP_DG
DESCRIPCIÓN	Asociación de los operarios denominados anteriormente en esta clase identificada como operarios de dulce de guayaba.

Fuente: Propia.

Posteriormente se describen los atributos de la clase operarios dulces guayaba.

Tabla 4. Definición atributos de clase operarios dulces guayaba.

NOMBRE DE ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN
ID	Operarios dulces guayaba
NOMBRE	Operarios con el conocimiento previo de cada una de las etapas para la realización de dulces de guayaba.
MIEMBROS	Operario 1, Operario 2, Operario 3, Operario 4, Operario 5, Operario 6, Operario 7, Operario 8.

Fuente: Propia.

Se realiza la descripción de los atributos o propiedades, detallando las horas y los días de trabajo para cada operario del proceso de elaboración de dulces de guayaba, como se observa en la tabla 5 y 6.

Tabla 5. Propiedad A1.

NOMBRE DE ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN
ID	A1
DESCRIPCIÓN	Hace referencia las horas trabajadas diariamente.
VALOR	6, 7, 8, 9,10
UNIDAD DE MEDIDA	Horas

Fuente: Propia.

Tabla 6. Propiedad A2.

NOMBRE DE ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN
ID	A2
DESCRIPCIÓN	Hace referencia a los días trabajados en la semana.
VALOR	Lunes, Martes, Miércoles, Jueves, Viernes, Sábados
UNIDAD DE MEDIDA	Día

Fuente: Propia.

Continuando con el desarrollo del modelo se agrupan las propiedades en la clase llamada tiempo de trabajo.

Tabla 7. Agrupación tiempo de trabajo

NOMBRE DE ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN
NOMBRE	Tiempo de trabajo
DESCRIPCIÓN	Agrupar las propiedades correspondientes a los tiempos de trabajo.
PROPIEDADES	6 horas , 7 horas, 8 horas, 9 horas, 10 horas Lunes, martes, miércoles, jueves, viernes, sábado.

Fuente: Propia.

Finalmente se unifican las propiedades de acuerdo a cada uno de los operarios definidos inicialmente.

Tabla 8. Especificaciones y requerimientos de Operario 1.

NOMBRE DE ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN
CLASE ASOCIADO	C_OP_DG
PERSONA	Milton Beltrán
ID	Operario 1
DESCRIPCIÓN	Operario producción de guayaba
TIEMPO DE TRABAJO	<ul style="list-style-type: none"> • 8 horas • Lunes, martes miércoles, jueves, viernes
UBICACIÓN GEOGRÁFICA	Cauca

Fuente: Propia.

De igual manera, se realiza dicha unificación para el resto de los operarios, esta información se observa en el anexo C ítem 2.2.

Modelo de Equipos

De acuerdo al reconocimiento realizado en la empresa, se comienza con una organización de los equipos que intervienen en el proceso de elaboración de dulces de guayaba. Estos son:

- Marmitas.
- Despulpadora.
- Moldes.
- Extrusora.
- Cortadoras.
- Flow pack.
- Multicabezal.
- Selladora.
- Maquina Termoencogible.
- Recipientes.
- Cuchillos.
- Balanzas.
- Plancha.

Al tener los equipos identificados se definen las clases existentes dentro del proceso. En este documento se realiza la definición de la clase marmitas y el resto se observa en el anexo C ítem 3.3.

Tabla 9. Definición clase marmitas.

ID		PG-MT	
DESCRIPCION		Clase marmitas: Las marmitas son equipos utilizados en el proceso de elaboración de dulces de guayaba para dos tareas importantes; la primera es la cocción de la guayaba y la segunda es la preparación del dulce de guayaba.	
PROPIEDAD		VALOR	UNIDAD DE MEDIDA
ID	DESCRIPCIÓN		
CmaxMT	Capacidad máxima de la marmita.	240	Litros (Lt)
Mat_MT	Porcentaje de presencia de acero inoxidable en la composición de la marmita.	90	Porcentaje (%)

Fuente: Propia.

Finalmente, se definen los equipos con sus respectivas propiedades e indicadores. A continuación se muestra la definición del equipo Marmita 1. La descripción de los demás equipos se encuentra en el anexo C ítem 3.3.

Tabla 10. Marmita 1.

ID		PG-MT-01	
DESCRIPCION		Marmita1. Equipo utilizado para realizar la actividad de cocción de las guayabas.	
PROPIEDAD		VALOR	UNIDAD DE MEDIDA
ID	DESCRIPCIÓN		
CmaxMT	Capacidad máxima de la marmita.	240	Litros (Lt)
Mat_MT	Porcentaje de presencia de acero inoxidable en la composición de la marmita.	90	Porcentaje (%)

Fuente: Propia.

En la tabla 11. Se resumen las clases existentes en el modelo de equipos con los equipos asociados a cada una de ellas.

Tabla 11. Clases existentes en el modelo de equipos.

CLASES	ID_CLASE	DEFINICIÓN DE EQUIPOS ASOCIADOS A CADA CLASE	ID DE DEFINICIÓN DE EQUIPOS
Marmitas	PG-MT	Marmita 1	PG-MT-01
		Marmita 2	PG-MT-02
		Marmita 3	PG-MT-03
Despulpadora	PG-DP	Despulpadora	U-PG-DP
Moldes	PG-M	Molde 1	PG-M-01
		Molde 2	PG-M-02
		Molde 3	PG-M-03
		Molde 4	PG-M-04
		Molde 5	PG-M-05
Recipientes	PG-RCP	Recipiente 1	PG-RCP-01
		Recipiente 2	PG-RCP-02
		Recipiente 3	PG-RCP-03
		Recipiente 4	PG-RCP-04
		Recipiente 5	PG-RCP-05
		Recipiente 6	PG-RCP-06
		Recipiente 7	PG-RCP-07
		Recipiente 8	PG-RCP-08
Multicabezal	PG-MULT	Multicabezal	U-PG-MULT
Termoencogible	PG-TMEG	Termoencogible	U-PG-TMEG
Cortadoras	PG-CTD	Cortadora 1	PG-CTD-01
		Cortadora 2	PG-CTD-02
		Cortadora 3	PG-CTD-03
Selladora	PG-SLL	Selladora	U-PG-SLL
Extrusora	PG-EXT	Extrusora	U-PG-EXT
Cuchillos	PG-CLL	Cuchillo 1	PG-CLL-01
		Cuchillo 2	PG-CLL-02
Plancha	PG-PCH	Plancha	U-PG-PCH
Flow Pack	PG-FP	Flow Pack	U-PG-FP
Balanza	PG-BLZ	Balanza	U-PG-BLZ

Fuente: Propia.

Modelo de Materiales

Para el desarrollo del modelo se comienza con la clasificación de los materiales utilizados en el proceso de producción, donde se dividen en materias primas o insumos, productos intermedios y terminados, como se observa en la tabla 12.

Tabla 12. Materiales utilizados en la elaboración de dulces de guayaba.

MATERIAS PRIMAS / INSUMOS	PRODUCTOS INTERMEDIOS	PRODUCTOS TERMINADOS
Guayaba común	Guayaba madura o cocida	Dulces de guayaba empaquetados según referencia
Peracet 101	Pulpa de guayaba	
Azúcar		
Fécula		
Agua	Mezcla de guayaba	
Cinta empaquetamiento	Mezcla de guayaba en moldes	
Dulce de leche		
Papel celofán		
Tarrinas	Dulce de guayaba reproceso	
Bolsas		
Cajas		

Fuente: Propia.

Luego, se realiza la definición de cada uno de los materiales mencionados en la tabla 13, mostrando de manera ordenada y concisa atributos del material como su descripción, propiedades y la identificación de la clase a la cual pertenece. En este documento se muestra la definición de la guayaba, el resto de los materiales se encuentran en el anexo C ítem 3.4.

Tabla 13. Definición de Guayaba.

ID	GYB			
NOMBRE	Guayaba			
DESCRIPCIÓN	Fruta tropical utilizada como materia prima dentro del proceso de elaboración de dulces de guayaba.			
CLASE DE MATERIAL ASOCIADA	Fruta	ID	FRT	
PROCESOS REALIZADOS	Selección y adecuación			
	Despulpado			
	Cocción			
	Transformación			
TOLERANCIAS				
PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN	MIN	MAX	UNIDAD DE MEDIDA
MaGYB	Maduración de la fruta	18	23	semanas

Fuente: Propia.

Finalmente, se agrupan cada uno de los materiales en clases, según la similitud de sus propiedades.

Tabla 14. Agrupación de los materiales en cada clase.

CLASES	ID_CLASES	DEFINICIONES DE MATERIAL ASOCIADAS A LA CLASE	ID DE DEFICIÓN DE MATERIAL
Fruta	FRT	Guayaba	GYB
Endulzante	ENDT	Azúcar	AZR
Desinfectante	DES	Peracet 101	DES_PCT
Insumos	INS	Fécula	FC
		Agua	H2O_T
		Dulce de leche	DL_L
Empaques	EMP	Papel celofán al calor	PP_CF
		Tarrinas	TRR
		Bolsas	BLS
		Cajas	CJS
		Cinta empaquetamiento	CT_EMP
Productos intermedios	PR_INT	Guayaba madura o cocida	GYB_MC
		Pulpa de guayaba	PLP_GYB
		Mezcla de guayaba	MZC_GYB
		Mezcla de guayaba en moldes	MZC_GYB_M
		Dulce de guayaba reproceso	DL_GYB_RPCS
Producto final	PR_FN	Dulces de guayaba	DL_GYB

Fuente: Propia.

Teniendo la información del proceso y la descripción de los recursos involucrados en el mismo, es necesario conocer su asignación a lo largo de la línea de producción y así conseguir un historial detallado de cada uno de ellos. Para cumplir con esta necesidad se desarrolla el modelo de segmento de proceso.

Modelo de segmento de Proceso

Para dar inicio al desarrollo de este modelo, se tienen en cuenta cada uno de los eslabones de la cadena de valor, determinando que corresponden a un segmento del proceso, de esta manera se pasa a identificar en cada uno de ellos el segmento de materiales, equipos y personal.

- Segmento de proceso Selección y adecuación de guayaba.

Tabla 15. Especificación de segmento de proceso de selección y adecuación de las guayabas.

ESPECIFICACIÓN DE SEGMENTO DE PROCESO			
ID	SP_E1		
Localización	ID equipo		Nivel de equipo
Descripción	Selección y adecuación de las guayabas.		

Fuente: Propia.

Tabla 16. Especificación de segmento de material para el segmento de proceso selección y adecuación.

ESPECIFICACIÓN DE SEGMENTO DE MATERIAL						
Material	ID		Propiedad de especificación del material			Uso del Material
	Def. Material	Clase	ID	Valor	Unidad de medida	
Guayabas	GYB	FRT	MaGYB	20	semanas	Materia prima
Peracet 101	DES_PCT	INS	De_DES_PECT	1.13	g/cm ³	Desinfectante
			Ac_DES_PECT	8.2	KPa	
			PB_DES_PECT	0,1	°C	
			PE_DES_PECT	105	°C	
Agua	H2O_T	INS	CIH2O_T	0.7	mg/lt	Insumo para limpieza MP

Fuente: Propia.

Tabla 17. Especificación de segmento de equipo para el segmento de proceso selección y adecuación de la guayaba.

ESPECIFICACIÓN DE SEGMENTO DE EQUIPOS						
Equipo	ID		Propiedad de especificación del equipo			Uso del Equipo
	Def. Equipo	Clase	ID	Valor	Unidad de medida	
Marmita		PG-MT	CmaxMT	240	Lt	Cocción de las guayabas
			Mat_MT	90	%	
Recipiente		PG-RCP	Cp_RCP	100	Kg	Desinfección guayaba

Fuente: Propia.

Tabla 18. Especificación de segmento de personal para el segmento de proceso selección y adecuación de la guayaba.

ESPECIFICACIÓN DE SEGMENTO DE EQUIPOS						
Persona	ID		Propiedad de especificación de la persona			Tarea de la persona
	Def. persona	Clase	ID	Valor	Unidad de medida	
Operario A	Operario 1	C_OP_DG	A1	6	Horas	Encargado de la etapa
			A2	Lunes, martes, miércoles, jueves y viernes	Días	
Operario B	Operario 8	C_OP_DG	A1	6	Horas	Apoyo en la recepción de la materia prima
			A2	Lunes, martes, miércoles, jueves y viernes	Días	

Fuente: Propia.

En este documento se especifica el segmento de proceso de recepción, selección y adecuación de la materia prima, la descripción de las demás eslabones se exponen en el anexo C ítem 3.5.

3.1.2. Medición del Proceso de elaboración de dulces de guayaba

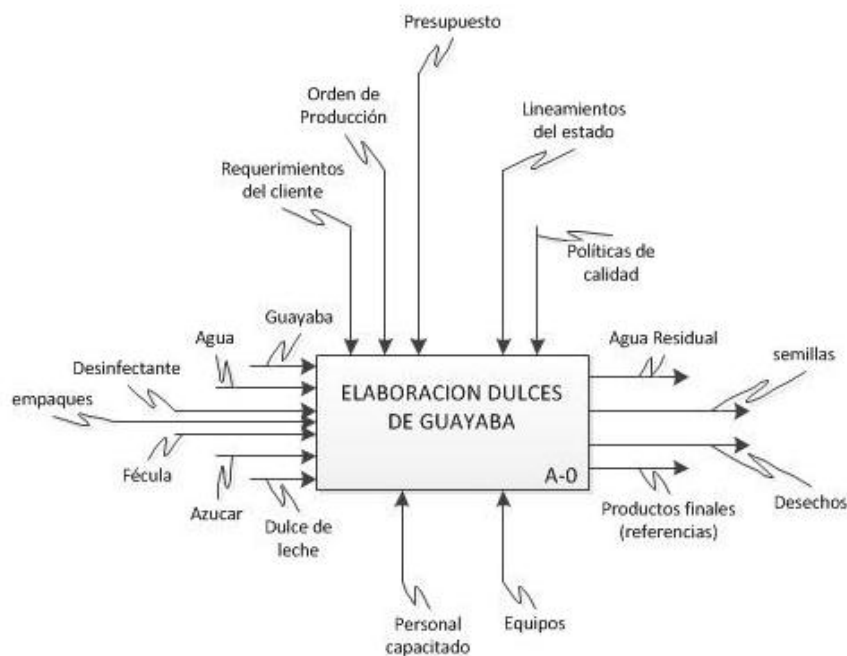
Siguiendo con el desarrollo de la metodología y buscando un detalle más profundo del proceso, se comienza con la recolección de la información manejada por cada etapa

para obtener datos específicos del proceso y producción, la cual es presentada a través del IDEF0, modelo de equipos, modelo de procedimientos y modelo de procesos, como también se calcula el nivel sigma de cada etapa y se definen los indicadores claves de desempeño (KPI's).

Se presenta el IDEF0 actual de toda la línea de producción con sus respectivos flujos de datos, logrando una recolección, adquisición y acumulación de datos.

La actividad general del proceso se representa en el bloque A-0 donde se especifican las entradas, salidas, recursos y datos necesarios para dar cumplimiento con las actividades inmersas.

Figura 35. Diagrama A-0.

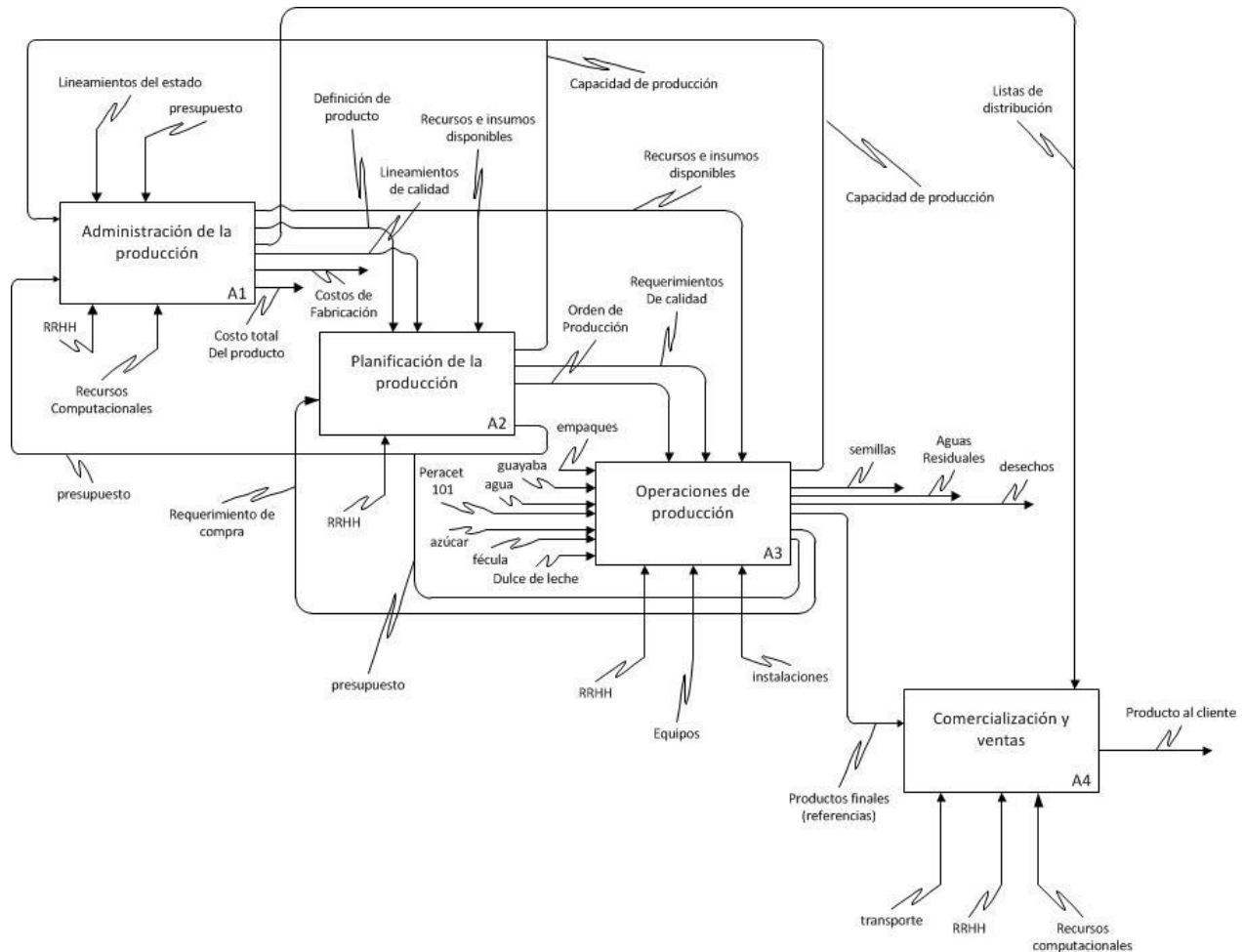


Fuente: Propia.

Como se evidencia desde la cadena de valor, el proceso de elaboración de dulces de guayaba no está compuesto únicamente por actividades de producción, sino que cuenta con funciones desarrolladas en la administración de operaciones de manufactura como las que se observan en el diagrama A0, detallando en cada una de ellas la información o recursos de entrada y salida, los elementos de control y mecanismos necesarios para cada una de ellas.

Se catalogan cuatro funciones donde algunas de las actividades inmersas en ellas se efectúan dentro de la empresa para la elaboración de dulces de guayaba, estas son: administración de la producción, planificación de la producción, operaciones de la producción y comercialización y ventas.

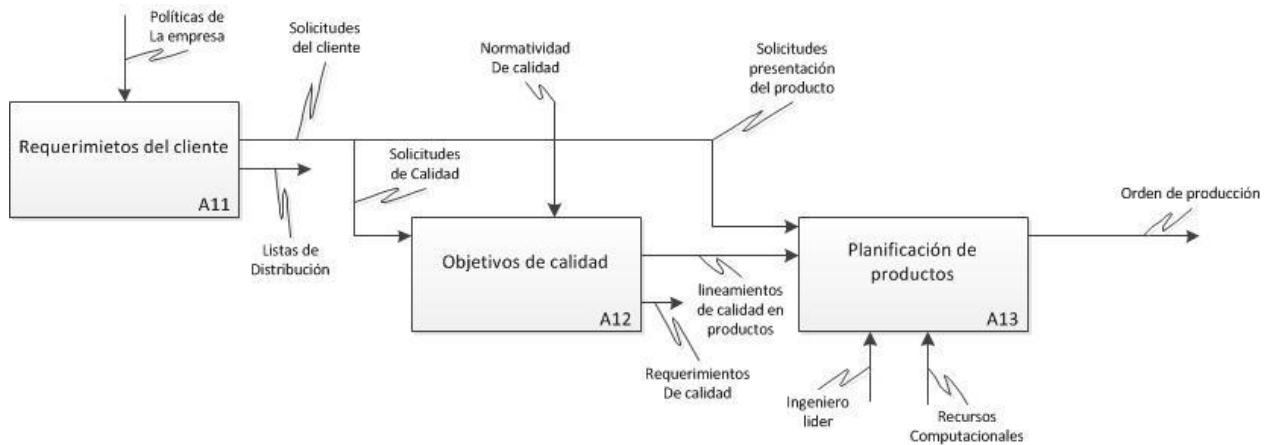
Figura 36. Funciones generales efectuadas en el proceso.



Fuente: Propia.

En la administración de la producción se desarrollan una serie de actividades como las que se evidencian en el siguiente diagrama para dar cumplimiento con sus objetivos.

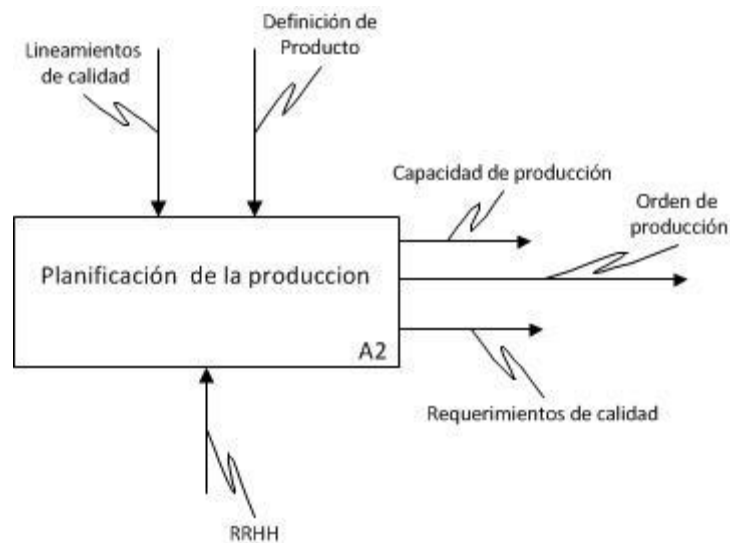
Figura 37. Actividades administración de la producción.



Fuente: Propia.

Adicionalmente se expone de manera individual el diagrama A2, donde al desarrollar la planificación de la producción surge un conocimiento de la capacidad de producción diaria de la empresa, la orden de producción y los requerimientos de calidad con los cuales se procede a trabajar.

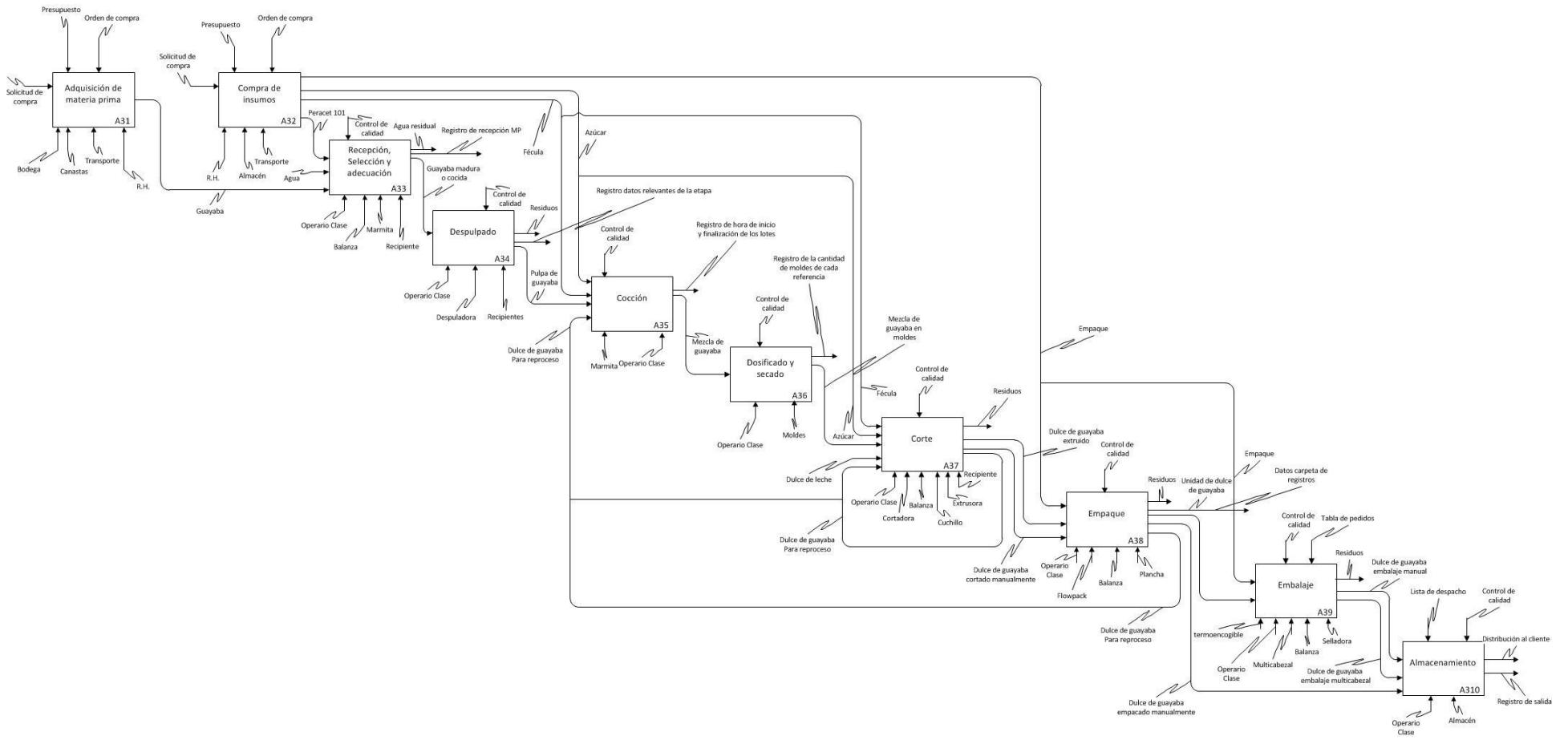
Figura 38 .Actividad planificación de la producción



Fuente: Propia.

Las operaciones de producción son cada una de las etapas específicas en la línea de procesamiento, como se observa en la figura 39, evidenciando los flujos de información y datos que comparten cada una de ellas.

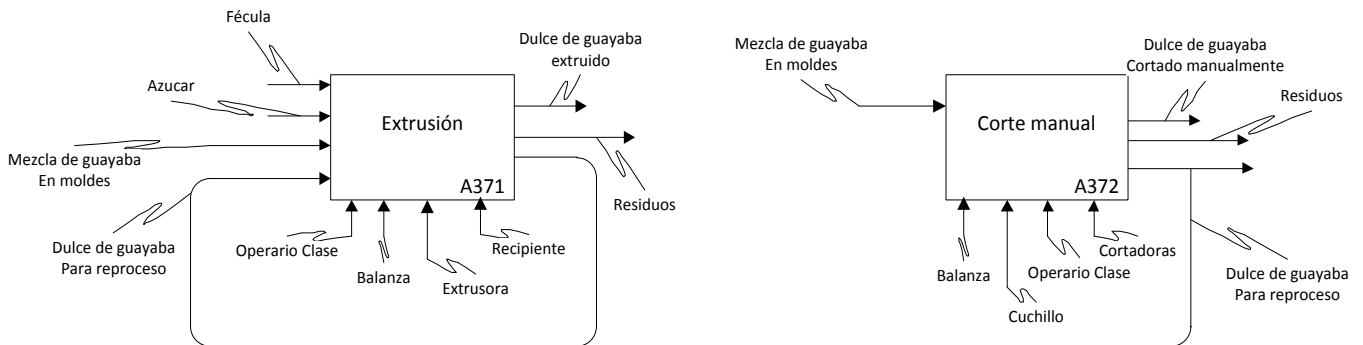
Figura 39. Actividad operaciones de producción.



Fuente: Propia.

Como ya se había mencionado en la definición del proceso, dentro de la etapa de corte la línea de producción se divide en dos actividades independientes, cada una de ellas es especificada en la figura 40.

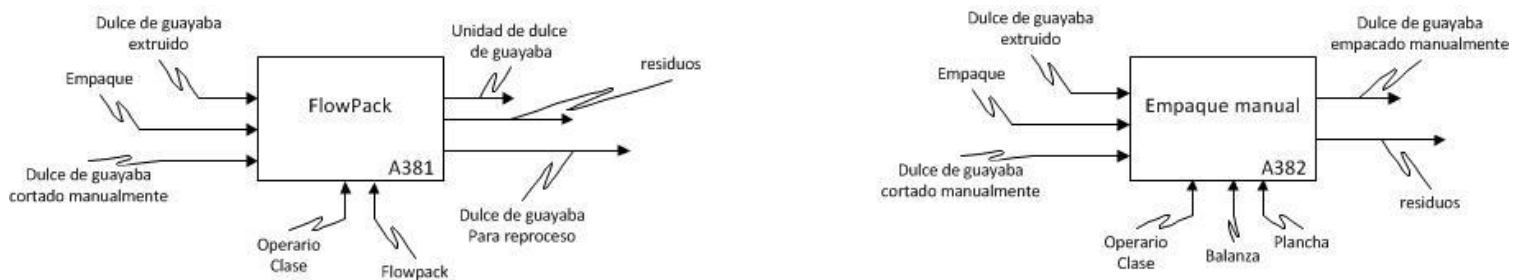
Figura 40. Actividades inmersas en corte.



Fuente: Propia.

Este mismo caso ocurre con la actividad de empaque, donde se puede proceder de dos formas diferentes. Cada una de ellas es especificada en la figura 41.

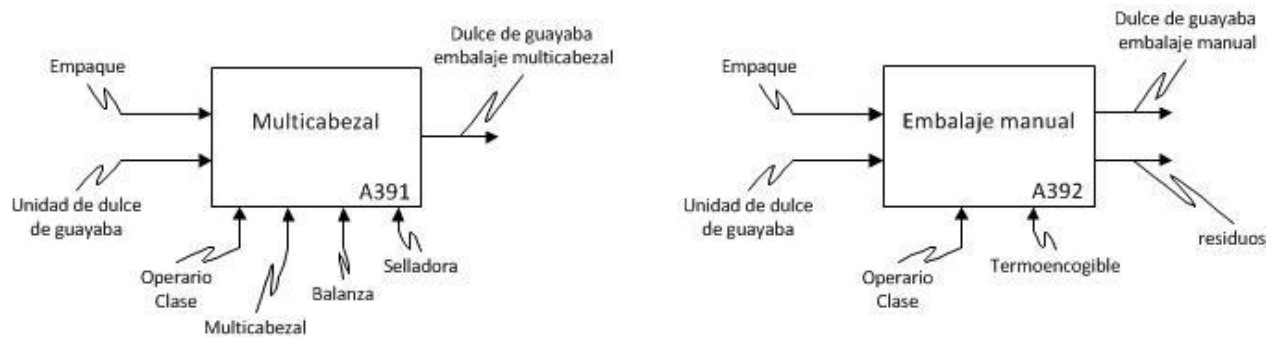
Figura 41. Actividades inmersas en empaque.



Fuente: Propia.

Y como última etapa en contener actividades diferentes para el mismo fin, se encuentra el embalaje final de los productos. Cada una de ellas se realiza según la orden de producción definida.

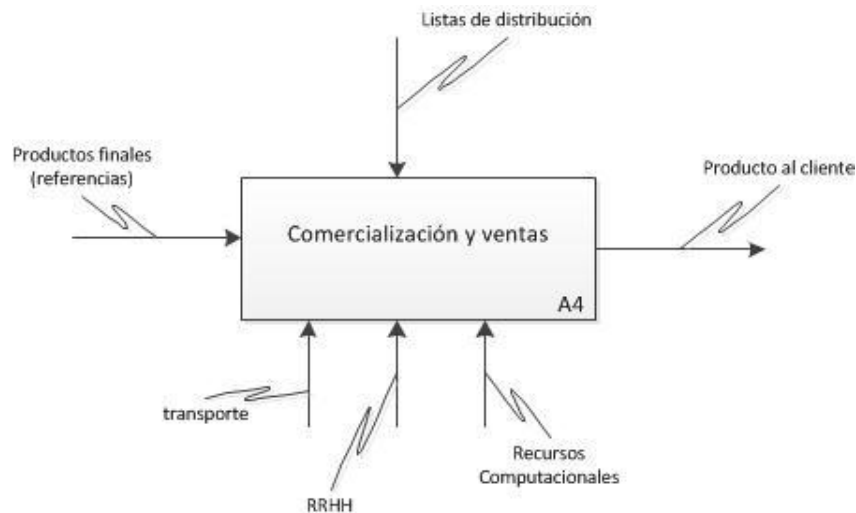
Figura 42. Actividades inmersas en embalaje.



Fuente: Propia.

Al terminar con las operaciones de producción se procede a realizar una comercialización y ventas de los productos, la figura 43 muestra la información y los datos necesarios que suministrada esta función.

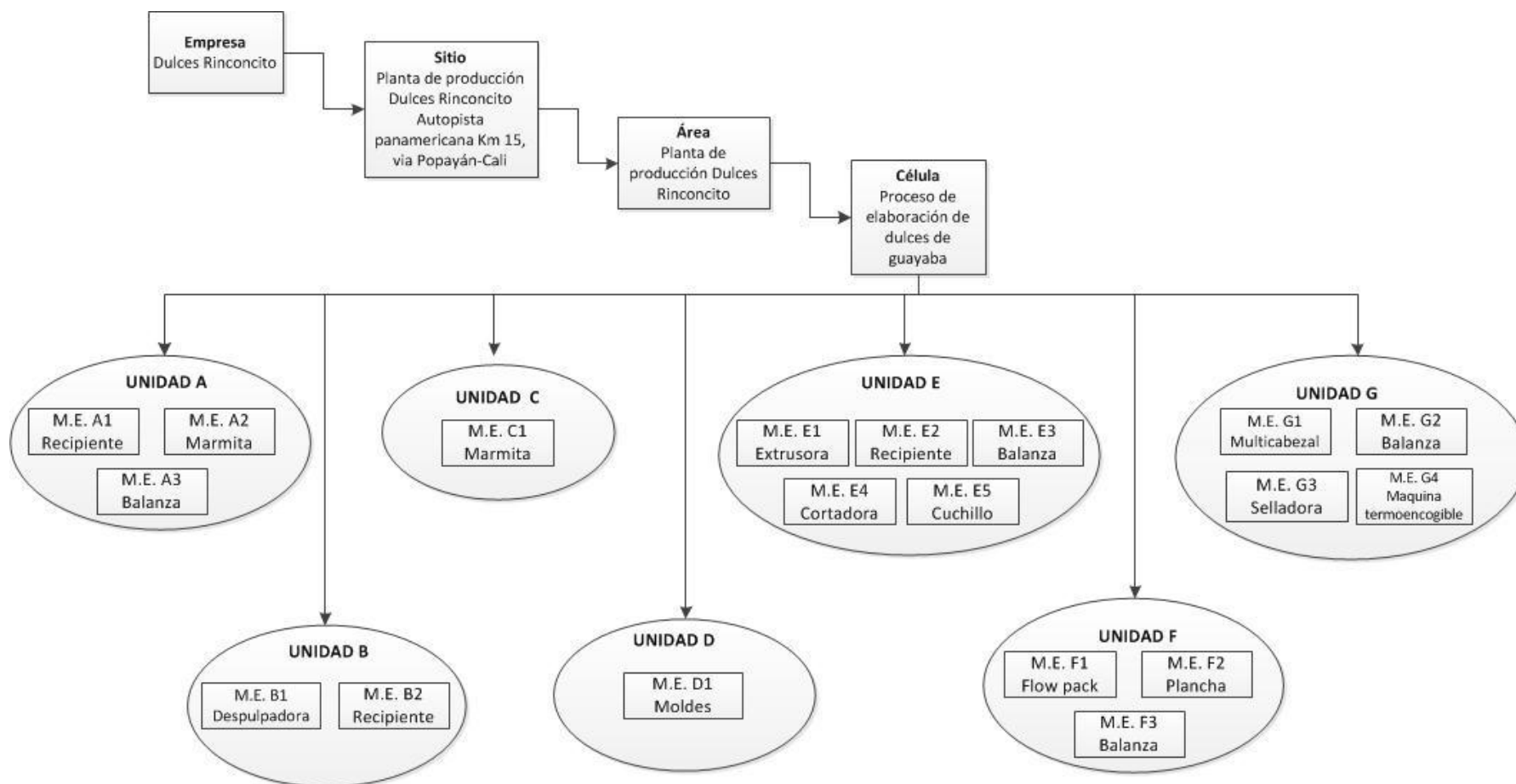
Figura 43. Actividad comercialización y ventas



Fuente: Propia.

Teniendo un completo conocimiento del proceso de elaboración de dulces de guayaba, se continúa con la definición del modelo físico, el cual recopila los equipos utilizados en cada etapa del proceso. De manera general se presenta seis de los niveles del modelo en la figura 44.

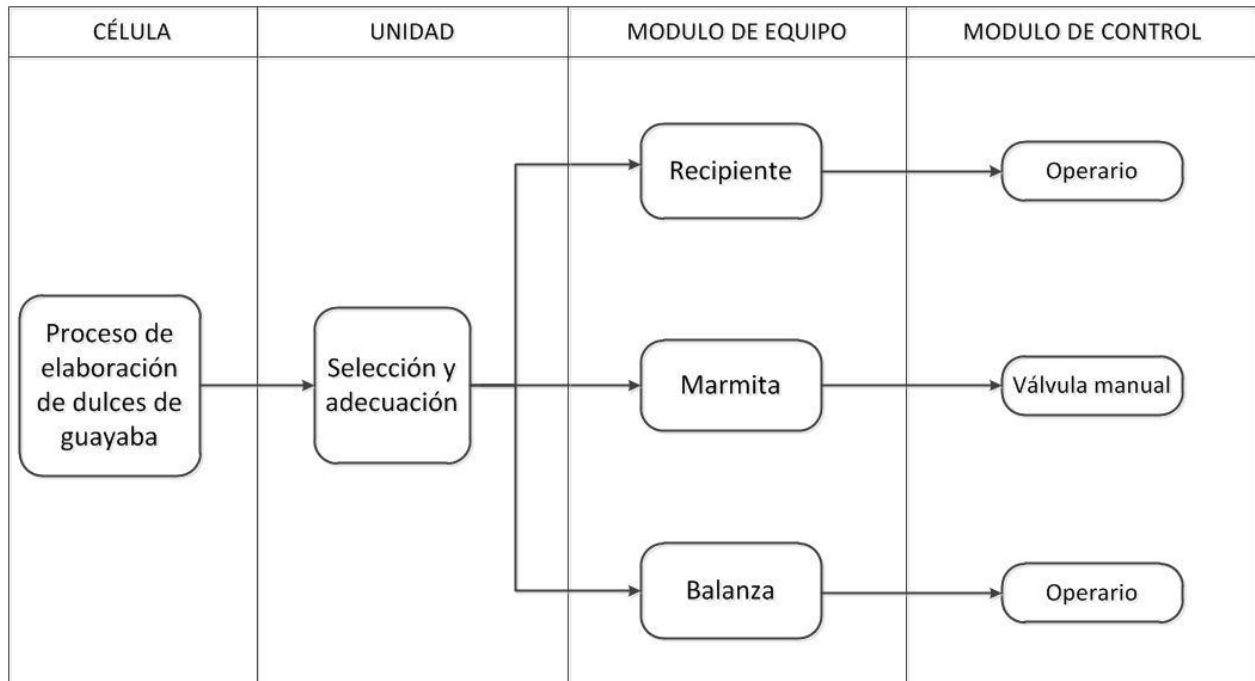
Figura 44. Modelo físico general.



Fuente: Propia.

En la figura 45 se presenta el modelo físico correspondiente para la etapa de selección y adecuación de la guayaba, la cual cuenta con 3 módulos de equipos y cada uno de ellos con su respectivo módulo de control.

Figura 45. Modelo físico de selección y adecuación de la guayaba.



Fuente: Propia.

De igual manera se realizó el modelo para cada etapa del proceso, los cuales se encuentran en el anexo C ítem 3.1.

Luego, se desarrolló el modelo de proceso que permite describir las etapas, operaciones y acciones que se realizan. Ver figura 46.

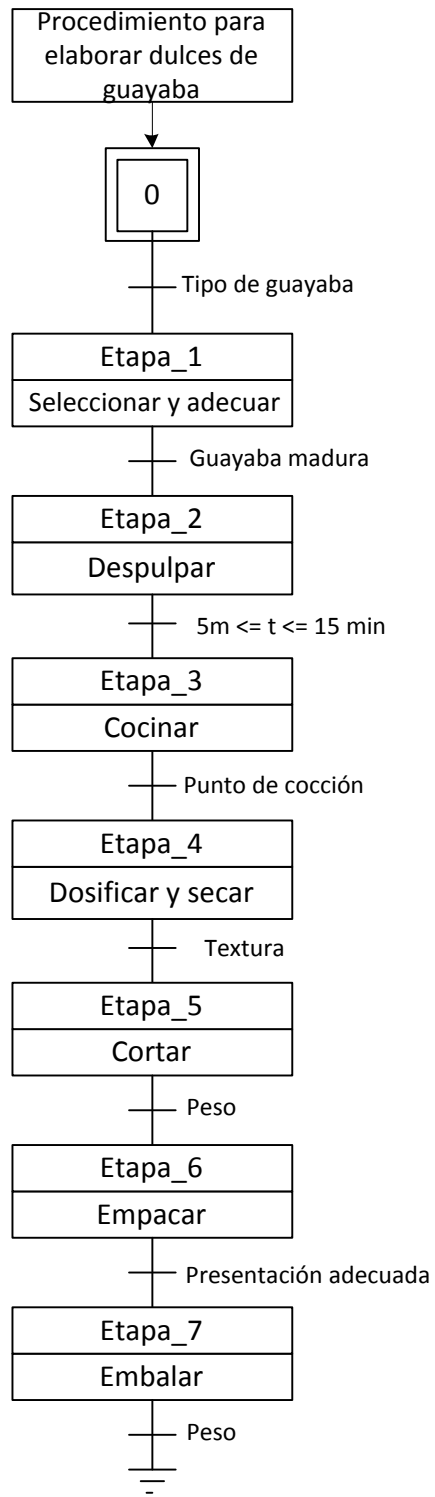
Figura 46. Modelo de proceso.

PROCESO	ETAPA DE PROCESO	OPERACIONES DE PROCESO	ACCIONES DE PROCESO
Elaboración de dulces de guayaba	Selección y adecuación	Selección y pesaje	Selección y pesaje de la guayaba
		Limpeza y desinfección	Limpeza de la guayaba Desinfección de la guayaba
		Escaldado de guayaba (opcional)	Adición de la guayaba no madura Cocción de la guayaba no madura
	Despulpado	Despulpado	Adición de la guayaba a la despulpadora Ingreso de pulpa de guayaba al recipiente
		Almacenamiento pulpa	Reposo de la pulpa de guayaba en recipiente
	Cocción	Adición de materiales	Adición de la pulpa de guayaba Adición de insumos
		Cocción	Cocción y agitación Reposo en la marmita
	Dosificado y secado	Dosificado	Adición de mezcla de guayaba
		Reposo	Solidificación a temperatura ambiente
	Corte	Corte manual	Selección y organización de la cortadora
			Ubicación de mezcla de guayaba
			Accionamiento de la cortadora Adecuación y pesaje del producto
		Corte por extrusora	Configuración de la extrusora
			Adecuación e ingreso de la mezcla de guayaba al cilindro de la extrusora
			Extrusión Despegue y azucaramiento del producto Prueba de peso y Almacenamiento del producto
	Empaque	Empaque manual	Toma del producto y empaquetamiento Verificación de presentación
		Empaque por la flow pack	Selección de empaque y calibración de la flow pack Ubicación del dulce de guayaba en la maquina Selección del producto defectuoso
		Embalaje	Embalaje manual
	Embalaje multicabezal		Introducción del producto
			Llenado y pesaje de la bolsa Sellamiento de la bolsa

Fuente: Propia.

Para describir secuencialmente las actividades que se llevan a cabo en el proceso y obtener sus parámetros se desarrolló el modelo de procedimiento. En la figura 47 se enseña de manera general la secuencia y las transiciones más relevantes entre cada una de ellas.

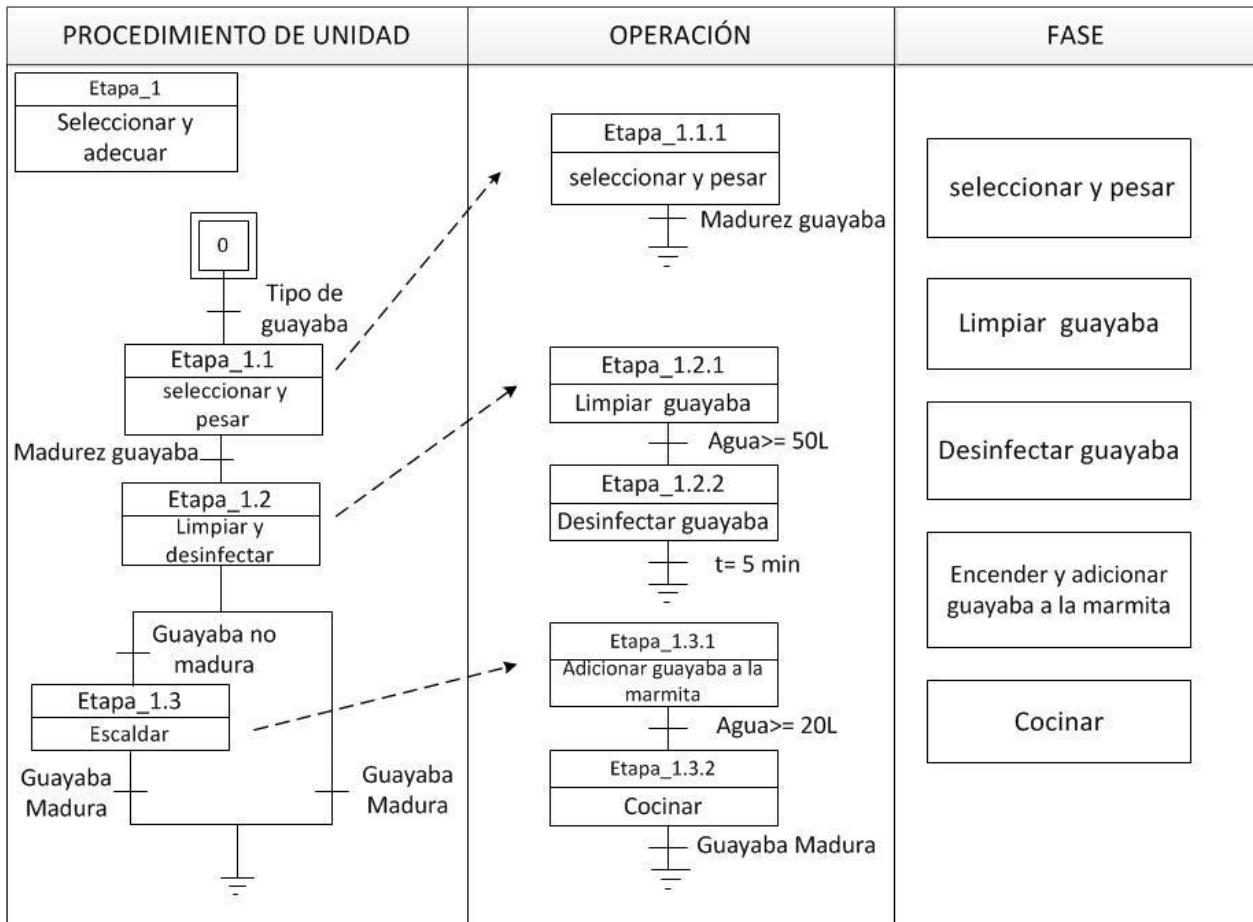
Figura 47. Modelo de procedimiento general.



Fuente: Propia.

De igual manera, se tiene el modelo de procedimiento para la selección y adecuación de la guayaba, presentando sus procedimientos de unidad, operaciones y fases que la componen. Las siguientes etapas del proceso son encontradas en el anexo C ítem 3.2.

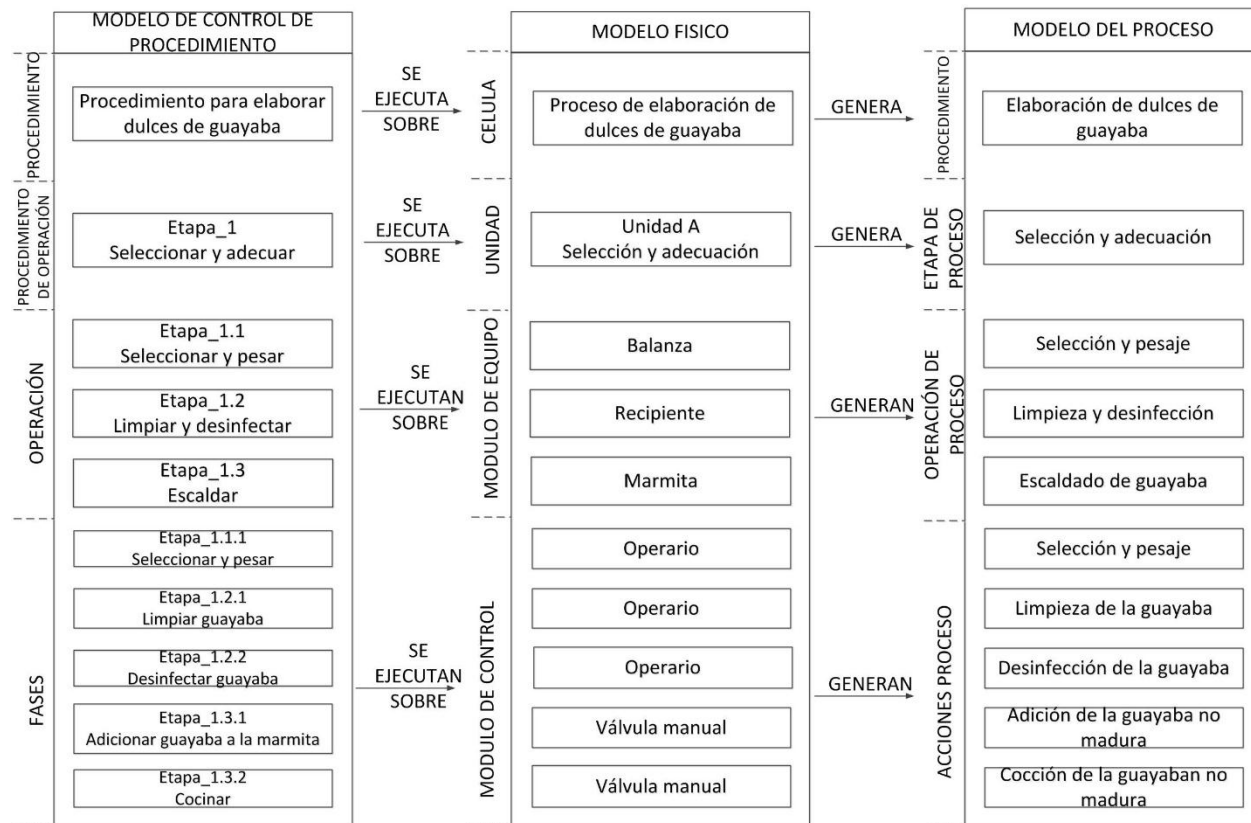
Figura 48. Modelo de procedimiento selección y adecuación de la guayaba.



Fuente: Propia.

Con el desarrollo de los tres modelos anteriormente mencionados, se recopila la información de cada una de las etapas del proceso y se muestra su relación, en la que se observa con que modulo se ejecutan las operaciones y fases y estas que generan. En la figura 49 se presenta para la etapa de selección y adecuación; en el anexo C ítem 3.3 se exponen para las demás.

Figura 49. Etapa selección y adecuación.



Fuente: Propia.

Con base al formato presente en el anexo C parte 3.4, se obtiene los valores de los parámetros necesarios para encontrar el nivel sigma y definir los indicadores claves de desempeño; se especifica que dichos valores son los promedios obtenidos de la observación realizada en cada etapa durante los meses de febrero a abril del 2015, como también información suministrada por la empresa.

Con lo mencionado anteriormente, se procede a calcular el nivel sigma, ya que permite conocer en términos cuantificables el desempeño del proceso y monitorear las mejoras que se implemente a través del tiempo [16]; para esto, se tomó el número de unidades procesadas, defectos observados y oportunidades de error de cada etapa para aplicar la métrica DPMO. A continuación se presenta el nivel sigma para la selección y adecuación, en el anexo C ítem 3.4 se calculan cada uno de ellos.

- Definición de unidad: Kilogramo
- Número de unidades procesadas (U): 1050
- Número de defectos observados (d): 30

Número de oportunidades de error (O): 30

$$DPMO = \frac{d}{U * O} * 1.000.000$$

$$DPMO = \frac{30}{1050 * 30} * 1.000.000$$

$$DPMO = 952.38$$

De la tabla de conversión del DPMO al nivel sigma (tabla 1) se determina el valor que más se aproxima a 952.38 obteniendo un valor de 4.6.

Adicionalmente con los parámetros suministrados por el proceso, se pasa a plantear los indicadores con los cuales se pueda medir el estado actual del mismo. Teniendo en cuenta que se tienen variables como lo son el tiempo de producción, tiempos muertos, el total de dulces promedio por día con sus pérdidas y sus reprocesos; los indicadores que se han planteado son:

- FTT (First Time Though – Bien a la primera): indicador básico de calidad de un proceso, que como su nombre indica, nos muestra el porcentaje correcto de piezas que se hacen bien a la primera, sin necesidad de retrabajos adicionales. La fórmula de cálculo se ve en la siguiente ecuación [36].

$$FTT = \frac{\text{Unidades entrantes} - \text{scrap} - \text{piezas retrabajadas}}{\text{unidades entrantes}}$$

- OEE (Overall Efficiency Equipment – Eficiencia global de la maquina): Indicador de pérdidas productivas, que permite identificar las verdaderas causas de dichas pérdidas [36].

El OEE se puede calcular de la siguiente manera:

$$OEE = \text{Disponibilidad} \times \text{rendimiento} \times \text{calidad}$$

Donde se tiene que:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo disponible} - \text{Tiempo improductivo o paros}}{\text{Tiempo disponible}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{unidades reales} - \text{Tiempo improductivo o paros}}{\text{tiempo efectivo} \times \text{velocidad estandar}}$$

$$\text{Calidad} = \frac{\text{unidades totales} - \text{unidades de producto no conformes}}{\text{unidades totales}}$$

Donde el OEE es clasificado según la tabla 19 que se muestra a continuación.

Tabla 19. Clasificación del OEE según el nivel de excelencia

RESULTADOS	CLASIFICACIÓN
0% < OEE < 65%	Inaceptable, muy baja competitividad
65% < OEE < 75%	Regular, baja competitividad. Aceptable solo si está en proceso de mejora
75% < OEE < 85%	Aceptable. Continúa la mejora para avanzar hacia World Class ⁷
85% < OEE < 95%	Buena competitividad. Entra en valores World Class
95% < OEE < 100%	Excelente competitividad. Valores World Class

Fuente: [36].

- **EFICIENCIA TOTAL DE LA PLANTA:**
En este indicador se agrupan todos los efectos derivados de un tiempo de utilización; estos apuntan hacia los problemas de demanda y a la capacidad de ventas de la empresa [36].

$$\text{eficiencia total} = \frac{\text{horas utilizadas} \times \text{produccion efectiva diaria}}{\text{horas programadas} \times \text{capacidad tecnica actual}}$$

⁷ World Class: se utiliza como sinónimo de excelencia, capacidad de cambio, mejora continua, resultados sobresalientes, productos y servicios de gran calidad [37].

3.1.3. Análisis de datos e información del proceso de elaboración de dulces de guayaba

Continuando con los datos suministrados por el proceso, se proceden a aplicar los indicadores claves de desempeño definidos anteriormente para evaluar y poder analizar el estado de la empresa Dulces Rinconcito.

- FTT (First Time Through – Bien a la primera):

Partiendo de los siguientes datos:

- Unidades entrantes = 33.876 unidades diarias que equivalen a 338.760 gr
- Scrap = 400 unidades diarias que equivalen a 4000 gr
- Piezas retrabajadas = 2200 unidades

Al aplicar la ecuación del indicador FTT se tiene:

$$FTT = \frac{33.876 u - 400 u - 2200 u}{33.876 u} = \frac{31.276 u}{33.876 u} = 0,9232$$

Por tanto, se puede decir que el proceso de elaboración de dulces de guayaba tiene un rendimiento del 92% en hacer las unidades bien en la primera ejecución.

- OEE:

Para calcular el OEE real de la línea de producción de elaboración de dulces de guayaba se tiene en cuenta que:

- Tiempo disponible = 8 horas
- Tiempo improductivo = 2 horas
- Unidades reales = 31.276 unidades
- Velocidad estándar de producción = 4.235 unidades/hora
- Unidades de producto no conforme = 2600 unidades

Al utilizar los anteriores datos para conseguir la disponibilidad, el rendimiento y la calidad del proceso, se obtiene:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{8 \text{ horas} - 2 \text{ horas}}{8 \text{ horas}} = 0,75$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{31.276 \text{ unidades} - 2 \text{ horas}}{8 \text{ horas} \times 4.235 \text{ unidades/hora}} = 0,92$$

$$\text{Calidad} = \frac{33.880 \text{ u} - 2600 \text{ u}}{33.880 \text{ u}} = 0,92$$

Con estos indicadores, se procede a encontrar el OEE aplicando la ecuación definida con anterioridad y obteniendo

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{rendimiento} \times \text{calidad} = 0,6348$$

De esta manera, se concluye que el OEE del proceso de elaboración de dulces de guayaba es del 63%, según la tabla 19 la empresa cuenta con una baja competitividad, lo que nos indica que se deben de analizar las variables dentro del proceso y ejecutar las acciones correspondientes para lograr un mejoramiento de la competitividad de la fábrica.

- EFICIENCIA TOTAL DE LA PLANTA:

La eficiencia total del proceso se encuentra con los siguientes datos

- Horas utilizadas = 6 horas
- Producción efectiva diaria = 31276 unidades
- Horas programadas = 8 horas
- Capacidad técnica actual = 33880 unidades

$$\text{eficiencia total} = \frac{6 \text{ horas} \times 31276 \text{ unidades}}{8 \text{ horas} \times 33880 \text{ unidades}} = 0,692$$

Así, mediante este indicador se puede decir que el proceso cuenta con un 69% de eficiencia total en la elaboración de dulces de guayaba.

Adicionalmente a los datos arrojados por los indicadores claves de desempeño, y con la observación, reconocimiento y recopilación de la información, se describen los siguientes inconvenientes dentro del proceso:

- Se identificaron tiempos muertos en la ejecución de operaciones del proceso de hasta 15 minutos, generados por no encontrar las herramientas, equipos, utensilios y demás, esto causa un retraso en la producción, bajo rendimiento, cuellos de botella, inconformidades entre los operarios e incumplimiento de las actividades que deben llevar a cabo.
- No se cuenta con áreas definidas para las etapas de corte y empaque manual, causando que los operarios deban realizar desplazamientos largos para transportar productos intermedios, dificultad para realizar sus actividades y pocos espacios de trabajo.
- Fallos inesperados en equipos debido a que no se cuenta con un plan de mantenimiento generando retrasos en la producción.
- Falta seguimiento de variables relevantes del proceso, llevando a la toma de decisiones esporádicas.
- Necesidad de recalibración de máquinas.

Finalmente, en esta etapa se concluye con la generación de las propuestas de aplicación para la mejora de los indicadores y de las situaciones mencionadas anteriormente. Dichas propuestas son expuestas en la siguiente fase.

3.1.4. Implementación de soluciones propuestas para el proceso de elaboración de dulces de guayaba

Como solución a los inconvenientes encontrados y expuestos en la fase de análisis, se decidió implementar la herramienta Lean de las cinco eses (anexo C ítem 4.1) [38]–[40], debido a que la empresa necesita obtener condiciones óptimas en las áreas de trabajo, mayor rendimiento de la producción, disminución en la pérdida del tiempo y una optimización del espacio físico, así como la distribución estratégica de las máquinas y

herramientas de trabajo para aumentar la productividad y disminuir los costos de operación.

CINCO ESES FRENTE A OTRAS HERRAMIENTAS LEAN

Aunque las herramientas Lean son utilizadas para solucionar un amplio conjunto de problemas y tienen como objetivo común alcanzar la mejora continua, cada una de ellas ha sido creada como respuesta a problemas específicos [40].

Frente a otras herramientas, las cinco eses son reconocidas como la base necesaria para poder llevar a cabo programas de control de calidad en donde antes no se hayan realizado, ya que genera el comienzo de una cultura organizacional de calidad, enfatizándose en lograr un lugar de trabajo agradable, limpio y organizado [39], [40].

PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA LA IMPLEMENTACION DE LAS CINCO ESES

Se establecieron los pasos que se llevaron a cabo para implementar las cinco eses en la empresa Dulces Rinconcito, los cuales fueron:

1. Definición de las áreas de la empresa en las que se implementaría las 5s
Con base a la información tomada en el proceso de elaboración de dulces de guayaba, las áreas elegidas corresponde a cada una de sus etapas: selección y adecuación de la guayaba, despulpado, cocción, dosificado y secado, corte, empaque y embalaje.
2. Socialización del proyecto a la Dirección
Reunidos con el Gerente y el Jefe de producción, se presentaron los problemas encontrados en cada una de las etapas del proceso, justificando la elección de las cinco eses como solución, presentando en que consiste, los objetivos y de manera general el procedimiento a seguir; fue indispensable que la Dirección estuviera comprometida con lo que se llevó a cabo, ya que fue el respaldo que permitió el éxito de la implementación.
3. Realización de una reunión Informativa con todo el personal
La reunión se efectuó con los empleados encargados del proceso de dulces de guayaba, con el propósito de dar a conocer las cinco eses, los objetivos que se desean alcanzar y la justificación de su aplicación.
También se desarrolló una encuesta inicial (anexo C ítem 4.2), para poder conocer cómo perciben los trabajadores cada área.

4. Ejecución de las cinco eses

Estas se llevaron a cabo con el personal de cada área, de esta manera se trataron problemas específicos, permitiendo el aprendizaje de los operarios.

CLASIFICAR – SEIRI

El objetivo de la etapa es separar los objetos necesarios de los que no, por lo cual, se inició con el inventario de herramientas, equipos, insumos y elementos de información en cada una de las etapas del proceso.

Luego, junto al Jefe de producción y el operario encargado, se verificaban los elementos que necesitaba para cumplir con sus actividades, aquellos que no tenía una función eran retirados y se hizo el listado de los elementos que hacían falta.

ORGANIZAR – SEITON

En cada etapa del proceso de dulces de guayaba, se ubicó un puesto fijo para las herramientas y equipos basándose en la frecuencia de uso y función, de esta manera los operarios tienen fácil acceso a ellos, permitiéndoles cumplir con sus actividades y eliminando tiempos muertos.

En la fábrica se contaba con:

- Un estante en el que se encuentre los insumos de limpieza, detergentes y desinfectantes.
- zona para almacenar los cepillos, escobas y demás elementos necesarios para el aseo.
- Ubicación en el almacén según la referencia del producto.

A través de la aplicación de la 2s se estableció:

- Una estantería organizada y señalada para las herramientas de cada etapa del proceso.
- Organizar las mesas de trabajo para las etapas de corte y empaque manual de manera estratégica, permitiendo el paso de los operarios y mejorando los espacios de trabajo.
- Una pizarra para presentar información importante de la empresa y el avance de las cinco eses.
- Ubicar en zonas comunes las herramientas y equipos compartidos por los procesos de dulce de leche y guayaba.
- Reubicación de cortadoras.
- Señalización de modulares dependiendo del área al que pertenezcan.

Finalmente se enfatizó en recordarles que cada objeto tiene un lugar exclusivo y que al finalizar su uso debe volver a él.

LIMPIAR – SEISO

La fábrica de Dulces Rinconcito cuenta con un manual que establece los procedimientos de limpieza y desinfección que deben aplicarse en áreas, manipuladores, equipos, utensilios y superficies fijas, permitiendo la eliminación de agentes contaminantes y finalmente garantizando la inocuidad de los productos elaborados.

En esta etapa de la implementación, se procedió a:

- verificar el cumplimiento y actualizar el manual de limpieza.
- Enfatizar en limpiar y desinfectar las herramientas y equipos una vez terminados de usar.
- Crear un registro de control de limpieza de pisos, techos y paredes.

ESTANDARIZAR – SEIKETSU

El objetivo es conservar lo que se ha logrado en las tres primeras eses, a través de la creación de hábitos para conservar los lugares de trabajo en óptimas condiciones, para ello se realizó:

- El control de las 3s aplicadas para verificar el cumplimiento de las actividades de cada etapa del proceso, de esta manera fortalecer lo que se ha logrado y mejorar las debilidades que aún se presentan.
- Una reunión con los operarios, Jefe y Gerente de producción para compartir los cambios realizados.
- Una encuesta para evaluar la implementación (anexo C ítem 4.3).

DISCIPLINA - SHITSUKE

A diferencia de las 4s mencionadas anteriormente, la disciplina no se puede medir ya que hace parte del comportamiento humano, pero sin ella, los cambios realizados no se mantendrán en el tiempo.

Por esa razón se estableció el papel que debe cumplir el Gerente y Jefe de producción, quienes se comprometieron a seguir educando el personal sobre los principios y técnicas de las 5S, motivar y participar directamente en la promoción de sus actividades y evaluar su progreso e implementarla en otras áreas de la empresa como en el proceso de dulce de leche.

Finalmente se enfatizó en crear condiciones y pautas que estimulen su práctica permanentemente y se vuelvan rutinas para el personal de la empresa, entre ellas se tiene:

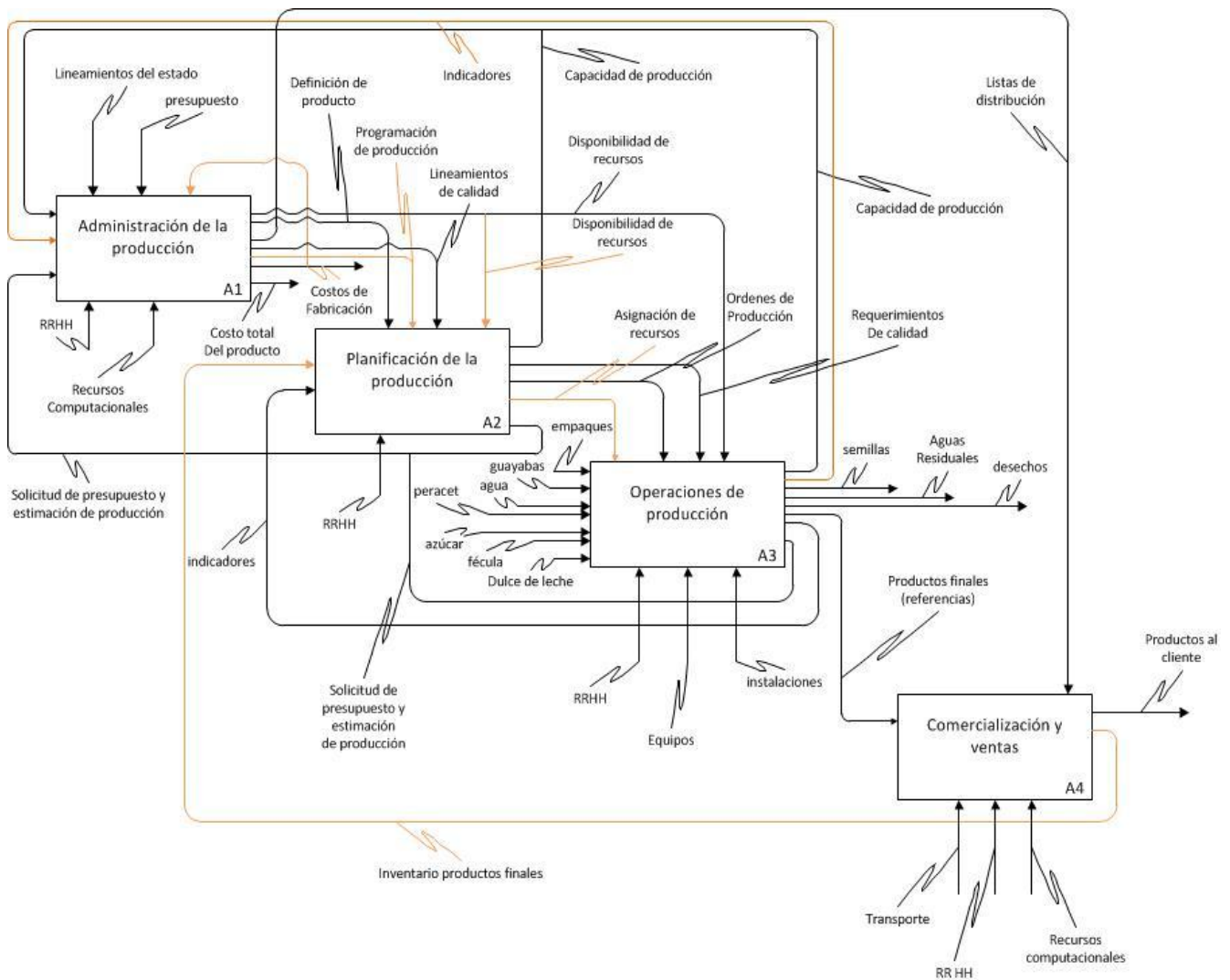
- Continuar con el uso de ayudas visuales.
- Publicar las fotografías enseñando las áreas de la empresa antes y después de su implementación.
- Establecer como rutina una charla de máximo 5 minutos al comenzar el día sobre las cinco eses.
- Realizar evaluaciones periódicas por parte del Jefe de producción.
- Incentivar a los operarios.

Como complemento de la implementación de la conceptualización, se propone un nuevo IDEF0, la definición de las actividades detalladas de cada operario en su etapa y plan de mantenimiento.

El IDEF0 propuesto adiciona flujos de información y datos que sean la base para la toma de decisiones.

Como se observa en la figura 50, las funciones generales efectuadas en el proceso de elaboración de dulces de guayaba siguen siendo las mismas, aunque se realiza una implementación de nuevos flujos de información y el manejo de datos relevantes para el proceso que antes no se tenían en cuenta. Esto se muestra con un color café dentro del modelo

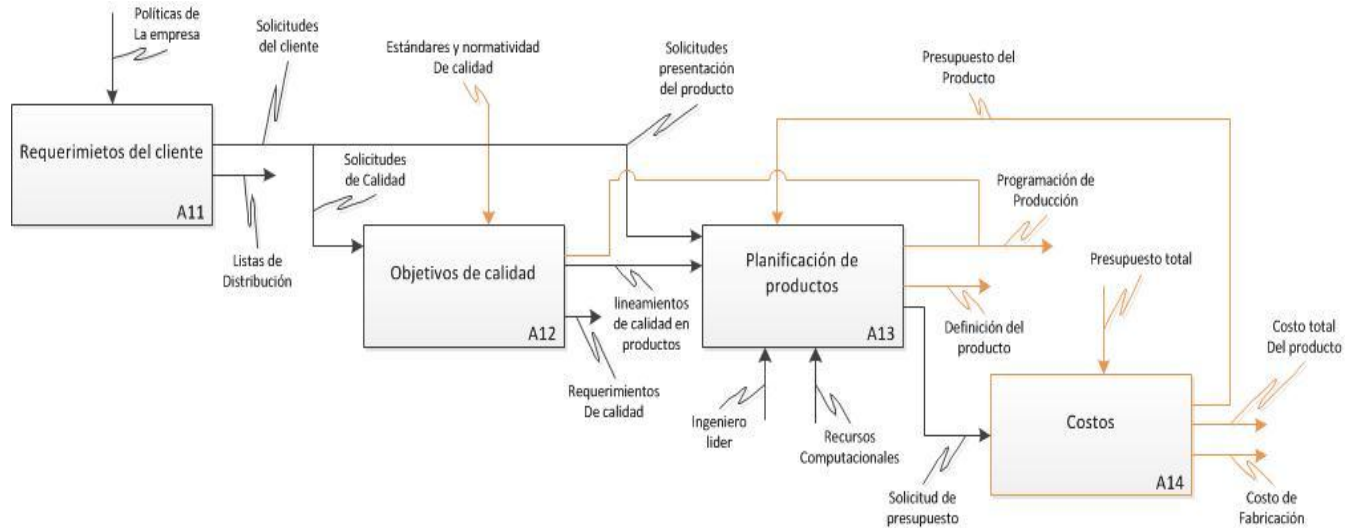
Figura 50. Funciones generales del proceso.



Fuente: Propia.

Describiendo las actividades inmersas en cada una de las funciones principales, se comienza con la administración de la producción. Dicha secuencia se observa en la figura 51, donde cada flujo adicional se expone con color café. En este caso se propone una actividad extra la cual está encargada de los costos generales de producción.

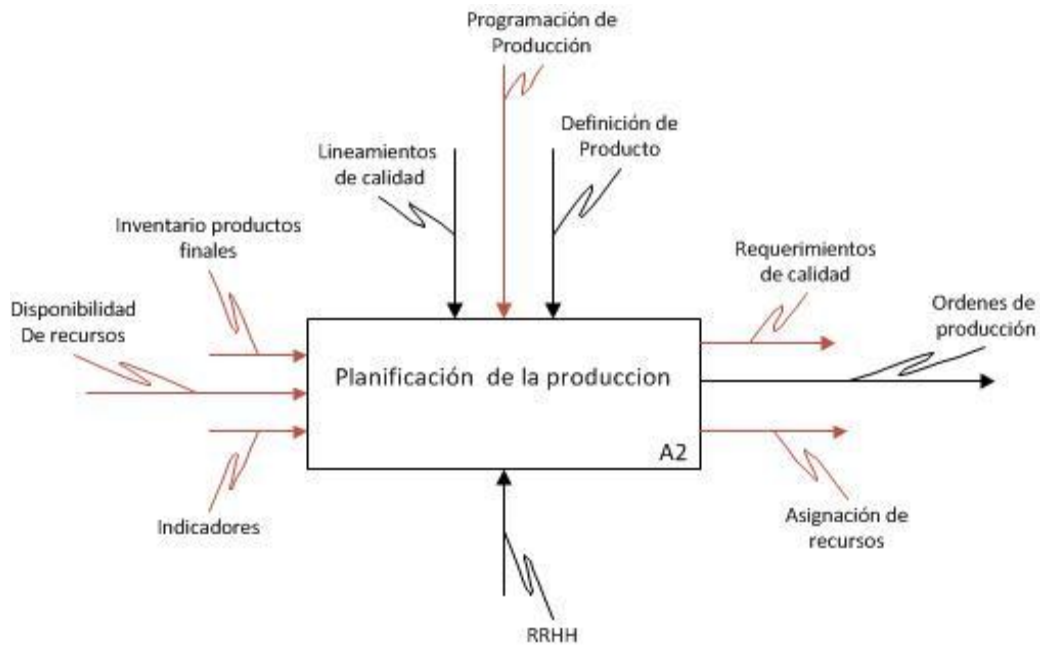
Figura 51. Actividades administración de la producción.



Fuente: Propia.

Posteriormente se observa la actividad de planificación de la producción, donde los flujos de información propuestos se evidencian en la figura 52.

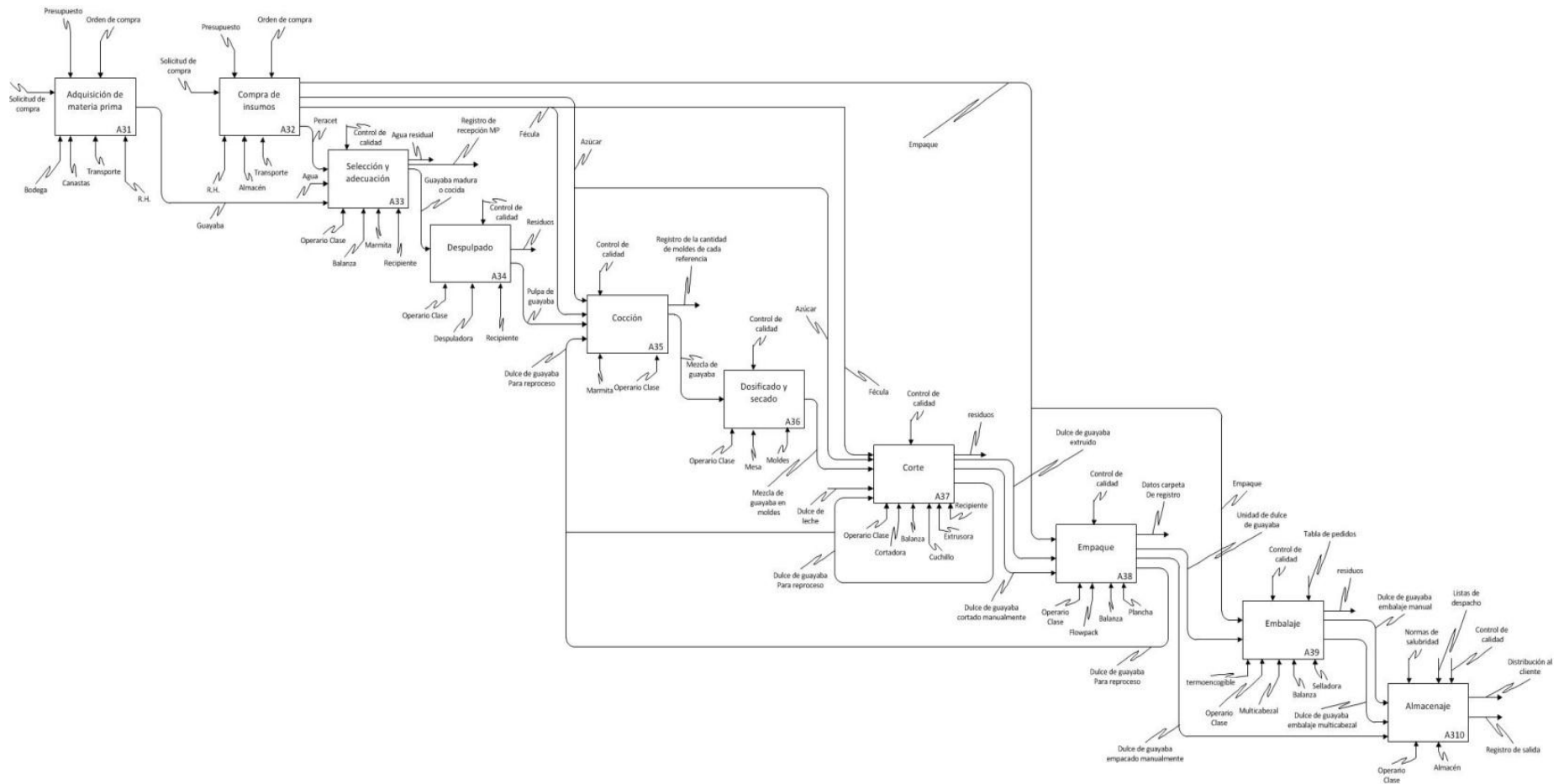
Figura 52. Actividad planificación de la producción.



Fuente: Propia.

En la figura 53, se muestran las actividades inmersas en la función de operaciones de producción. En esta actividad se determinan flujos de información más específicos y datos relevantes para el proceso, con la finalidad de un conocimiento más completo del proceso de producción para la toma de decisiones en base a indicadores. Por confidencialidad, estos datos no se muestran en el diagrama A3, ya que se mencionan variables específicas del mismo.

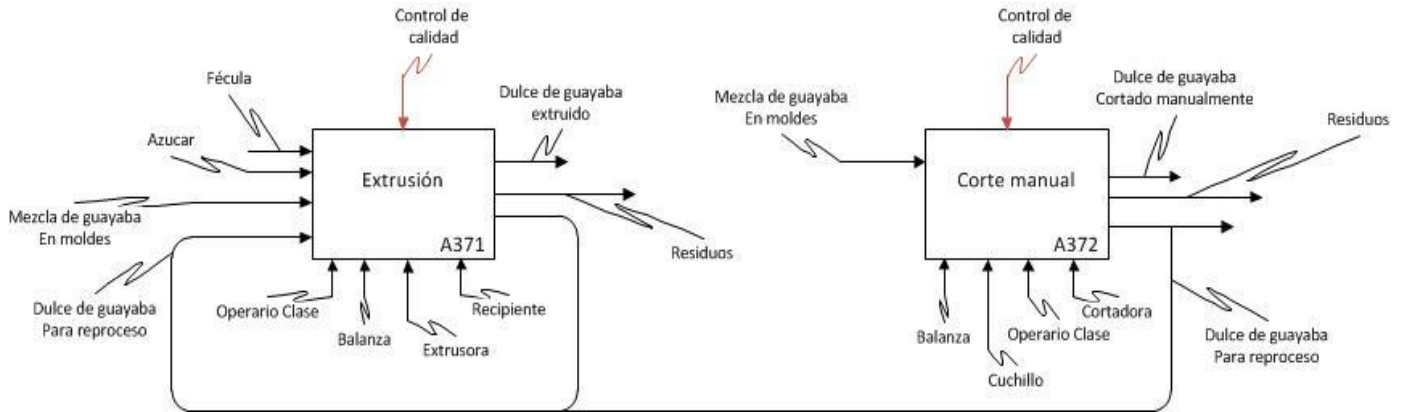
Figura 53. Actividades de operaciones de producción.



Fuente: Propia.

Dentro de la etapa de corte, se observan las actividades pertenecientes al mismo, el flujo de información que se evidencia como propuesta es el perteneciente al control de la calidad. Puesto esta es una de las etapas donde los tiempos muertos y las unidades reprocesadas aumentan.

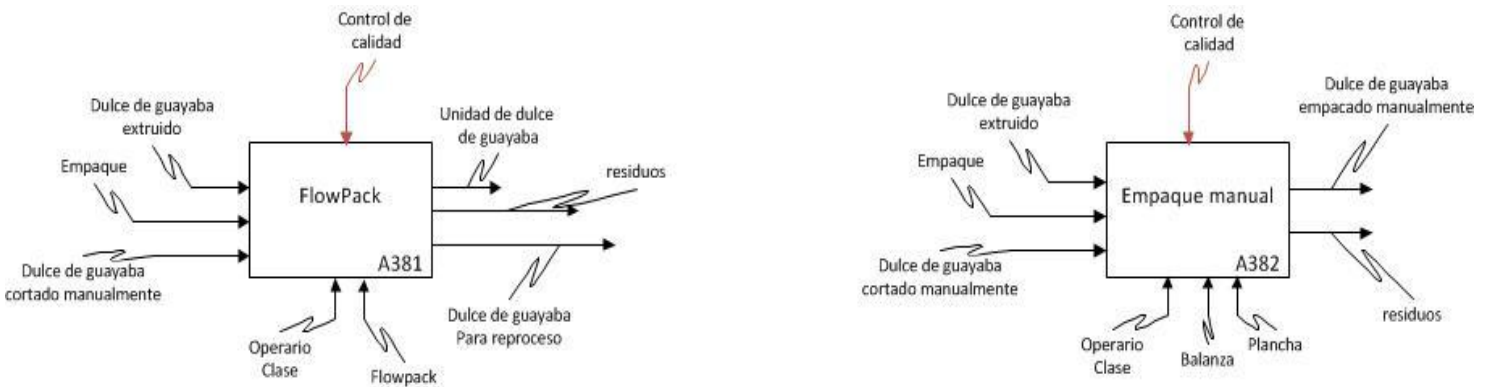
Figura 54. Actividades inmersas en corte.



Fuente: Propia.

Otra de las etapas que cuenta con actividades internas es la del empaque, donde los flujos propuestos también se radican en el control de la calidad de esta etapa como se observa en la figura 55.

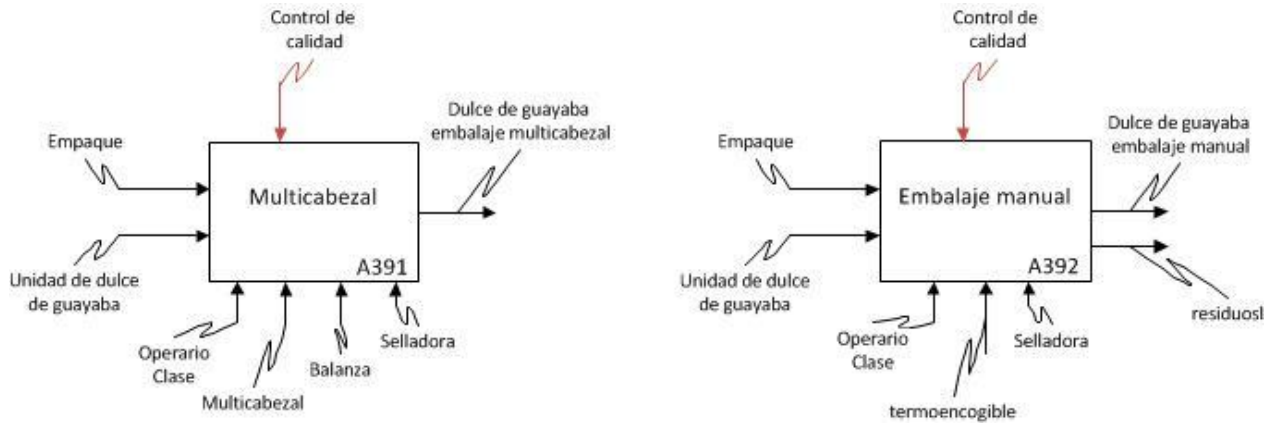
Figura 55. Actividades inmersas en empaque.



Fuente: Propia.

Por último dentro de la actividad de embalaje también se estipula un control de la calidad de la etapa.

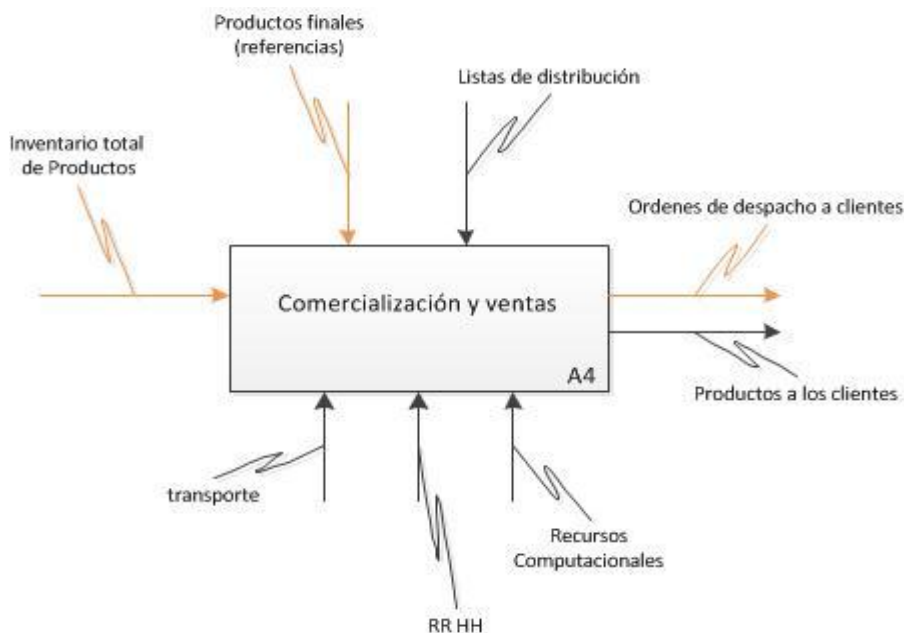
Figura 56. Actividades inmersas embalaje.



Fuente: Propia.

Finalmente, se observa la función de comercialización y ventas, donde los flujos adicionales de información se han reorganizado y complementado con datos importantes para el cumplimiento de la misma.

Figura 57. Actividades Comercialización y ventas.



Fuente: Propia.

Adicionalmente a la propuesta de los nuevos flujos de información y recolección de datos relevantes del proceso, se llevó a cabo la definición de roles y actividades de los operarios y se creó un plan de mantenimiento los cuales fueron entregados a la empresa, dichos documentos no se exponen por confidencialidad.

3.1.5. Control en el proceso de elaboración de dulces de guayaba

Como se propone en la conceptualización de las funciones definida en el capítulo dos de este documento, las actividades que se plantean son: las de comenzar con un continuo monitoreo de las operaciones pertenecientes a cada etapa del proceso que con anterioridad han sido planeadas y se han dado a conocer todos los implicados del mismo, con ello, el encargado de la verificación direcciona a cada operario conforme a las actividades generales de la etapa propuestas logrando una estandarización de las mismas lo cual conlleva a la identificación de problemas o inconvenientes dentro de la etapa por parte del operario y con el conocimiento adquirido de la misma se logra una corrección inmediata sobre la eventualidad.

Con este mismo seguimiento, se busca el control de los lineamientos de calidad que se rigen dentro de la empresa Dulces Rinconcito, así, se podrá verificar el cumplimiento a las acciones pertinentes en cada etapa para lograr el objetivo de calidad, el manejo adecuado de los recursos utilizados en ese segmento y el manejo adecuado de la información requerida y suministrada por el mismo.

Adicionalmente, se plantea un soporte con el cual las peticiones de modificación dentro de las operaciones del proceso y el mantenimiento oportuno en cada equipo o herramienta se darán a conocer de manera inmediata para tomar las medidas correspondientes y necesarias.

Con el seguimiento del proceso debe crearse una carpeta de registros en la cual repose toda la información relevante de la producción, los datos sobre la disponibilidad de los recursos, la cantidad de insumos utilizados para cada lote producido, la capacidad con la que cuenta la bodega de almacenamiento de productos intermedios y finales, entre otra información de comunicación relevante para el proceso, la toma de decisiones y para la trazabilidad del producto.

Al tener la información el proceso en sus debidos registro y dándole la utilización necesaria, se plantea un seguimiento al mantenimiento de los equipos, ya sea

que estén estipulados como periódicos o como preventivos según el análisis de los datos suministrados por el operario encargado de los equipos según su unidad de trabajo. Es importante que la programación de mantenimiento se dé a conocer a todo el personal de la fábrica, así, contando con los tiempos que los equipos van a estar inhabitados para producción se determinen prioridades y la programación de la producción pueda rediseñar sus órdenes de producción teniendo en cuenta los tiempos de mantenimiento.

3.2. Validación de la implementación una vez conceptualizada la metodología DMAIC

Para realizar la validación en Dulces Rinconcito, se tomó en consideración encuestas, registros fotográficos, nivel sigma e indicadores de desempeño, con el fin de corroborar que el proceso de dulces de guayaba mejoro tras la aplicación de la metodología.

3.2.2. ENCUESTAS

Previamente a la implementación de las cinco eses, se realizó una encuesta a 8 operarios encargados de la elaboración de dulces de guayaba y al Jefe de producción, la cual tenía 7 preguntas de selección múltiple y 2 de opinión; los resultados obtenidos (se presentan gráficamente en el anexo C ítem 4.4.) fueron:

Aspectos positivo:

El 67% de los trabajadores realizan sus actividades en el tiempo requerido, 78% retiran con frecuencia la basura de sus áreas y al finalizar sus actividades las dejan limpias y ordenadas.

Aspectos negativos:

El 78% de los empleados encuentran material acumulado en sus áreas de trabajo, 67% considera que estas no están ordenadas y 56% cree que las herramientas y materiales no están accesibles para su uso.

Los trabajadores les disgustan que las herramientas de trabajo no están donde las dejaron, en ocasiones se encuentren sucias y no exista un sitio específico para ellas, además de no contar con espacio para organizar los productos terminados y dificultad para trasportarlos.

Tras la implementación de las cinco eses, se llevó a cabo una segunda encuesta a los mismos trabajadores con 7 preguntas de selección múltiple y 2 de opinión; los resultados fueron:

Aspectos positivo:

El 89% de los trabajadores han visto mejoras en sus áreas de trabajo, tienen fácil acceso a las herramientas y practican los principios de clasificación, orden y limpieza. Respecto al área de trabajo, el 78% opinan que se encuentra limpia y el 100% mencionan que están organizadas, de igual manera, al finalizar sus actividades deja las herramientas en su sitio y los equipos limpios.

Tras la implementación los empleados han encontrado mejoras como: mejor organización en la planta, herramientas y equipos con ubicaciones definidas, adicionalmente se generó mayor sentido de pertenencia por la empresa, ya que se preocupan por mantener organizado, limpio y en buen estado los elementos.

Aspectos negativos:

Aunque se ha puesto en práctica las cinco eses, falta disciplina por parte de ciertos operarios, quienes no cumplen todos los días con lo establecido y necesitan frecuentemente recordarles aplicar lo establecido.

3.2.3. REGISTRO FOTOGRAFICO

Se llevó un registro fotográfico del antes y después de la implementación en cada una de las etapas del proceso, con el objetivo de observar los aspectos mejorados presentados a continuación.

En la figura 58 parte A, se encuentra la ubicación antigua de las tres cortadoras manuales sobre una maquina laminadora, con la implementación se procedió a retirar lo innecesario, definir el área exclusiva para las cortadoras y organizar los elementos restantes, para establecerse como se enseña en la parte B.

Figura 58. Cortadoras.

Parte A



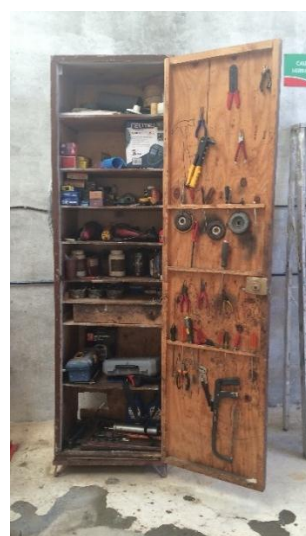
Parte B

Fuente: Propia.

En la figura 59 se muestra el armario de herramientas ubicado en un sitio común para el mantenimiento de todos equipos de la planta; en la parte A se observa todo su contenido antes de aplicarla, luego de clasificar los elementos, son organizados y limpiados como se presenta en la parte B.

Figura 59. Armario de herramientas.

Parte A



Parte B

Fuente: Propia.

Cada área del proceso maneja ciertas herramientas, equipos y materiales para realizar las actividades, presentando el inconveniente de no contar con un lugar fijo, por lo tanto debían buscarlas por toda la planta generando tiempos muertos, por ejemplo en la figura 60 parte A se enseñan las herramientas para ajustar la extrusora, las cuales se mantenían en un balde, luego de la implementación, se definió un estante exclusivo para ellas como se observa en la parte B.

Figura 60. Herramientas de la extrusora.



Parte A



Parte B

Fuente: Propia.

Luego de realizar la implementación de las soluciones se procede a tomar nuevamente los datos relevantes del proceso mediante el formato presente en el anexo C parte 3.4, obteniendo los nuevos valores promedio de los parámetros dentro del proceso, la observación y la toma de datos para poder realizar la aplicación de los nuevos niveles sigma e indicadores se realizó en el mes de julio de 2015 como también se usa información suministrada por el Jefe de Producción de la empresa.

3.2.3. NIVEL SIGMA

Tras la implementación se volvió a tomar datos para calcular el nuevo valor sigma de la etapa de corte, ya que tenía los niveles más bajos y los cambios realizados se observaron en el número de defectos observados, generando un DPMO menor en cada uno de ellos.

Panela de guayaba

Unidad: Kilogramo

Número de unidades procesadas (U): 17

Número de defectos observados (d): 2.8

Número de oportunidades de error (O): 1

$$DPMO = \frac{d}{U * O} * 1.000.000$$

$$DPMO = \frac{2.8}{17 * 1} * 1.000.000$$

$$DPMO = 164705.88$$

$$SIGMA = 2.5$$

El nuevo nivel sigma es de 2.5 y anteriormente se tenía 2.4, los defectos observados disminuyeron de 3.2kg a 2.8kg.

Bocadillo x20g

Unidad: Kilogramo

Número de unidades procesadas (U): 6.9

Número de defectos observados (d): 0.2

Número de oportunidades de error (O): 0.25

$$DPMO = \frac{d}{U * O} * 1.000.000$$

$$DPMO = \frac{0.2}{6.9 * 0.25} * 1.000.000$$

$$DPMO = 115942.029$$

$$SIGMA = 2.7$$

El nuevo nivel sigma es 2.7 y anteriormente el valor era 2.2, donde los defectos observados pasaron de 0.4kg a 0.2kg.

Combinado

Unidad: Kilogramo

Número de unidades procesadas (U): 3.5

Número de defectos observados (d): 0.18

Número de oportunidades de error (O): 0.3

$$DPMO = \frac{d}{U * O} * 1.000.000$$

$$DPMO = \frac{0.3}{3.5 * 0.3} * 1.000.000$$

$$DPMO = 171428.57$$

$$SIGMA = 2.4$$

Se observa que el nuevo nivel sigma es de 2.4 frente al anterior de 2.1 y los defectos observados fueron 0.3kg a 0.18kg.

Lonja x200g

Unidad: Kilogramo

Número de unidades procesadas (U): 7.2

Número de defectos observados (d): 0.9

Número de oportunidades de error (O): 0.8

$$DPMO = \frac{d}{U * O} * 1.000.000$$

$$DPMO = \frac{1}{7.2 * 0.8} * 1.000.000$$

$$DPMO = 156250$$

$$SIGMA = 2.5$$

Se observa que el nuevo nivel sigma es de 2.5 mientras que antes de la implementación se tenía un valor de 2.4, generando que los defectos observados pasaran de 1kg a 0.9kg.

Lonja x300g

Unidad: Kilogramo

Número de unidades procesadas (U): 7.2

Número de defectos observados (d): 1.2

Número de oportunidades de error (O): 1.2

$$DPMO = \frac{d}{U * O} * 1.000.000$$

$$DPMO = \frac{1.4}{7.2 * 1.2} * 1.000.000$$

$$DPMO = 138888.88$$

$$SIGMA = 2.6$$

El nivel sigma anterior es de 2.5 y tras la implementación se obtuvo un valor de 2.6, con defectos observados de 1.4kg a 1.2kg.

3.2.4. RESULTADOS NUEVOS KPI's

A continuación se observará la forma en la cual cada indicador fue desarrollado conforme a los nuevos valores.

- FTT (First Time Through –bien a la primera):

En donde los nuevos datos del proceso son

- Unidades entrantes = 33.876 unidades diarias que equivalen a 338760 gr
- Scrap = 300 unidades diarias que equivalen a 3000 gr
- Piezas retrabajadas = 1500 unidades

Por lo tanto:

$$FTT = \frac{33.876 u - 300 u - 1500 u}{33.876 u} = \frac{32.076 u}{33.876 u} = 0,94$$

Este indicador evidencia el aumento de la efectividad del proceso luego de aplicar la metodología. Mostrando que la calidad del proceso pasa de un 92% a un 94%.

- OEE:

El nuevo OEE de la línea de producción de la elaboración de dulces de guayaba surge de los nuevos datos:

- Tiempo disponible = 8 horas
- Tiempo improductivo = 1 horas
- Unidades reales = 32.076 unidades
- Velocidad estándar de producción = 4.235 unidades/hora
- Unidades de producto no conforme = 1800 unidades

Por tanto, los nuevos valores de la disponibilidad, el rendimiento y la calidad del proceso, se obtiene y son lo que se muestran a continuación:

$$Disponibilidad = \frac{8 \text{ horas} - 1 \text{ horas}}{8 \text{ horas}} = 0,875$$

$$Rendimiento = \frac{32076 \text{ unidades} - 1 \text{ horas}}{8 \text{ horas} \times 4.235 \text{ unidades/hora}} = 0,95$$

$$Calidad = \frac{33.880 \text{ u} - 1.800 \text{ u}}{33.880 \text{ u}} = 0,95$$

Con el resultado de estas nuevas mediciones se observa que la disponibilidad de la línea de producción pasa de un 75% a un 87%, que el rendimiento pasó de estar de un 92% a un 95% y que la calidad en la línea de producción pasó de un 92% a un 95%. Con esto, se procede a encontrar el OEE aplicando la ecuación definida con anterioridad:

$$OEE = Disponibilidad \times rendimiento \times calidad = 0,78$$

De esta manera, al aplicar este indicador se evidencia un crecimiento en el OEE del proceso de elaboración de bocadillo de guayaba al pasar de un 63% (el cual fue clasificado como una muy baja competitividad) a un 78%, con lo cual podemos afirmar que dentro de su clasificación como se evidencia en la tabla 16, la competitividad de la empresa se determina como aceptable y continua con los procesos de mejora.

Para finalizar con la validación de las soluciones por medio de los indicadores claves de desempeño se pasa a calcular la eficiencia total de la planta

- EFICIENCIA TOTAL DE LA PLANTA:

En donde los nuevos valores de las variables del proceso para aplicar son

- Horas utilizadas = 7 horas
- Producción efectiva diaria = 32.076 unidades
- Horas programadas = 8 horas
- Capacidad técnica actual = 33880 unidades

$$eficiencia\ total = \frac{7\ horas \times 32076\ unidades}{8\ horas \times 33880\ unidades} = 0,82$$

Teniendo como resultado que la eficiencia total del proceso de elaboración de dulces de guayaba paso de un 69% a un 82%, logrando un aumento significativo con relación a los datos arrojados del anterior indicador, lo que se evidencia dentro de la línea de producción.

CONCLUSIONES

- La conceptualización llevada a cabo con base a las normas ISA, estandariza procedimientos y actividades en las etapas de: definición, medición, análisis, implementación y control, presentadas por la metodología DMAIC, para aumentar la productividad, competitividad y calidad de los procesos de producción.
- La unificación de los conceptos, funciones y modelos entre la metodología DMAIC y las normas ISA, logra una metodología concisa para conseguir el cumplimiento de cada fase de una manera organizada, completa y estructurada; y el objetivo de permitir una optimización en los procesos internos de la empresa.
- La aplicación de la conceptualización de la metodología demuestra que la automatización va más allá de la implementación de tecnología en el proceso de producción, esta se basa fuertemente en la correcta utilización de los recursos existentes, el completo conocimiento del proceso, la planeación estratégica, funciones y actividades en la empresa, evaluando el rendimiento en los flujos de información y del proceso, obteniendo soluciones acordes a las necesidades de los inconvenientes encontrados.
- La aplicación de la metodología en la empresa alcanzó el objetivo de integración horizontal mediante el acoplamiento de las funciones en cadena efectuados en la elaboración un producto, donde se optimizan las operaciones en la producción, sincronización en los flujos de materiales, información y de proceso, consiguiendo flexibilidad e integración en cadena. De igual manera la integración vertical en conjunto a la aplicación de funciones, fortalecen los flujos de información entre los niveles de control y dirección del proceso, de producción y direccionamiento de la empresa.
- Dependiendo de los inconvenientes y a las necesidades presentadas en cada empresa, se utilizan e implementan determinadas herramientas para conseguir la solución de los mismos, en el caso de estudio, se decidió implementar “las cinco eses” como una base para desarrollar en el futuro otras metodologías de mejora continua.
- Con el objetivo de obtener la correcta implementación, fue indispensable contar con la buena actitud y aptitud de los trabajadores, de igual manera, fue necesario contar con el apoyo del Gerente y jefe de producción, quienes serán los encargados de mantener lo establecido.
- Los cambios aplicados en la planta de producción se ven representados en disminución de tiempos muertos, organización estratégica de las actividades,

creación del plan de mantenimiento, disminución de riesgos de accidentes y mejoramiento del desempeño de los empleados, que genera el aumento en la calidad del proceso; sin embargo, hay que recalcar que para garantizar la mejora continua, es necesario aplicar constantemente los pasos de la metodología.

- En el proceso de elaboración de dulces de guayaba se tomó el nivel sigma de cada etapa, para conocer el número de errores que se presentan; los valores estaban entre 2.1 y 5, con los más bajos en la etapa corte, los cuales aumentaron tras la implementación.
- Aunque ninguna de las etapas llegó a obtener seis como nivel sigma, la implementación permitió comenzar un proceso de mejora continua, esperando que a largo plazo se perfeccione.
- De acuerdo a la medición de los KPI's, a nivel general se observa en la empresa el aumento en la competitividad, rendimiento y productividad, además han servido de apoyo para el gerente en la toma de decisiones buscando el continuo mejoramiento del proceso de producción.

REFERENCIAS

- [1] K. Ishikawa, “¿Qué es control total de la calidad?” Editorial Normal, 1986.
- [2] H. Gutierrez and R. De la Vara, *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. Mexico D.F, 2009.
- [3] R. Herrera and T. Fontalvo, *Seis Sigma: Métodos Estadísticos y Sus Aplicaciones*. 2011.
- [4] A. Kermani, “Empowering Six Sigma methodology via the Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ).” 2003.
- [5] J. Ocampo and A. Pavón, “Integrando la Metodología DMAIC de Seis Sigma con la Simulación de Eventos Discretos en Flexsim,” *Tenth Lat. Am. Caribb. Conf. Eng. Technol. (LACCEI 2012)*, no. RP 147, 2012.
- [6] T. Fontalvo, “Enfoque Sistemático Convergente a La Calidad.” Bogotá, Colombia, 2004.
- [7] Detextiles, “Preguntas Seis Sigma.” [Online]. Available: [http://www.detextiles.com/files/6 SIGMA.pdf](http://www.detextiles.com/files/6%20SIGMA.pdf).
- [8] A. Terrés-Speziale, “Six Sigma: Determinación de metas analíticas,” *Rev Mex Patol Clin*, vol. 54, pp. 28–39, 2007.
- [9] A. Elizondo, “Reducción de efectos en lotes de producto terminado mediante la aplicación de la Metodología Seis Sigma,” Puebla, México, 2007.
- [10] R. Basu and N. Wright, “Quality Beyond Six Sigma.” Burlington, New Jersey, USA, 2003.
- [11] P. Pande, R. Neuman, and R. Cavanagh, “The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance,” *Quality Progress*, vol. 34. USA, pp. 120–120, 2000.
- [12] N. Alba and E. Castelblanco, “Metodología Lean Seis Sigma aplicada a un

proceso de manufactura,” Universidad EAN, Bogotá, Colombia, 2012.

- [13] J. Ocampo, “Aplicando la Metodología DMAIC-SIM a la mejora del tiempo de atención en migración en el Aeropuerto de San Pedro Sula,” 2012, pp. 44–79.
- [14] M. Sánchez, “Optimización del proceso de ensamble final mediante reducción de PPM’s.” .
- [15] Bersach Consulting, “The first step of DMAIC.” Tucson, Arizona, 2009.
- [16] L. Gámez, “Metodología Seis Sigma.”,2009
- [17] H. Hernández and P. Reyes, “Mediciones para Seis Sigma.” 2007.
- [18] G. Legaria and L. Mesita, “Análisis y propuesta de mejora al proceso de la Dirección General de vida silvestre (DGVS) mediante la aplicación de la Metodología DMAIC de Six Sigma.” México D.F., México, p. 2010.
- [19] C. Rojas, “Aplicación de la metodología DMAIC para la mejora de procesos y reducción de pérdidas en las etapas de fabricación de chocolate,” Universidad de Chile, 2010.
- [20] K. Moreno, M. Solorzano, and D. Villareal, “Diagnóstico de una línea de producción en I industrial farmacéutica Kymade, dirigida a la disminución del desperdicio para utilizar la herramienta Seis Sigma,” Universidad Central de Venezuela, 2012.
- [21] L. García, G. Fernández, and A. Brenis, “Mejora del Sistema de Medición: Un caso aplicado a la Industria Automotriz,” *Conciencia Tecnológica*, Aguascalientes, México, pp. 41–46, 2013.
- [22] M. Renzo, “Aplicación de la metodología DMAIC al proceso de elaboración de harina residual de pescado,” *twelfth Lat. Am. Caribb. Conf. Eng. Technol. (LACCEI 2014)*, no. SP031, pp. 1–10, 2014.
- [23] A. M. Aguirre, “Aplicación De Metodología Seis Sigma Para Mejorar La Capacidad De Proceso De La Variable Nivelación Vertical En La Aplicación De Pintura

- (Fondos) De Una Ensambladora De Vehículos,” Universidad Nacional de Colombia, 2010.
- [24] D. Muñoz and C. Manquillo, “Adecuación Del Modelo Siemens a Las Normas Isa S88 E Isa S95 Con Aplicación Ilustrativa a Caso De Estudio,” 2007.
- [25] ISA (International Society of Automation), “ISA-95.01 Enterprise-Control System Integration Part 1: Models and Terminology,” North Carolina, USA, 2000.
- [26] ISA (International Society of Automation), “ISA-88.01 Batch Control Part 1: Models and Terminology,” 1995.
- [27] ISA (International Society of Automation), *ISA-88.02 Batch Control Part 2: Data Structures and Guidelines for Languages*. 2001.
- [28] ISA (International Society of Automation), *ISA-88.04 Batch Control Part 4: Batch Production Records*. 2006.
- [29] C. Franco and D. Lopez, “Aplicación de la categoría ‘Administración de operaciones de manufactura de producción’ de la norma ISA 95 a un caso de estudio.”
- [30] ISA (International Society of Automation), “ISA-95.02 Enterprise-Control System Integration Part 2: Object Model Attributes.” North Carolina, USA, 2001.
- [31] ISA (International Society of Automation), “ISA-95.03 Enterprise-Control System Integration Part 3: Activity Models of Manufacturing Operations Management,” North Carolina, USA, 2005.
- [32] ISA European Office, “Technology ISA-95,” 2015. [Online]. Available: <http://isa-95.com/technology-isa95/>. [Accessed: 17-Mar-2015].
- [33] ISA (International Society of Automation), “ISA-95.04 Object Models & Attributes Part 4 of ISA-95: ‘Object models and attributes for Manufacturing Operations Management,’” *ISA European Office*. [Online]. Available: <http://isa-95.com/isa-95-04-object-models-attributes/>. [Accessed: 17-Mar-2015].

-
- [34] ISA (International Society of Automation), "ISA-95.05 B2M Transactions Part 5 of ISA-95: 'Business to manufacturing transactions,'" *ISA European Office*, 2007. [Online]. Available: <http://isa-95.com/isa-95-05-b2m-transactions/>. [Accessed: 17-Mar-2015].
- [35] Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, "Modelado de sistemas de clase de producción," in *Notas de clase*, 2015.
- [36] J. Marin and J. Garcia, "Cálculo de indicadores productivos," Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.
- [37] Apsoluti, "Conceptos World Class." [Online]. Available: http://www.ceroaverias.com/archivoeditorial11/archivo_30.htm. [Accessed: 25-Jul-2015].
- [38] A. Palacio, "Programa de las cinco eses." 2008.
- [39] H. V. Rodríguez, "Manual de implementación Programa 5s," vol. 1. Corporación Autónoma Regional de Santander, pp. 1–69, 2004.
- [40] R. Carrillo, "La estrategia de las 5s." 2007.