

**MÉTODO PARA LA APLICACIÓN DE INDICADORES CLAVE DE
DESEMPEÑO DE PRODUCCIÓN BASADO EN EL ESTÁNDAR ISO
22400, EVALUADO EN UN CASO DE ESTUDIO.**

EDISON RICARDO TORO MARTÍNEZ

JHON SEBASTIAN LÓPEZ VILLA

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN EN AUTOMATIZACIÓN

POPAYÁN, OCTUBRE DE 2017

**MÉTODO PARA LA APLICACIÓN DE INDICADORES CLAVE DE
DESEMPEÑO DE PRODUCCIÓN BASADO EN EL ESTÁNDAR ISO
22400, EVALUADO EN UN CASO DE ESTUDIO.**



EDISON RICARDO TORO MARTÍNEZ
JHON SEBASTIAN LÓPEZ VILLA

Trabajo de grado presentado como requisito para
Optar por el Título de
Ingenieros en Automática Industrial

Director: Msc. Ermilso Díaz Benachi
Codirector: PhD. Álvaro René Restrepo Garcés

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN EN AUTOMATIZACIÓN
POPAYÁN, OCTUBRE DE 2017

Tabla de contenido

Lista de Tablas.....	V
Lista de Figuras	VII
Estado del arte y marco conceptual	1
1.1. Introducción	1
1.1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.2. Objetivos.....	3
1.2. Estado del arte	3
1.3. Marco Conceptual	8
1.3.1. Indicador clave de desempeño (KPI)	8
1.3.2. ISO 22400.....	9
1.4. Conclusiones	18
1.5. Aporte	18
Procedimiento para el desarrollo del método para aplicación de KPIs de producción, basado en el estándar ISO 22400, evaluado en un caso de estudio	19
2.1. Conceptos generales	19
2.2. Procedimiento para el desarrollo y evaluación del método en un caso de estudio ..	21
2.3. Conclusiones	26
2.4. Aporte	26
Desarrollo del método para aplicación de KPIs de producción, basado en el estándar ISO 22400, evaluado en un caso de estudio	27
3.1. Caracterización del estándar ISO 22400	27
3.2. Diseño del método formal y detallado.....	36
3.2.1. Paso 1: identificar del proceso a evaluar	39
3.2.2. Paso 2: determinar los objetivos a alcanzar con la implementación de KPIs.....	44
3.2.3. Paso 3: describir las acciones operativas para llevar a cabo las expectativas	46
3.2.4. Paso 4: determinar elementos y seleccionar KPIs.....	46
3.2.5. Paso 5: evaluar el desempeño frente a los objetivos con los KPIs obtenidos.....	50
3.2.6. Paso 6: describir y realizar acciones asociadas cuando se usan KPIs para llevar a cabo las expectativas	51
3.3. Representación gráfica del método	52
3.4. Conclusiones	54
3.5. Aportes.....	55
Evaluación del método en un caso de estudio.....	56

4.1. Aplicación del método en un caso de estudio.....	56
4.1.1. Paso 1: identificar el proceso a evaluar	56
4.1.2. Paso 2: determinar los objetivos a alcanzar con la implementación de KPIs	61
4.1.3. Paso 3: describir las acciones operativas para llevar a cabo las expectativas	64
4.1.4. Paso 4: determinar elementos y seleccionar KPIs.....	67
4.1.5. Paso 5: evaluar el desempeño frente a los objetivos con los KPIs obtenidos.....	72
4.1.6. Paso 6: describir y realizar acciones asociadas cuando se usan KPIs para llevar a cabo las expectativas	76
4.2. Evaluación del método	84
4.2.1. Definición de criterios de evaluación	84
4.2.2. Evaluación del método a partir de su aplicación.....	86
4.2.3. Evaluación del método por medio de los resultados de su aplicación.	94
4.2.4. Conclusión de la evaluación del método.	98
4.3. Mejora y planteamiento del método para aplicación de KPIs.....	101
4.4. Conclusiones	101
4.5. Aporte	101
Conclusiones y trabajos futuros.....	102
Conclusiones.....	102
Trabajos futuros	103
Referencias.....	104
Anexo A.....	110
Anexo A1	110
Anexo A2	118
Anexo A3	121
Anexo B.....	125
Anexo B1	125
Anexo B2	129
Anexo C.....	136
Anexo C1	136
Anexo C2	185
Anexo C3	192
Anexo C4	195
Anexo C5	203
Anexo C6	218

Lista de Tablas

Tabla 1. Tabla comparativa de trabajos y estándares relacionados con la aplicación de KPIs	6
Tabla 2. Estructura para registro de KPIs y definición de atributos.....	14
Tabla 3. Clasificación de KPIs.....	15
Tabla 4. KPI - Eficiencia del trabajador	17
Tabla 5. Asignación de información de ISO 22400 a sus pasos propuestos.	29
Tabla 6. Comparación de pasos de ISO22400 y otros trabajos.	37
Tabla 7. Formato de registro de información de WF-Nets	43
Tabla 8. Formato de registro de información IDEF0	43
Tabla 9. Resumen de bibliografía para planteamiento de objetivos.....	44
Tabla 10. Tabla para registro de objetivo específico.....	45
Tabla 11. Información de Control de calidad para el modelo IDEF0	59
Tabla 12. Información de Control de calidad para el modelo WF-Nets.....	59
Tabla 13. Objetivo específico 1 para Estandarizar procesos productivos	63
Tabla 14. Objetivo específico 2 para Optimizar procesos productivos	64
Tabla 15. KPI Objetivo 1 - Eficiencia de ejecución de una orden de producción	70
Tabla 16. KPI Objetivo 2 – Eficiencia de ejecución en una jornada laboral	72
Tabla 17. Medidas del elemento TPOP	73
Tabla 18. Medidas del elemento TROP.....	73
Tabla 19. Cálculo del KPI "EOP" para cuatro H.V.....	74
Tabla 20. Cálculo del KPI "EEJ" para cuatro H.V.....	76
Tabla 21. Causas y observaciones Alistamiento de maquinaria y equipos – Objetivo 1	78
Tabla 22. Causas y observaciones Alistamiento de maquinaria y equipos – Objetivo 2	81
Tabla 23. Mejora – Actividades modificadas y redistribuidas.....	83
Tabla 24. Conceptos e interpretación de criterios de evaluación.	85
Tabla 25. Evaluación Paso 1 – Identificar el proceso a evaluar.....	86
Tabla 26. Evaluación Paso 2 – Identificar objetivos	87
Tabla 27. Evaluación Paso 3 – Describir las acciones operativas.....	88
Tabla 28. Evaluación Paso 4 – Determinar elementos y seleccionar KPIs	89
Tabla 29. Evaluación Paso 5 – Evaluar el desempeño frente a los objetivos con los KPIs	90
Tabla 30. Evaluación Paso 6 – Describir y realizar acciones asociadas.....	91
Tabla 31. Validación de KPIs	93
Tabla 32. Determinación del elemento TPOP para H.V. Mejora	95
Tabla 33. Determinación del elemento TROP para H.V. Mejora	95
Tabla 34. Resultados de desempeño de los KPIs EOP y EEJ.....	98
Tabla 35. Resumen de la evaluación de los pasos.....	98
Tabla 36. Tabla comparativa de propuestas relacionadas con la aplicación de KPIs.	100
Tabla 37. Procedimiento de la línea de producción de esencias	130
Tabla 38. Equipos Frusabor S.A.	134

Tabla 39. Producción de Frusabor S.A.....	136
Tabla 40. Ejecución de órdenes de producción - Mayo y Julio de 2014.....	138
Tabla 41. Ejecución de ordenes de producción – Agosto y Septiembre de 2014.....	139
Tabla 42. Análisis de datos de ejecución de ordenes de producción 2014, para 7 lotes.....	140
Tabla 43. Actividades y sub actividades proceso de esencias.....	143
Tabla 44. Sub actividad de mezclado final y control de proceso.....	144
Tabla 45. Envasado y empaque por presentación.....	145
Tabla 46. Número de Observaciones.....	146
Tabla 47. Información IDEF0 – Programa de producción.....	148
Tabla 48. Información IDEF0 – Alistamiento de maquinaria y equipos y Pre pesaje y dosificación.....	149
Tabla 49. Información IDEF0 – Disolución de espesante.....	150
Tabla 50. Información IDEF0 – Control de proceso y mezclado.....	151
Tabla 51. Información IDEF0 – Control de calidad para liberación y Etiquetado y preparación para el envasado.....	152
Tabla 52. Información IDEF0 – Envasado y empaque.....	153
Tabla 53. Información IDEF0 – Almacenamiento.....	154
Tabla 54. Información WF-Nets – Programa de producción.....	155
Tabla 55. Información WF-Nets – Alistamiento de maquinaria y equipos y Pre pesaje y dosificación.....	156
Tabla 56. Información WF-Nets – Disolución de espesante.....	157
Tabla 57. Información WF-Nets – Control de proceso y mezclado.....	158
Tabla 58. Información WF-Nets - Control de calidad para liberación y Etiquetado y preparación para el envasado.....	159
Tabla 59. Información WF-Nets - Envasado y empaque.....	160
Tabla 60. Información WF-Nets – Almacenamiento.....	161
Tabla 61. Transiciones del modelo en WF-Nets del proceso productivo de esencias.....	182
Tabla 62. Lugares del modelo en WF-Nets del proceso productivo de esencias.....	184
Tabla 63. Objetivos generales del área de producción.....	185
Tabla 64. Objetivo específico 1.....	188
Tabla 65. Coeficiente de variación para 6 órdenes de producción.....	189
Tabla 66. Objetivo específico 2.....	191
Tabla 67. KPI Objetivo 1 - Eficiencia de ejecución de una orden de producción (EOP).....	198
Tabla 68. KPI Objetivo 2 – Eficiencia de ejecución en una jornada laboral (EEJ).....	202
Tabla 69. Tiempo planeado Llenado de agua y adición de polvo – H.V. 1.....	204
Tabla 70. Tiempo planeado Mezclado final y control de proceso – H.V. 1.....	205
Tabla 71. Tiempo planeado Envasado y empaque – H.V. 1.....	205
Tabla 72. Tiempo planeado Llenado de agua y adición de polvo – H.V. 2.....	206
Tabla 73. Tiempo planeado Mezclado final y control de proceso – H.V. 2.....	207
Tabla 74. Tiempo planeado Envasado y empaque – H.V. 2.....	207
Tabla 75. Tiempo planeado Llenado de agua y adición de polvo – H.V. 3.....	208
Tabla 76. Tiempo planeado Mezclado final y control de proceso – H.V. 3.....	209
Tabla 77. Tiempo planeado Envasado y empaque – H.V. 3.....	209

Tabla 78. Tiempo planeado Llenado de agua y adición de polvo – H.V. 4	210
Tabla 79. Tiempo planeado Mezclado final y control de proceso – H.V. 4.....	211
Tabla 80. Tiempo planeado Envasado y empaque – H.V. 4.....	211
Tabla 81. Determinación del elemento TPOP para cuatro H.V.....	212
Tabla 82. Determinación del elemento TROP para cuatro H.V.	214
Tabla 83. Cálculo del KPI "EOP"	215
Tabla 84. Cálculo del KPI "EOTD"	217
Tabla 85. Causas y observaciones – Objetivo 1.....	220
Tabla 86. Causas y observaciones – Objetivo 2.....	230
Tabla 87. Tiempo planeado Llenado de agua y adición de polvo – H.V. Mejora	237
Tabla 88. Tiempo planeado Dosificación de disolvente y jarabe – H.V. Mejora	238
Tabla 89. Tiempo planeado Mezclado final y control de proceso – H.V. Mejora.....	238
Tabla 90. Tiempo planeado Envasado y empaque – H.V. Mejora	239
Tabla 91. Actividades modificadas y redistribuidas	242
Tabla 92. Transiciones del modelado en WF-Nets resultante.	249
Tabla 93. Lugares del modelado en WF-Nets resultantes.	251
Tabla 94. Resultados cadena de búsqueda TITLE	254
Tabla 95. Resultados cadena de búsqueda TITULO	254
Tabla 96. Resultados cadena de búsqueda TAK	254
Tabla 97. Resultados cadena de búsqueda TAK en español.....	255
Tabla 98. Cadenas de búsqueda seleccionadas	255

Lista de Figuras

Figura 1. Funcionamiento de KPIs.....	9
Figura 2. Jerarquía Funcional.....	10
Figura 3. Jerarquía de equipos basada en perfiles	11
Figura 4. Modelo de Administración de Operaciones de Manufactura.....	12
Figura 5. Estructura abstracta de un KPI.	13
Figura 6. Relaciones de diagrama de modelo de efecto	16
Figura 7. Diagrama de modelo de efecto - Eficiencia del trabajador.....	17
Figura 8. Descripción del procedimiento para el desarrollo del método formal.....	21
Figura 9. Sub actividades de la caracterización de ISO 22400	22
Figura 10. Sub actividades de identificación de los pasos del método	23
Figura 11. Sub actividades de la definición de los pasos del método.	24
Figura 12. Sub actividades de la evaluación del método en un caso de estudio.	25
Figura 13. Sub actividades de la mejora y planteamiento del método	26
Figura 14. Proceso de caracterización.	27
Figura 15. Pasos propuestos por ISO 22400 para la seleccion y uso de KPIs	28
Figura 16. Modelo de administración de operaciones de producción.	31
Figura 17. Relación entre la actividad de análisis y la selección y uso de KPIs.....	33

Figura 18. Información suministrada por la actividad de seguimiento de producción	34
Figura 19. Uso de KPIs en el modelo de administración de operaciones de producción.	35
Figura 20. Pasos del método para aplicación de KPIs.....	39
Figura 21. Comparación de modelos.....	49
Figura 22. Representación gráfica del método para aplicación de KPIs	53
Figura 23. Procedimiento y objetivo del paso 1.....	56
Figura 24. Producción anual de la empresa Frusabor S.A.	57
Figura 25. Ejecución de órdenes de producción (7 lotes) – Datos 2014	57
Figura 26. Modelos WF-Nets e IDEF0.	60
Figura 27. Procedimiento y objetivo del paso 2.....	61
Figura 28. Clasificación de objetivos generales del área de producción.....	61
Figura 29. Procedimiento y objetivo del paso 3.....	64
Figura 30. Características de los modelos IDEF0 y WF-Nets	65
Figura 31. Actividades que requieren poca intervención del Operario de esencias.....	66
Figura 32. Procedimiento y objetivo del paso 4.....	67
Figura 33. Actividades que afectan el elemento TPOP	68
Figura 34. Actividades que afectan el elemento TROP.....	69
Figura 35. Actividades que afectan el elemento TJOP.....	71
Figura 36. Procedimiento y objetivo del paso 5.....	72
Figura 37. Procedimiento y objetivo del paso 6.....	76
Figura 38. Actividades que afectan los elementos del KPI "EOP"	77
Figura 39. Diagrama de afinidades en relación al Objetivo 1.....	78
Figura 40. Diagrama de decisiones de acción en relación al Objetivo 1	79
Figura 41. Mejora – Hoja de verificación con asignación de tanques.....	80
Figura 42. Actividades que afectan los elementos del KPI "EEJ"	80
Figura 43. Diagrama de afinidades en relación al Objetivo 2.....	82
Figura 44. Diagrama de decisiones de acción en relación al Objetivo 2	82
Figura 45. Mejora – Modificaciones modelo WF-Nets proceso de esencias	84
Figura 46. Comparación de desempeño para los KPIs EOP y EEJ.....	98
Figura 47. Sintaxis caja IDEF0.	110
Figura 48. Sintaxis flechas IDEF0.	111
Figura 49. Posición y roles de flechas IDEF0.....	111
Figura 50. Estructura de descomposición.	113
Figura 51. Workflow Nets	115
Figura 52. Tipos de Triggers.....	116
Figura 53. Subproceso en Workflow Nets.....	116
Figura 54. Bloques para construir modelos en Workflow	117
Figura 55. Ejemplo diagrama de afinidades	122
Figura 56. Ejemplo diagrama de decisiones de acción.....	124
Figura 57. Organigrama Frusabor S.A.	127
Figura 58. Diagrama de flujo de la línea de producción de esencias	129
Figura 59. Hoja de verificación para la fabricación de Esencias.	132
Figura 60. Diagrama PFD esencias Frusabor S.A.....	135

Figura 61. Producción de Frusabor S.A.....	137
Figura 62. Ejecución de órdenes de producción – Datos 2014.....	140
Figura 63. Datos 2014 - entre 800L y 900L.....	141
Figura 64. Cv vs No. de Observaciones	147
Figura 65. A-0 – Proceso productivo de esencias.	164
Figura 66. A0 – Proceso productivo de esencias.	165
Figura 67. A1 – Programa de producción.....	166
Figura 68. A2 – Alistamiento de maquinarias y equipos.....	167
Figura 69. A3 – Pre pesaje y dosificación.	168
Figura 70. A4 – Disolución espesante.	169
Figura 71. A5 – Mezclado final y control de proceso.	170
Figura 72. A6 – Control de calidad para liberación.	171
Figura 73. A7 – Etiquetado y preparación para el envasado.	172
Figura 74. A8 – Envasado y empaque.....	173
Figura 75. A9 – Almacenamiento.	174
Figura 76. Modelado dinámico en WF-Nets del proceso productivo de esencias	178
Figura 77. Modelado Programa de Producción.....	178
Figura 78. Modelado Alistamiento de Maquinaria y Equipos	179
Figura 79. Modelado Disolución de Espesante	179
Figura 80. Modelado de Mezclado Final y Control de Proceso.....	179
Figura 81. Modelado de Control de Calidad para Liberación	180
Figura 82. Modelado de Etiquetado y Preparación para el Envasado	180
Figura 83. Modelado de Envasado y Empaque.....	180
Figura 84. Modelado de Almacenamiento.....	181
Figura 85. Clasificación de objetivos generales.....	186
Figura 86. Modelo conceptual para realizar una optimización de proceso	190
Figura 87. Ejemplo modelo WF-Nets e IDEF0	193
Figura 88. Actividades de poca intervención del operario.	194
Figura 89. Actividades que influyen en el elemento TPOP.....	197
Figura 90. Actividades que influyen en el elemento TROP	197
Figura 91. Actividades que influyen en el elemento TJOP	201
Figura 92. Actividades que influyen en el elemento TROP.	201
Figura 93. H.V. 1 – 21 de marzo de 2017.....	204
Figura 94. H.V. 2 – 23 de marzo de 2017.....	206
Figura 95. H.V. 3 – 28 de marzo de 2017.....	208
Figura 96. H.V. 4 – 30 de marzo de 2017.....	210
Figura 97. Actividades que influyen en los elementos del KPI "EOP".....	219
Figura 98. Diagrama de afinidades - Objetivo 1	223
Figura 99. Diagrama de decisiones de acción - Objetivo 1	224
Figura 100. Hoja de verificación con asignación de tanques.....	225
Figura 101. Actividades específicas del operario de esencias	225
Figura 102. Tiempos de la actividad Disolución de espesante para la H.V. Mejoras	226
Figura 103. Cronograma de actividades proceso de esencias	227

Figura 104. Elementos de aseo e impresora de etiquetas	228
Figura 105. Actividades que influyen en los elementos del KPI "EEJ"	229
Figura 106. Diagrama de afinidades - Objetivo 2.	233
Figura 107. Diagrama de decisiones de acción - Objetivo 2	234
Figura 108. Diagramas de la actividad Llenado de agua y adición de polvo	235
Figura 109. Diagramas de la actividad Adición de disolvente y jarabe	236
Figura 110. H.V. Mejora – 13 de abril de 2017	237
Figura 111. Cronograma de actividades proceso de esencias – Ejecución habitual	240
Figura 112. Modificaciones modelo WF-Nets proceso de esencias	241
Figura 113. Cronograma de actividades proceso de esencias – Propuesta de ejecución	244
Figura 114. Modelado dinámico en WF-Nets resultante, del proceso productivo de esencias ...	245
Figura 115. Modelado Programa de Producción.....	245
Figura 116. Modelado Alistamiento de Maquinaria y Equipos	246
Figura 117. Modelado Disolución Espesante	246
Figura 118. Modelado Dosificación de Disolvente y Jarabe	246
Figura 119. Modelado Mezclado Final y Control de Proceso	247
Figura 120. Modelado Control de Calidad	247
Figura 121. Modelado Etiquetado y Preparación para el Envasado.....	247
Figura 122. Modelado Envasado y Empaque	248
Figura 123. Modelado Almacenamiento	248
Figura 124. Clasificación de los aportes aplicados en un caso de estudio	256
Figura 125. Aportes relevantes relacionados con el estándar ISO22400	257

Capítulo 1

Estado del arte y marco conceptual

En este capítulo se realiza una introducción del proyecto a desarrollar y la importancia de la aplicación de indicadores clave de desempeño en empresas de manufactura, enseguida se aborda el planteamiento del problema, del cual surge el interrogante de investigación y a partir de este se plantean los objetivos para darle solución. Después de esto se construye el estado del arte para determinar los avances en el tema y establecer las diferencias de otros trabajos con el propuesto, mediante una tabla comparativa. Por último, se construye el marco conceptual definiendo qué es un indicador clave de desempeño y su uso en empresas de manufactura, además se describe el contenido más relevante del estándar ISO 22400.

1.1. Introducción

Durante los últimos años la industria ha desarrollado procesos operativos y estratégicos, con el fin de generar mejores resultados en las diferentes áreas de la empresa. Debido a esto ha surgido la necesidad de definir metodologías, estructuras, procedimientos y/o modelos, que permitan alcanzar de manera óptima, segura, confiable y eficiente, las metas que se han propuesto dentro de los objetivos empresariales (Correa, 2012). Por lo anterior, resulta imprescindible para la supervivencia de cualquier empresa, realizar mediciones de desempeño que permitan un correcto seguimiento y mejoramiento de los procesos, lo que dirigirá a la organización hacia el cumplimiento de sus objetivos.

La medición de desempeño de los procesos y actividades, permite conocer el estado de los objetivos y metas de la empresa, para así acercarse cada vez más al valor establecido. Esta medición se puede llevar a cabo por medio de indicadores clave de desempeño, que permiten dar solución a problemas como: pérdida de tiempo, ineficiencia de procesos, falta de seguimiento de los procesos, entre otros (Puig, 2016). Teniendo en cuenta los inconvenientes nombrados anteriormente; en el trabajo a desarrollar se realiza un método formal para aplicar indicadores clave de desempeño de producción basado en el estándar ISO 22400.

1.1.1. Planteamiento del problema

Actualmente, las empresas de manufactura requieren una mayor capacidad de integración en cada uno de sus procesos, con el fin de aumentar el nivel de coordinación y competitividad en un mercado globalizado (Puig, 2016). Para esto, es necesario ejecutar las tareas en el tiempo esperado, coordinadamente, con trazabilidad y de manera óptima, midiendo y controlando el

rendimiento de las actividades, lo que ayuda en la toma de decisiones y mejora continua de las empresas de manufactura, permitiendo impactar sobre sus competidores (Mora L. , 2016).

Los indicadores clave de desempeño (KPIs), permiten a las empresas hacer medición del cumplimiento de sus objetivos y actividades, con el fin de evaluar los procedimientos y realizar correcciones. El uso de KPIs para administración de operaciones de manufactura (MOM) está motivado por la posibilidad de utilizarlos para mejorar los procesos que agregan valor a una empresa, cuantificar aspectos de todas sus actividades y vigilar la realización de los objetivos de cada actividad (ISO 22400-1, 2014).

En muchas empresas existen pérdidas que afectan la productividad y capacidad competitiva, como es el caso de pérdidas de materiales, bajo rendimiento de equipos y mano de obra, pérdidas de tiempo, entre otros. Por esto es vital para las empresas de manufactura hacer medición del desempeño de sus procesos de negocio y sus objetivos, con el fin de ser competitivas y sobrevivir en el mercado. Para lograrlo, es necesario tener herramientas para seleccionar y medir KPIs fiables, de manera que sean útiles para mejorar procesos de manufactura (Alvarez, 2016).

El estándar ISO 22400-1 (2014), define términos, criterios y KPIs para MOM, sin imponer ningún indicador específico o algún valor o rango de rendimiento mínimo, esto lo hace flexible, permitiendo su fácil adaptación a diferentes procesos. Además, propone los siguientes pasos para la aplicación de KPIs en procesos de manufactura: 1) identificar las operaciones y los elementos que se han de evaluar, 2) determinar los objetivos a alcanzar con la implementación de los KPIs, 3) describir las acciones operativas cuando se usan indicadores clave de desempeño para llevar a cabo las expectativas, 4) definir los criterios de evaluación y los elementos correspondientes para formar los KPIs, 5) seleccionar indicadores clave de desempeño, 6) evaluar el desempeño frente a los objetivos con los KPIs obtenidos y 7) realizar acciones asociadas para alcanzar los objetivos. Los pasos antes mencionados son poco detallados y no especifican cómo se deben llevar a cabo. Así mismo, existen otros aportes que definen pasos no formales con bajo nivel de detalle para la aplicación de KPIs, como es el caso de los presentados por Ríos (2012), Kermorgant y Manninen (2015) y Coates et al. (2010), lo que refleja la falta de un método formal y detallado.

Debido a esto, es necesario generar un método formal que facilite la aplicación de indicadores clave de desempeño, permitiendo la caracterización de los procesos y la obtención de información relevante para la mejora continua de las empresas de manufactura. Ante esto, surge el interrogante de investigación:

¿Cómo aplicar de manera formal y detallada KPIs de producción con base en el estándar ISO 22400 para empresas de manufactura?

Para dar respuesta a la pregunta se plantearon los siguientes objetivos:

1.1.2. Objetivos

Objetivo General

- Proponer un método formal para aplicar indicadores clave de desempeño de producción basado en el estándar ISO 22400, para empresas de manufactura.

Objetivos Específicos

- Caracterizar el estándar ISO 22400 para el desarrollo de un método formal de aplicación de indicadores clave de desempeño de producción.
- Definir las etapas de un método formal para la aplicación de indicadores clave de desempeño, basado en el estándar ISO 22400.
- Evaluar el método para la aplicación de KPIs basado en el estándar ISO 22400 en un caso de estudio.

1.2. Estado del arte

A continuación, se presentan los resultados de la revisión de los trabajos relacionados con la selección, medición y aplicación de KPIs, los cuales dan una visión general del estado actual de soluciones al problema planteado.

En el artículo presentado por Johnsson (2014), se realiza una analogía entre un lazo realimentado único y un lazo realimentado de la planta tomando como parámetros de control indicadores clave de desempeño descritos en ISO 22400. Define conceptos de lazo realimentado únicos con el fin de hacer la siguiente relación: Proceso con la Planta completa, Controlador con Administrador de la planta, Señal de referencia con Objetivo, Error de control con la diferencia entre el objetivo y el indicador clave de desempeño, señal de control con la acción tomada por el administrador de la planta y señal de salida con el indicador clave de desempeño. También describe pasos para diseñar el lazo de control realimentado de toda la planta con el fin de ajustar los KPIs al valor objetivo.

En cuanto a aplicaciones generales de KPIs, en el documento de Kermorgant y Manninen (2015), se presenta un procedimiento de implementación de KPIs para la gestión de páginas web, para esto, define 11 pasos, de los cuales se destaca la forma de identificación de KPIs, la cual se realiza definiendo los objetivos micro, los actores y la frecuencia de reporte, para posteriormente, asignar uno o varios KPIs que lleven al cumplimiento de los objetivos. Finalmente, los KPIs se

incorporan y relacionan con la información de la página web, para obtener resultados medibles e interpretables.

En este sentido, el trabajo de Coates et al. (2010), presenta una implementación de la metodología BIM en el caso de estudio John McCall's Architects (JMA). Para la ejecución de esta metodología se propone un procedimiento de 5 etapas, las cuales se centran en la identificación de información para la revisión y corrección de los procesos de negocio y sus objetivos. Inicialmente se plantea la recolección de información de la empresa, la cual permite determinar posibles modificaciones a los procesos de negocio, posteriormente se identifican los KPIs y se documenta el plan de aplicación BIM. Cabe resaltar que para realizar la identificación de KPIs se plantean sesiones de reflexión y entrevistas al personal y los clientes del caso de estudio, ya recopilados los KPIs potenciales, se realiza su diseño, evaluación y valoración.

También, existe el artículo de Lindberg et al. (2015), el cual sugiere diferentes tipos de indicadores clave de desempeño para la industria y presenta un método que permite mejorar el rendimiento de los procesos por medio de KPIs, basado en la identificación de las señales de proceso o combinaciones de estas, que tienen la correlación más fuerte con el KPI que se quiere aplicar, con estas señales se calcula el KPI, y las mismas se modifican por medio de controladores para llevar el KPI al valor deseado. Este método fue aplicado en una planta de cogeneración para mejorar la eficiencia de una caldera y tuvo como resultado generar sugerencias para mejorar la eficiencia de la misma.

Además, el artículo presentado por Lawsure et al. (2015), describe una herramienta web para aplicar la metodología de selección de indicadores clave de desempeño desarrollada por Horst y Weiss, centrada en la eficacia y factibilidad que representan los KPIs al proceso de producción. Los KPIs y métricas asociadas son calificadas con una puntuación de 1 a 10 por las partes interesadas, luego se seleccionan los KPIs con la puntuación global más alta. La herramienta web desarrollada se encarga de realizar los cálculos y arrojar los KPIs apropiados.

Adicional a esto, existen aplicaciones de indicadores claves de desempeño basadas en el estándar ISO 22400, como es el documento de Endrass (2013), el cual propone un enfoque basado en el ciclo PHVA para aplicar indicadores clave de desempeño, este consta de 5 etapas, sugiere analizar la situación actual del proceso, definir los objetivos que se desean alcanzar con la aplicación de KPIs, identificar y seleccionar las medidas posibles del estándar ISO 22400, implementar las medidas obtenidas y por último realizar pruebas y revisiones con el fin de mejorar los procesos de manufactura.

Así mismo, el trabajo presentado por Behzadirad y Stenfors (2015), define otra forma de aplicar KPIs del estándar ISO 22400. El proyecto inicia identificando las necesidades de la empresa teniendo en cuenta las sugerencias de los administradores, una vez identificadas las necesidades, se seleccionaron seis indicadores clave de desempeño, para los cuales se realizó la recolección de datos y cálculo, con el fin de llevar a cabo un análisis que permita identificar si ayudan o no en la mejora del proceso. Teniendo en cuenta aspectos importantes como la capacidad de medición,

aplicabilidad y utilidad, se determina que de los seis KPIs, solo dos eran mensurables, aplicables y útiles para el sitio de producción. En general, el proyecto tuvo como fin la selección y aplicación de KPIs, que aporten en la mejora de la productividad en una línea de producción determinada de la empresa.

Con respecto a estándares relacionados con la aplicación de KPIs presentados por la Asociación Española de Normalización y Certificación (Aenor), encontramos la norma AENOR UNE-EN 15341 (2008), la cual describe un sistema para la gestión de KPIs, destinados a medir el rendimiento del mantenimiento en el marco de los factores que influyen en el mismo, tales como aspectos económicos, técnicos y organizativos, esto con el objetivo de evaluar y mejorar la eficiencia y eficacia en el mantenimiento de los activos técnicos.

Así mismo, la norma AENOR UNE 66175 (2003) especifica las directrices para la definición y el desarrollo de indicadores de gestión de cualquier proceso o actividad, de forma que sirvan eficaz y eficientemente para la toma de decisiones de los responsables de los procesos o actividades afectadas y, en consecuencia, sirvan para la mejora de las organizaciones. Además, establece un procedimiento para la elaboración de objetivos. Debido al gran alcance de este estándar, se pretende que todos sus KPIs sean aplicables a cualquier tipo de organización ya sea privada, pública, grande o pequeña.

Análisis comparativo del estado del arte

En los anteriores trabajos se evidencia la existencia de diferentes formas para aplicar KPIs, que influyen en la mejora de los procesos de manufactura, aumentando la eficiencia y disminuyendo costos. A fin de diferenciar el trabajo a desarrollar e identificar los posibles aportes del estado del arte, se realiza una tabla con 8 factores de comparación, basados en el desarrollo y los objetivos del proyecto, los cuales permiten determinar aspectos relevantes y útiles que servirán como base para el planteamiento del método formal. A continuación, se presenta una breve descripción de los factores de comparación:

Formal: omite el contenido empírico del razonamiento para considerar sólo la forma estructurada.

Define pasos: identifica una serie de pasos necesarios para la aplicación de KPIs en una temática específica o caso de estudio determinado.

Detalla pasos: además de definir los pasos necesarios para la aplicación de KPIs, detalla la forma para realizarlos en una temática específica o un caso de estudio determinado.

Propone KPIs: identifica y define KPIs para una temática específica o un caso de estudio determinado.

Enfoque nivel 3: el documento o artículo está destinado a la aplicación de KPIs en el nivel 3 (Administración de operaciones de manufactura) de la jerarquía funcional de una empresa, definida en IEC 62264-3 (2007).

Enfoque nivel 4: el documento o artículo está destinado a la aplicación de KPIs en el nivel 4 (Planeación de negocios y logística) de la jerarquía funcional de una empresa, definida en IEC 62264-3 (2007).

Evaluado en caso de estudio: ¿los pasos, KPIs o metodología propuestos en el documento o artículo son implementados y evaluados en un caso de estudio?

Basado en ISO 22400: ¿los pasos, KPIs o metodología propuesta, se basan en información o recomendaciones de la familia de estándares ISO 22400?

En la Tabla 1 se puede observar la relación entre los factores de comparación y los trabajos anteriormente citados.

Tabla 1. Tabla comparativa de trabajos y estándares relacionados con la aplicación de KPIs

Factores de comparación Trabajos	Formal	Define pasos	Detalla pasos	Propone KPIs	Enfoque nivel 3 (MOM)	Enfoque nivel 4	Evaluado en caso de estudio	Basado en ISO 22400
Kermorgant & Manninen (2015)	X	X	X	X		X		
Coates et al. (2010)		X				X	X	
Lindberg et al. (2015)				X	X		X	
Lawsure et al. (2015)		X			X			
Endrass (2013)	X	X	X		X		X	
Behzadirad & Stenfors (2015)		X	X		X		X	X
AENOR UNE-EN 15341 (2008)	X	X		X	X			
AENOR UNE 66175 (2003)	X	X	X					
Método para la aplicación de KPIs de producción basado en el estándar ISO 22400	X	X	X	X	X		X	X

Con base en la Tabla 1, se puede evidenciar que Endrass (2013) y Kermorgant y Manninen (2015), junto con las normas AENOR UNE 66175 (2003) y AENOR UNE-EN 15341 (2008) proponen pasos o procedimientos para la aplicación de KPIs de manera formal, lo que significa que no se plantea ninguno de estos con definiciones o contenidos que sean determinados de forma empírica. Esto permite, que el método a desarrollar con los aportes suministrados por estos trabajos, tenga bases más sólidas.

Así mismo, los trabajos nombrados anteriormente, junto con los propuestos por Coates et al. (2010), Lawsure et al. (2015) y Behzadirad y Stenfors (2015) realizan una serie de actividades o pasos para la aplicación de KPIs, pero solo los de Kermorgant y Manninen (2015), Endrass (2013), Behzadirad y Stenfors (2015) y la norma AENOR UNE 66175 (2003), los detallan o explican más a fondo. A pesar de esto, la explicación de los pasos, solo se hace de una manera simple, sin proporcionar un grado de detalle alto en cuanto a la selección, medición y aplicación de KPIs en procesos de manufactura.

Adicional a esto, se observa que los trabajos nombrados en la Tabla 1, han sido clasificados según su enfoque, esto da a conocer que los KPIs pueden ser aplicados en varios ámbitos diferentes al de producción. Teniendo en cuenta, que el enfoque del método a desarrollar es nivel 3 (MOM), es necesario identificar los aportes relacionados con este, a fin de obtener información importante. De la misma manera, los que se enfocan en nivel 4 (planeación de negocios y logística), poseen información que sirve para el planteamiento del método, aunque esta, es menos relevante.

Finalmente, con el propósito de recolectar información con respecto a selección y aplicación de KPIs, se analizaron los trabajos de Kermorgant y Manninen (2015), Lindberg et al. (2015) y la norma AENOR UNE-EN 15341 (2008), los cuales proponen KPIs diferentes a los definidos por ISO 22400, brindando una visión más amplia de estos y permitiendo realizar una mejor selección. De igual forma, los proyectos que evalúan KPIs en casos de estudio, como son los presentados por Coates et al. (2010), Lindberg et al. (2015), Endrass (2013) y Behzadirad y Stenfors (2015), ayudan a determinar cómo son aplicados en procesos reales y cómo se realizan las acciones estratégicas que permiten llegar al cumplimiento de los objetivos planteados por la empresa.

En conclusión, los trabajos presentados por Coates et al. (2010), Lindberg et al. (2015), Lawsure et al. (2015) y Behzadirad y Stenfors (2015) definen pasos y procedimientos para la aplicación de KPIs en diferentes ámbitos, lo que evidencia varias formas para realizar su aplicación; sin embargo, estos se centran únicamente en la aplicación de KPIs, sin mostrar un método lógico y consistente, además las actividades definidas son poco detalladas y no se presentan ni se pueden considerar como un método.

De igual forma, lo propuesto por Kermorgant y Manninen (2015), Endrass (2013) y las normas AENOR UNE-EN 15341 (2008) y AENOR UNE 66175 (2003), permite determinar que, a pesar de definir pasos más estructurados y concisos, también existen problemáticas como: falta de

detalle, enfoque en ámbitos diferentes de producción y falta de formalidad al no estar fundamentados en criterios o definiciones como los expuestos en ISO 22400-1 (2014).

Lo planteado hasta ahora, permite identificar las diferentes falencias de las propuestas actuales para la aplicación de KPIs, por lo cual, a diferencia de todo lo anterior, el trabajo a desarrollar busca generar un método formal y detallado para la aplicación de indicadores clave de desempeño de producción, basado en el estándar ISO 22400, por medio de procedimientos, técnicas y herramientas.

1.3. Marco Conceptual

1.3.1. Indicador clave de desempeño (KPI)

Como expresan Behzadirad y Stenfors (2015), en el entorno competitivo actual, las empresas necesitan realizar un seguimiento real de los resultados de desempeño, la mayoría de estas hoy en día implementan un sistema de medición, con el fin de dar verdaderas atenciones a los resultados y las responsabilidades que permitan dirigir las organizaciones al cumplimiento de sus objetivos. Es por esto que, para tomar el control y lograr la mejora de los procesos, es necesario medir e identificar los KPIs.

Según ISO 22400-1 (2014), un KPI es un nivel cuantificable del logro de un objetivo crítico, derivado directamente de, o por medio de una función de agregación de mediciones físicas, datos y/u otros KPIs. Así mismo, el estándar VDMA 66412-1 (2009) define los KPIs como indicadores de negocios, que permiten medir los niveles de progreso o de desempeño en relación con las metas importantes o factores críticos de éxito dentro de una organización. También, la norma AENOR UNE 66175 (2003) establece un indicador como datos o un conjunto de datos que ayudan a medir objetivamente la evolución de un proceso o de una actividad. Finalmente, la norma AENOR UNE-EN 15341 (2008) plantea un indicador como características o conjunto de características de un fenómeno medido, que de acuerdo con una fórmula dada evalúa el desempeño.

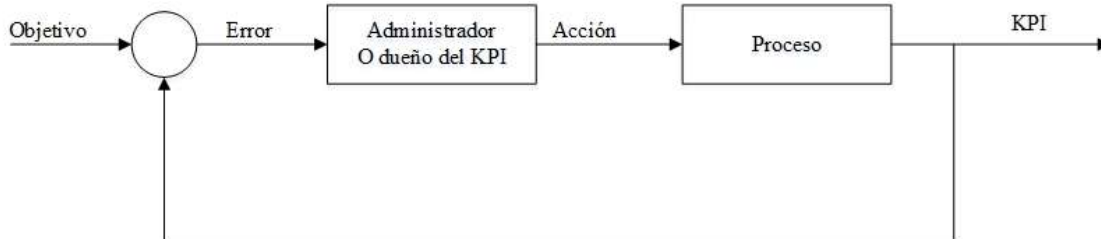
Con base en las definiciones anteriores, para este proyecto proponemos la siguiente:

Un indicador clave de desempeño es un nivel cuantificable del logro de un objetivo crítico, formado por elementos de medida que permitan identificar problemas y plantear soluciones, con el fin de cumplir con los objetivos deseados y crear valor al proceso de manufactura implicado, contribuyendo en la mejora continua de las organizaciones.

En la Figura 1, se ilustra el uso y la finalidad de los KPIs mediante un lazo de control realimentado, inicialmente se establece un objetivo, para lograrlo, el administrador o dueño del KPI debe proponer las acciones necesarias para el proceso, el cual genera un KPI, que se

compara con el objetivo para determinar el error y permitir al administrador o dueño, decidir si aplicar o no acciones de mejora para dar cumplimiento a los objetivos.

Figura 1. Funcionamiento de KPIs



Fuente: tomada y modificada de Johnsson (2014).

Nota: en la Figura 1, se utiliza “Administrador o dueño del KPI”, también puede ser un operario, un jefe de producción, entre otros. “Proceso” también puede cambiar por máquina, actividad, entre otros.

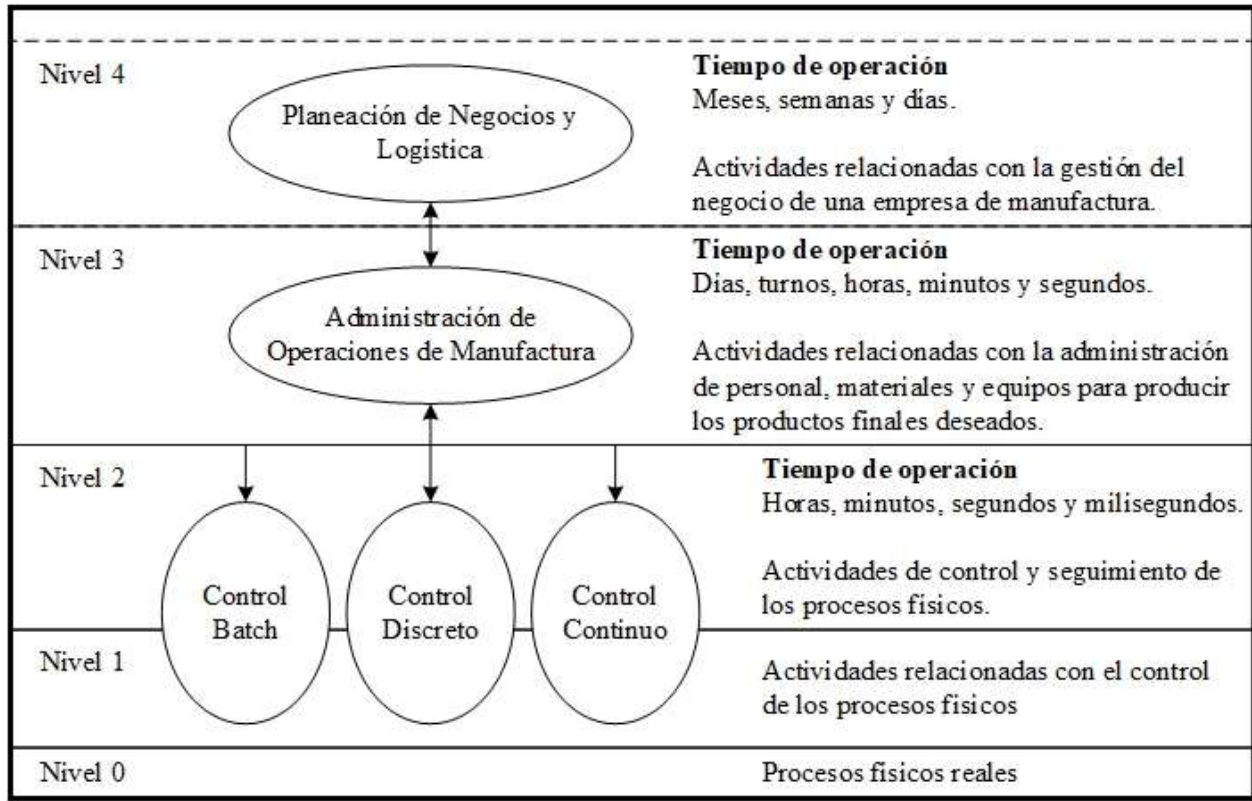
1.3.2. ISO 22400

Es un estándar para la aplicación de indicadores clave de desempeño basado en IEC 62264. Para tener claridad sobre el enfoque y la aplicación de este, es necesario conocer conceptos y modelos propuestos por IEC 62264, los cuales tienen como objetivo reducir riesgos, costos y errores por medio de la integración de las actividades empresariales y los sistemas de control de empresas de manufactura. A continuación, se presentan algunos de los modelos propuestos por IEC 62264:

- **Modelo de Jerarquía Funcional**

El estándar IEC 62264-3 (2007), define un modelo de jerarquía funcional para empresas de manufactura, asociado con los sistemas de control y planificación, en el cual cada nivel proporciona funciones especializadas y tiene tiempos de respuesta característicos, como se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Jerarquía Funcional.

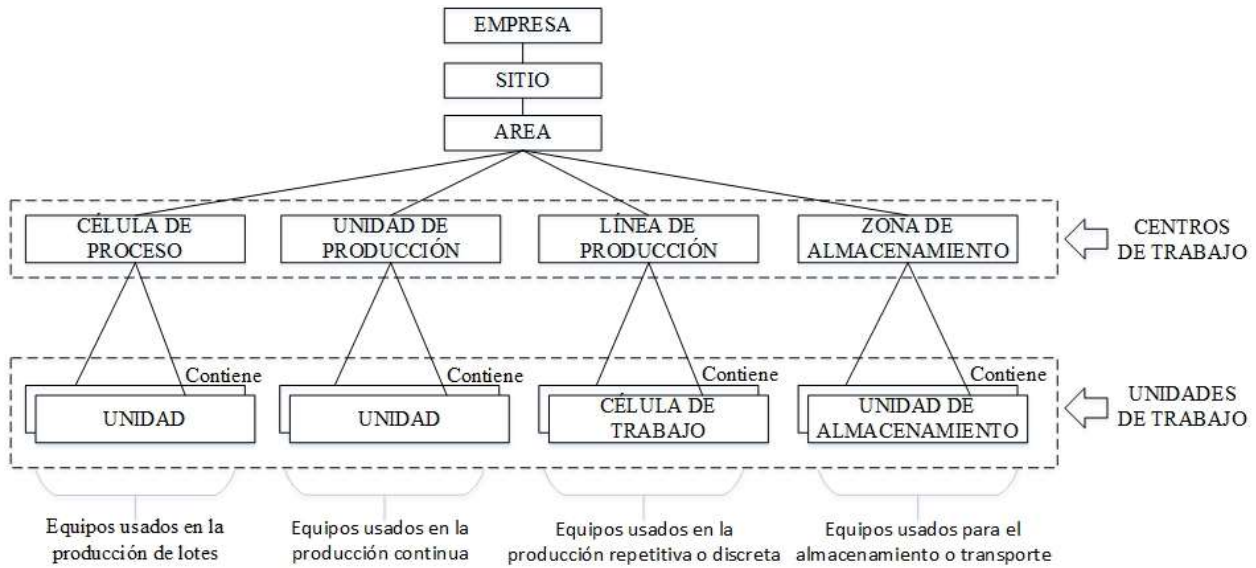


Fuente: tomada y modificada de IEC 62264-3 (2007).

- **Modelo de Jerarquía de Equipos**

El estándar IEC 62264-3 (2007), también define una estructura jerárquica para el equipo físico como se muestra en la Figura 3. Empresa, sitio y áreas son términos genéricos, mientras que hay términos específicos para los centros y unidades de trabajo que se aplican a la producción por lotes, continua, discreta o repetitiva y para el almacenamiento y movimiento de materiales y equipos.

Figura 3. Jerarquía de equipos basada en perfiles



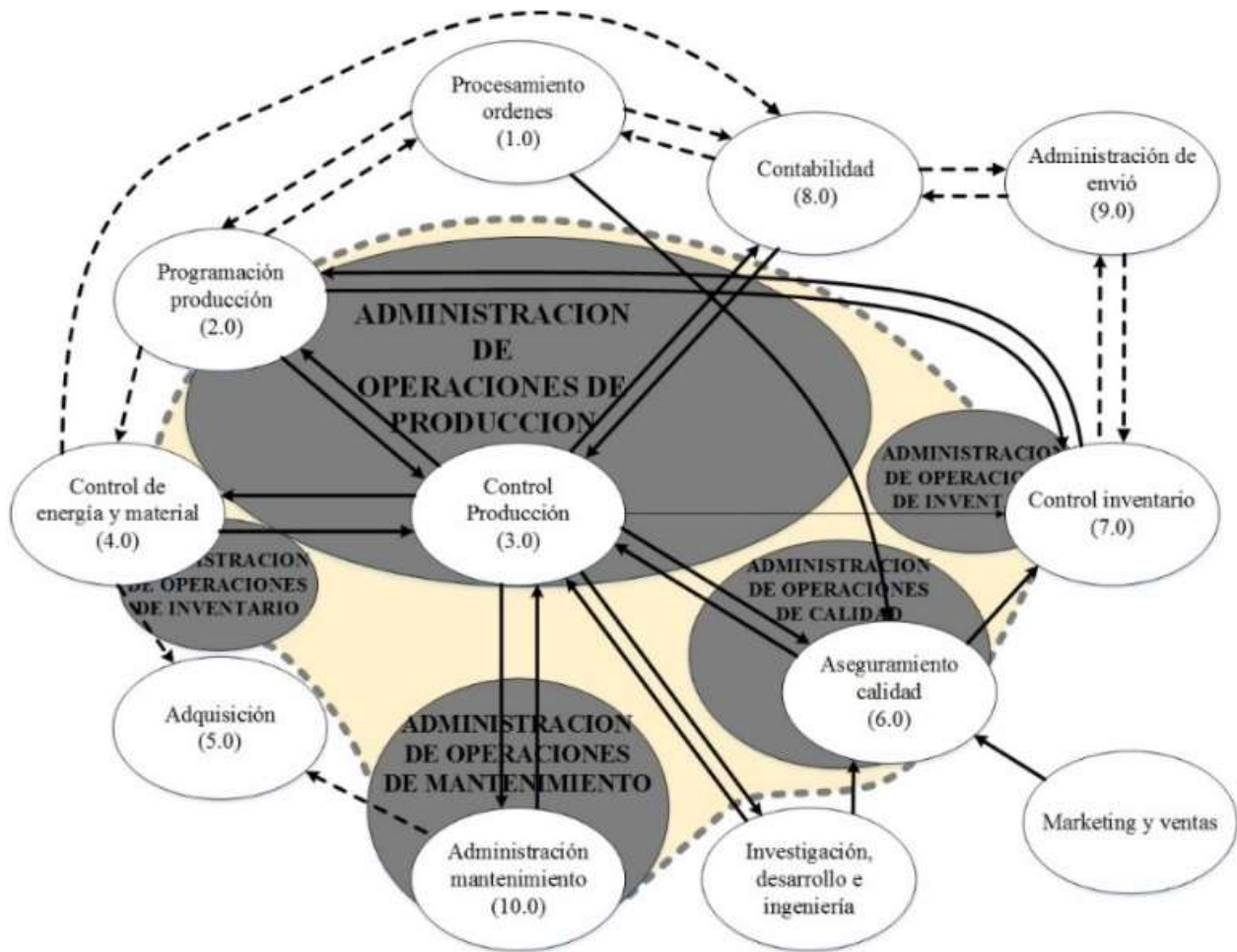
Fuente: tomada y modificada de IEC 62264-3 (2007).

- **Administración de Operaciones de Manufactura (MOM)**

Administración de operaciones de manufactura, son aquellas actividades que coordinan personal, equipo, materiales y energía en la conversión de materias primas y/o partes en productos, por medio de equipos físicos, esfuerzo humano y/o sistemas de información. MOM comprende las actividades de administración de la información de los programas, el uso, la capacidad, la definición, la historia y el estado de todos los recursos (personal, equipos y materiales) asociados con la fabricación (IEC 62264-3, 2007).

Además, MOM se subdivide en cuatro categorías: administración de operaciones de producción, administración de operaciones de mantenimiento, administración de operaciones calidad y administración de las operaciones de inventario, como se muestra en las áreas sombreadas de la Figura 4.

Figura 4. Modelo de Administración de Operaciones de Manufactura



Fuente: tomada y modificada de IEC 62264-3 (2007).

A partir del Modelo de Administración de Operaciones de Manufactura definido en (IEC 62264-3 (2007), se establecen cuatro modelos formales:

- El modelo de administración de operaciones de producción.
- El modelo de administración de operaciones de mantenimiento.
- El modelo de administración de operaciones de calidad.
- El modelo de administración de operaciones de inventario.

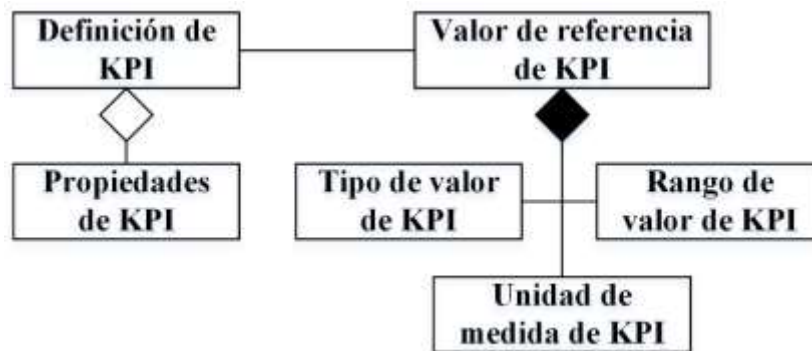
Con base en estos modelos, el estándar ISO 22400-2 (2014) propone KPIs para MOM (Nivel 3), los cuales pretenden ser calculados con datos obtenidos del dominio de control (Niveles 1 y 2), con el fin de proporcionar información que ayude a la toma de decisiones al dominio de MOM (Nivel 3) y dominio de la empresa (Nivel 4).

Después de identificar los modelos del estándar IEC 62264-3 se realiza una descripción de ISO 22400, definido como un estándar de KPIs para MOM, que describe un marco neutral para la definición, la composición, el intercambio y el uso de KPIs, asociados con un nivel intermedio (Nivel 3) dentro de la jerarquía funcional mostrada en la Figura 2.

ISO 22400-1 (2014) definido por la organización internacional de normalización (ISO), plantea que el cálculo y la medición de KPIs requieren información y datos de procesos, recursos, objetivos y programas de producción. Los KPIs calculados proporcionan información al dominio de empresa (nivel 4) y dominio de MOM (nivel 3), lo cual ayuda en la toma de decisiones para la buena gestión de la empresa e influye en actividades del proceso (tiempo de ciclo, número y secuencia de pasos, estructura y alcance, entre otros) impactando las operaciones de la línea de producción, las operaciones de almacén, la eficiencia de costos por unidad producida, el costo de los bienes vendidos, la precisión de la entrega (Producto adecuado - justo a tiempo), la calidad de servicio, entre otros.

Un KPI está compuesto por unos atributos, para definirlos, ISO 22400-1 (2014) propone una estructura abstracta en la cual se establece una clase KPI, formada por una instancia de “Definición de KPI”, asociada a un “Valor de referencia de KPI” y agregándole unas “Propiedades de KPI”. Esto se puede apreciar en la Figura 5.

Figura 5. Estructura abstracta de un KPI.



Fuente: tomada y modificada de ISO 22400-1 (2014)

Para la instancia de “Definición de KPI” se establecen los siguientes atributos: Nombre, ID y Descripción. Esta instancia se asocia con un “Valor de referencia de KPI”, el cual debe estar compuesto por un valor, un tipo de valor (binario, entero, punto flotante o cadena de caracteres), una unidad de medida y un rango de valor que puede ser representado por un conjunto de límites o valores significativos.

Según el diagrama de clases de la Figura 5 y los atributos de las instancias antes mencionados, el estándar ISO 22400-2 (2014) define una estructura para registro de KPIs ilustrada la Tabla 2.

Tabla 2. Estructura para registro de KPIs y definición de atributos.

Nombre/Título del indicador:	Expresión o designación del KPI.
ID	No definido, su utilización es para las partes 3 y 4 del estándar, aun no publicadas.
Descripción	
Beneficio/Aplicación:	Breve descripción de los beneficios proporcionados por el KPI, incluyendo sus usos y efectos en aplicaciones de control.
Frecuencia de medida	Un KPI se puede calcular ya sea en tiempo real (realizar una nueva adquisición de datos después de cada evento), en demanda (selección de datos específica después de una solicitud) o periódicamente (realizada en un intervalo de tiempo, por ejemplo, una vez por día).
Definición y Cálculo	
Formula:	Fórmula matemática del KPI basada en sus elementos.
Unidad/Dimensión	Unidad básica o dimensión en la que se expresa el KPI.
Valoración:	Límite superior e inferior del KPI y la tendencia que indica una mejora.
Análisis/Profundización :	Descripción de los elementos relacionados al KPI para profundizar y analizar las causas de los resultados.
Observaciones	
Notas/Explicación:	Información adicional de los elementos o el KPI.
Grupo de usuario:	Descripción de los grupos de usuarios que utilizan el KPI.
Modelo de efecto:	Modelo de evaluación utilizado para encontrar las causas profundas del cambio de valor de los KPIs y cómo se relaciona con otros elementos y/o KPIs.
Tipo de manufactura:	El tipo de manufactura (continuo, batch, discreto) para los que se puede utilizar el KPI.

Fuente: tomada y modificada de ISO 22400-2 (2014).

Una vez definida la estructura, el estándar ISO 22400-2 (2014) propone 34 KPIs utilizados y comúnmente aplicados en las empresas de manufactura, estos residen en el dominio de MOM (nivel 3) y están clasificados en 4 categorías (Producción, Mantenimiento, Inventario y Calidad) observados en la Tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de KPIs

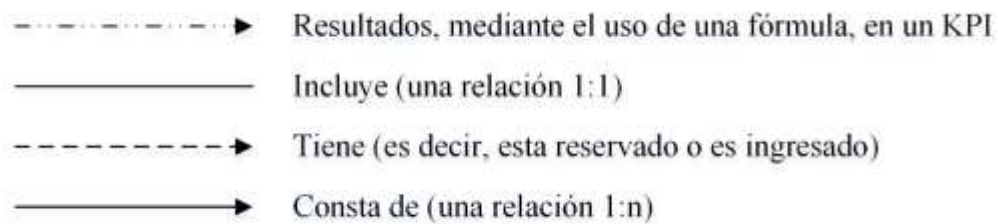
KPI	Producción	Mantenimiento	Inventario	Calidad
Eficiencia del trabajador	X			
Ratio de asignación	X			
Índice de producción	X			
Eficiencia de asignación	X			
Eficiencia de utilización	X			
Índice de eficiencia general de los equipos	X			
Índice de eficiencia de equipos de red	X			
Disponibilidad	X			
Eficacia	X			
Ratio de calidad				X
Tasa de configuración	X			
Eficiencia técnica	X			
Ratio de proceso de producción	X			
Ratio de desecho planeado real				X
Rendimiento de primer paso				X
Ratio de desecho				X
Ratio de re trabajo				X
Ratio de disminución				X
Índice de capacidad de máquina	X			
Índice de capacidad de máquina crítico	X			
Índice de capacidad de proceso	X			
Índice de capacidad de proceso crítico	X			
Consumo global de energía	X			
Turnos de inventario			X	
Ratio de productos terminados	X			
Ratio de productos integrados	X			
Ratio de pérdida de producción	X			
Ratio de pérdida de almacenamiento y transporte			X	
Ratio de otras pérdidas			X	
Índice de carga de equipos	X			
Tiempo de operación medio entre fallas		X		
Tiempo medio de falla		X		
Tiempo medio de restauración		X		
Ratio de mantenimiento correctivo		X		

Fuente: tomada y modificada de ISO 22400-2 (2014)

Nota: algunos de los KPIs propuestos necesitan del valor de otro(s) para poder ser calculados, como es el caso del índice de eficiencia general de los equipos, el cual necesita los valores de Disponibilidad, Eficacia y Ratio de calidad.

Cada KPI de los propuestos por el estándar ISO 22400, posee elementos que componen su atributo fórmula, los cuales tienen una definición que ayuda en la identificación y recolección de la información necesaria para el cálculo del KPI. Adicional a esto, cada uno posee un diagrama de modelo de efecto compuesto por 4 tipos de relaciones ilustradas en la Figura 6.

Figura 6. Relaciones de diagrama de modelo de efecto



Fuente: tomada y modificada de ISO 22400-2 (2014)

El diagrama de modelo de efecto es un método de evaluación para encontrar las causas del cambio de valor de un KPI e identificar cómo se relaciona con otros elementos y/o KPIs. Este es una herramienta útil ya que permite identificar posibles problemas en el proceso.

A continuación, se presenta un ejemplo de KPI propuesto por ISO 22400, para la categoría de producción, el cual contiene una estructura, un diagrama de modelo de efecto y una descripción de sus elementos.

- **KPI de Producción**

Tiempo real de trabajo de personal (APWT): es el tiempo que necesita el personal para la ejecución de una orden de producción.

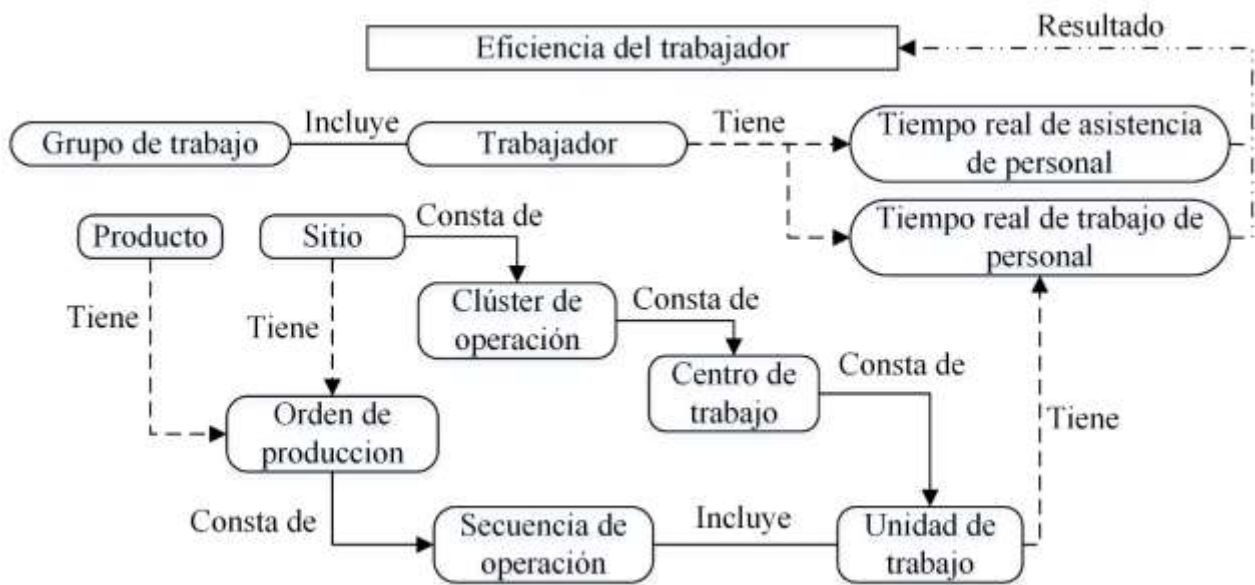
Tiempo real de asistencia del personal (APAT): es el tiempo total que el trabajador está realmente disponible para trabajar en las órdenes de producción. Esto no incluye el tiempo de los periodos de descanso autorizados de la empresa (es decir, almuerzo). Es la diferencia entre el inicio y la finalización sin contar las pausas.

Tabla 4. KPI - Eficiencia del trabajador

Nombre/Título del indicador:	Eficiencia del trabajador
Descripción	
Beneficio/Aplicación:	Considera la relación entre las horas de trabajo para una orden de producción y el total de tiempo de asistencia de los empleados
Frecuencia de medida	Periódico
Definición y Cálculo	
Formula:	$\text{Eficiencia del trabajador} = \text{APWT}/\text{APAT}$
Unidad/Dimensión	%
Valoración:	Min: 0% Max: 100% Tendencia: cuanto más alto, mejor
Análisis/Profundización:	Basado en grupo de trabajo
Observaciones	
Notas/Explicación:	Cabe aclarar, que el tiempo de trabajo, tiene que ser dividido si la operación se realiza con varias unidades al mismo tiempo.
Grupo de usuario:	Dueño, Jefe, Administrador
Modelo de efecto:	Ver Figura 7
Tipo de manufactura:	Continuo, Batch, Discreto

Fuente: tomada y modificada de ISO 22400-2 (2014)

Figura 7. Diagrama de modelo de efecto - Eficiencia del trabajador



Fuente: tomada y modificada de ISO 22400-2 (2014).

1.4. Conclusiones

- Por medio del análisis del estado del arte y la Tabla 1, se pudo evidenciar, que a pesar de existir trabajos relacionados con la aplicación de KPIs y basados en el estándar ISO 22400, ninguno se considera como un método formal, debido a que no describen sus pasos, no los detallan o carecen de fundamento al no cumplir con los factores de comparación propuestos.
- El marco conceptual, por medio de su fundamentación teórica, permitió determinar que el estándar ISO 22400, es una herramienta fundamental para las empresas de manufactura, ya que está destinado para la aplicación y uso de KPIs en el nivel 3 (MOM).

1.5. Aporte

El aporte principal de este capítulo es la Tabla 1, del análisis comparativo del estado del arte, la cual permite apreciar la situación actual en relación con la aplicación de KPIs y evidencia la falta de métodos formales que especifiquen y detallan pasos.

Capítulo 2

Procedimiento para el desarrollo del método para aplicación de KPIs de producción, basado en el estándar ISO 22400, evaluado en un caso de estudio

En este capítulo se determinan los requerimientos de un método formal, para lo cual se realiza una definición de términos que permiten tener una visión más clara de lo qué es y el alcance que debe tener. Con base en lo anterior y teniendo en cuenta los objetivos del trabajo a desarrollar, se propone un procedimiento con actividades y sub actividades, que permitan dar cumplimiento de forma ordenada y lógica al objetivo general del proyecto enfocado en proponer un método formal para la aplicación de KPIs, basado en el estándar ISO 22400 y evaluado en un caso de estudio.

2.1. Conceptos generales

Con el fin de desarrollar el método formal para aplicación de KPIs, es necesario identificar los elementos que lo componen y establecer una guía para lograr su planteamiento, es por esto que a continuación se define su concepto.

- **Método**

Cheesman (2016), afirma que la palabra método se deriva de las raíces griegas meta (hacia, a lo largo) y odos (camino). Además, UNIVASvirtual (2011), Baber (2016), Lafuente y Marín (2008) y la definición de método propuesta por la RAE (2016), plantean que un método es un camino a seguir constituido por un conjunto de procedimientos, técnicas, reglas y operaciones fijadas de antemano, que se realizan con un determinado orden para llegar a una meta o un fin.

- **Método Formal**

Según Camejo et al. (2017), la palabra “formal” se deriva de la lógica formal, ciencia que estudia el razonamiento desde el análisis de acuerdo con su validez o no validez, y omite el contenido empírico del razonamiento para considerar sólo la forma estructurada. Para Montoya (2010), un método formal se basa en el empleo de técnicas, lenguajes y

herramientas, definidos lógicamente para cumplir objetivos tales como facilitar, especificar, diseñar, implementar y verificar el análisis y construcción de sistemas confiables, independientemente de su complejidad.

Adicional a esto, Camejo et al. (2017), y la definiciones de Formalidad (2017), Formal (2016) y Detallar (2016) establecidas por la RAE, proponen que un método formal debe ser exacto, puntual y consecuente, para especificar, diseñar, verificar y desarrollar cada uno de los requisitos de un sistema. Además, debe ser expreso, preciso y determinado para así considerar todos los requisitos necesarios para ejecutar cada tarea y especificar por partes, minuciosa y circunstanciadamente cada paso.

Con base en lo anterior, se concluye que un método formal debe estar constituido por un conjunto de pasos, que se realizan en un determinado orden, para llegar a una meta. Estos, deben ser expresos, precisos y determinados, además de considerar todos los requisitos necesarios para ejecutar cada tarea y especificar por partes minuciosa y circunstanciadamente cada paso. Para cumplir con esto, se debe omitir el contenido empírico del razonamiento utilizando procedimientos, técnicas y herramientas definidos lógicamente.

- **Procedimiento**

Alvarado H. (2016) y Córdova y Elda (2011) definen procedimiento como el modo de ejecutar determinadas operaciones que suelen realizarse de la misma manera, por medio de un conjunto de normas aplicadas y una serie de pasos claramente definidos, que permiten trabajar correctamente disminuyendo la probabilidad de error, de omisión o de accidente en el desarrollo de una actividad específica.

- **Técnica**

Según Cheesman (2016) y Rojas e Ignacio (2011), se puede definir como un conjunto de procedimientos, recursos y medios, validados por la práctica, orientados generalmente a obtener y transformar información útil para la solución de problemas. En general, es una herramienta que permite resolver un problema para ejecutar alguna cosa o para conseguir algo.

- **Herramienta**

Pérez y Merino (2016) establecen que la palabra herramienta en los ámbitos económico, empresarial y financiero, se utiliza para nombrar cualquier procedimiento que mejora la capacidad de realizar ciertas tareas. Usualmente, este término se emplea con el propósito de

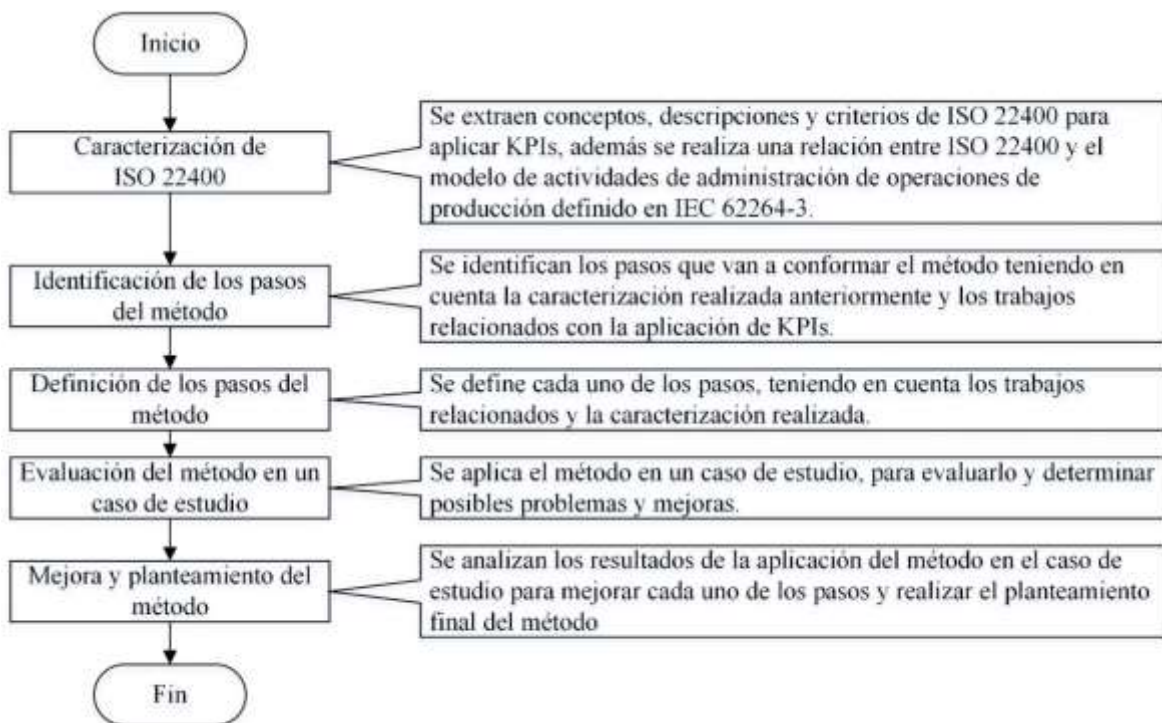
hacer mención a los instrumentos tangibles o intangibles, que se poseen para llevar a cabo un proyecto y conseguir unos resultados concretos.

Las definiciones nombradas permiten identificar qué tiene y qué requiere un método formal; por otro lado, se debe determinar una forma o guía para obtenerlo, mediante el establecimiento de un procedimiento, que permita llegar de forma ordenada y lógica a su planteamiento, por medio de actividades y sub actividades. El procedimiento a establecer, es una guía para la obtención del método formal, en el que se definen y detallan los pasos que lo componen (procedimientos, técnicas y herramientas), permitiendo lograr un grado de detalle alto en cada uno de estos, evitando el contenido empírico y logrando la formalidad deseada.

2.2. Procedimiento para el desarrollo y evaluación del método en un caso de estudio

Teniendo en cuenta que el objetivo del trabajo es proponer un método para la aplicación de KPIs de producción, basado en el estándar ISO 22400 y evaluarlo en un caso de estudio, se establece en la Figura 8 un procedimiento que permita su desarrollo de forma ordenada, por medio de 5 actividades a realizar.

Figura 8. Descripción del procedimiento para el desarrollo del método formal



Fuente: elaboración propia.

Cada una de las actividades mostradas y descritas en la Figura 8, tienen un objetivo, que requiere la definición y realización de una serie de sub actividades, las cuales se describen a continuación:

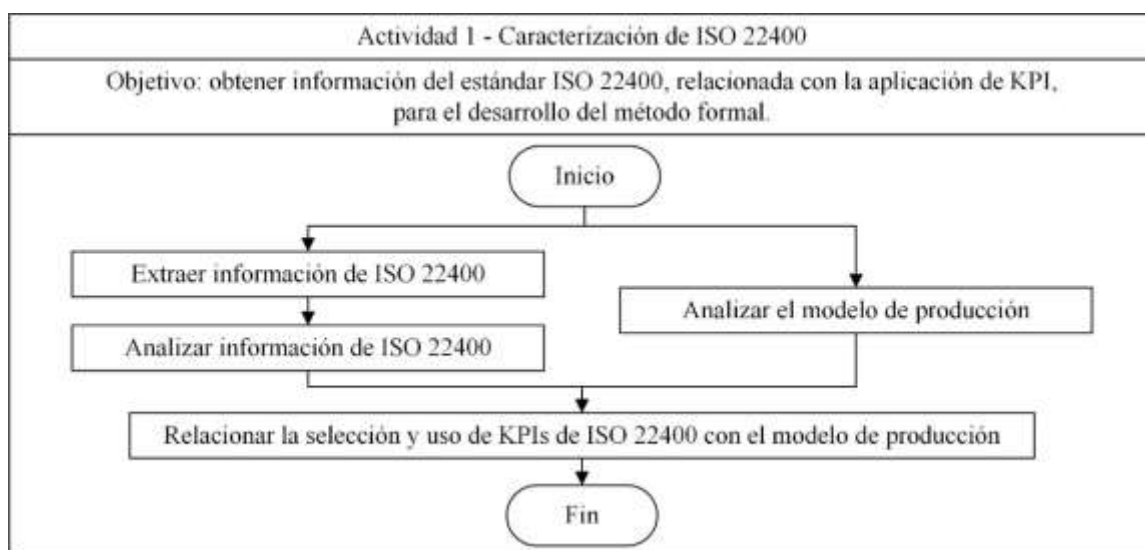
2.2.1. Actividad 1 - Caracterización de ISO 22400

Esta actividad pretende recolectar información relevante del estándar, con el fin de extraer y analizar los aportes que ayuden a la definición del método, además, busca analizar el modelo de administración de operaciones de producción, para así ilustrar la utilidad y el funcionamiento de los KPIs dentro de este, con base en la información del estándar ISO 22400. Lo antes mencionado, se realiza con las siguientes sub actividades:

- Analizar información del modelo de administración de operaciones de producción propuesto por IEC 62264-3.
- Extraer información del estándar ISO 22400 referente a conceptos, definiciones, descripciones, criterios, KPIs propuestos y terminología para la aplicación de KPIs de producción.
- Analizar información del estándar ISO 22400 referente a conceptos, definiciones, descripciones, criterios, KPIs propuestos y terminología para la aplicación de KPIs de producción.
- Relacionar la selección y el uso de KPIs de ISO 22400, con el modelo de administración de operaciones de producción definido por IEC 62264-3.

A continuación, en la Figura 9, se ilustra el orden de ejecución de las sub actividades.

Figura 9. Sub actividades de la caracterización de ISO 22400



Fuente: elaboración propia.

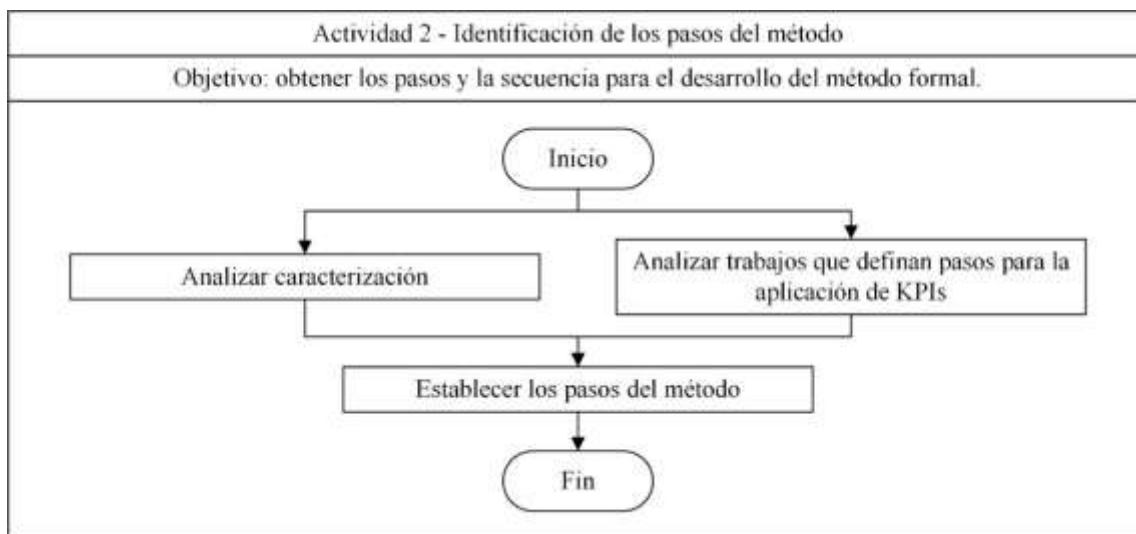
2.2.2. Actividad 2 - Identificación de los pasos del método

Esta actividad, analiza la secuencia y los pasos propuestos por el estándar ISO 22400 obtenidos en la actividad de caracterización y la información relacionada con la aplicación de KPIs en otros trabajos, incluyendo los presentados en el estado del arte; esto con el fin de establecer los pasos del método y la secuencia de ejecución. Para lo mencionado anteriormente, se determinan las siguientes sub actividades:

- Analizar la caracterización realizada en la actividad anterior.
- Analizar trabajos que definan pasos para la aplicación de KPIs en el ámbito de producción u otros.
- Establecer los pasos del método.

A continuación, en la Figura 10, se ilustra el orden de ejecución de las sub actividades.

Figura 10. Sub actividades de identificación de los pasos del método



Fuente: elaboración propia.

Actividad 3 - Definición de los pasos del método

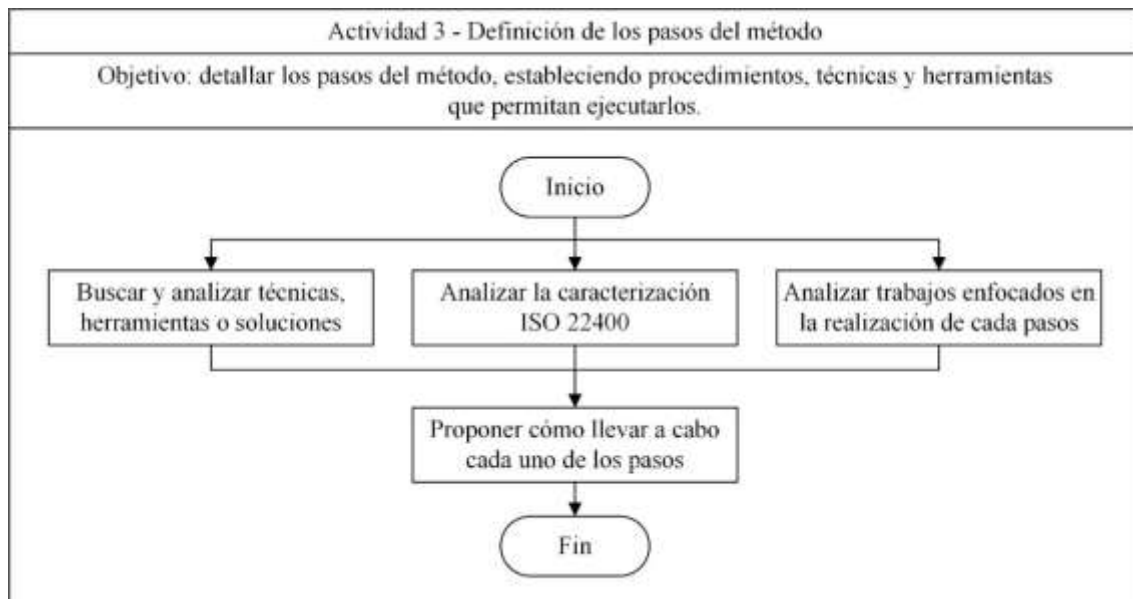
Debido al objetivo del trabajo y la necesidad de definir el método de forma detallada, en esta actividad se analiza y organiza la información suministrada por la caracterización y los trabajos relacionados, enfocada en cómo se debe realizar cada uno de los pasos. Adicional a esto, se buscan y analizan técnicas, herramientas o soluciones, que junto con la información obtenida, ayuden a determinar cómo llevar a cabo la ejecución del método de una forma ordenada y

entendible. Teniendo en cuenta lo anterior, se procede a proponer la forma de realización de cada uno de los pasos. Para esto se establecen las siguientes sub actividades:

- Analizar trabajos enfocados en la realización de cada paso.
- Buscar y analizar técnicas, herramientas o soluciones útiles para el desarrollo de los pasos.
- Analizar la caracterización para determinar los criterios que deben cumplir los pasos según ISO 22400.
- Proponer cómo llevar a cabo cada uno de los pasos teniendo en cuenta los trabajos encontrados y la caracterización realizada.

A continuación, en la Figura 11, se ilustra el orden de ejecución de las sub actividades.

Figura 11. Sub actividades de la definición de los pasos del método.



Fuente: elaboración propia.

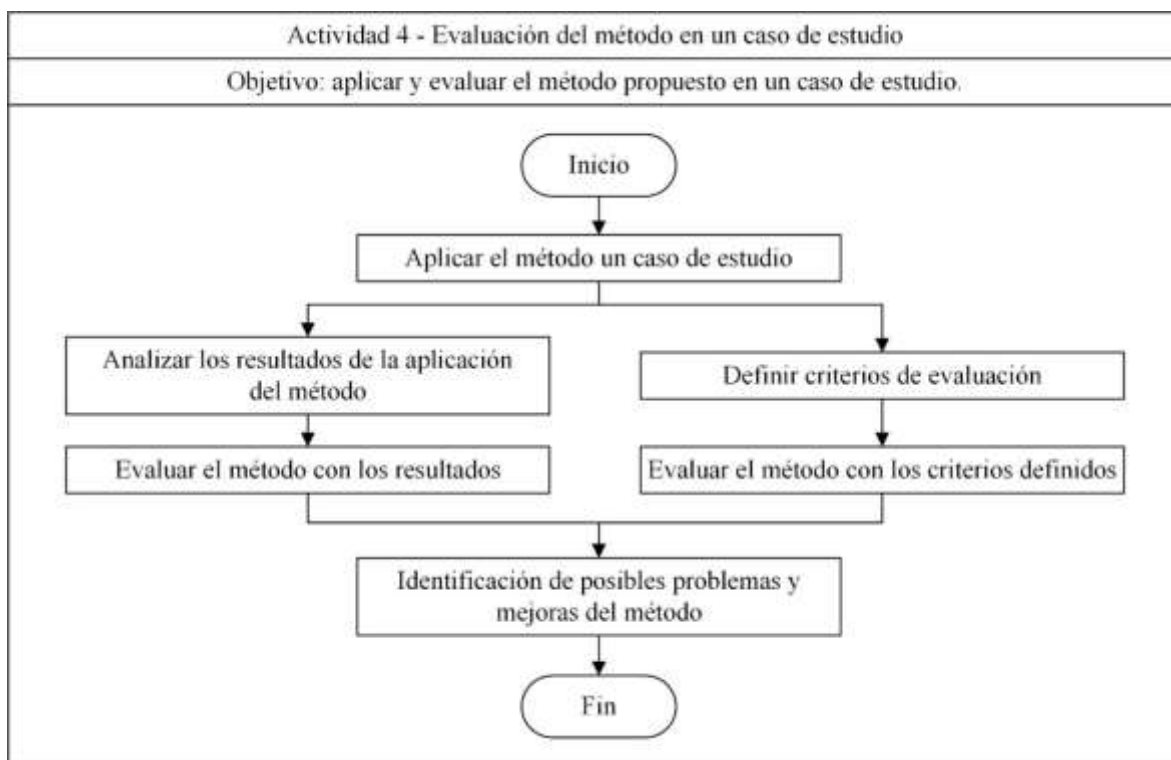
2.2.4. Actividad 4 - Evaluación del método en un caso de estudio

Una vez identificados y definidos los pasos del método, se realiza su aplicación en un caso de estudio, según el orden establecido y aplicando los procedimientos, técnicas y herramientas propuestas para cada uno. Posteriormente, se pretende evaluar el método con el fin de identificar posibles problemas y mejoras. Para esto se realizan dos tipos de evaluación: en la primera se analizan los resultados obtenidos con los KPIs y en la segunda se definen criterios de evaluación. Lo anterior se realiza con las siguientes sub actividades:

- Aplicar el método definido en un caso de estudio.
- Analizar los resultados de la aplicación del método en el caso de estudio.
- Definir criterios de evaluación enfocados en la aplicación del método en el caso de estudio.
- Evaluar el método con los resultados de la aplicación.
- Evaluar el método con los criterios definidos
- Identificar posibles problemas y mejoras del método.

A continuación, en la Figura 12, se ilustra el orden de ejecución de las sub actividades.

Figura 12. Sub actividades de la evaluación del método en un caso de estudio.



Fuente: elaboración propia.

2.2.5. Actividad 5 - Mejora y planteamiento del método

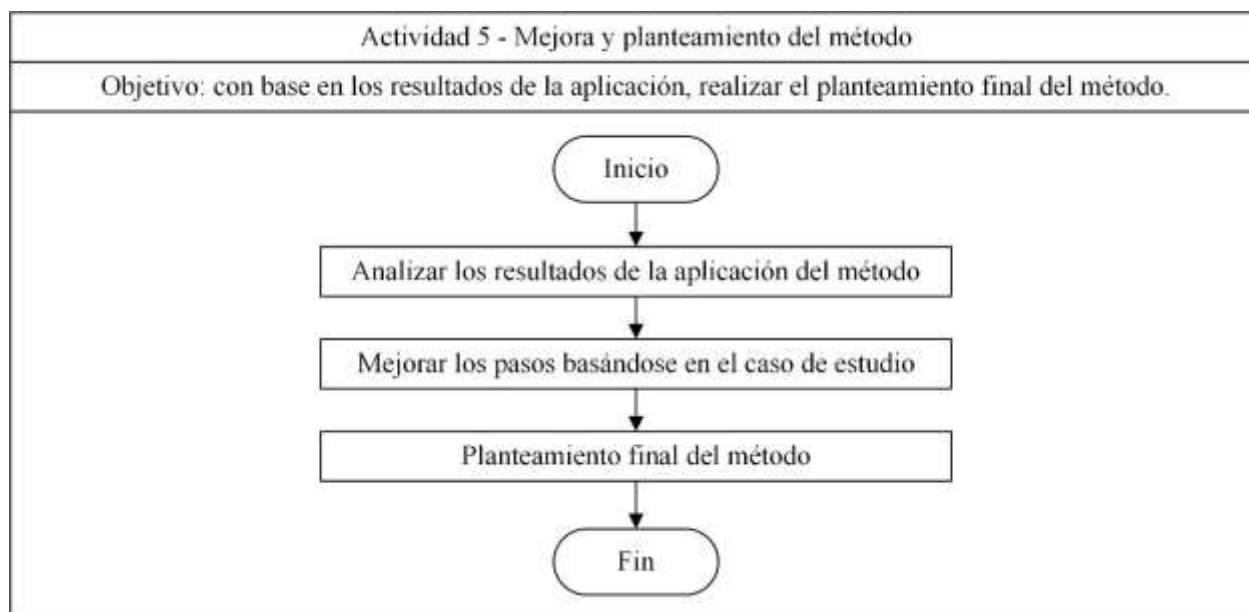
Una vez realizada la aplicación del método en el caso de estudio, se procede a analizar los resultados, con el fin de mejorar las posibles problemáticas o falencias que se presenten en este, con respecto a cada uno de los pasos y realizar el planteamiento final del método. Lo antes mencionado se realiza con las siguientes sub actividades:

- Analizar los resultados de la aplicación del método.

- Mejorar los pasos que presenten problemas o falencias teniendo en cuenta el caso de estudio.
- Planteamiento final del método.

A continuación, en la Figura 13, se ilustra el orden de ejecución de las sub actividades antes mencionadas.

Figura 13. Sub actividades de la mejora y planteamiento del método



Fuente: elaboración propia.

2.3. Conclusiones

- Por medio de la definición de términos, se logró determinar claramente qué es y qué se requiere para el desarrollo de un método formal.
- La definición del procedimiento con sus actividades y sub actividades, permitió obtener una guía para el desarrollo del método formal enfocado en la aplicación de KPIs de producción, que da como resultado el cumplimiento del objetivo general del trabajo a desarrollar.

2.4. Aporte

El aporte de este capítulo es el procedimiento propuesto, el cual define actividades y sub actividades enfocadas a dirigir, de manera lógica, la obtención de un método formal para aplicación de KPIs de producción basado en el estándar ISO 22400.

Capítulo 3

Desarrollo del método para aplicación de KPIs de producción, basado en el estándar ISO 22400, evaluado en un caso de estudio

Con el fin de seguir el procedimiento planteado, en este capítulo se pretende caracterizar el estándar ISO 22400, para obtener información relacionada con la aplicación de KPIs y contrastarla en el modelo de administración de operaciones de producción. Luego, se analiza esta información y otros aportes relacionados con el tema, para identificar los pasos y su secuencia de ejecución. Finalmente, se analiza la caracterización y otros trabajos relacionados con cada uno de los pasos, para definirlos de una manera formal y detallada con procedimientos, técnicas y herramientas.

3.1. Caracterización del estándar ISO 22400

Caracterizar requiere identificar y extraer las cualidades o los rasgos más importantes de una persona o cosa, con el fin de obtener información precisa de esta (García, Miranda, Ruby, & Hoyos, 2007). Teniendo en cuenta lo anterior y que el estándar ISO 22400 tiene como objetivo brindar directrices para la aplicación de KPIs, es de vital importancia para el desarrollo del método, realizar una caracterización de este, por medio de las sub actividades propuestas en la Figura 9 del procedimiento, las cuales plantean extraer y analizar información para el desarrollo del método.

Para extraer y analizar información del estándar ISO 22400, se realiza la caracterización según lo propuesto por García et al. (2007), quienes plantean la ejecución de una serie de actividades, de las cuales, se adoptan y desarrollan cuatro (Figura 14), con el fin de recolectar y clasificar la información, que finalmente se utiliza en el planteamiento del método para la aplicación de KPIs de producción.

Figura 14. Proceso de caracterización.



Fuente: elaboración propia.

- **Actividad 1: definición de los aspectos del estándar ISO 22400 que se quieren conocer**

Esta actividad debe dar respuesta a la pregunta “¿Qué es lo que se quiere conocer del estándar ISO 22400?”; Teniendo en cuenta el análisis comparativo y la Tabla 1 del estado del arte, se concluye que es necesario generar un método basado en el estándar ISO 22400, ya que este se centra en la aplicación y uso de KPIs en el nivel 3 (MOM); de igual forma, debido a que un método formal está compuesto por pasos, los cuales se deben describir detalladamente, es necesario conocer la información del estándar ISO 22400 relacionada con la aplicación de KPIs, que sirva para el desarrollo y planteamiento del método formal.

- **Actividad 2: selección y definición de variables**

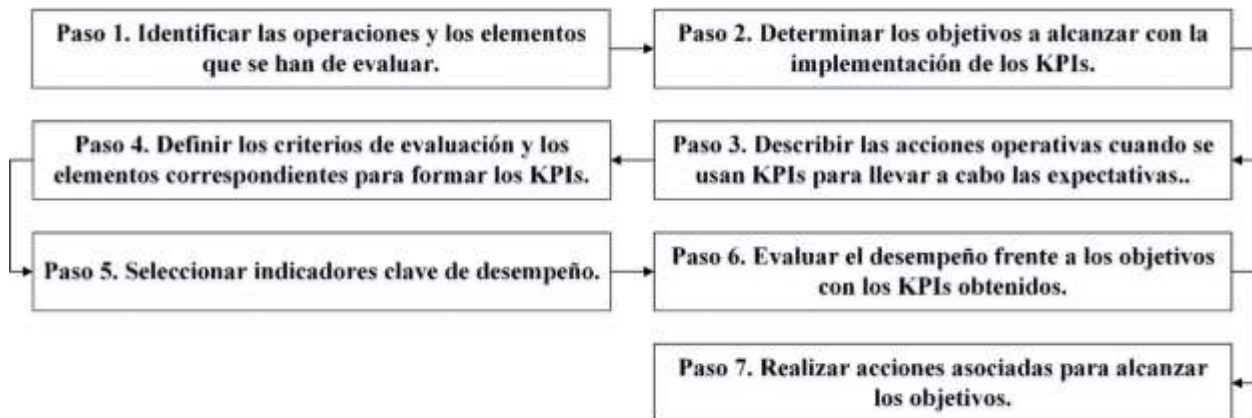
En esta actividad se realiza la selección y definición de las variables que se van a describir, para esto, es necesario conocer información del estándar ISO 22400, relacionada con producción y referente a: Pasos para aplicación de KPIs, Definiciones para aplicación de KPIs, Criterios para aplicación de KPIs, Características para aplicación de KPIs y KPIs. Adicionalmente, se busca cualquier información que se considere importante para el detalle o especificación de cada paso.

- **Actividad 3: recopilar la información correspondiente a las variables seleccionadas.**

Teniendo en cuenta las variables definidas, en esta actividad se recolecta y organiza información del estándar ISO 22400, relacionada con la aplicación de KPIs y enfocada al ámbito de producción.

Inicialmente, el estándar ISO 22400-1 (2014), establece una secuencia de pasos para la selección y uso de KPIs en empresas de manufactura, ilustrada en la Figura 15:

Figura 15. Pasos propuestos por ISO 22400 para la selección y uso de KPIs



Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la Tabla 5 se asignan definiciones, criterios, características, KPIs y otra información relevante para cada uno de los pasos.

Tabla 5. Asignación de información de ISO 22400 a sus pasos propuestos.

Paso	Información del estándar ISO 22400
Paso 1	<p>La operación o proceso a la que se desea aplicar KPIs debe cumplir los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Debe tener definidos los sub procesos que lo componen e identificar las condiciones que estos requieren para su ejecución. • Debe tener medidas cuantitativas y cualitativas de los resultados y de los objetivos de la operación. • Debe disponer de cursos de acción, que permitan ajustar los procesos y los recursos para lograr los objetivos de la operación.
Paso 2	<p>Los objetivos deben ser medibles, es decir, constar de un valor objetivo deseado, un valor de referencia del KPI, una tendencia deseada y un tiempo para alcanzar el valor objetivo deseado.</p>
Paso 3	<p>Para cumplir con los objetivos, el dueño, la persona o el equipo responsable del KPI, debe tomar acciones operativas como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisar procedimientos y programas. • Mejorar, calibrar o reemplazar los recursos de fabricación. • Modificar la configuración del funcionamiento de los sistemas y aplicaciones. • Rediseñar sistemas y aplicar arquitecturas. • Controlar los indicadores clave de desempeño.
Paso 4	<p>Los KPIs deben estar formados por elementos que cumplan con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuantitativos: debe ser un procedimiento repetible para estimar la medición formalmente. • Relevantes: debe proporcionar una narrativa que aporte en el propósito y los efectos sobre el objetivo, consistente con los hechos cuantitativos. • De Comparabilidad: debe existir un medio de comparación para estimar las mediciones con respecto al objetivo, y un factor de normalización, para expresar el indicador en términos absolutos, con unidades de medida apropiadas.
Paso 5	<ul style="list-style-type: none"> • Un KPI debe estar vinculado directamente a un objetivo medible de una operación y a unos elementos, que permitan realizar la evaluación con el fin de medir el desempeño. • Define una estructura para registro de KPIs (Tabla 2), con definiciones para cada uno de los atributos que la componen. • Define KPIs para las 4 categorías de MOM (Producción, inventario, calidad y mantenimiento); debido a que el enfoque del trabajo está centrado en producción, se analizan solamente los KPIs relacionados con este ámbito, disponibles en el estándar ISO 22400-2 (2014).

Continuación Tabla 5

Paso 6	Los KPIs están destinados a ser calculados utilizando datos del dominio de control para proporcionar al dominio de empresa (nivel 4) y de MOM (nivel 3), información de ayuda para la toma de decisiones en la gestión de la empresa.
Paso 7	<ul style="list-style-type: none"> • Las acciones asociadas deben describir las actividades que conducen a la consecución del objetivo de la operación, por medio de los recursos y los actores necesarios para la realización de las operaciones. • Los elementos que forman el KPI, se utilizan para identificar las acciones que se deben realizar en el dominio de las operaciones de fabricación, para cumplir con los objetivos.

Fuente: elaboración propia.

• **Actividad 4: Análisis de la información recopilada y conclusiones.**

Para el paso 1, el estándar establece que se deben identificar los procesos u operaciones a evaluar con las condiciones que estos requieren para su ejecución, lo que implica subprocesos, recetas de producción, personal involucrado, equipos, materiales, documentos, dinámica del proceso, entre otros. Además, el proceso debe ser modificable, con el fin de realizar ajustes y cumplir con los objetivos de la operación.

Así mismo, para el paso 2 afirma que los objetivos deben estar formados por componentes específicos, pero no define cómo fijarlos u obtenerlos.

Como aporte al paso 3, lista acciones estratégicas que permiten dar solución a los problemas y, por ende, dar cumplimiento a los objetivos, sin definir quién debe determinarlas.

También para el paso 4, establece características que deben cumplir los elementos, pero no específica de donde surgen, dejando un vacío en la forma de obtenerlos.

Al igual que en los pasos anteriores, para el paso 5 define que un KPI debe estar vinculado directamente a un objetivo medible y propone una estructura de registro para KPIs con los atributos que los conforman. Adicional a esto, establece 21 KPIs utilizados usualmente en el área de producción, dejando claro que existen otros KPIs aplicables a procesos de manufactura. Sin embargo, no especifica un procedimiento para su selección.

Con respecto al paso 6, el estándar deja claro que se deben recolectar los datos del dominio de control para realizar el cálculo del KPI, pero no especifica cómo. Así mismo, para el paso 7 establece que las acciones se deben ejecutar en el dominio de MOM y se determinan a partir de los elementos, sin definir una forma clara para obtenerlas.

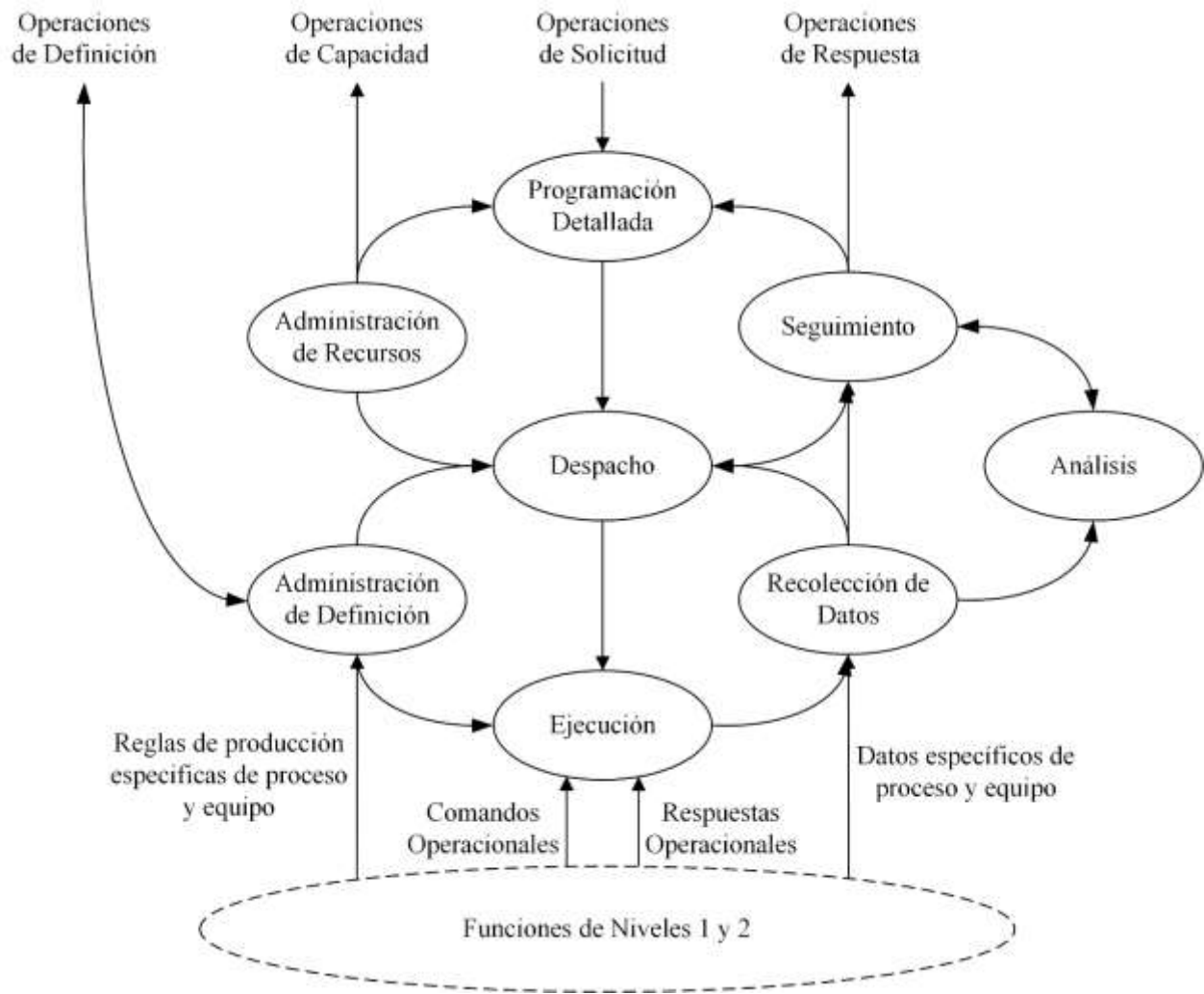
En conclusión, la información recopilada anteriormente evidencia que, si bien el estándar ISO 22400 propone pasos para la selección y uso de KPIs y brinda información como definiciones, criterios y características, este no especifica claramente cómo aplicar KPIs en procesos de manufactura, lo cual refleja la necesidad de generar un método detallado con

procedimientos, técnicas y herramientas, que permitan realizar cada paso de una manera sencilla y eficaz.

Una vez terminado el proceso de caracterización, se realiza una relación entre los pasos para la selección y uso de KPIs propuestos por el estándar ISO 22400-1 (2014) y el modelo de administración de operaciones de producción definido en IEC 62264-3 (2007), con el fin de resaltar el impacto de la aplicación de KPIs en las operaciones.

Para esto, es necesario conocer el modelo de administración de operaciones de producción ilustrado en la Figura 16, definido por IEC 62264-3 (2007), como un conjunto de actividades encargadas de coordinar, dirigir, gestionar y realizar un seguimiento de las operaciones que utilizan materias primas, energía, equipos, personal e información para producir productos con costos, calidad, cantidad y seguridad necesaria.

Figura 16. Modelo de administración de operaciones de producción.



Fuente: tomada y modificada de IEC 62264-3 (2007).

El modelo de administración de operaciones de producción ilustrado por el área sombreada de la Figura 4, mostrada anteriormente, se expande a un modelo de actividades más detallado de las operaciones de producción, como se muestra en la Figura 16. Este presenta cuatro elementos (definición del producto, capacidad de producción, programa de producción y desempeño de producción) correspondientes a la información intercambiada entre los niveles 3 y 4. El óvalo marcado “Funciones de niveles 1 y 2” representa las funciones de control y detección de los niveles 1 y 2. Finalmente, los otros óvalos, representan las actividades que permiten la ejecución de las operaciones de producción.

Cabe resaltar que, en el modelo de administración de operaciones de producción, no toda la información fluye como se muestra la Figura 16, ya que en cualquier implementación específica, la información de una actividad puede ser requerida por otra actividad y otras categorías como inventario, calidad y mantenimiento (IEC 62264-3, 2007).

4. Selección y uso de KPIs en el Modelo de Administración de Operaciones de Producción

Según el modelo, sus actividades, sus tareas y la información suministrada por el estándar ISO 22400, se plantea la siguiente relación:

Inicialmente, se deben realizar los pasos 1 y 2 propuestos por el estándar ISO 22400, destinados a identificar el proceso y fijar los objetivos a alcanzar. Con base en lo anterior, el modelo de administración de operaciones de producción, ejecuta los demás pasos para la selección y uso de KPIs de la siguiente manera:

Teniendo en cuenta que un KPI debe tener cursos de acción disponibles para lograr el objetivo, la actividad de análisis debe determinar acciones operativas aplicables al proceso, que permitan dar cumplimiento a los objetivos por medio del paso 3. Así mismo, la actividad de análisis debe determinar elementos y seleccionar KPIs, que permitan evaluar el desempeño de las actividades frente a los objetivos, aplicando los pasos 4 y 5 de ISO 22400.

Una vez seleccionados los KPIs, la actividad de análisis realiza su cálculo para determinar el desempeño mediante el paso 6 propuesto por ISO 22400. Este cálculo requiere información de los elementos que forman el KPI, la cual es suministrada por la actividad de recolección, que a su vez, recibe informes de ejecución y datos de producción, por medio de la actividad de administración de ejecución y las funciones de los niveles 1 y 2.

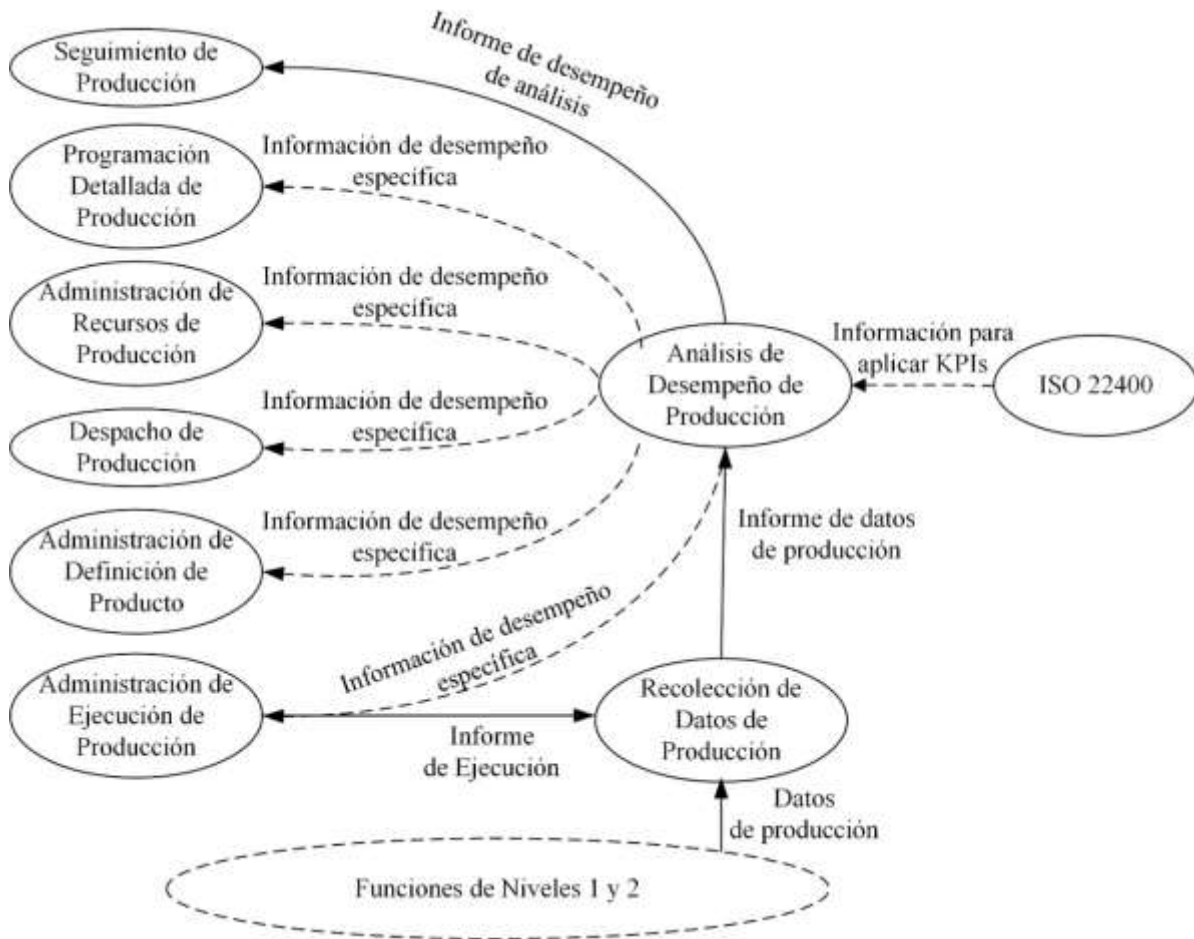
Después de obtener el valor del KPI a través su cálculo, la actividad de análisis debe generar, analizar y presentar un informe de desempeño a la actividad de seguimiento, el cual incluya información de la unidad de producción como tiempos, utilización de recursos, utilización y rendimiento de equipos, eficiencia del procedimiento y variabilidad de la producción, como lo define IEC 62264-3 (2007).

De igual forma, la actividad de análisis, también puede enviar información de desempeño específica, basada en los resultados de los KPIs, a las actividades de programación detallada, administración de definición de producto, administración de recursos, despacho y

administración de ejecución, según lo requieran, con el fin de realizar acciones asociadas para dar cumplimiento a los objetivos. Esto se puede observar en la Figura 17, por medio de los flujos de información representados con línea punteada.

En la Figura 17, se puede apreciar la interacción de la actividad de análisis con otras actividades y la información del estándar ISO 22400 mencionada anteriormente.

Figura 17. Relación entre la actividad de análisis y la selección y uso de KPIs.



Fuente: tomada y modificada de IEC 62264-3 (2007).

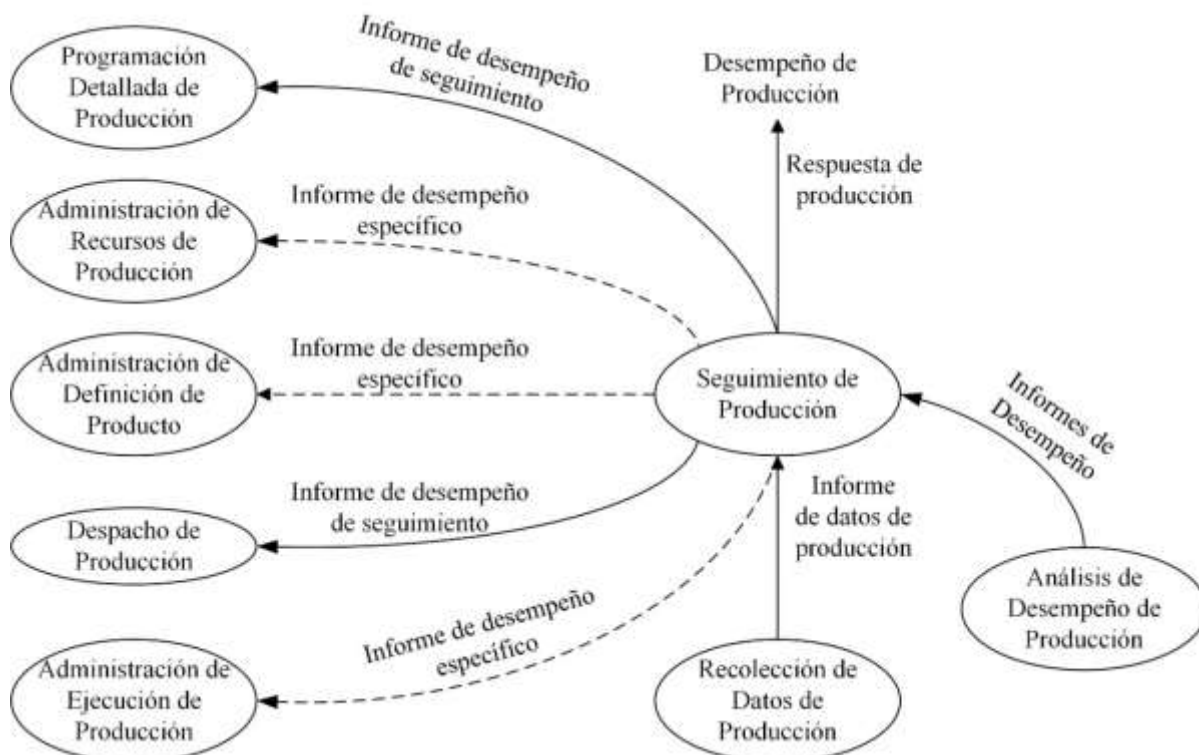
Como aporte importante, los KPIs permiten a la actividad de análisis dar cumplimiento a algunas de sus tareas descritas en IEC 62264-3 (2007) y mencionadas a continuación:

- Realizar pruebas de desempeño para determinar la capacidad del proceso.
- Comparar diferentes líneas de producción y crear promedios de ejecución.
- Comparar y contrastar una ejecución contra otra.
- Identificar ejecuciones con mayor rendimiento.

- Determinar porque las ejecuciones con mayor rendimiento son excepcionales.
- Comparar ejecuciones contra ejecuciones de mayor rendimiento definidas.
- Ofrecer condiciones para mejorar procesos y procedimientos, basadas en los resultados de análisis.
- Predecir los resultados de una ejecución de producción con base en el rendimiento actual y pasado.

Por otro lado, la actividad de seguimiento combina los informes recibidos de la actividad de análisis de desempeño y de la actividad de recolección, para generar la respuesta de producción a nivel 4 y nuevos informes que son enviados a las actividades de programación detallada y despacho, como se observa en la Figura 18. Estos informes resumen y reportan información sobre el personal y el equipo realmente utilizado para la elaboración del producto, el material consumido, el material producido, el inicio y el final de los movimientos, y los resultados del análisis de los informes de desempeño. Adicionalmente, también envía informes de desempeño específicos, basados en el análisis de los resultados de los KPIs, a las actividades de administración de definición de producto, administración de recursos y administración de ejecución, según lo requieran, con el fin de ayudar en la determinación de acciones asociadas para el cumplimiento de los objetivos. Estos informes de desempeño específicos se ilustran en la Figura 18, por medio de líneas punteadas.

Figura 18. Información suministrada por la actividad de seguimiento de producción



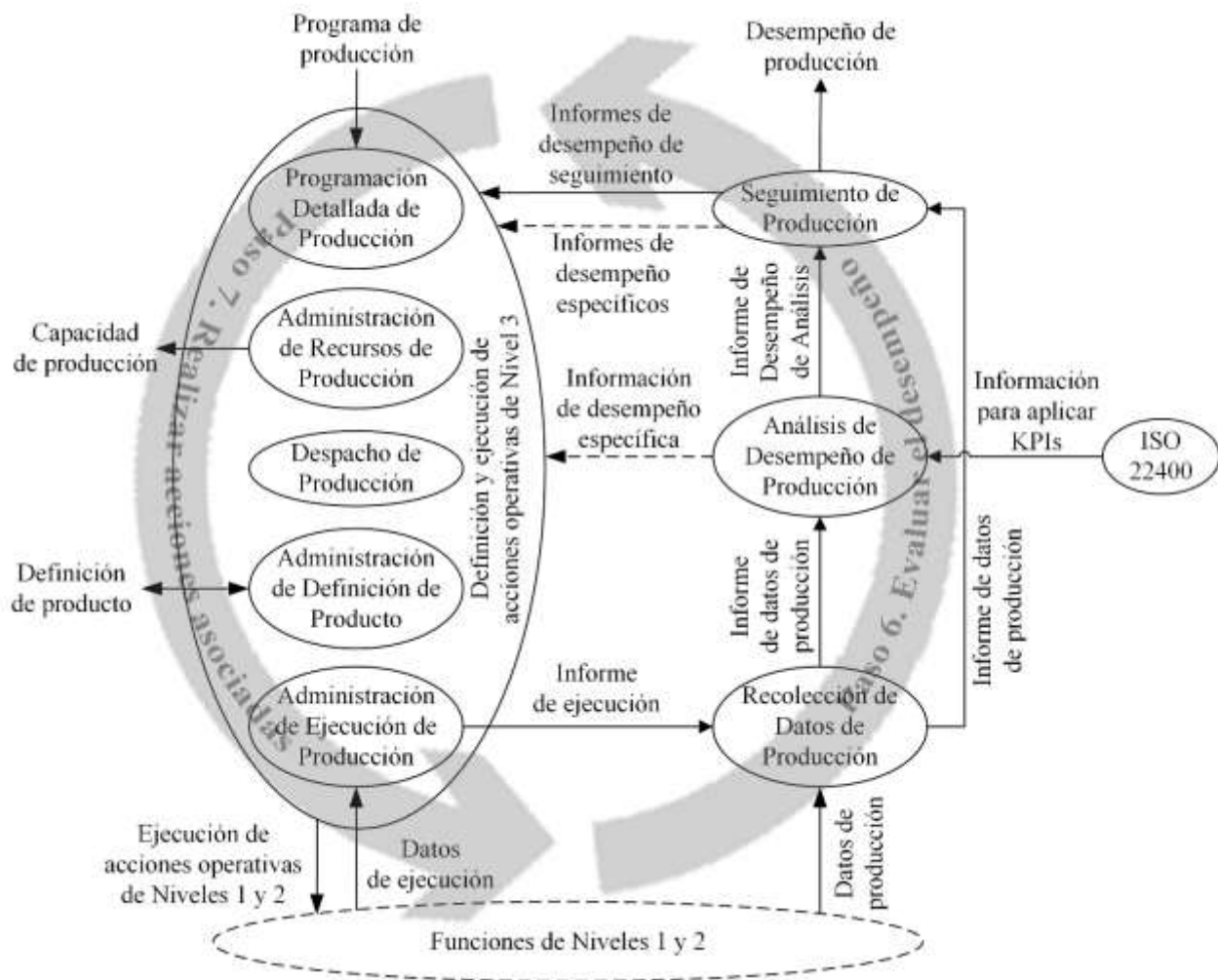
Fuente: tomada y modificada de IEC 62264-3 (2007).

Las actividades de programación detallada, administración de definición, administración de recursos, despacho y administración de ejecución, reciben informes de desempeño de las actividades de análisis y seguimiento, para determinar acciones asociadas encaminadas a ejecutar sus tareas (descritas en IEC 62264-3 (2007)) de forma correcta, con el fin de mejorar el proceso y dar cumplimiento a los objetivos planteados, por medio del paso 7.

Las acciones asociadas se determinan en el nivel 3 y deben estar basadas en las acciones operativas definidas en el paso 3 por la actividad de análisis, buscando siempre el cumplimiento de los objetivos. Además, estas pueden ser ejecutadas tanto en el nivel 3 como en los niveles 1 y 2.

Todo lo mencionado anteriormente, relacionado con la selección y uso de KPIs en el modelo de administración de operaciones de producción, se resume en la Figura 19.

Figura 19. Uso de KPIs en el modelo de administración de operaciones de producción.



Fuente: tomada y modificada de IEC 62264-3 (2007).

En la Figura 19, se plantea un comportamiento cíclico entre los pasos 6 y 7 de la selección y uso de KPIs en el modelo de administración de operaciones de producción, que busca continuamente el cumplimiento de los objetivos planteados en el paso 2, permitiendo la mejora de los procesos de manufactura. En primera instancia, se identifica el proceso y las partes interesadas fijan objetivos a alcanzar con el uso de KPIs, posteriormente, la actividad de análisis realiza la selección de KPIs con base en el estándar ISO 22400. Una vez definidos los objetivos y seleccionados los KPIs, inicia el ciclo mencionado anteriormente, es decir, se evalúa el desempeño frente a los objetivos con KPIs (paso 6) y se determinan y ejecutan acciones asociadas (paso 7); si al evaluar nuevamente el desempeño no se alcanzan los objetivos, se determinan y ejecutan nuevas acciones asociadas, hasta lograr el objetivo planteado.

En conclusión, los pasos para la selección y uso de KPIs en el modelo de administración de operaciones de producción, influyen en la toma de decisiones y la realización de las tareas que ejecuta cada una de las actividades del modelo, permitiendo mejorar el desempeño del proceso, a través de los objetivos planteados, el valor del KPI y las acciones asociadas. Es por esto, que el estándar ISO 22400 se considera una herramienta importante para las empresas de manufactura.

3.2. Diseño del método formal y detallado

Para desarrollar, la propuesta del método formal (Ver Figura 10), se analizan los pasos propuestos por el estándar ISO 22400-1 (2014) y la información para la aplicación de KPIs obtenida de varios trabajos relacionados con el tema, incluyendo los presentados en el estado del arte. Lo anterior permite identificar y comparar, los pasos y la secuencia usada para la aplicación de KPIs en cada trabajo, con el fin de establecer los pasos del método a desarrollar.

Analizando los diferentes trabajos, se puede observar que varios coinciden en la forma de aplicar KPIs en aspectos como la identificación de objetivos, la recolección de información, la selección y medición de KPIs, las acciones correctivas, entre otros. Por lo anterior, se realiza una tabla comparativa, con el fin de obtener la secuencia más recomendable para el desarrollo del método formal. En la Tabla 6, se toman como referencia los pasos propuestos por el estándar ISO 22400-1 (2014), se muestra la secuencia de ejecución por medio de números y se marca con “X” los pasos que no se realizan.

Tabla 6. Comparación de pasos de ISO22400 y otros trabajos.

Trabajos	Identificar las operaciones y los elementos que se han de evaluar.	Determinar los objetivos a alcanzar con la implementación de los KPIs.	Describir las acciones operativas cuando se usan KPIs para llevar a cabo las expectativas.	Definir los criterios de evaluación y los elementos correspondientes para formar los KPIs.	Seleccionar KPIs.	Evaluar el desempeño frente a los objetivos con los KPIs obtenidos.	Realizar acciones asociadas para alcanzar los objetivos.
ISO 22400-1 (2014)	1	2	3	4	5	6	7
Tamayo & García (2009)	1	2	6	4	3	5	7
Coates et al. (2010)	1	X	X	3	2	4	X
Behzadirad y Stenfors (2015)	1	X	X	3	2	4	5
Ríos (2012)	1	2	6	3	4	5	7
Kermorgant y Manninen (2015)	X	1	2	3	4	5	6
Endrass (2013)	1	3	2	5	4	6	7
Mora R. (2011)	1	2	3	5	4	6	7
AENOR UNE-EN 15341 (2008)	X	1	X	2	3	4	X
AENOR UNE 66175 (2003)	X	1	5	3	2	4	6
Barletta (2012)	X	1	5	3	2	4	6
Crúz et al. (2008)	1	2	6	3	4	5	7
Weiss et al. (2013)	1	X	X	2	3	4	X

Fuente: elaboración propia.

Con base en la tabla anterior, se procede a determinar y nombrar los pasos que componen el método formal:

La mayoría de los trabajos nombrados en la Tabla 6, determinan actividades críticas y realizan un reconocimiento de estas con el fin de entender su funcionamiento y poder encaminar y aplicar los KPIs, esto va acorde con lo propuesto por el estándar para el paso de “Identificar las operaciones y los elementos que se han de evaluar”, en el cual se debe determinar y detallar actividades críticas que requieran y permitan control y medición, a fin de generar una mejora dentro del proceso. Por lo tanto, lo antes mencionado se establece como el paso 1 del método y se denomina “Identificación del proceso a evaluar”.

Posterior a la identificación del proceso a evaluar, en los trabajos de la Tabla 6, se establecen las metas a alcanzar que permitirán evaluar el desempeño de los procesos o actividades, esto se relaciona con lo propuesto por el estándar para el paso de “Determinar los objetivos a alcanzar con la implementación de los KPIs”, en el cual se deben definir objetivos medibles con un tiempo

para alcanzar el valor deseado. En la mayoría de los documentos, lo anterior se considera como el paso 2 ya que debe basarse en la identificación del proceso, la cual ayuda a determinar hacia donde deben estar encaminados los objetivos. A pesar de esto, varios trabajos lo proponen como el paso 1, principalmente porque no se realiza la identificación del proceso, lo que puede generar un mal planteamiento de objetivos; por lo anterior, lo descrito se establece como el paso 2 del método y se denomina “Determinar los objetivos a alcanzar con la implementación de KPIs”.

Posteriormente, el estándar propone “Describir las acciones operativas cuando se usan KPIs para llevar a cabo las expectativas”, planteando que para el cumplimiento del objetivo, la actividad crítica a la cual está ligado, debe disponer de acciones operativas que permitan llegar a la meta fijada; si no es posible determinar las acciones operativas, el KPI que surge del objetivo no será aplicable. En los trabajos de la Tabla 6, se evidencia que este paso se puede realizar después del planteamiento de objetivos o de la evaluación, en este trabajo se establece de la primera forma, ya que permite identificar si el objetivo podrá ser alcanzado, además de determinar de manera anticipada y general horizontes a los cuales deben estar encaminadas las acciones asociadas, que permitan llevar el KPI al valor objetivo. Es por esto, que lo antes mencionado se propone como el paso 3 del método y se denomina “Describir las acciones operativas para llevar a cabo las expectativas”.

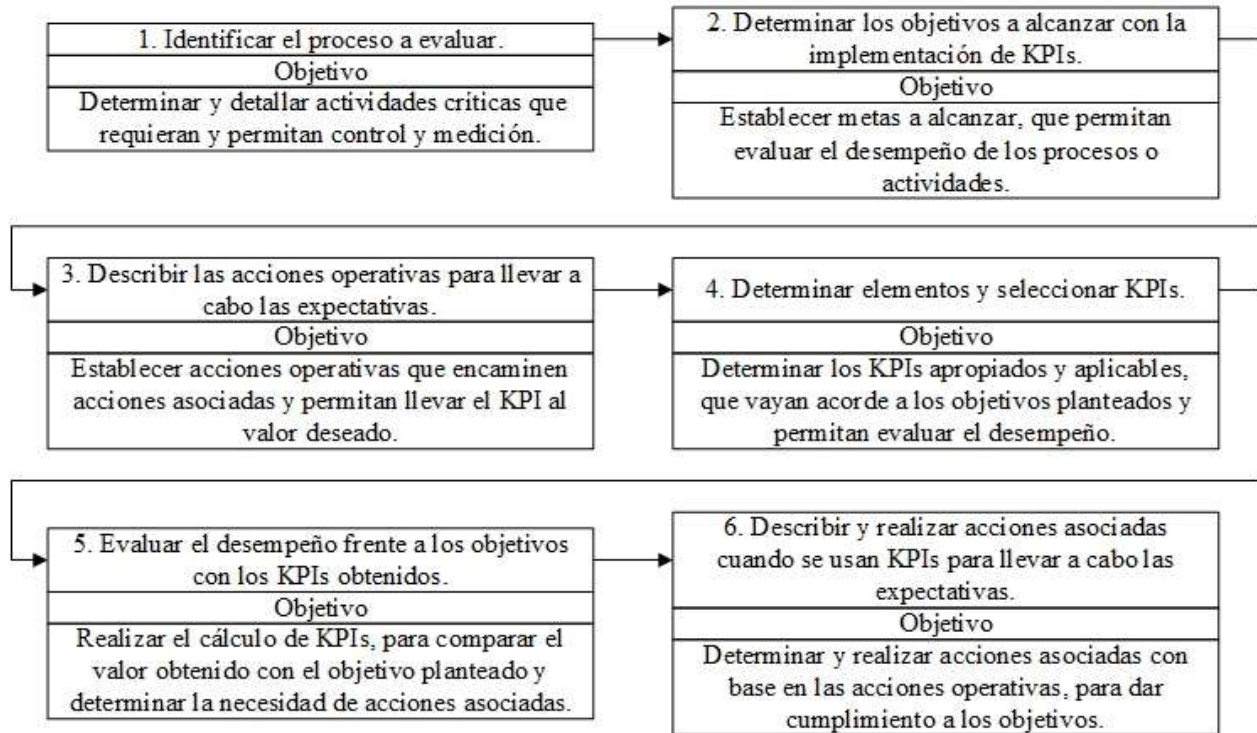
Como se puede observar en distintos aportes de la Tabla 6, los pasos “Definir los criterios de evaluación y los elementos correspondientes para formar los KPIs” y “Seleccionar KPIs”, se pueden realizar en el orden mencionado o viceversa. Según esto, se puede afirmar que existen dos formas para la determinación de KPIs: en la primera se establecen los elementos y según estos se busca o se crea el KPI; en la segunda se eligen KPIs ya existentes, se determina cuales se acoplan al objetivo planteado y finalmente se identifican los elementos dentro del proceso. Debido a la necesidad del paso de determinar los KPIs apropiados y aplicables al proceso de la mejor manera posible, se adoptan las dos formas mencionadas. Por lo anterior, lo mencionado se establece como el paso 4 del método y se denomina “Determinación de elementos y selección de KPIs”.

Seguido a la determinación y selección de KPIs, la mayoría de trabajos de la Tabla 6, realizan el cálculo de KPIs por medio de información y datos recolectados del dominio de control, luego el valor obtenido se compara con el objetivo planteado para determinar la necesidad de acciones asociadas que permitan alcanzar las metas planteadas. Considerando lo anterior, el paso de “Evaluar el desempeño frente a los objetivos con los KPIs obtenidos”, se establece como el paso 5 del método y se denomina de igual manera.

Como último paso, se evidencia en los trabajos de la Tabla 6, que es necesario determinar acciones asociadas para dar cumplimiento a los objetivos, estas se deben obtener, según el estándar ISO 22400, con base en los elementos que forman el KPI y las acciones operativas mencionadas en el paso 3. Esto coincide con el paso “Realizar acciones asociadas para alcanzar los objetivos”, por lo cual, se establece como paso 6 del método y se denomina “Describir y realizar acciones asociadas cuando se usan KPIs para llevar a cabo las expectativas”.

Según lo anterior, se definen los objetivos de los seis pasos que componen el método formal y permiten la aplicación de KPIs en procesos de producción, como se muestra en la Figura 20.

Figura 20. Pasos del método para aplicación de KPIs



Fuente: elaboración propia.

Una vez establecidos los pasos del método, se procede a detallarlos, tomando como referencia lo planteado en la Figura 11 del procedimiento. Se analiza la información de la caracterización de ISO 22400 y de los trabajos mencionados en la Tabla 6; adicionalmente, se buscan y analizan técnicas, herramientas o soluciones, con el fin de determinar cómo llevar a cabo cada paso y faciliten su ejecución. A continuación, se realiza la definición de cada uno de ellos.

3.2.1. Paso 1: identificar del proceso a evaluar

Se requiere definir los factores y actividades críticas que permitan conocer la situación actual, es decir, saber qué se tiene, qué se hace y cómo se hace. El estándar ISO 22400-1 (2014), propone identificar procesos y sub procesos junto con las condiciones que estos requieren para su ejecución, a fin de establecer medidas y acciones operativas que permitan ajustarlos y alcanzar las metas planteadas.

Lo anterior se puede evidenciar en algunos trabajos expuestos en la Tabla 6, los cuales identifican actividades críticas (actividades que impactan los objetivos estratégicos de la empresa) a medir y controlar, con base en las problemáticas existentes y las necesidades del proceso. Estas actividades se deben describir, detallar y analizar para dar una visión general del sistema y

determinar cómo sus componentes físicos y funcionales están estructurados y relacionados, con el fin de plantear estrategias y obtener ganancias en la eficiencia.

Los trabajos de Cruz et al. (2008) y Behzadirad y Stenfors (2015), describen las actividades críticas, usando técnicas de recolección de información, que permiten obtener datos del proceso: históricos, personal y recursos usados, gráficos de tendencias, entre otros. Una vez realizado esto, en los trabajos anteriores, al igual que en los de Coates et al. (2010), Ríos (2012) y Tamayo y García (2009), se organiza gráficamente la información usando la técnica de modelado de diagrama de flujo. Sin embargo, ésta, como lo afirma Ramonet (2016), presenta limitaciones y no es adecuada para representar procesos de alto nivel, ya que no permite modelar actividades en paralelo, con ciclos, entre otras.

Consecuentemente, se propone seleccionar técnicas de modelado, que permitan realizar una representación real del proceso con sus actividades, ayudando a identificar posibles problemas que puedan alejarlo de las metas establecidas (Tamayo & García, 2009). Además, construir modelos implica recolectar información de las actividades del proceso y sus elementos (Behzadirad & Stenfors, 2015), por lo cual, en este paso, también se propone utilizar técnicas de recolección de información.

- **Modelado Empresarial**

El modelado empresarial tiene como objetivo mostrar cómo está dispuesta la organización y conseguir esquemas que permitan visualizarla, asegurando que los procesos implementados se realizan de manera adecuada y permitan tener bases sólidas de información para la toma de decisiones (Díaz, Rivera, Escobar, & Rojas, 2014). Además, permite apreciar fácilmente las interrelaciones existentes entre las actividades, analizar cada actividad e identificar subprocesos, lo que ayuda en la detección de problemas y planteamiento de acciones de mejora (Brunnello & Rocha, 2016).

En cuanto al modelado, Sanchis et al. (2009) afirman que existen cuatro puntos de vista: vista funcional (qué), define la funcionalidad y el comportamiento de la empresa, es decir lo que se tiene que hacer; vista dinámica (cuándo, cómo), representa el cuándo y el cómo se hace; vista informacional, incluye la descripción y relación entre las entidades que son producidas, consumidas o incluso manipuladas por los procesos y la vista organizacional (quién, dónde), describe quién desarrolla cada tarea o función y dónde se ejecuta dentro de la organización.

Teniendo en cuenta que el modelado empresarial propuesto tiene como objetivo identificar las operaciones, es decir, qué, cómo y cuándo se hace, se pretende seleccionar técnicas de modelado que abarquen la vista funcional y dinámica.

- Los modelos estructurales proporcionan una representación estática de los sistemas dinámicos, generalmente muestran las interacciones y posibles trayectorias de los flujos de información, para así determinar qué elementos participan en el proceso y las

funciones realizadas por el sistema. Aunque los modelos estructurales pueden indicar los comportamientos del sistema, no representan los comportamientos variantes en el tiempo (Whitman, Huff, & Presley, 1997). Entre las herramientas de modelado estructural se encuentran los modelos de clases, que son vistas de UML y los modelos IDEF0.

Partiendo de las necesidades de identificar los procesos y subprocessos, junto con los recursos que estos requieren para su ejecución con un grado de detalle alto, se propone utilizar la herramienta de modelado IDEF0. Esta se encuentra destinada a la identificación de actividades, información y recursos de los procesos dentro de una empresa, pudiendo ser aplicada en diferentes escenarios, tal como se observa en Bertin (2012), Blanch (2011) y Estrada et al. (2007).

Los trabajos de Viñas (2015), National Institute of Standards and Technology (1993), y Díaz et al. (2014), seleccionaron IDEF0 para realizar modelado estructural, ya que cumple con los siguientes criterios enfocados en requerimientos de las técnicas de modelado y requerimientos futuros para el sector industrial: capacidad de integración, explicitación de los recursos, expresividad, usabilidad de la herramienta, comprensibilidad y comunicatividad del modelo y aporte en la automatización de procesos.

- Los modelos dinámicos representan y describen el comportamiento de un sistema en el tiempo bajo diferentes condiciones de operación (Díaz, Rivera, Escobar, & Rojas, 2014). De esta manera, un modelo dinámico puede proporcionar información sobre el estado del sistema en el tiempo o puede generar medidas de rendimiento durante un determinado periodo de tiempo. Los modelos dinámicos se pueden utilizar de forma iterativa para estudiar el comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones de operación, lo cual es muy difícil de representar con un modelo estático (Whitman, Huff, & Presley, 1997). Entre las herramientas de modelado dinámico más populares se encuentran las Redes de Petri, WF-Nets, IDEF3, diagramas de flujo, GRAFCET y BPMN.

Partiendo de las necesidades del paso en mención, enfocadas a identificar las actividades, su dinámica y el comportamiento entre ellas con un grado de detalle alto, se opta por elegir la técnica de modelado dinámico WF-Nets, puesto que se presenta como un método formal de especificación de procesos, destacándose de otros métodos debido a su semántica, su modo natural de representación gráfica, su expresividad, su fundamento matemático y las técnicas de análisis que ofrece (Rojas, Gómez, Tumbajoy, & Velasco, 2012), (Solana, Alonso, & Pérez, 2007). Además, WF-Nets es una herramienta muy útil en el modelado de procesos, ya que se centra en aspectos operacionales de las actividades, es decir, ilustra cómo se estructuran las tareas, cómo se realizan, cuál es su orden, cómo se sincronizan, cómo fluye la información que soportan y cómo se hace seguimiento a su cumplimiento (Rojas, Gómez, Tumbajoy, & Velasco, 2012).

Teniendo en cuenta las características de WF-Nets descritas por van der Aalst W. (1998) y que esta técnica cumple con los siguientes criterios (Díaz, Rivera, Escobar,

& Rojas, 2014): capacidad de integración, explicitación de recursos, usabilidad de la herramienta, expresividad, comprensibilidad y comunicatividad del modelo, soporte tecnológico, aporte en la automatización de procesos y herramientas de simulación, enfocados en requerimientos de las técnicas de modelado y requerimientos futuros para el sector industrial, fortalecen la razón de su elección como técnica de modelado para la realización de este paso.

- **Técnicas de recolección de información**

Con el fin de recolectar la información e identificar factores y actividades claves dentro de un proceso, de manera formal y metódica, que sirvan para la construcción de los modelos en IDEF0 y WF-Nets, se propone utilizar una o varias técnicas de recolección de información primaria y secundaria, teniendo en cuenta el proceso y la información que este tenga documentada.

La información primaria es aquella que el investigador recoge directamente y a través de un contacto inmediato con su objeto de análisis, para su recolección, existen tres técnicas: Observación, Encuesta y Entrevista (Gallardo & Moreno, 1999), las cuales se describen en el Anexo A2.

La información secundaria es aquella que el investigador recoge a partir de investigaciones ya hechas por otros; por lo general, nunca se tiene contacto directo con el objeto de estudio (Gallardo & Moreno, 1999). Como técnica de recolección de información secundaria se propone obtener registros históricos u otros datos que la empresa posea de antemano como los que se expone en el Anexo A2.

- **Construcción de los modelos IDEF0 y WF-NETS para la identificación del proceso.**

Como se dijo anteriormente, construir los modelos IDEF0 y WF-Nets requiere recopilar la información a plasmar en ellos, para esto se propone utilizar una o varias de las técnicas de recolección descritas, con el fin de obtener los siguientes datos:

- Actividades
- Recursos
- Entradas
- Salidas
- Controles
- Dinámica del proceso

Esta información debe ser recolectada de manera ordenada y estructurada, para lo cual se proponen los siguientes formatos de registro, basados en los requerimientos de cada técnica de modelado y en la ficha técnica de proceso propuesta por Gil y Vallejo (2008).

Tabla 7. Formato de registro de información de WF-Nets

Formato de registro de información WF-Nets					
Actividad	Inicio / Fin - Actividad	Sub actividad	Responsable	Orden de ejecución sub actividades	Condiciones de ejecución

Fuente: elaboración propia.

Tabla 8. Formato de registro de información IDEF0

Formato de registro de información IDEF0						
Actividad	Sub actividad	Responsable	Entradas	Salidas	Recursos	Controles

Fuente: elaboración propia.

Los formatos generados (Tabla 7 y Tabla 8), no consideran campos como descripción del proceso, destinatario, entre otros, definidos en la ficha técnica de proceso propuesta por Gil y Vallejo (2008), ya que no aportan información de utilidad para la realización de los modelos. Cabe aclarar que la persona encargada de la recolección de información puede añadir campos según sus necesidades, con el fin de realizar los modelos o registrar información adicional que considere importante.

Con la información recolectada y registrada, se procede a construir el modelado dinámico y estructural con las técnicas seleccionadas, mostradas y detalladas en el Anexo A1. Durante este proceso se recomienda desarrollar reuniones con las partes interesadas para verificar que los modelos representen correctamente la estructura y dinámica del proceso real, y unificar la terminología de las actividades, los recursos, los documentos, los equipos, entre otros.

En resumen, para el paso 1 del método se propone el siguiente procedimiento:

1. Identificar las actividades críticas (actividades que impactan los objetivos estratégicos de la empresa) a medir y controlar, por medio de reuniones con las partes interesadas y con base en las problemáticas existentes y las necesidades del proceso. Además, la actividad crítica debe disponer de cursos de acción o modificaciones.

2. Obtener información relacionada con la actividad crítica para la construcción de los modelos IDEF0 y WF-Nets, por medio de las técnicas de recolección de información y el uso de los formatos de registro propuestos (Tabla 7 y Tabla 8).
3. Construir los modelos IDEF0 y WF-Nets con la información obtenida, verificando continuamente con las partes interesadas que estos representen el proceso.

Las etapas nombradas permiten identificar las actividades críticas, posteriormente recolectar información relacionada con estas (actividades, sub actividades, recursos, controles, entradas, salidas, secuencia de ejecución, entre otros) y realizar los modelados IDEF0 y WF-Nets.

3.2.2. Paso 2: determinar los objetivos a alcanzar con la implementación de KPIs

Una vez realizada la identificación de la actividad crítica, se deben establecer los objetivos a alcanzar, los cuales son fundamentales, ya que disponen de una referencia para evaluar e interpretar los indicadores, permitiendo determinar qué medir, qué decisión tomar o qué acción ejecutar; lo anterior da el punto de llegada y las características del resultado que se espera (Ríos, 2012). Estos objetivos deben ser claros, precisos y cuantificados a fin de establecer las estrategias que se emplearan para lograrlos (Mora R. , 2011), (Endrass, 2013).

En la literatura existen varias formas de determinar objetivos y todas pueden ser de utilidad para el desarrollo del método, es por esto que se realiza una tabla comparativa (Tabla 9) para mostrar los aportes de cada uno de los trabajos relacionados con este paso.

Tabla 9. Resumen de bibliografía para planteamiento de objetivos

Trabajo	Criterio para definir objetivos
Ríos (2012)	Los objetivos se establecen por la directriz de la administración superior, o en respuesta a las necesidades o quejas del cliente.
Kermorgant y Manninen (2015)	Reunión con partes interesadas para determinar objetivos macro y objetivos micro.
Endrass (2013)	Objetivos a nivel de la alta dirección y a partir de estos se plantean objetivos para las áreas subordinadas.
Tamayo y García (2009)	Objetivo general relacionado con la misión y a partir de este se formulan nuevos objetivos más específicos divididos en objetivos externos e internos.
Mora R. (2011)	Objetivos deben dar cumplimiento a algunos patrones o requisitos.
AENOR UNE 66175 (2003)	Los objetivos se establecen a partir de la visión y estrategias, de aquí surgen objetivos generales (objetivos de nivel 1), y se realiza un despliegue de objetivos a los niveles inferiores (objetivos de nivel 2, nivel 3, etc.).
AENOR UNE-EN 15341 (2008)	Los objetivos se determinan para cada uno de los niveles de la empresa.
Barletta (2012)	Los objetivos se determinan teniendo en cuenta las necesidades de dos grupos: clientes y partes interesadas de la empresa.

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla anterior, los trabajos propuestos por Ríos (2012), Endrass (2013), Barletta (2012), Tamayo y García (2009), Kermorgant y Manninen (2015) y las normas AENOR UNE 66175 (2003) y AENOR UNE-EN 15341 (2008), consideran que para definir objetivos específicos o de nivel inferior (usualmente de interés para el área a la que están destinados), estos deben estar alineados a unos generales o de nivel superior, como la misión, la visión y las estrategias de la empresa; así mismo, se deben tener en cuenta las necesidades de clientes internos o externos y los aportes de las partes interesadas. La determinación de objetivos, permite que las acciones se realicen de forma coordinada, efectuando los ajustes necesarios para alcanzarlos y así mejorar el rendimiento global (AENOR UNE 66175, 2003) (AENOR UNE-EN 15341, 2008). Lo anterior, según Kermorgant y Manninen (2015) debe ser realizado en una reunión con las partes interesadas.

Según Mora R. (2011) y AENOR UNE 66175 (2003), los objetivos específicos deben ser medibles, alcanzables, coordinados, desafiantes y comprometedores, con el fin de involucrar al personal, conocer el grado de consecución de un objetivo y lograrlo con flexibilidad mediante planes de actuación. Todo esto, es acorde con lo propuesto por el estándar ISO 22400-1 (2014), el cual establece objetivos medibles, con un valor deseado, un periodo de tiempo para alcanzarlo y un valor de referencia aceptable del KPI.

Teniendo en cuenta los trabajos de la Tabla 9, para el método se propone plantear los objetivos realizando una reunión con las partes interesadas, en la cual se ejecute el siguiente procedimiento:

1. Establecer objetivos generales para el área de producción, con base en la misión, la visión y las estrategias de la empresa.
2. Establecer objetivos específicos para cada objetivo general, de manera que sean medibles, es decir, con un valor objetivo deseado, un periodo de tiempo para alcanzarlo y un valor de referencia aceptable del KPI (ISO 22400-1, 2014), teniendo en cuenta las problemáticas y las necesidades evidenciadas en la actividad crítica, además de los deseos de mejora.

Con base en las necesidades y cómo debe estar compuesto un objetivo específico, a continuación, se propone una tabla para su registro, cabe aclarar que todos los campos de la Tabla 10, deben llenarse para garantizar que el objetivo específico se haya definido correctamente:

Tabla 10. Tabla para registro de objetivo específico

Componentes del Objetivo	Descripción
Proceso o Actividad	“Proceso o actividad a evaluar”
Acción	“Descripción del objetivo”
Valor de Referencia del KPI	“Rango aceptable de desempeño del KPI y tendencia deseada”
Valor Objetivo	“Valor numérico a alcanzar”
Unidad del valor objetivo	“Unidad de medida”
Tiempo Límite	“Tiempo establecido para alcanzar el objetivo”

Fuente: elaboración propia.

Nota: los objetivos generales y el atributo “Acción” de la tabla para registro de objetivos específicos (Tabla 10), deben iniciar con un verbo en infinitivo. Adicionalmente, los objetivos específicos tienen que dar lugar a una sola interpretación, si esto no ocurre se deben especificar más. Además, es necesario tener en cuenta que un objetivo específico puede ayudar en uno o más objetivos generales.

3.2.3. Paso 3: describir las acciones operativas para llevar a cabo las expectativas

Las acciones operativas, según Mora R. (2011), Barletta (2012), Tamayo y García (2009) y Kermorgant y Manninen (2015), son el camino establecido para lograr los objetivos, indicando cómo ejecutar las actividades y utilizar los recursos de una empresa con el fin de obtener el mejor resultado. De acuerdo con AENOR UNE 66175 (2003), Endrass (2013) y Kermorgant y Manninen (2015), por medio de una reunión, las partes interesadas deben establecer acciones operativas enfocadas a la modificación de la estructura física del sistema de producción o a la planificación, el control y la organización de recursos y personal. Esto corrobora lo propuesto por el estándar ISO 22400, el cual define acciones operativas relacionadas con lo expuesto anteriormente. Cabe aclarar que, un objetivo no está restringido a una sola acción operativa, se pueden combinar varias, de tal manera que se obtenga el mejor plan, acorde a las capacidades del equipo de trabajo y los recursos disponibles.

En vista de lo anterior, para este paso se propone realizar una reunión con las partes interesadas, en la cual, según el objetivo, las necesidades del proceso y su flexibilidad, se determinan acciones operativas que permitan alcanzar la meta, tomando como referencia las propuestas por el estándar ISO 22400-1 (2014):

- Revisión de los procedimientos y programas.
- Mejorar, calibrar o reemplazar los recursos de manufactura.
- Modificar la configuración del funcionamiento de los sistemas y aplicaciones.
- Rediseñar sistemas y aplicar arquitecturas.
- Controlar KPIs.

Hay que mencionar, que las acciones operativas descritas son recomendaciones propuestas por ISO 22400-1 (2014), si en la reunión se determinan otras que no se incluyan en las anteriores, de igual manera, deben ser tomadas en cuenta. Así mismo, se aclara que las acciones operativas, son acciones planteadas de forma general y permiten identificar de antemano que modificaciones se pueden realizar en la actividad crítica, para encaminar las acciones asociadas establecidas de manera más específica, con el fin de llevar el objetivo a la meta planteada, después del cálculo del KPI.

3.2.4. Paso 4: determinar elementos y seleccionar KPIs

Una vez finalizada la determinación de acciones operativas, es necesario establecer los KPIs que se aplicaran al proceso de producción, para esto, existen dos casos: en el primero, se obtienen los

elementos a partir del objetivo y con base en estos, se busca o se crea el KPI y en el segundo, se selecciona de los KPIs existentes el que más se acople al objetivo y se buscan los elementos dentro del proceso. A continuación, se detallan estos 2 casos:

- **Caso 1**

Según Endrass (2013), Coates et al. (2010) y la norma AENOR UNE-EN 15341 (2008), los elementos son los medios por los cuales se logran los objetivos de rendimiento, por lo tanto, la elección de estos es una de las etapas principales en la aplicación de KPIs. En cuanto a la determinación de elementos, Endrass (2013) establece que es necesario tener en cuenta dos aspectos, el objetivo de rendimiento que debe alcanzarse y la información necesaria para calcular el elemento. Además, la norma AENOR UNE-EN 15341 (2008) afirma que se debe probar su existencia en el proceso mediante un análisis o a través de consultas con las partes interesadas.

Con el fin de determinar la información necesaria para el cálculo del elemento, Ríos (2012) y Cruz et al. (2008), mencionan que el equipo encargado debe identificar los datos primarios que generan la medición de desempeño y determinar donde localizarlos. Debido a esto, es necesario conocer las entradas, las salidas y los resultados deseados, a fin de definir los elementos con un enfoque de arriba hacia abajo, es decir, partiendo de los objetivos planteados, lo cual garantiza que los KPIs también estén vinculados a estos.

Una vez identificados los elementos, se deben seleccionar los KPIs entre los existentes (AENOR UNE-EN 15341, 2008), teniendo en cuenta que estos no deben elegirse arbitrariamente, sino que deben surgir y estar relacionados a los elementos que partieron los objetivos (obtenidos de la misión, la visión y las estrategias de la empresa), a fin de que sean específicos y se centren en un determinado proceso, permitiendo la toma de decisiones (Barletta, 2012), (Kermorgant & Manninen, 2015), (AENOR UNE-EN 15341, 2008).

Es claro que existen muchos KPIs y probablemente todos ellos interesantes para la organización, no obstante, los recursos son limitados y por ello sólo se deben seleccionar o crear los que son "rentables", es decir, aquellos para los cuales la importancia de la información justifique el esfuerzo necesario para su obtención (AENOR UNE 66175, 2003).

Puede que no hayan KPIs definidos para algunos elementos, si esto ocurre, se deben crear teniendo en cuenta que estén relacionados y permitan el cumplimiento del objetivo planteado (Ríos, 2012) (Kermorgant & Manninen, 2015). Para esto, el estándar ISO 22400-2 (2014) propone la estructura de registro de KPIs, presentada en la Tabla 2.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, se concluye que los indicadores clave de desempeño deben seleccionarse de tal manera que estén asociados a los objetivos planteados, para lo cual se propone el siguiente procedimiento:

1. Determinar posibles elementos asociados a los objetivos que cumplan con el criterio de comparabilidad, es decir, que permitan evaluar el objetivo por medio de la

comparación de mediciones y expresar el indicador como lo establece el “valor de referencia del KPI” del objetivo (ISO 22400-1, 2014).

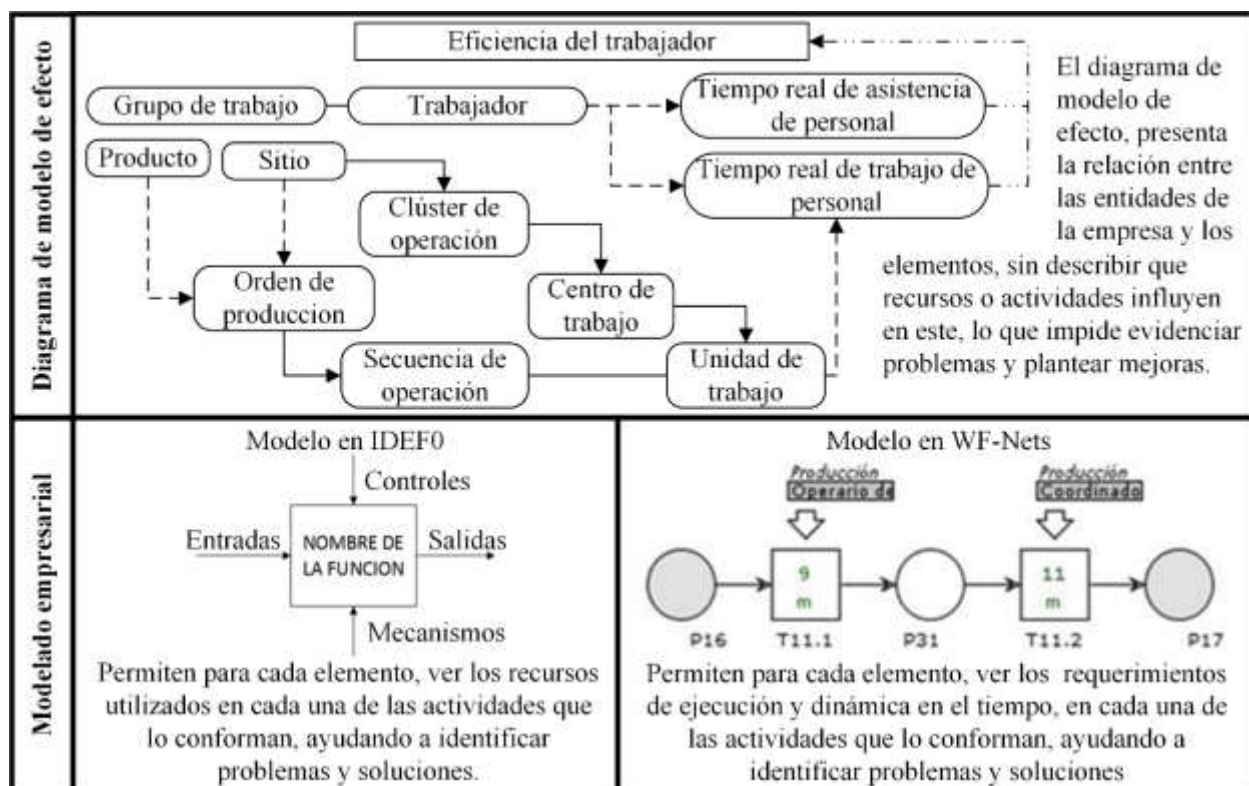
2. Verificar que dichos elementos existan en el proceso, garantizando que estos sean cuantitativos y relevantes, es decir, que el elemento haga parte de un procedimiento repetible para estimar la medición formalmente y proporcione una narrativa de la importancia y el efecto sobre el objetivo (ISO 22400-1, 2014).
3. Describir detalladamente las actividades, datos e información que influyen en cada elemento.

Nota: para la ejecución del procedimiento anterior, se hace necesario utilizar el modelado empresarial, el cual juega un papel importante, ya que permite visualizar de manera gráfica y detallada actividades, datos e información que influyen en los elementos.

4. Establecer KPIs con los elementos obtenidos: se propone buscar y seleccionar de la literatura los KPIs con los elementos que surgieron anteriormente, de modo que tengan una relación directa con los objetivos; si no se encontró KPIs acorde a los objetivos, se propone crearlos identificando los atributos de la estructura de registro (Tabla 2) definida por el estándar ISO 22400-2 (2014), con base en los objetivos, las necesidades del proceso y las recomendaciones de las partes interesadas.

El atributo “Modelo de efecto” de la estructura de registro (Tabla 2), define un diagrama de modelo de efecto para cada KPI, este no se tiene en cuenta, dado que como se observa en la Figura 21, no permite identificar detalladamente las actividades, datos e información que influyen en el elemento, lo que dificulta encontrar las causas de los cambios del valor del KPI y los problemas en el proceso. Es por esto que se propone utilizar el modelado empresarial, el cual brinda de forma gráfica información de la actividad crítica, relacionada con recursos, entradas, salidas, controles, dinámica en el tiempo, responsables, entre otros, evidenciando un mayor grado de detalle de la información que forma los elementos del KPI, lo que resulta de gran importancia para determinar las causas que impiden lograr los objetivos planteados en el Paso 2.

Figura 21. Comparación de modelos



Fuente: elaboración propia.

• **Caso 2**

Según Endrass (2013), Mora R. (2011), Tamayo y García (2009), Behzadrad y Stenfors (2015), Kermorgant y Manninen (2015) y la norma AENOR UNE-EN 15341 (2008), se presentan casos en los que no es posible determinar los elementos simplemente con el objetivo, ya sea porque este no lo permite o porque son muy técnicos, cuando esto sucede, se debe buscar en los KPIs existentes, el que más se acople y permita el cumplimiento del objetivo planteado. Una vez identificado el KPI, se deben obtener los elementos que lo componen, verificando que estos hagan parte del proceso. Puede ocurrir que un KPI no esté diseñado específicamente para cumplir el objetivo, por lo tanto, se debe modificar según la necesidad.

El KPI y los elementos que lo componen, deben tener definidos los atributos de la estructura de registro (Tabla 2) propuesta por el estándar ISO 22400-2 (2014) y cumplir los criterios de comparabilidad, repetitividad y relevancia, esto permitirá lograr un seguimiento de su evolución en el tiempo, un fácil entendimiento por parte de las personas involucradas en la medición y la realización de la evaluación del desempeño. Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, se propone el siguiente procedimiento:

1. Seleccionar KPIs de entre los existentes, el que más se acople y permita el cumplimiento del objetivo planteado.

2. Buscar y verificar los elementos que componen el KPI dentro del proceso.

A pesar de existir dos formas para determinar KPIs, se recomienda usar la expuesta en el caso 1, ya que esta sigue un planteamiento de arriba hacia abajo, es decir, parte de los objetivos para el surgimiento de elementos, verificando que estos existan en el proceso. Esto, asegura que el KPI sea medible y tenga una relación directa con el objetivo, garantizando su cumplimiento y permitiendo llevarlo al valor establecido. Por el contrario, el caso 2, a pesar de seleccionar los KPIs con base en los objetivos, no asegura que sus elementos existan dentro del proceso, lo que puede ocasionar que no sean aplicables; de igual forma, puede ocurrir que los KPIs seleccionados no tengan una relación directa con los objetivos, ya que no están diseñados específicamente para estos, presentando mayor dificultad al requerir modificaciones.

3.2.5. Paso 5: evaluar el desempeño frente a los objetivos con los KPIs obtenidos

Como se plantea en los trabajos de Cruz et al. (2008), Coates et al. (2010) y Behzadirad y Stenfors (2015), una vez determinados los KPIs con los elementos que los forman, se realiza la obtención de datos y el cálculo de estos, lo que permite evaluar el desempeño frente a los objetivos. En este sentido, el estándar ISO 22400-1 (2014), aclara que los KPIs están destinados a ser calculados utilizando medidas o datos del dominio de control (nivel 2) para proporcionar al dominio de empresa (nivel 4) y de MOM (nivel 3), información de ayuda para la toma de decisiones. Endrass (2013) y Weiss et al. (2013), corroboran lo descrito por el estándar, afirmando que las medidas se derivan de los datos del proceso (dominio de control).

La obtención de éstas medidas, según Mora R. (2011) y la norma AENOR UNE-EN 15341 (2008), requiere usar herramientas para la medición (documentos, contadores, sensores, analizadores, sistemas informáticos de gestión de mantenimiento, entre otros), las cuales varían según el nivel de automatización. Dicho de otro modo, en empresas con bajo nivel de automatización generalmente se utilizan herramientas como cronometraje, documentos, relojes, entre otros; por el contrario, en empresas con alto nivel de automatización la forma de medición está enfocada en el uso de sensores, sistemas SCADA, sistemas MES, sistemas de información, entre otros.

Una vez obtenidas las medidas y los elementos, se calcula el KPI y se visualiza la diferencia entre resultados deseados y reales, así como la evolución del proceso según sus objetivos, facilitando con ello, la toma de decisiones y la identificación de las áreas de mejora (AENOR UNE 66175, 2003) (Crúz, Lara, Ortega, Rábago, & Gómez, 2008).

A partir del valor obtenido del KPI se puede concluir que (Ríos, 2012) (Weiss, Horst, & Proctor, 2013) (Tamayo & García, 2009):

- Si el valor del KPI está dentro del rango aceptable, el desempeño de la actividad o proceso es el esperado o planeado, en este caso se puede olvidar la meta o considerar revalorarla para establecer metas más desafiantes.

- Si el valor del KPI se encuentra por fuera del rango aceptable, no se obtuvo el desempeño esperado o deseado, en este caso se deben aplicar acciones asociadas para aumentar el desempeño y llevarlo a la meta deseada.

En consecuencia, para este paso se propone el siguiente procedimiento:

1. Obtener los datos y medidas que componen los elementos del KPI.
2. Calcular el KPI por medio de su fórmula.
3. Determinar si es necesario aplicar acciones asociadas, teniendo en cuenta el valor obtenido mediante el cálculo del KPI y el atributo “Valor de referencia del KPI” del objetivo.

Nota: el resultado y la interpretación de un indicador puede variar según los resultados de los demás indicadores (AENOR UNE 66175, 2003).

3.2.6. Paso 6: describir y realizar acciones asociadas cuando se usan KPIs para llevar a cabo las expectativas

Como lo establecen Endrass (2013), Kermorgant y Manninen (2015), Tamayo y García (2009) y Behzadirad y Stenfors (2015), después de realizar la evaluación, se deben determinar propuestas de mejora que permitan realizar cambios dentro del proceso. Además, según Ríos (2012), Mora R (2011) y Cruz et al. (2008), los indicadores deben ser revisados a la par con los objetivos y estrategias, con el fin de hacer el proceso cada vez más preciso, ágil, oportuno, confiable y sencillo, por medio de cambios a través de acciones asociadas que permitan remover defectos y sus causas, lograr un nuevo estado de desempeño del proceso y mantener o destacar la eficiencia y la efectividad del proceso, para evitar pérdidas o devoluciones por parte de los clientes.

Para cumplir con lo anterior, el estándar ISO 22400-1 (2014) menciona que los elementos que forman el KPI, son usados para identificar las acciones asociadas que se deben realizar en el dominio de las operaciones de fabricación, con el fin de alcanzar los objetivos. Las acciones asociadas son una guía de cómo utilizar los recursos de una empresa para obtener el mejor resultado (Tamayo & García, 2009), estas deben estar íntimamente ligadas a los objetivos y por consiguiente al valor del KPI, que determina la necesidad de aplicarlas con la intención de contribuir en la mejora del proceso y el cumplimiento del objetivo (Mora R. , 2011) (Kermorgant & Manninen, 2015).

Las acciones asociadas pueden ser obtenidas de diferentes maneras y generalmente varían dependiendo de la empresa y el tipo de proceso. Ríos (2012), Cruz et al. (2008), Tamayo y García (2009) y Hesse et al. (2013), coinciden en la utilización de equipos de trabajo que conozcan y observen el proceso para poder identificar posibles causas, que encaminen a la determinación de acciones asociadas. Con el fin de seguir un procedimiento metódico y facilitar la definición de acciones asociadas, el Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (2009) plantea la siguiente secuencia (se detallada en el Anexo A3):

1. Torbellino de ideas
2. Diagrama de afinidades
3. Diagrama de decisiones de acción

El uso de esta secuencia de herramientas, permite determinar las causas de una situación y llegar hasta la decisión de implantar una acción, sin demasiadas etapas y con escasa inversión de tiempo (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, 2009).

Cabe resaltar que, el modelado empresarial juega un papel muy importante dentro del procedimiento propuesto anteriormente, ya que al ser una representación gráfica y detallada del proceso, puede ser usado en la etapa de torbellino de ideas para identificar posibles problemáticas o no-conformidades en una actividad o proceso por recursos, controles u organización. De igual manera, el modelado empresarial, puede ser usado como soporte para las etapas de identificación de causas y planteamiento de acciones asociadas, encaminadas a cumplir con las acciones operativas del paso 3.

Una vez aprobadas y definidas las acciones asociadas, es necesario que el responsable las aplique, con el fin de llevar el proceso al objetivo planteado (Mora R. , 2011). Las acciones definidas pueden gestionarse de la misma manera que el resto de acciones emprendidas en el sistema de gestión de la organización (acciones correctivas, preventivas, entre otras.) (AENOR UNE-EN 15341, 2008). Teniendo en cuenta lo anterior, se propone realizar el siguiente procedimiento por medio de una reunión con las partes interesadas:

1. Identificar las causas que impiden lograr el objetivo, por medio de la herramienta torbellino de ideas, realizando un análisis de las actividades que influyen en los elementos a través del modelado empresarial y teniendo en cuenta las recomendaciones de las partes interesadas.
2. Clasificar las causas de acuerdo a las acciones operativas, por medio de la herramienta diagrama de afinidades.
3. Determinar acciones asociadas, teniendo en cuenta el diagrama de afinidades, por medio de la herramienta diagrama de decisiones de acción.
4. Ejecutar acciones asociadas.

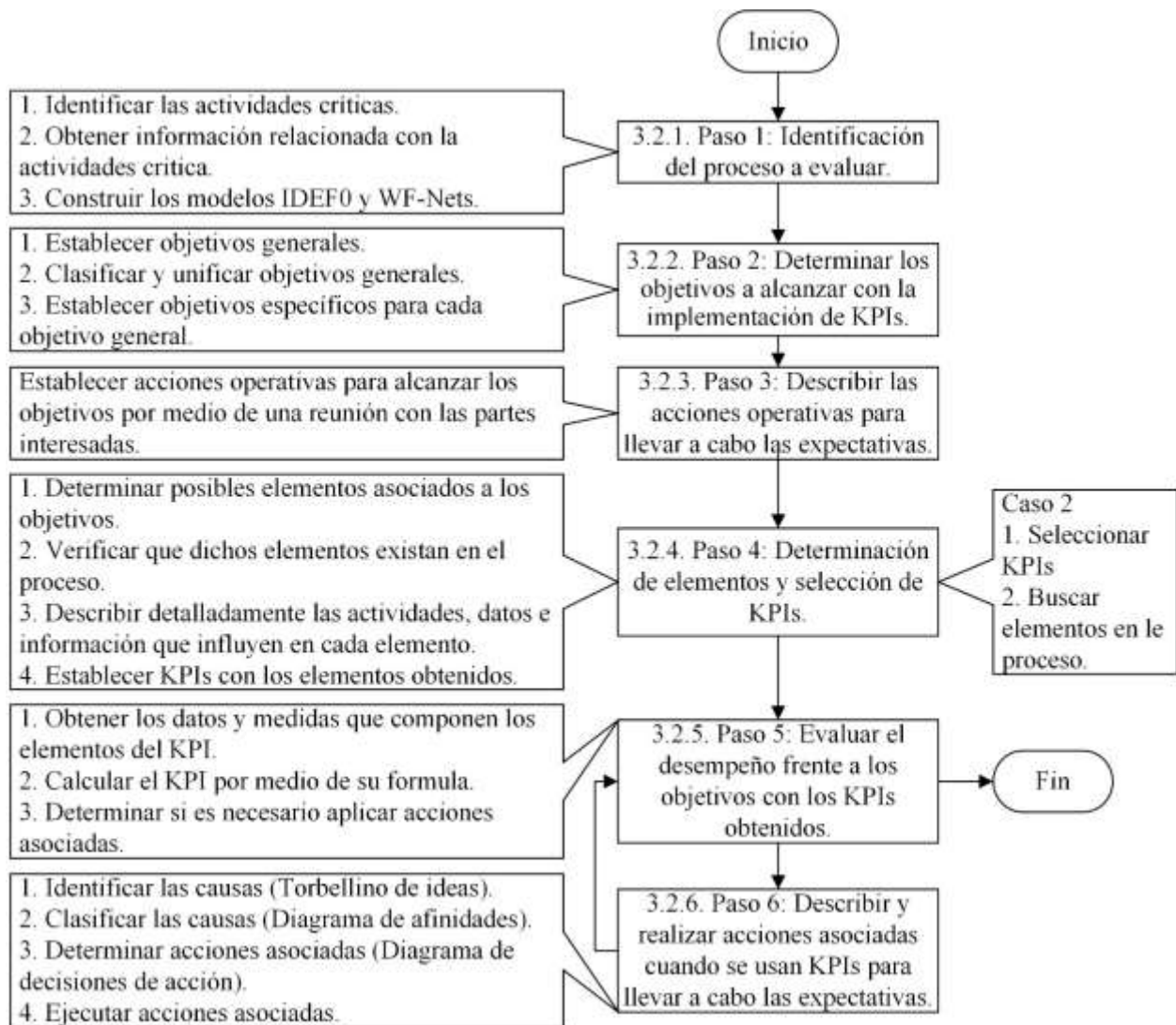
El procedimiento planteado ayuda a determinar y ejecutar acciones asociadas de una manera sistemática, fácil y rápida; también cubre una mayor cantidad de problemas, causas y soluciones que no serían posibles de determinar a simple vista u observación del proceso.

3.3. Representación gráfica del método

Con el fin de ilustrar el método propuesto, se realiza la Figura 22, detallando la secuencia, los pasos, los procedimientos, las técnicas y las herramientas propuestas. A seguir, se resumen los 6 pasos del método propuesto para la aplicación de KPIs basado en el estándar ISO 22400.

Nota: en la Figura 22 se ilustra el planteamiento final del método, en este ya se han incluido las mejoras obtenidas a partir de su evaluación del método en el caso de estudio FRUSABOR S.A.

Figura 22. Representación gráfica del método para aplicación de KPIs



Fuente: elaboración propia.

- **Paso 1 – Identificación del proceso a evaluar:** en este paso se identifican las actividades críticas con las partes interesadas, luego se recolecta la información por medio de las técnicas descritas (Observación, entrevistas, entre otras) y se procede a elaborar los modelos en IDEF0 Y WF-Nets, obteniendo así una representación del proceso gráfica y detallada, aportando información relevante con respecto a recursos, actividades, dinámica, entre otros

- **Paso 2 – Determinar los objetivos a alcanzar con la implementación de KPIs:** en este paso, se realiza una reunión con las partes interesadas para analizar la misión, visión y estrategias de la empresa, con el fin de plantear objetivos generales que posteriormente se dividen y clasifican en objetivos específicos, los cuales deben cumplir con los criterios descritos en ISO 22400.
- **Paso 3 – Describir las acciones operativas para llevar a cabo las expectativas:** en este paso se establecen acciones operativas, por medio de una reunión con las partes interesadas, según lo propuesto por el estándar ISO 22400 y teniendo en cuenta el proceso, sus necesidades y su flexibilidad.
- **Paso 4 – Determinar elementos y seleccionar KPIs:** para este paso, se recomienda tomar como referencia los objetivos propuestos para establecer los elementos que forman el KPI, teniendo en cuenta los criterios propuestos por el estándar ISO 22400 y la información suministrada por los modelos IDEF0 y WF-Nets. Posteriormente se selecciona o crea el KPI.
- **Paso 5 – Evaluar el desempeño frente a los objetivos con los KPIs obtenidos:** en este paso, se obtienen los datos y medidas que componen los elementos, para realizar el cálculo del KPI y según el valor obtenido, se determina si es necesario establecer y ejecutar acciones asociadas.
- **Paso 6 – Describir y realizar acciones operativas cuando se usan KPIs para llevar a cabo las expectativas:** en este paso, en una reunión con las partes interesadas, se determinan las acciones asociadas, por medio de un análisis del modelado empresarial y el uso de las herramientas torbellino de ideas, diagrama de afinidades y diagrama de decisiones de acción, para posteriormente ejecutarlas.

Una vez implantados los KPIs dentro del proceso, se debe realizar el control de ellos con el fin de dar cumplimiento a los objetivos (Mora R. , 2011), esto se logra a través de la realimentación entre los pasos 5 y 6 como se muestra en la Figura 22. Después de ejecutar las acciones asociadas descritas en el paso 6, es necesario volver al paso 5 para calcular el indicador y ver su avance con respecto al objetivo planteado; si el KPI ha llegado al valor objetivo se puede olvidar la meta, re evaluarla o seguir monitoreándola, con el fin de mantener el valor deseado (Ríos, 2012). Por otro lado, si el KPI no alcanza el valor objetivo se deben aprobar, determinar y ejecutar acciones operativas nuevamente hasta que el KPI alcance el valor deseado.

3.4. Conclusiones

- La caracterización permitió evidenciar que el estándar ISO 22400 brinda pasos y directrices para la aplicación de KPIs; sin embargo, no especifica cómo llevarlos a cabo, lo que resalta su carencia de detalle y generalidad.

- Por medio de la relación de los pasos para la aplicación de KPIs propuestos por el estándar ISO 22400 (2014) y el modelo de administración de operaciones de producción, se logró mostrar el uso de KPIs en el modelo, permitiendo observar que estos impactan todas las actividades, por consiguiente, son una herramienta muy útil para la mejora de procesos.
- La caracterización y el análisis de otros aportes, ilustrado en la Tabla 6, mostraron pasos y secuencias de ejecución diferentes; sin embargo, la mayoría siguen un procedimiento similar para aplicar KPIs, lo que permitió identificar los pasos y su secuencia de una manera lógica.
- Caracterizar y analizar trabajos relacionados con la ejecución de cada paso, permitió definir detalladamente cada uno de estos con procedimientos, técnicas y herramientas, que le dan formalidad al método en general.

3.5.Aportes

Como aportes de este capítulo se tiene los siguientes:

- La caracterización del estándar ISO 22400, proporciona información útil para la aplicación de KPIs en el ámbito de producción.
- Ilustra la forma de seleccionar y usar KPIs desde el modelo de administración de operaciones de producción, además muestra el impacto y la importancia de indicadores clave de desempeño para mejorar procesos.
- El método formal para la aplicación de KPIs de producción basado en el estándar ISO 22400, el cual adopta procedimientos, técnicas y herramientas para detallar la forma de llevar a cabo cada paso propuesto.

Capítulo 4

Evaluación del método en un caso de estudio

En este capítulo, se aplica el procedimiento planteado en la Figura 12, en el caso de estudio “Frusabor S.A.” (empresa productora y comercializadora de insumos para la industria panificadora y de repostería), con el fin de mejorar el desempeño de la línea de producción de esencias (actividad crítica), a través de la determinación, medición y cálculo de KPIs. Adicionalmente, se evalúa el método por medio de criterios y resultados, que verifican diferentes aspectos de su aplicación, identificar problemáticas o falencias para su mejora y planteamiento final.

4.1. Aplicación del método en un caso de estudio

La aplicación del método en el caso de estudio “Frusabor S.A.”, se realizó durante los cuatro primeros meses de 2017 (14 de enero a 13 de abril), ejecutando cada uno de los pasos con acompañamiento continuo de los encargados del área de producción.

4.1.1. Paso 1: identificar el proceso a evaluar

A continuación, se presenta la ejecución del Paso 1 del método propuesto y se detalla en el Anexo C1.

Figura 23. Procedimiento y objetivo del paso 1.

1. Identificar las actividades críticas. 2. Obtener información relacionada con la actividad crítica. 3. Construir los modelados IDEF0 y WF-Nets.	Paso 1: Identificar el proceso a evaluar.	Objetivo
		Determinar y detallar actividades críticas que requieran y permitan control y medición.

Fuente: elaboración propia.

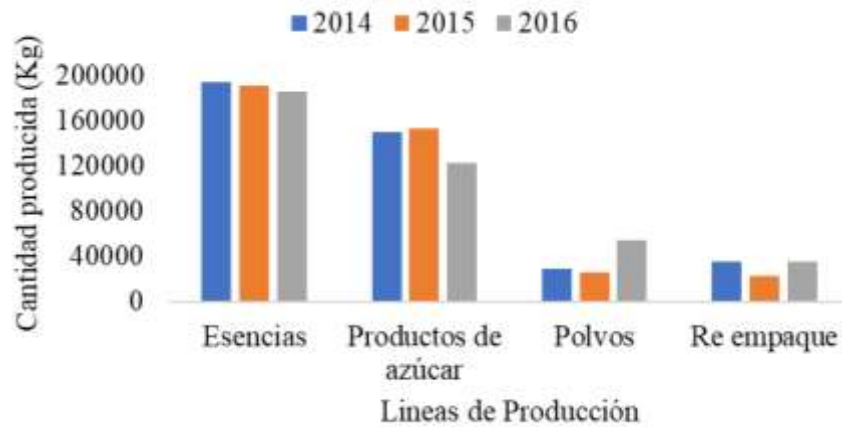
1. Identificar las actividades críticas

Como se puede observar en la Figura 23, el primer ítem del paso 1 requiere “Identificar las actividades críticas”, para ello, se realizó una reunión con las partes interesadas (Jefe de planta y autores del trabajo), donde se verificó la producción anual de cada una de las líneas de producción de la empresa Frusabor S.A., como se muestra en la Figura 24. Esto permitió evidenciar la importancia de la línea de esencias, siendo ésta la que genera el producto más comercializado por la empresa.

La línea de producción de esencias presenta retrasos en las órdenes de producción debido a problemáticas que surgen durante su ejecución e impiden cumplir a tiempo con los pedidos de los

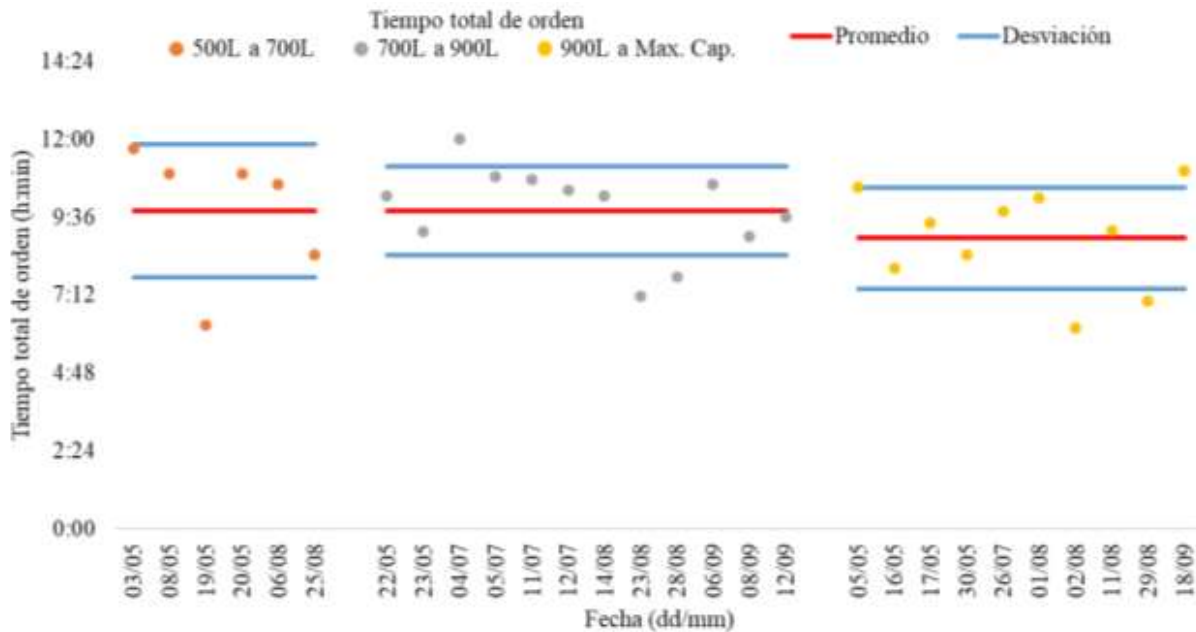
clientes, como lo indican los datos históricos expuestos en el Anexo C1 (Tabla 40 y la Tabla 41) y en la Figura 25.

Figura 24. Producción anual de la empresa Frusabor S.A.



Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Ejecución de órdenes de producción (7 lotes) – Datos 2014



Fuente: elaboración propia.

La Figura 25 muestra los tiempos de ejecución de órdenes, tomando como referencia los datos de 7 lotes; estos datos de tiempo total de orden, a pesar de tener promedios aproximados para las cantidades entre 500L y la Máxima capacidad de producción, individualmente presentan una gran variación, como es el caso de los datos entre 500L y 700L, siendo de 02h:03min; correspondiente a un 21% del tiempo promedio de 09h:47min. Lo anterior, según el Jefe de planta puede ser atribuido a diferentes problemáticas como: malas prácticas, pérdidas de tiempo, desorganización, entre otros, lo que genera retrasos en la ejecución de las ordenes de producción y afecta los objetivos estratégicos de la empresa.

Todo lo anterior, permitió determinar la importancia y problemáticas de la **línea de producción de esencias**, las partes interesadas decidieron seleccionarla como actividad crítica, aclarando que esta puede tener modificaciones para obtener los resultados deseados por el área de producción de la empresa Frusabor S.A.

Nota: la jornada laboral inicia a las 08:00 a. m. y termina a las 05:00 p. m. y durante cada jornada el personal dispone de 30 min para almorzar y descansos de 15 minutos en la mañana y 15 minutos en la tarde. Adicional a esto, la empresa después del 2014 no registró los tiempos de ejecución de las órdenes, por ello los datos presentados en la Tabla 40 y la Tabla 41 (Anexo C1) son los más recientes. Cabe mencionar que el proceso no ha sufrido modificaciones.

2. Obtener información relacionada con la actividad crítica

Una vez identificada la línea de esencias como actividad crítica, se procedió a ejecutar el segundo ítem del Paso 1 (Figura 23), el cual busca recolectar información relacionada con la actividad crítica para la construcción de los modelos IDEF0 y WF-Nets. Los autores del trabajo recolectaron información secundaria (Documentos que la empresa tenía y suministró sin inconvenientes), obteniendo tiempos promedio, actividades y sub actividades que estaban contenidos en el documento **P.P.01 Procedimiento para la Fabricación de Esencias** y que se muestran en la Tabla 43, la Tabla 44 y la Tabla 45 del Anexo C1.

La información obtenida no era suficiente para la identificación de la actividad crítica y la realización de los modelos IDEF0 y WF-Nets, por ello, durante 2 semanas (16 de enero de 2017 hasta el 24 de enero de 2017) se utilizó la técnica de observación y se diligenciaron los formatos propuestos en el Paso 1 del método (Tabla 7 y Tabla 8), registrando así la secuencia de actividades y subactividades, entradas, salidas, recursos, controles y responsables. Después de registrar la información, se organizó como se presenta en la Tabla 11 y la Tabla 12; la información de las demás actividades se encuentra en el Anexo C1.

Nota: aunque los datos obtenidos de la empresa no son totalmente confiables, según lo expuesto en el Anexo C1, se tomaron como referencia para la realización del proyecto. Sin embargo, se sugiere a la empresa realizar un estudio de tiempos que proporcione resultados más exactos y de mayor confianza. Tal estudio no se realizó debido a su complejidad y la necesidad de personas calificadas; además, no se encontraba dentro del alcance del método o el proyecto.

Tabla 11. Información de Control de calidad para el modelo IDEF0

Información para el modelado IDEF0						
Observadores: Jhon Sebastian López Villa Edison Ricardo Toro Martínez					Fecha: 20/01/2017	
Revisor: Jefe de planta						
Actividad	Sub actividad	Responsable	Entradas	Salidas	Recursos	Controles
Control de calidad para liberación	Toma de muestras	Operario de esencias	Esencias	Muestra para prueba de calidad	Envases	.....
	Control de calidad	Coordinador de laboratorio de control de calidad	Muestra para prueba de calidad	Liberación de producto para empaque	Elementos para control de calidad	Muestras de referencia y ficha técnica de especificación de esencias

Fuente: elaboración propia.

Tabla 12. Información de Control de calidad para el modelo WF-Nets

Información para el modelado WF-Nets						
Observadores: Jhon Sebastian López Villa Edison Ricardo Toro Martínez					Fecha: 20/01/2017	
Revisor: Jefe de planta						
Actividad	Inicio / Fin – Actividad	Sub actividad	Responsable	Orden de ejecución sub actividades	Tiempo estándar (min)	Condiciones de ejecución
Control de calidad para liberación	Se inicia al finalizar control de proceso y mezclado / Da inicio a envasado y empaque	Toma de muestras para control de calidad	Operario de esencias	Toma de muestras para control de calidad - Control de calidad	08:40.72	Recurso
		Control de calidad	Coordinador de laboratorio de control de calidad		10:30.02	Recurso

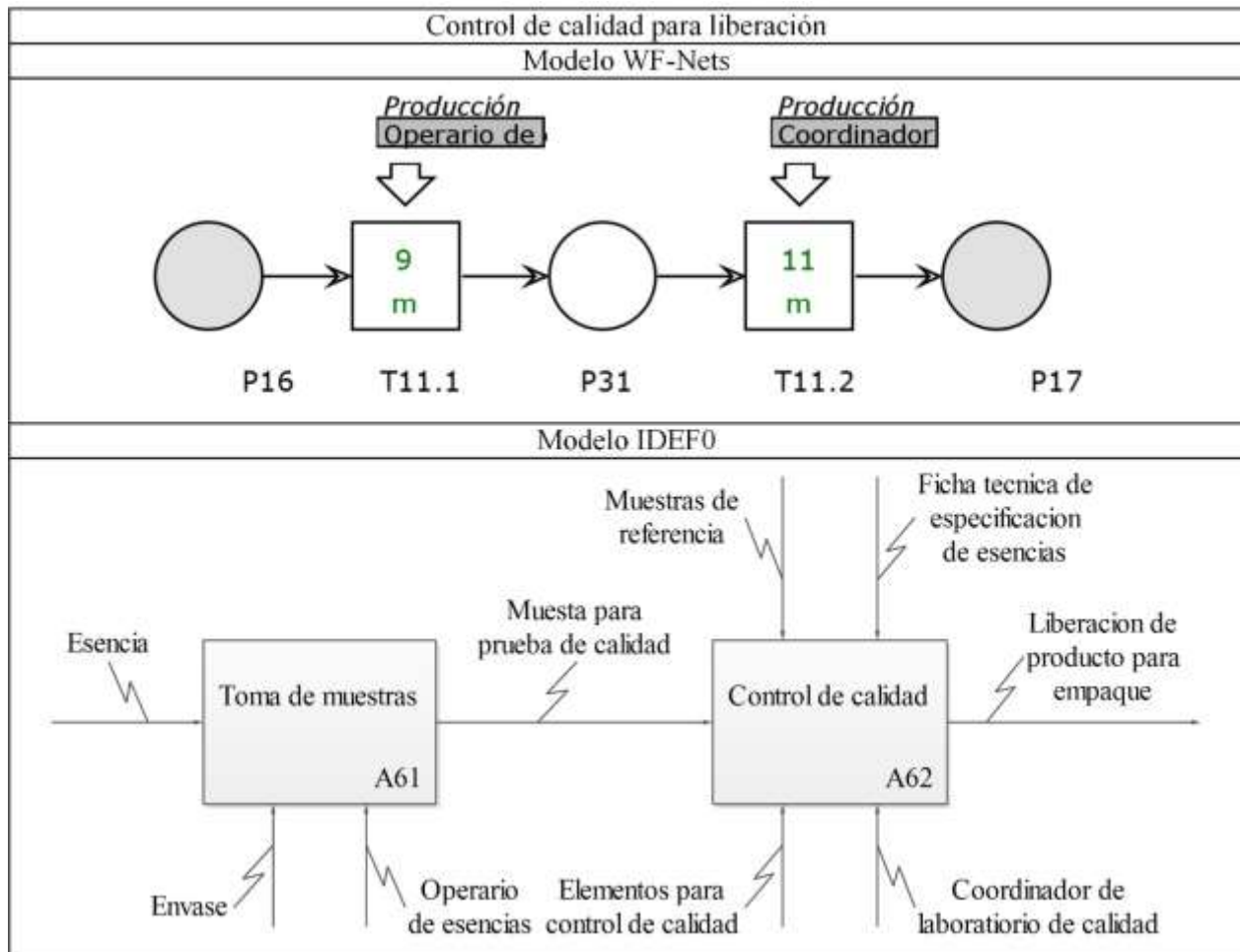
Fuente: elaboración propia.

3. Construir Modelos IDEF0 y WF-Nets

Después de obtener la información necesaria para los modelos IDEF0 y WF-Nets, se ejecutó el tercer ítem del Paso 1 (Figura 23), se construyeron los modelos teniendo en cuenta las pautas

expuestas en el Anexo A1; se usó la versión libre de las herramientas software Edraw Max y WoPeD y se tuvieron en cuenta las revisiones constantes del Jefe de planta (25 de enero del 2017 hasta el 27 de enero del 2017), quién ayudo en la definición y unificación de términos. Los modelos resultantes son expuestos en la Figura 26, los modelos de las demás actividades se muestran en el Anexo C1.

Figura 26. Modelos WF-Nets e IDEF0.



Fuente: elaboración propia.

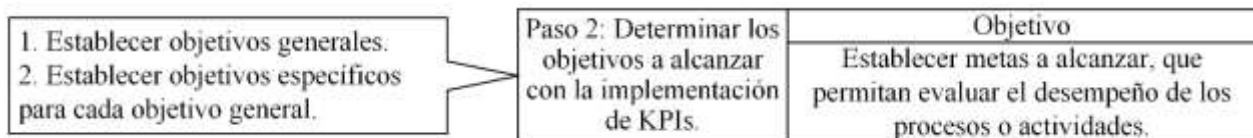
El modelo estructural IDEF0 de la Figura 26, representa la actividad de control de calidad de la línea de producción de esencias, con sus entradas, salidas, controles y recursos, lo que permite observar detalladamente los requerimientos para su ejecución. Así mismo, el modelo dinámico en WF-Nets, muestra el comportamiento en el tiempo de las sus sub actividades, junto con sus responsables y condiciones de ejecución.

Los modelos estructurales y dinámicos de la línea de producción de esencias fueron de utilidad para identificar de forma detallada las actividades que influyen en los elementos que componen los KPIs, junto con su dinámica, responsables, entradas, salidas, controles, recursos, entre otros. Adicionalmente, estos modelos permiten el cálculo de los KPIs y la determinación de acciones, ya que establecen el origen de las medidas y ayudan a identificar causas, cuya solución llevara al cumplimiento de los objetivos de la empresa.

4.1.2. Paso 2: determinar los objetivos a alcanzar con la implementación de KPIs

A continuación, se presenta la ejecución del Paso 2 del método propuesto, la cual se detalla en el Anexo C2.

Figura 27. Procedimiento y objetivo del paso 2.

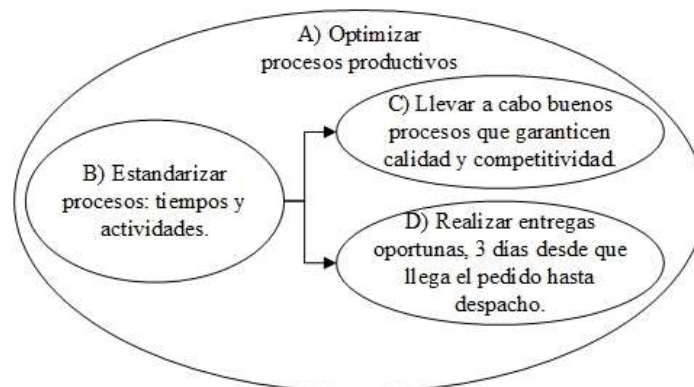


Fuente: elaboración propia.

1. Establecer objetivos generales para el área de producción con base en la misión, la visión y las estrategias de la empresa

Como se observa en la Figura 27, el primer ítem del paso 2 busca establecer objetivos generales del área de producción, para lo cual es necesario realizar un análisis de lo que hace y desea lograr la empresa. En una reunión con las partes interesadas (Jefe de Planta y autores del trabajo), se analizó la misión, la visión y las estrategias de la empresa Frusabor S.A, expuestas en el Anexo B1. Así se definieron las metas enfocadas al área de producción, que a su vez, permitieron establecer los objetivos generales del área de producción, tal como se indica en la Figura 28.

Figura 28. Clasificación de objetivos generales del área de producción



Fuente: elaboración propia.

La Figura 28 establece que estandarizar los procesos (objetivo B), permitirá garantizar calidad y competitividad (objetivo C) y a su vez lograr una entrega oportuna (objetivo D) a los clientes. Sin embargo, el cumplimiento de lo anterior, no permitirá alcanzar la optimización de procesos productivos (objetivo A), ya que como se expone en el documento de Sánchez et al. (2017), optimizar requiere considerar elementos mínimos como reducir el número de actividades del proceso y reducir su tiempo de ejecución, lo que puede incluir y ser afectado por la estandarización del proceso, mas no permitirá su cumplimiento total.

De este modo, las partes interesadas determinaron plantear 2 objetivos generales para el área de producción:

- Optimizar procesos productivos.
- Estandarizar procesos productivos.

2. Establecer objetivos específicos para cada objetivo general.

Una vez establecidos los objetivos generales del área de producción, se definieron los objetivos específicos (el ítem 2 del Paso 2 (Figura 27)), teniendo en cuenta las problemáticas de retrasos en las órdenes de producción, expuestas en el Anexo C1.

• Objetivo específico 1 para Estandarizar procesos productivos.

Como lo especifica González (2012), Muñoz (2006) y Buitrago y Valbuena (2007), la estandarización requiere recolección y documentación de información acerca del funcionamiento (quién, cómo y cuándo) de los procesos de una manera precisa, así que para verificar el cumplimiento del objetivo general (Estandarizar procesos productivos) y dar solución al problema de retrasos en las órdenes de producción; las partes interesadas plantean el objetivo específico **“ejecutar las órdenes de producción según el tiempo planeado por el programa”**, el **“tiempo planeado”**, es el tiempo que se espera utilizar para la ejecución de una orden de producción y se detalla en el Anexo C2.

Con lo anterior, se busca garantizar que el proceso se ejecute con los recursos y la dinámica establecida en los modelos IDEF0 y WF-Nets y según los tiempos promedio establecidos por la empresa, evitando inconvenientes que aumenten el tiempo de ejecución y generen retrasos en las órdenes de producción. Este objetivo se presenta a continuación, consignado en el formato propuesto en el método para este fin (Tabla 10).

Tabla 13. Objetivo específico 1 para Estandarizar procesos productivos

Componentes del Objetivo	Descripción
Proceso o Actividad	Línea de producción de esencias
Acción	Ejecutar una orden de producción
Valor Objetivo	Tiempo planeado
Unidad del valor objetivo	hh:mm
Valor de Referencia del KPI	Min: Tiempo planeado + Cv = 92% Max: Tiempo planeado = 100% Entre más alto porcentaje, mejor
Tiempo Límite	1 mes

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: ejecutar una orden de producción en el tiempo planeado, con un rango aceptable de desempeño entre 92% y 100%, que se debe alcanzar en un tiempo máximo de 1 mes.

Nota: el atributo “Valor objetivo”, equivale a “tiempo planeado” necesario para ejecutar una orden de producción y el atributo “Valor de referencia del KPI” se establece según el cálculo del “tiempo planeado” y su desviación estándar, determinado para seis casos diferentes como se muestra en la Tabla 65 del Anexo C2.

- **Objetivo específico 2 para Optimizar procesos productivos**

Según Sánchez et al. (2017), la optimización cuyo modelo conceptual se muestra en la Figura 86 del Anexo C2, requiere de unos elementos mínimos como son la reducción del número de actividades del proceso y la reducción del tiempo de ejecución, lo que puede lograrse por medio de modificaciones, implementación de sistemas de gestión, inclusión de maquinaria, entre otros. Con el fin de verificar el cumplimiento del objetivo general (Optimizar procesos productivos), dar solución al problema de retrasos en las ordenes de producción expuestos en el Anexo C1 y ayudar en la entrega oportuna de productos, las partes interesadas plantearon el objetivo específico “**ejecutar las órdenes de producción en una jornada laboral**”.

La Tabla 14, presenta el objetivo específico 2, consignado en el formato respectivo (Tabla 10). Como se puede observar en los datos históricos de ejecución de órdenes expuestos en el Anexo C1 (Tabla 40 y Tabla 41), existen casos en que las órdenes de producción, superan el tiempo de trabajo de una jornada laboral, por tanto deben ser ejecutadas al día siguiente, generando retrasos en la producción, despachos atrasados y por consiguiente entrega tardía al cliente.

Tabla 14. Objetivo específico 2 para Optimizar procesos productivos

Componentes del Objetivo	Descripción
Proceso o Actividad	Línea de producción de esencias
Acción	Reducir el tiempo de ejecución de una orden
Valor Objetivo	07:40
Unidad del valor objetivo	hh:mm
Valor de Referencia del KPI	Min: 95,8% Max: 100% Entre más alto, mejor
Tiempo Límite	3 meses

Fuente: elaboración propia.

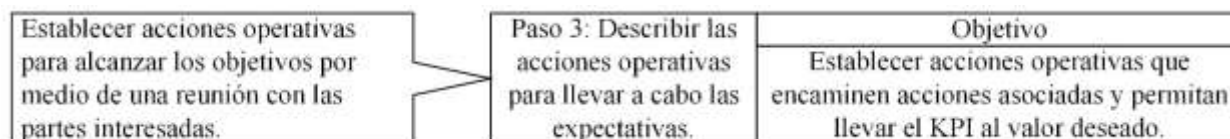
Interpretación: reducir a 7 horas y 40 minutos el tiempo de ejecución de una orden de producción, con un rango de desempeño aceptable entre 95.8% y 100%, el cual se debe alcanzar en un tiempo máximo de 3 meses.

Nota: como se especifica en el Anexo C2, al no existir estudios que determinen tiempos por suplementos, éstos se establecen según la experiencia y criterio del Jefe de planta en 20 minutos. El atributo “Valor objetivo” se establece en 7 horas y 40 minutos y el rango del atributo “Valor de referencia del KPI” se establece entre 95.83% equivalente a las 8 horas de una jornada laboral y 100% equivalente al “Valor objetivo” de 7 horas y 40 minutos que excluye los tiempos por suplementos.

4.1.3. Paso 3: describir las acciones operativas para llevar a cabo las expectativas

A continuación, se presenta la ejecución del Paso 3 del método propuesto, la cual se detalla en el Anexo C3.

Figura 29. Procedimiento y objetivo del paso 3.



Fuente: elaboración propia.

Como lo indica la

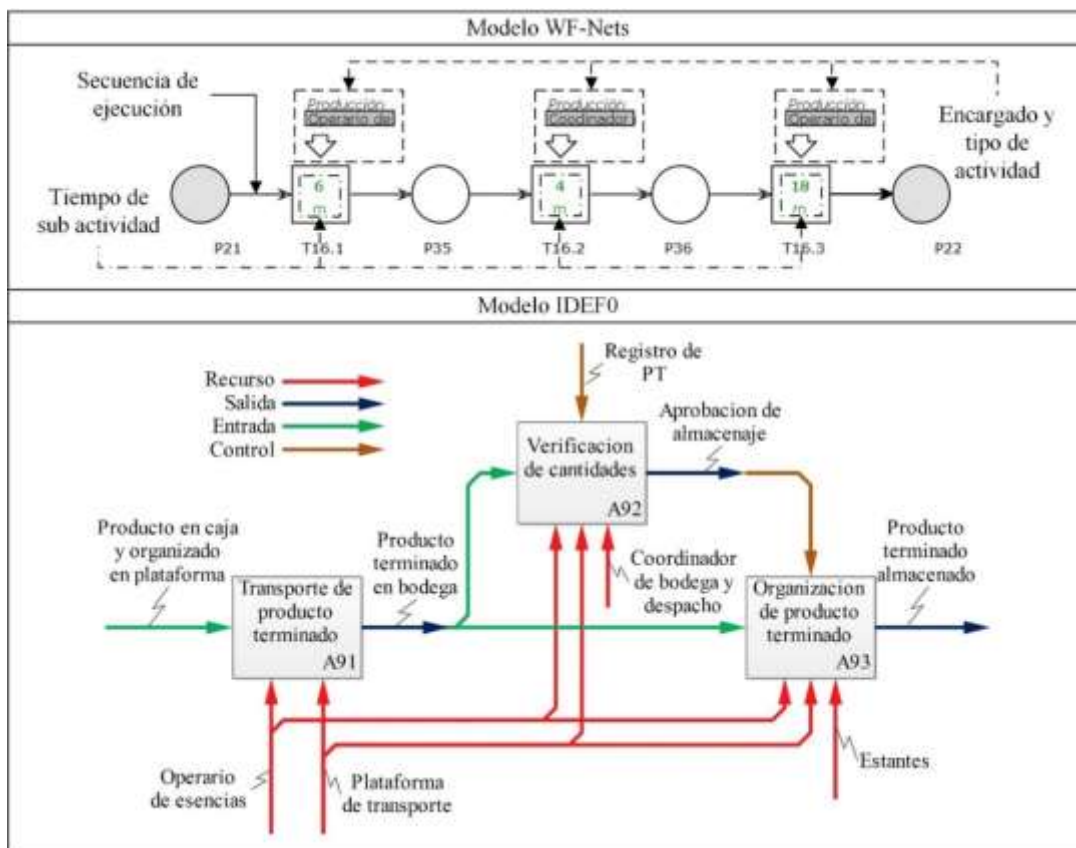
Figura 29, el paso 3 busca establecer acciones operativas, que permiten identificar de antemano que modificaciones se pueden realizar en la actividad crítica, éstas acciones estratégicas permitirán encaminar acciones más específicas y eficientes, para llevar a cabo las metas planteadas después del cálculo del KPI. Por tanto, una vez definidos los objetivos específicos se

determinaron las acciones operativas para alcanzarlos. Para esto, se realizó una reunión con las partes interesadas (Jefe de planta y autores del trabajo), en la cual se establecieron acciones operativas generales para cada uno de los objetivos a fin de identificar las posibles modificaciones o acciones que se pueden realizar dentro del proceso.

- **Objetivo 1 - ejecutar las órdenes de producción según el tiempo planeado por el programa.**

Los planteamientos de González (2012), Muñoz (2006) y Buitrago y Valbuena (2007), determinan que la estandarización requiere recolectar y documentar la información del funcionamiento de los procesos de una manera precisa, tal como se especifica en el Anexo C2. A fin de alcanzar la meta establecida para este objetivo específico, en reunión con las partes interesadas y teniendo en cuenta las acciones operativas suministradas por el estándar ISO 22400, se concluyó que se debe revisar el cumplimiento de las actividades del proceso y las condiciones especificadas en los modelos IDEF0 y WF-Nets como se muestra en la Figura 30 y en la totalidad de los modelos expuestos en el Anexo C1. Esto, permite revisar las actividades y procedimientos del proceso, ayudando en la asignación, entrega, mejora y/o reemplazo oportuno de los recursos.

Figura 30. Características de los modelos IDEF0 y WF-Nets



Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta lo planteado previamente, los modelos de la Figura 30 y el Anexo C1, se determinaron dos acciones operativas:

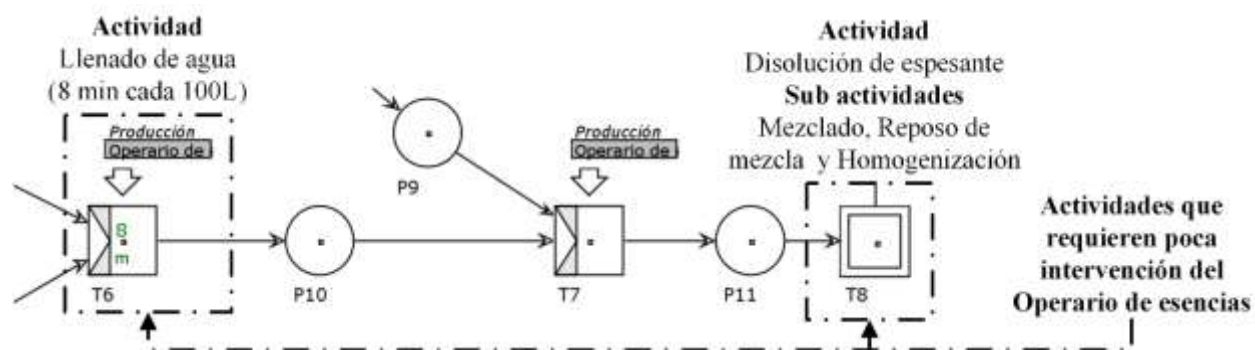
- Revisión de los procedimientos y programas (Acción operativa 1).
- Mejorar, calibrar o reemplazar los recursos de manufactura (Acción operativa 2).

• **Objetivo 2: ejecutar las órdenes de producción en una jornada laboral.**

Como se especifica en el Anexo C2, según Sánchez et al. (2017), optimizar requiere reducir el número de actividades y el tiempo de ejecución del proceso, lo que puede requerir de modificaciones, implementación de sistemas de gestión, inclusión de maquinaria, entre otros. Es por ello que para alcanzar la meta establecida, la cual busca ejecutar cualquier orden de producción en las 8 horas disponibles, en reunión con las partes interesadas y teniendo en cuenta las acciones operativas suministradas por el estándar ISO 22400, se concluye que para cumplir con este objetivo, es necesario hacer revisión de los procesos y los elementos utilizados para su ejecución, especificados en los modelos IDEF0 y WF-Nets expuestos en el Anexo C1.

Lo anterior permitirá identificar recursos que pueden ser mejorados calibrados o reemplazados y que ayuden a evitar cuellos de botella, además facilitará el rediseño los procesos identificando actividades que pueden ser realizadas en paralelo con otras, como es el caso de las actividades T6 y T8 (Llenado de agua y Disolución de espesante) mostradas en la Figura 31, las cuales no requieren presencia continua del operario.

Figura 31. Actividades que requieren poca intervención del Operario de esencias



Fuente: elaboración propia.

En consecuencia de lo expuesto, de los modelos de la Figura 31 y el Anexo C1, se determinaron las siguientes acciones operativas:

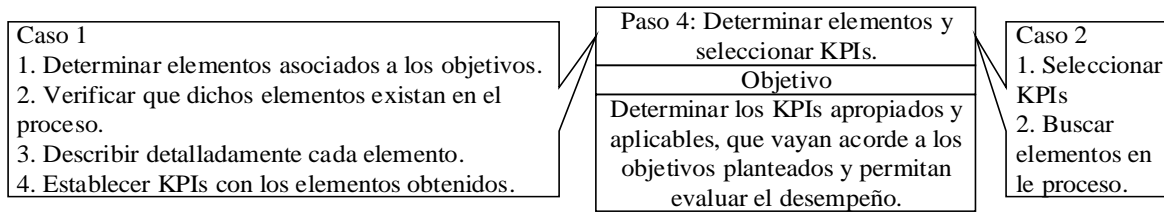
- Revisión de los procedimientos y programas (Acción operativa 1).
- Mejorar, calibrar o reemplazar los recursos de manufactura (Acción operativa 2).

- Rediseñar sistemas y aplicar arquitecturas (Acción operativa 3).

4.1.4. Paso 4: determinar elementos y seleccionar KPIs

A continuación, se presenta la ejecución del Paso 4 del método propuesto, la cual se detalla en el Anexo C4. Una vez definidos los objetivos y establecidas las acciones operativas que permiten realizar posibles mejoras dentro de la actividad crítica, se procede a determinar los elementos y seleccionar los KPIs para cada uno de los objetivos.

Figura 32. Procedimiento y objetivo del paso 4.



Fuente: elaboración propia.

- **Objetivo 1 - ejecutar las órdenes de producción según el tiempo planeado por el programa.**
 1. **Determinar posibles elementos asociados al objetivo, que permitan evaluar su desempeño.**

Como se observa en la Figura 32, el primer ítem del Paso 4, busca determinar posibles elementos asociados al objetivo “Ejecutar las ordenes según el tiempo planeado por el programa”, de lo anterior, se obtuvo dos elementos que al compararlos permiten evaluar su desempeño:

- Tiempo de ejecución planeado de una orden de producción.
- Tiempo de ejecución real de una orden de producción.

2. Verificar que dichos elementos existan en el proceso.

A seguir, se verificó que los elementos existan en el proceso, estableciendo de dónde y cómo serán obtenidos.

- **Tiempo de ejecución planeado de una orden de producción:** este elemento puede determinarse para cada orden de producción y se calcula usando la hoja de verificación de dicha orden y los tiempos promedio suministrados por la empresa, expuestos en el Anexo C1 (Tabla 43, Tabla 44, Tabla 45).
- **Tiempo de ejecución real de una orden de producción:** este elemento se obtiene al finalizar la ejecución de una orden de producción y su medida se determina a través del

tiempo total utilizado para ejecutar la orden de producción, que comprende desde la entrega de la hoja de verificación hasta la entrega de producto terminado en bodega.

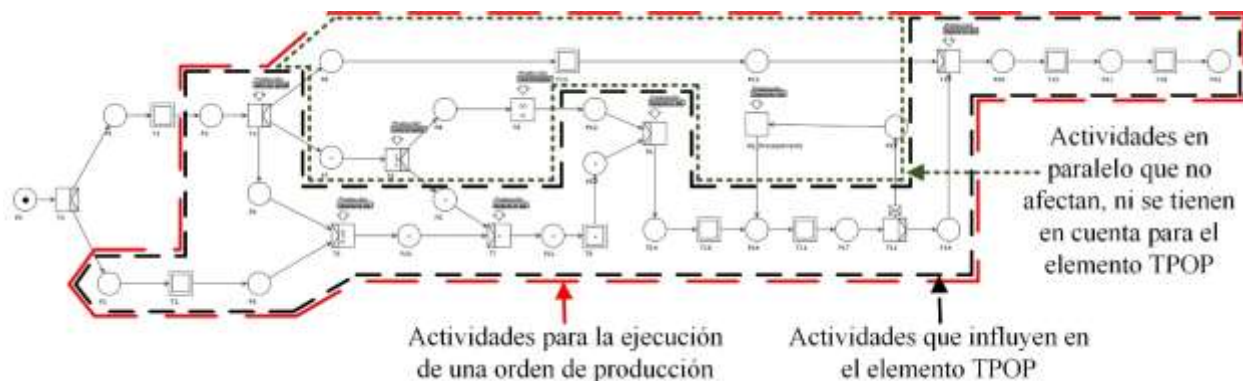
3. Describir detalladamente las actividades, datos e información que influyen en cada elemento.

Después de verificar la existencia de los elementos dentro del proceso, se ejecutó el tercer ítem del Paso 4 (Figura 32), como se presenta a continuación.

- **Tiempo de ejecución planeado de una orden de producción (TPOP):** se define como el tiempo que se espera usar para la ejecución de una orden de producción y se calcula por medio de la hoja de verificación y los tiempos promedio suministrados por la empresa, expuestos en el Anexo C1 (Tabla 43, Tabla 44, Tabla 45). Este elemento comprende las actividades entre los lugares P3 (Entrega de hoja de verificación) y P22 (Entrega de producto terminado en bodega) del modelado dinámico del proceso, como se muestra en la Figura 33.

Para éste, no se tienen en cuenta las actividades de Pre pesaje y dosificación y Etiquetado y preparación para envasado, ya que se realizan en paralelo y no tienen como encargado al Operario de esencias. De igual manera, no se considera la actividad de Programa de producción, porque se realiza una hora antes de la entrada del personal (de 07:00 a. m. a 08:00 a. m.). Lo anterior se puede observar en la Figura 33, la cual es ampliada en el Anexo C4.

Figura 33. Actividades que afectan el elemento TPOP



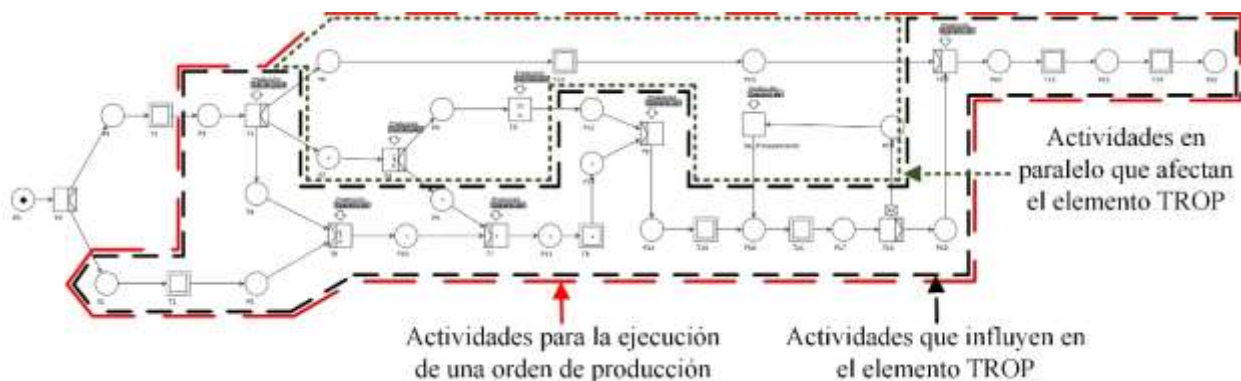
Fuente: elaboración propia.

- **Tiempo de ejecución real de una orden de producción (TROP):** este elemento se obtiene al finalizar la ejecución de una orden de producción y su medida se determina a través del tiempo total utilizado, lo que implica calcular la diferencia entre el inicio y fin de la orden de producción; es decir, el tiempo para ejecutar todas las actividades comprendidas entre los lugares P3 (Entrega de hoja de verificación) y P22 (Entrega de

producto terminado en bodega) del modelado dinámico del proceso, como se muestra en la Figura 34.

A diferencia del “Tiempo de ejecución planeado de una orden de producción”, el valor de este elemento es afectado por todas las actividades del proceso, a excepción de la actividad de Programa de producción, esto significa que los retrasos o problemas que se generan durante la ejecución, incluyendo los de las actividades realizadas en paralelo por encargados diferentes al Operario de esencias, aumentarán el valor de la medida. Cabe aclarar que, del valor resultante de esta medida se descuentan los tiempos de descanso y almuerzo establecidos por la empresa. Lo anterior se puede observar en la Figura 34, la cual es ampliada en el Anexo C4.

Figura 34. Actividades que afectan el elemento TROP



Fuente: elaboración propia.

4. Establecer KPIs con los elementos obtenidos.

Consecutivamente, se buscó en la literatura un KPI formado por los elementos determinados para este objetivo (cuarto ítem del Paso 4 (Figura 32)); principalmente se buscó entre los KPIs de producción propuestos por el estándar ISO 22400-2 (2014), uno que fuese "rentable", es decir, que la importancia de la información que simbolizan justifique el esfuerzo necesario para su obtención.

En la búsqueda, se determinó que no existe un KPI formado por los elementos obtenidos para tal objetivo; por tanto, se procedió a crearlo definiendo los atributos de la estructura para registro de KPIs (Tabla 2), establecida por el estándar ISO 22400, como se muestra a continuación.

Tabla 15. KPI Objetivo 1 - Eficiencia de ejecución de una orden de producción

Nombre/Título del indicador:	Eficiencia de ejecución de una orden de producción (EOP).
Descripción	
Beneficio/Aplicación:	Relación entre el tiempo planeado por el programa de producción y el tiempo de ejecución real de una orden de producción.
Frecuencia de medida	Diario.
Definición y Cálculo	
Formula:	$EOP = TPOP/TROP$.
Unidad/Dimensión	%
Valoración:	Min: 0% Max: 100% Tendencia: cuanto más alto, mejor.
Análisis/Profundización:	Basado en la ejecución de una orden de producción.
Observaciones	
Grupo de usuario:	Jefe de planta.
Modelo de efecto:	Modelado dinámico y estructural
Tipo de manufactura:	Batch

Fuente: elaboración propia.

• **Objetivo 2: ejecutar las órdenes de producción en una jornada laboral.**

1. Determinar posibles elementos asociados al objetivo, que permitan evaluar su desempeño.

Al determinar posibles elementos asociados al objetivo “Ejecutar las órdenes de producción en una jornada laboral”, se obtuvieron dos elementos que al compararlos permitirán evaluar su desempeño:

- Tiempo de una jornada laboral para ejecutar una orden de producción
- Tiempo de ejecución real de una orden de producción

2. Verificar que dichos elementos existan en el proceso.

Se verificó que los elementos existan en el proceso, estableciendo de dónde y cómo serán obtenidos.

- **Tiempo de una jornada laboral para ejecutar una orden de producción:** corresponde al tiempo total de la jornada laboral que puede ser dedicado a la ejecución de una orden de producción en la línea de esencias; éste tiempo es obtenido a través de las 9 horas de la jornada laboral, excluyendo los tiempos de descansos, almuerzo y suplementos como se especifica en el Anexo C2.

- **Tiempo de ejecución real de una orden de producción:** este elemento ya se verificó en el anterior KPI.

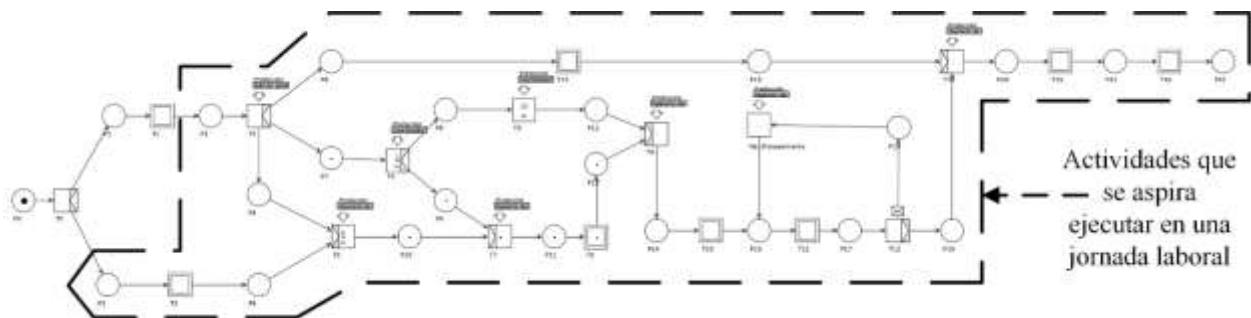
3. Describir detalladamente las actividades, datos e información que influyen en cada elemento.

Teniendo en cuenta que, los elementos existen dentro del proceso, se describieron detalladamente como se presenta a continuación.

- **Tiempo de una jornada laboral para ejecutar una orden de producción (TJOP):** este elemento corresponde al tiempo total de la jornada laboral que puede ser dedicado a la ejecución de una orden de producción, determinado a través de las 9 horas de la jornada laboral (inicia a las 08:00 a. m. y termina a las 05:00 p. m.), excluyendo los tiempos de almuerzo y descansos descritos en el Anexo C4 equivalentes a 1 hora y los tiempos por suplementos descritos en el Anexo C2 que se estiman en 20 minutos, dando como resultado un “Tiempo de una jornada laboral para ejecutar una orden de producción” de 07 horas y 40 minutos.

El valor de este elemento, es el tiempo en el cual se aspira ejecutar todas las actividades comprendidas entre P3 (Entrega de hoja de verificación) y P22 (Entrega de producto terminado en bodega), como se muestra en el modelo WF-Nets de la Figura 35 (ampliada en el Anexo C4), a excepción de la actividad de programa de producción que se realiza una hora antes de la entrada del personal (de 07:00 a. m. a 08:00 a. m.).

Figura 35. Actividades que afectan el elemento TJOP



- **Tiempo de ejecución real de una orden de producción (TROP):** este elemento ya se describió en el anterior KPI.

4. Establecer KPIs con los elementos obtenidos.

Se buscó entre los KPIs de producción propuestos por el estándar ISO 22400-2 (2014), uno que fuese "rentable", es decir, que la importancia de la información que simbolizan justifique el esfuerzo necesario para su obtención.

Al terminar la búsqueda, se determinó que no existe un KPI formado por los elementos obtenidos para el objetivo; por lo tanto, se procede a crearlo definiendo los atributos de la estructura para registro de KPIs (Tabla 2), establecida por el estándar ISO 22400, como se indica en la Tabla 16.

Tabla 16. KPI Objetivo 2 – Eficiencia de ejecución en una jornada laboral

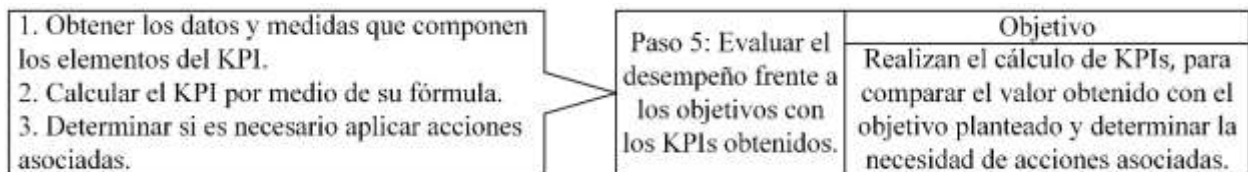
Nombre/Título del indicador:	Eficiencia de ejecución en una jornada laboral (EEJ)
Descripción	
Beneficio/Aplicación:	Relación entre el tiempo deseado para la ejecución de una orden de producción y el tiempo de ejecución real de una orden de producción.
Frecuencia de medida	Diario.
Definición y Cálculo	
Formula:	$EEJ = TJOP/TROP.$
Unidad/Dimensión	%
Valoración:	Min: 0% Max: 100% Tendencia: cuanto más alto, mejor
Análisis/Profundización:	Basado en la ejecución de una orden de producción
Observaciones	
Grupo de usuario:	Jefe de planta
Modelo de efecto:	Modelado dinámico y estructural
Tipo de manufactura:	Batch

Fuente: elaboración propia.

4.1.5. Paso 5: evaluar el desempeño frente a los objetivos con los KPIs obtenidos

A continuación, se presenta la ejecución del Paso 5 del método propuesto, se detalla a fondo en el Anexo C5.

Figura 36. Procedimiento y objetivo del paso 5



Fuente: elaboración propia.

- **KPI Objetivo 1 - Eficiencia de ejecución de una orden de producción (EOP).**

1. **Obtener los datos y medidas que componen los elementos del KPI.**

Se realizó observación y medición del proceso los días 21, 23, 28 y 30 de marzo de 2017, además se solicitó a la empresa las órdenes de producción de estos días, expuestas en la Figura 93, la Fuente: elaboración propia.

Figura 94, la Figura 95 y la Figura 96 del Anexo C5. Las medidas se determinaron como se muestra a continuación:

- **Tiempo de ejecución planeado de una orden de producción (TPOP):** las medidas de este elemento, presentadas en la Tabla 81 del Anexo C5, se determinaron usando los datos de tiempos promedio para cada actividad expuestos en la Tabla 43, la Tabla 44 y la Tabla 45 de Anexo C1, junto con las órdenes de producción suministradas por la empresa. Observando los resultados en la Tabla 17, se puede concluir que éste elemento varía según las cantidades a producir, el número de lotes y la presentación del producto.

Tabla 17. Medidas del elemento TPOP

	H. V. 1 No. de lotes = 7 Total a producir = 1097L	H.V. 2 No. de lotes = 3 Total a producir = 437,1L	H.V. 3 No. de lotes = 4 Total a producir = 486,9L	H.V. 4 No de lotes = 3 Total a producir = 272,5L
Tiempo de ejecución planeado de una orden de producción (TPOP)	08h:16min:57s ±38min:18s	05h:07min:08s ±24min:22s	05h:46min:41s ±26min:11s	04h:35min:33s ±21min:08s

Fuente: elaboración propia.

- **Tiempo de ejecución real de una orden de producción (TROP):** las medidas de éste elemento, presentadas en la Tabla 82 del Anexo C5, se obtuvieron de la diferencia entre la hora de inicio y la hora de fin del proceso productivo de esencias, excluyendo los tiempos de descanso y almuerzo asignados por la empresa. Los resultados se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18. Medidas del elemento TROP

	H. V. 1 No. de lotes = 7 Total a producir = 1097L	H.V. 2 No. de lotes = 3 Total a producir = 437,1L	H.V. 3 No. de lotes = 4 Total a producir = 486,9L	H.V. 4 No de lotes = 3 Total a producir = 272,5L
Tiempo de ejecución real de una orden de producción (TROP)	14h:03min	11h:35min	13h:25min	14h:30min

Fuente: elaboración propia.

2. Calcular el KPI por medio de su fórmula

Después de tener claros los valores de los elementos para cada una de las órdenes de producción, se calcula el KPI por medio de su fórmula (segundo ítem del Paso 5 (Figura 36)), expuesta en la Tabla 15 del Paso 4 y presentada en la Ecuación 1.

$$EOP = \frac{TPOP}{TROP} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Para obtener el valor del KPI se realiza una conversión del tiempo de los elementos, expresados en horas, minutos y segundos a solo segundos, como se presenta a continuación para la hoja de verificación H.V. 1:

$$EOP_{H.V.1} = \frac{29822s}{50580s}$$

(Ecuación 2)

$$EOP_{H.V.1} = 0.58960$$

(Ecuación 3)

$$EOP_{H.V.1} = 58.96\%$$

(Ecuación 4)

Este procedimiento se realizó para cada orden de producción, tal como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19. Cálculo del KPI "EOP" para cuatro H.V.

Orden	TPOP		TROP		KPI "EOP"
H.V. 1	08h:17min:02s	29822s	14h:03min:00s	50580s	58.96%
H.V. 2	05h:07min:08s	18428s	11h:35min:00s	41700s	44.19%
H.V. 3	05h:46min:41s	20801s	13h:25min:00s	48300s	43.06%
H.V. 4	04h:35min:33s	16533s	14h:30min:00s	52200s	31.67%

Fuente: elaboración propia.

3. Determinar si es necesario aplicar acciones asociadas

Una vez calculado el KPI, se ejecutó el tercer ítem del Paso 5 (Figura 36), en el cual se determina la necesidad de realizar o no acciones asociadas que ayudaran a llevar el proceso al valor objetivo. Observando los resultados obtenidos en la Tabla 19 y teniendo en cuenta que el atributo "Valor de referencia del KPI" del objetivo específico 1 (Tabla 13) se encuentra en un rango entre el 92% y 100%, se concluye que el proceso no cumple con el objetivo planteado y es necesario determinar y aplicar las acciones asociadas.

- **KPI Objetivo 2 – Eficiencia de ejecución en una jornada laboral (EEJ).**

- 1. Obtener los datos y medidas que componen los elementos del KPI.**

Se realizó observación y medición del proceso los días 21, 23, 28 y 30 de marzo de 2017. Determinando así las medidas que se presentan a continuación.

- **Tiempo de una jornada laboral para ejecutar una orden de producción (TJOP):** como se especificó en el Anexo C4, este elemento corresponde al tiempo total de la jornada laboral que puede ser dedicado a la ejecución de una orden de producción, el cual es obtenido a través de las 9 horas diarias, excluyendo los tiempos de almuerzo y descansos, asignados por la empresa equivalentes a 30 minutos para el almuerzo y 15 minutos de descanso en la mañana y en la tarde. Además se excluyen los tiempos por suplementos estimados en 20 minutos, dando como resultado el elemento “Tiempo de una jornada laboral para ejecutar una orden de producción” con un valor de 07 horas y 40 minutos, como se especifica en el atributo “Valor objetivo” del objetivo específico 2 (Tabla 14).
- **Tiempo real de ejecución de una orden de producción (TROP):** las medidas de este elemento se obtuvieron para el anterior KPI y se presentan en la Tabla 18.

- 2. Calcular el KPI por medio de su fórmula.**

Se calcula el KPI usando su fórmula, expuesta en la Tabla 16 del Paso 4 y presentada en la Ecuación 5.

$$EEJ = \frac{TJOP}{TROP} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Para obtener el valor del KPI, se convierte el tiempo de los elementos, expresados en horas, minutos y segundos a solo segundos, como se presenta a continuación para la hoja de verificación H.V. 1:

$$EEJ_{H.V.1} = \frac{27600}{50580}$$

(Ecuación 6)

$$EEJ_{H.V.1} = 0.5326$$

(Ecuación 7)

$$EEJ_{H.V.1} = 53.26\%$$

(Ecuación 8)

Tal procedimiento se realizó para cada una de las ordenes de producción, como indica la Tabla 20.

Tabla 20. Cálculo del KPI "EEJ" para cuatro H.V.

Orden	TJOP		TROP		KPI "EEJ"
H.V. 1	07h:40min:00s	27600s	14h:03min:00s	50580s	54.56%
H.V. 2	07h:40min:00s	27600s	11h:35min:00s	41700s	66.18%
H.V. 3	07h:40min:00s	27600s	13h:25min:00s	48300s	57.14%
H.V. 4	07h:40min:00s	27600s	14h:30min:00s	52200s	52.87%

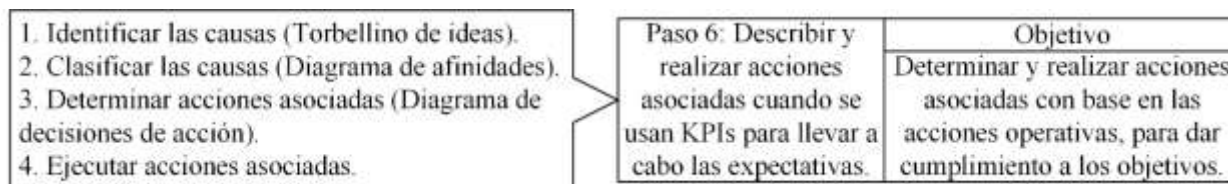
3. Determinar si es necesario aplicar acciones asociadas

Observando los resultados obtenidos en la Tabla 20 y teniendo en cuenta que el atributo "Valor de referencia del KPI" del objetivo específico 2 (Tabla 14), se encuentra en un rango entre el 95.8% y 100%, se concluyó que el proceso no cumple con el objetivo planteado y es necesario determinar y aplicar las acciones asociadas.

4.1.6. Paso 6: describir y realizar acciones asociadas cuando se usan KPIs para llevar a cabo las expectativas

A continuación, se presenta un resumen de la ejecución del Paso 6 del método propuesto, el cual se detalla en el Anexo C6.

Figura 37. Procedimiento y objetivo del paso 6



Fuente: elaboración propia.

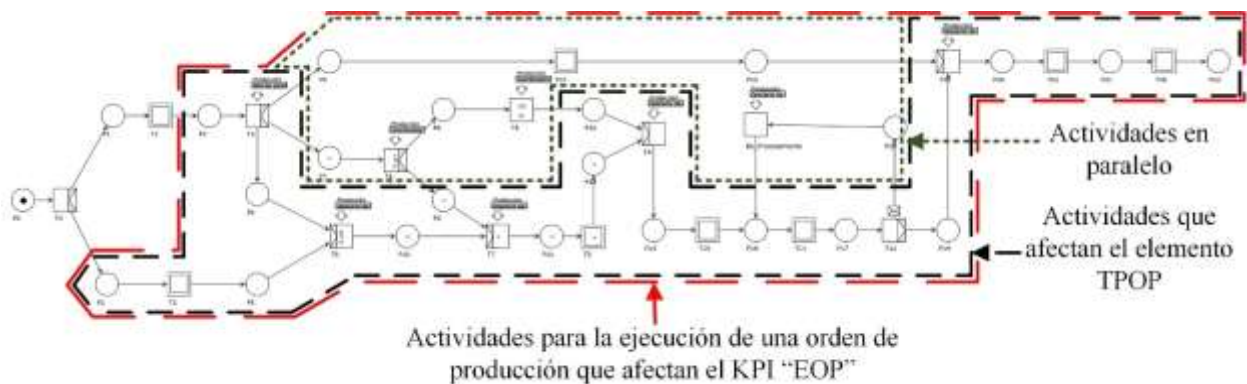
- **KPI Objetivo 1 - Eficiencia de ejecución de una orden de producción (EOP)**

1. Identificar las causas que impide lograr el objetivo.

Se realizó una reunión con las partes interesadas (Jefe de Planta y autores del trabajo) el día 08 de abril de 2017, en la cual se ejecutó la herramienta torbellino de ideas y se analizaron las actividades que influyen en los elementos del KPI, por medio del modelado empresarial.

Tomando como referencia los elementos de este KPI, enfocados a medir el desempeño de la ejecución de una orden de producción en el tiempo planeado y afectados por las actividades comprendidas entre los lugares P3 y P22 del modelo WF-Nets del proceso como se muestra en la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.** (ampliada en el Anexo C6), se procede a determinar para cada actividad las causas que impiden el cumplimiento del objetivo, teniendo en cuenta los modelos IDEF0 y WF-Nets expuestos en el Anexo C1 y las observaciones realizadas por las partes interesadas. En la Tabla 21 se presenta las causas relacionadas con la actividad de Alistamiento de maquinaria y equipos, la totalidad de las actividades con sus respectivas causas para este objetivo, se exponen en el Anexo C6.

Figura 38. Actividades que afectan los elementos del KPI "EOP"

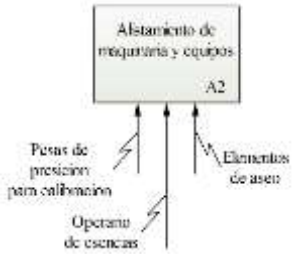


Fuente: elaboración propia.

2. Clasificar las causas.

Se clasificaron las causas y observaciones (expuestas en la Tabla 85 del Anexo C6), con base en las acciones operativas establecidas para este objetivo (Paso 3, Anexo C3), con el fin de verificar qué causas pueden ser corregidas a través de la revisión de procedimientos y programas (acción operativa 1) o la Mejora, calibración o reemplazo de los recursos de manufactura (acción operativa 2). Después de clasificar y organizar las causas, se realizó la representación gráfica por medio del diagrama de afinidades como lo ilustra la Figura 39.

Tabla 21. Causas y observaciones Alistamiento de maquinaria y equipos – Objetivo 1

Actividad	Causas y observaciones	Modelo
<p>Alistamiento de maquinaria y equipos</p>	<p>Esta actividad, como se observa en su modelo IDEF0, expuesto en su totalidad en la Figura 68 y la Figura 66 del Anexo C1, requiere de elementos de aseo que usualmente no están a disposición del operario, generando retrasos al realizar la limpieza de tanques; además, como lo especifica el jefe de esencias, en determinados casos el operario de esencias, es solicitado para realizar otras actividades, lo que genera aumento en el tiempo de la actividad.</p>	

Fuente: elaboración propia.

Figura 39. Diagrama de afinidades en relación al Objetivo 1

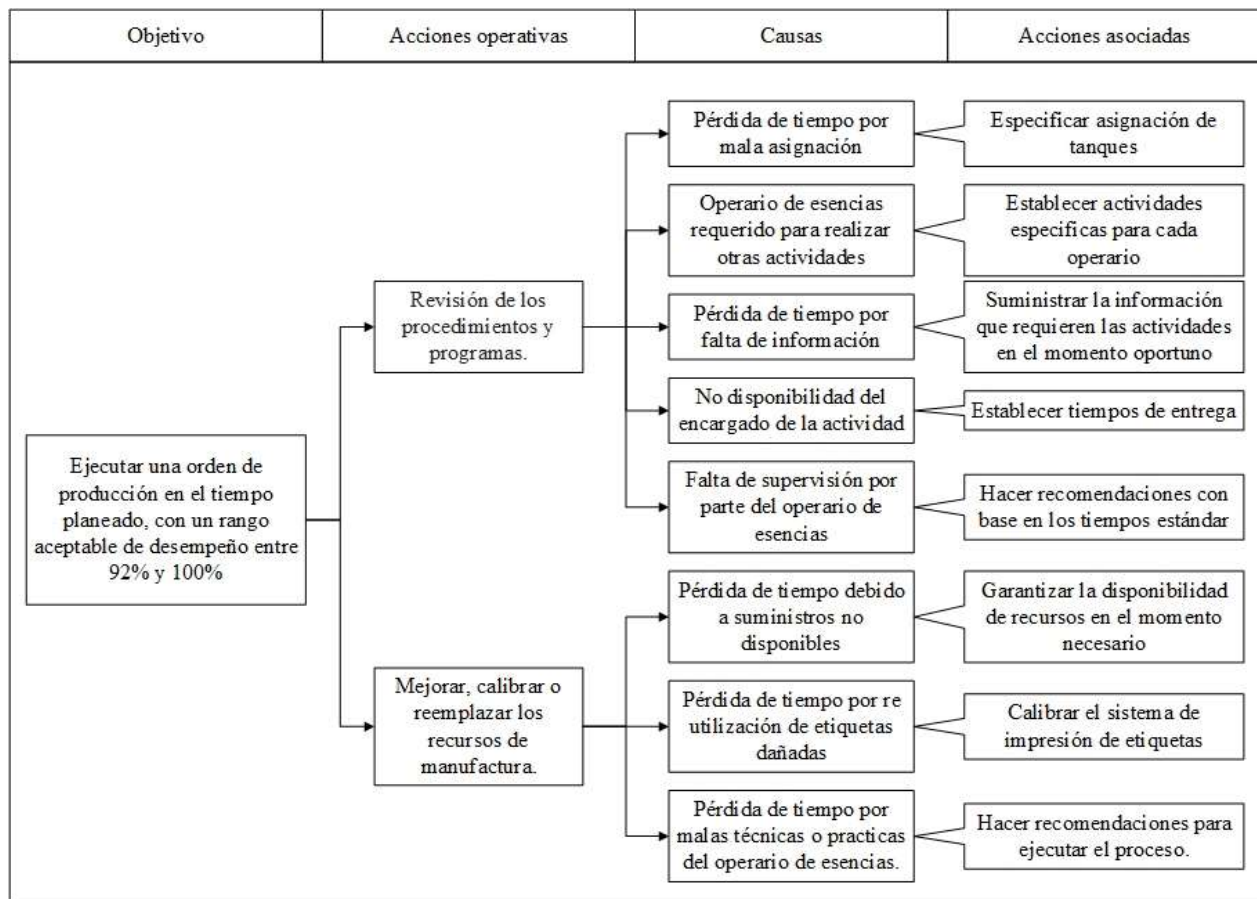
Acciones operativas	Revisión de los procedimientos y programas	Mejorar, calibrar o reemplazar los recursos de manufactura.
Causas	<p>Pérdida de tiempo por mala asignación de tanques de esencias en cuanto a presentación (Envasado y empaque).</p> <p>Operario de esencias requerido para realizar otras actividades diferentes a la que está ejecutando (Alistamiento de maquinaria y equipos, Mezclado final y control de proceso y Envasado y empaque).</p> <p>Pérdida de tiempo por falta de información suministrada por la hoja de verificación (Pre pesaje y dosificación, Disolución de espesante).</p> <p>No disponibilidad de los coordinadores, debida a la ejecución de otras actividades (Pre pesaje y dosificación, Control de calidad para liberación y Almacenamiento).</p> <p>Falta de supervisión por parte del operario de esencias al realizar el espesante (Disolución de espesante).</p>	<p>Pérdida de tiempo debido a suministros de limpieza y envases para toma de muestra no disponibles para ejecutar la actividad (Alistamiento de maquinaria y equipos y Control de calidad para liberación).</p> <p>Pérdida de tiempo por malas técnicas o practicas del operario de esencias (Mezclado final y control de proceso, Envasado y empaque).</p> <p>Pérdida de tiempo por re utilización de etiquetas dañadas (Etiquetado y preparación para envasado).</p>

Fuente: elaboración propia.

3. Determinar acciones asociadas.

Con la ejecución del tercer ítem del Paso 6 (Figura 37), se determinaron las acciones asociadas que permitirán corregir las causas identificadas. En reunión con las partes interesadas (Jefe de Planta y autores del trabajo) y utilizando la herramienta de diagrama de decisiones de acción, se definieron las posibles acciones que se podrían adoptar dentro del proceso para dar solución a las problemáticas expuestas, como se muestra en la Figura 40.

Figura 40. Diagrama de decisiones de acción en relación al Objetivo 1



Fuente: elaboración propia.

4. Ejecutar acciones asociadas.

Se da cumplimiento al cuarto ítem del Paso 6 (Figura 37), ejecutando las acciones asociadas dentro del proceso de esencias. El día 13 de abril de 2017, se realizó la acción “Especificar asignación de tanques”, cabe mencionar que para este objetivo, también se tuvieron en cuenta otras pautas y recomendaciones expuestas en el Anexo C6.

- **Especificar asignación de tanques:** la mala asignación de tanques al momento de preparar la esencia puede generar pérdida de tiempo y por consiguiente retrasos en las órdenes de producción, por tanto se generó un nuevo campo en la hoja de verificación, que especifica el tanque en el cual debe ser preparado cada uno de los sabores; teniendo en cuenta las cantidades y la presentación a realizar, como lo muestra la Figura 41.

Figura 41. Mejora – Hoja de verificación con asignación de tanques

Antes Sin especificar numero de tanque					Después Especifica numero de tanque					
										
OPERARIO: _____					OPERARIO: _____					
CANT PROG		SABOR 1	1	SABOR 2	1	TK 1		TK 2		
		0,000	OK	0,000	OK	SABOR 1	1	SABOR 2	1	
ALCOHOL	0,000	Kg		0,000	Kg	CANT PROG				
JARABE	0,000	Kg		0,000	Kg	0	OK	0,000	OK	
ESPELANTE	0,000	L		0,000	L	ALCOHOL	0,000	Kg	0,000	Kg
CONCENTRADO	0,000	Kg		0,000	Kg	JARABE	0,000	Kg	0,000	Kg
Lote						ESPELANTE	0,000	L	0,000	L
						CONCENTRADO	0,000	Kg	0,000	Kg

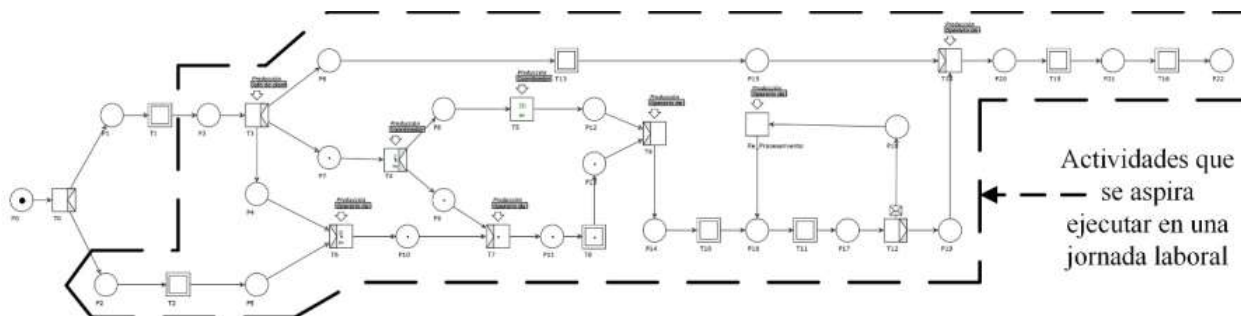
Fuente: elaboración propia.

- **KPI Objetivo 2 - Ejecución de ejecución en una jornada laboral (EEJ).**

1. Identificar las causas que impide lograr el objetivo.

Para el objetivo 2 relacionado con el KPI EEJ, en reunión con las partes interesadas (Jefe de Planta y autores del trabajo) el día 08 de abril de 2017, se ejecutó la herramienta torbellino de ideas y se analizaron las actividades que influyen en los elementos del KPI, por medio del modelado empresarial.

Figura 42. Actividades que afectan los elementos del KPI "EEJ"



Fuente: elaboración propia.

Tomando como referencia los elementos de éste KPI, que son afectados por las actividades comprendidas entre los lugares P3 y P22 del modelo WF-Nets del proceso (ver Figura 42) y están enfocados a medir el desempeño de la ejecución de una orden de producción en una jornada laboral, se procedió a determinar para cada actividad las causas que impiden el cumplimiento del objetivo, a partir de los modelos IDEF0 y WF-Nets expuestos en el Anexo C1 y de las observaciones realizadas por las partes interesadas. En la Tabla 22 se presentan las causas relacionadas con la actividad de Alistamiento de maquinaria y equipos, la totalidad de las actividades y causas para éste objetivo, se exponen en el Anexo C6.

Tabla 22. Causas y observaciones Alistamiento de maquinaria y equipos – Objetivo 2

Actividad	Causas y observaciones	Modelo
Alistamiento de maquinaria y equipos	Esta actividad, como se observa en su modelo WF-Nets, expuesto en su totalidad en la Figura 76 del Anexo C1, debe ser realizada al inicio de la jornada, pero esto no ocurre así, debido a retrasos y acumulación de órdenes de producción anteriores.	

Fuente: elaboración propia.

2. Clasificar las causas.

Se clasificaron las causas y las observaciones determinadas (expuestas en la Tabla 86 del Anexo C6), con base en las acciones operativas establecidas para este objetivo, determinadas en la ejecución del Paso 3 (Anexo C3). Esto con el fin de verificar qué causas pueden ser corregidas a través de la revisión de procedimiento y programas (acción operativa 1), la Mejora, calibración o reemplazo de los recursos de manufactura (acción operativa 2) o el Rediseño de sistemas y aplicación de arquitecturas (acción operativa 3). Una vez clasificadas y organizadas las causas, acorde a las acciones operativas, se representan por medio del diagrama de afinidades como se muestra en la Figura 43.

3. Determinar acciones asociadas

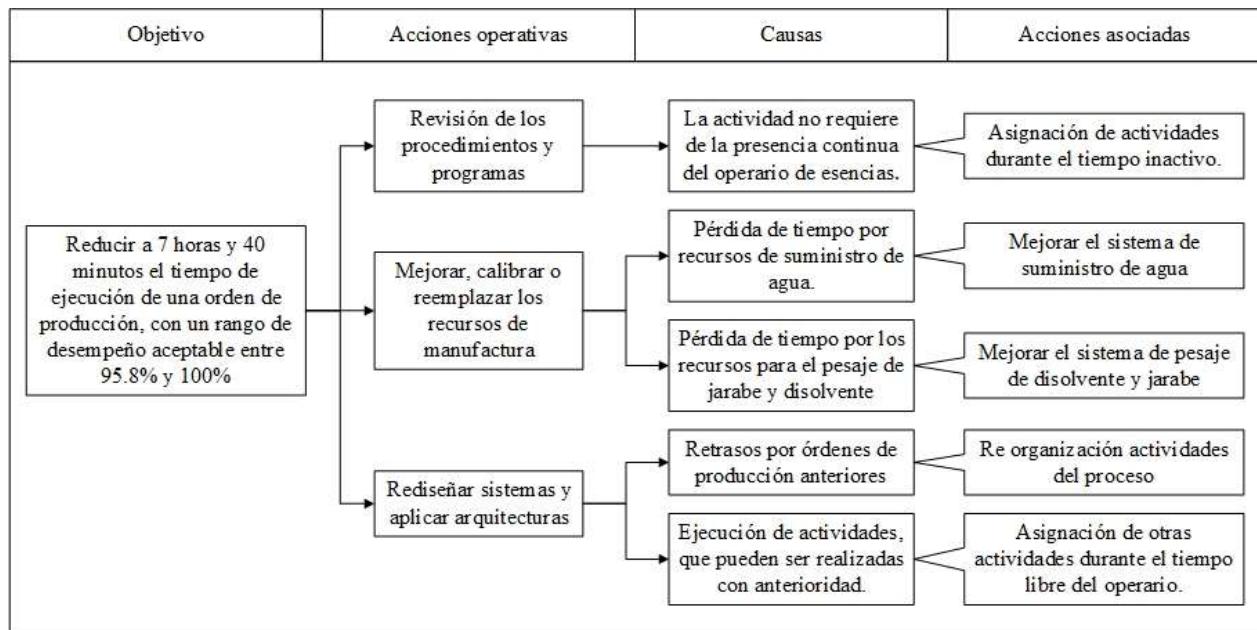
Ya definidas, clasificadas y organizadas las causas que impiden el cumplimiento de éste objetivo, se ejecutó el tercer ítem del Paso 6 (Figura 37), para determinar las acciones asociadas que permitirán corregirlas. En reunión con las partes interesadas (Jefe de Planta y autores del trabajo) y utilizando un diagrama de decisiones de acción, se definieron las posibles acciones que se podrían adoptar dentro del proceso para dar solución a las diferentes problemáticas expuestas, como se muestra en la Figura 44.

Figura 43. Diagrama de afinidades en relación al Objetivo 2

Acciones operativas	Revisión de los procedimientos y programas.	Mejorar, calibrar o reemplazar los recursos de manufactura.	Rediseñar sistemas y aplicar arquitecturas.
Causas	La actividad no requiere de la presencia continua del operario de esencias (Disolución de espesante).	Pérdida de tiempo por los recursos (tanque pulmón y tubería) encargados del suministro de agua (Disolución de espesante). Pérdida de tiempo por los recursos (bascula y balde) usados para el pesaje de disolvente y jarabe (Mezclado final y control de proceso).	Retrasos por órdenes de producción anteriores (Todas las actividades). Ejecución de actividades, que pueden ser realizadas con anterioridad (Mezclado final y control de proceso).

Fuente: elaboración propia.

Figura 44. Diagrama de decisiones de acción en relación al Objetivo 2



Fuente: elaboración propia.

4. Ejecutar acciones asociadas.

Se ejecutan las acciones asociadas dentro del proceso de esencias (cuarto ítem del Paso 6 (Figura 37)). El día 13 de abril de 2017, se ejecutaron las acciones asociadas relacionadas con las acciones operativas “Revisión de los procedimientos y programas” y “Rediseñar sistemas y aplicar arquitecturas”. Cabe mencionar que para este objetivo, también se tuvieron en cuenta otras pautas y recomendaciones expuestas en el Anexo C6.

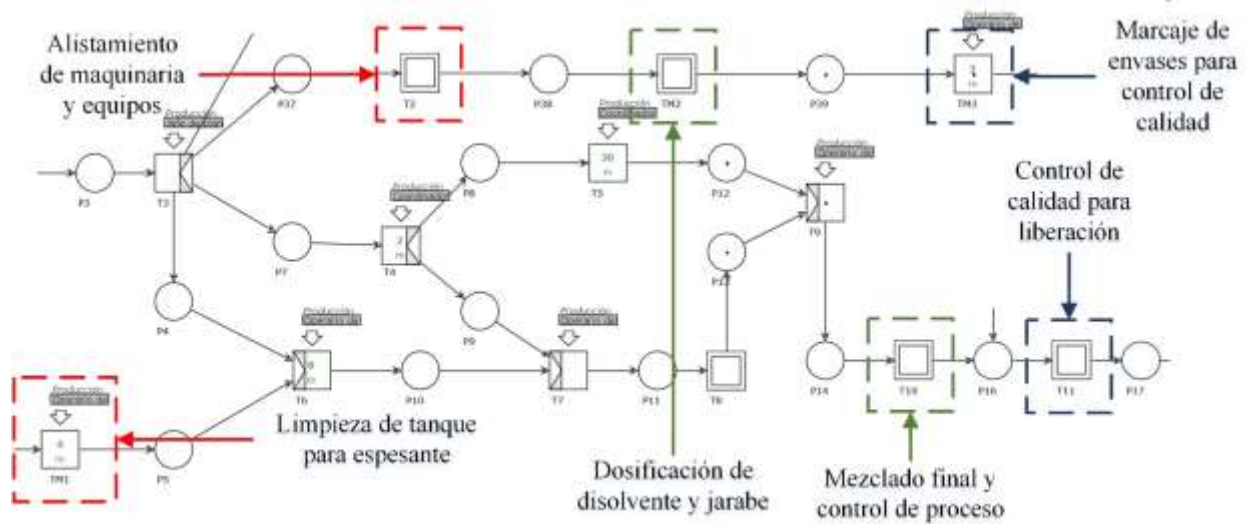
- **Revisión de los procedimientos y programas (Acción operativa 1) y Rediseñar sistemas y aplicar arquitecturas (Acción operativa 3):** para realizar las acciones asociadas de asignación de actividades durante el tiempo inactivo, re organización de actividades del proceso y asignación de otras actividades durante el tiempo libre del operario, se realizaron 3 modificaciones presentadas en color rojo, verde y azul, mostradas en Tabla 23 (detalladas en el Anexo C6). Esto permitió que el Operario de esencias realizará otras tareas durante la ejecución de las actividades de “Llenado de agua y adición de polvo” y “Disolución de espesante”, ayudando a agilizar el proceso y por consiguiente reducir su tiempo de ejecución, como resultado se obtuvo una nueva forma de ejecución del proceso (ver Fuente: elaboración propia).
- Figura 45 (ampliada en el ANEXO C6)), detallada en el modelo WF-Nets de la Figura 114, La Tabla 92 y la Tabla 93 del Anexo C6.

Tabla 23. Mejora – Actividades modificadas y redistribuidas

Habitual			Propuesta		
Transición Modelo WF-Nets	Actividad	H. V. Mejora Tiempo (min:s)	Transición Modelo WF-Nets	Actividad	H. V. Mejora Tiempo (min:s)
T2.1	Limpieza general de tanques	13min:31s	TM1	Limpieza de tanque para espesante	04min:00s
			T2.1	Limpieza general de tanques	09min:31s
T2.2	Alistamiento general	12min:56s	T2.2	Alistamiento general	12min:56s
T10	Mezclado final y control de proceso	61min:32s	TM2	Dosificación de disolvente y jarabe	24min:04s
			T10	Mezclado final y control de proceso	37min:28s
T11.1	Toma de muestras	08min:33s	TM3	Marcaje de envases para control de calidad	03min:00s
			T11.1	Toma de muestras	05min:33s
T11.2	Control de calidad	10min:53s	T11.2	Control de calidad	10min:53s

Fuente: elaboración propia.

Figura 45. Mejora – Modificaciones modelo WF-Nets proceso de esencias



Fuente: elaboración propia.

4.2. Evaluación del método

Con el fin de cumplir con lo expuesto en la Figura 12 del procedimiento, se evalúa el método propuesto considerando 2 aspectos importantes: la aplicación en el caso de estudio y los resultados de desempeño obtenidos.

4.2.1. Definición de criterios de evaluación

Castillo y Vásquez (2003), afirman que actualmente se usan diferentes metodologías cualitativas para investigar algunos fenómenos que cuantitativamente son difíciles de evaluar. Partiendo de esto, se considera que evaluar el método propuesto es un fenómeno complejo ya que no existen otros de referencia, no se tiene la experiencia, ni el conocimiento necesario para dar puntuación numérica al evaluar, por ende, se opta por realizar una evaluación cualitativa.

Según Mendoza (2015), una evaluación cualitativa trata de una valoración realizada a través de las características que tienen como base un escenario, cada persona posee un concepto de lo que representa una característica (alta, media o baja), y por tanto la evaluación puede convertirse en un elemento subjetivo. Para evitarlo y obtener resultados consistentes, se deben definir criterios precisos de lo que representa cada categoría, partiendo de aquellas amenazas que puedan generar consecuencias negativas.

En este caso, se identificaron como amenazas: el incumplimiento del método con los requerimientos de ISO 22400, los problemas presentados al aplicarlo en el caso de estudio y la

falta de cumplimiento del objetivo propuesto para cada paso. De esto surgen tres criterios de evaluación y tres criterios de valoración e interpretación como se indica en la

Tabla 24.

- **Criterio 1 – Cumplimiento de los requerimientos de ISO22400:** evalúa si los resultados obtenidos en cada uno de los pasos del método para aplicación de KPIs, cumplen con los requerimientos expuestos por el estándar.
- **Criterio 2 – Aplicabilidad del procedimiento propuesto:** evalúa la presencia de inconvenientes durante la ejecución del procedimiento propuesto para cada uno de los pasos del método para aplicación de KPIs.
- **Criterio 3 – Cumplimiento de los objetivos:** evalúa si la ejecución de cada paso logró el objetivo planteado para cada uno de los pasos del método para aplicación de KPIs.
-

Tabla 24. Conceptos e interpretación de criterios de evaluación.

Criterio	Concepto		Interpretación
Criterio1: cumplimiento de los requerimientos de ISO22400	Cumple	C	El paso sigue los criterios, los aspectos y las especificaciones definidas en el estándar ISO 22400.
	Cumple parcialmente	CP	El paso sigue algunos de los criterios, los aspectos o las especificaciones del estándar ISO 22400.
	No cumple	NC	El paso no sigue ninguno de los criterios, los aspectos o las especificaciones del estándar ISO 22400.
Criterio2: aplicabilidad del procedimiento propuesto	Cumple	C	El paso se aplicó sin inconvenientes y según lo establecido en el procedimiento propuesto en el método.
	Cumple parcialmente	CP	Se logró aplicar el paso, pero se presentaron inconvenientes, siendo necesario omitir o adicionar algunas consideraciones.
	No cumple	NC	No se logró aplicar el procedimiento ni el paso propuesto en el método.
Criterio3: cumplimiento de los objetivos	Cumple	C	La ejecución del paso propuesto en el método logró su objetivo y los resultados esperados.
	No cumple	NC	La ejecución del paso propuesto en el método no logró su objetivo.

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Evaluación del método a partir de su aplicación

Se definieron criterios para realizar la evaluación del método propuesto a partir de los resultados de la ejecución de cada uno de los pasos en el caso de estudio FRUSABOR S.A.

Evaluación del paso 1.

La Hoja de verificación de la empresa junto a los modelos IDEF0 y WF-Nets, permitieron definir detalladamente los subprocesos, sus medidas cualitativas y cuantitativas; así como las acciones operativas y asociadas, como se muestra en la Tabla 25.

El paso 1 se realizó satisfactoriamente, cumpliendo con los requerimientos propuestos por el estándar, con el procedimiento planteado y con el objetivo. Lo que permite concluir que el Paso 1, CUMPLE con todos los criterios planteados.

Tabla 25. Evaluación Paso 1 – Identificar el proceso a evaluar

Criterio	Condiciones y cumplimiento		Calificación
1	Aspectos ISO22400	Cumplimiento	C
	El proceso debe tener definidos los sub procesos que lo componen e identificar las condiciones que estos requieren para su ejecución.	<ul style="list-style-type: none"> • Modelos IDEF0 y WF-Net (Figura 65 a Figura 84 y Tabla 61 a Tabla 62 del Anexo C1). • Hoja de verificación (Anexo B2). • Ítem 1 del Anexo C1 	
	El proceso debe tener medidas cuantitativas y cualitativas de los resultados y de los objetivos de la operación.		
El proceso debe disponer de cursos de acción, que permitan ajustar los procesos y recursos para lograr los objetivos de la operación.			
2	Pasos	Cumplimiento	C
	1. Identificar las actividades críticas	Línea de producción de esencias (Ítem 1 del Anexo C1)	
	2. Obtener información relacionada con la actividad crítica	Información primaria y secundaria de la actividad crítica (Tabla 43 a Tabla 45 y Tabla 47 a Tabla 60 del Anexo C1).	
	3. Construir los modelos IDEF0 y WF-Nets	Modelos IDEF0 y WF-Net (Figura 65 a Figura 84 y Tabla 61 a Tabla 62 del Anexo C1).	
3	Objetivo	Cumplimiento	C
	Determinar y detallar actividades críticas que requieran y permitan	Modelos IDEF0 y WF-Net (Figura 65 a Figura 84 y Tabla 61 a Tabla	

	control y medición.	62 del Anexo C1).	
--	---------------------	-------------------	--

Fuente: elaboración propia.

Evaluación del paso 2

El ítem 1 presentó inconvenientes en su aplicación, fue necesario de realizar una clasificación de los objetivos generales. A pesar de esto, se lograron los resultados deseados en los dos ítems de este paso, se cumplió con el objetivo planteado y con lo especificado en el estándar ISO 22400, tal como se evidencia en la Tabla 26.

Tabla 26. Evaluación Paso 2 – Identificar objetivos

Criterio	Condiciones y cumplimiento		Calificación
	Aspectos ISO22400	Cumplimiento	
1	Objetivos medibles, es decir, con un valor objetivo, un tiempo para alcanzarlo, un valor de referencia del KPI y una tendencia deseada.	Objetivo específico 1 (Tabla 64) y Objetivo específico 2 (Tabla 66).	C
2	Pasos	Cumplimiento	CP
	1. Establecer objetivos generales.	Los objetivos generales de la Figura 85 se clasificaron en: <ul style="list-style-type: none"> • Optimizar procesos. • Estandarizar procesos. 	
	2. Establecer objetivos específicos para cada objetivo general.	Objetivo específico 1 (Tabla 64) y Objetivo específico 2 (Tabla 66).	
3	Objetivo	Cumplimiento	C
	Establecer metas a alcanzar, que permitan evaluar el desempeño de los procesos o actividades.	Objetivo específico 1 (Tabla 64) y Objetivo específico 2 (Tabla 66).	

Fuente: elaboración propia.

Evaluación del paso 3

Las acciones operativas del Anexo C3 y suministradas por el estándar ISO 22400, fueron establecidas en una reunión con las partes interesadas, a partir de los objetivos específicos a los que van destinadas, del enfoque y los Modelos IDEF0 y WF-Nets del proceso. Este paso se realizó satisfactoriamente, cumpliendo con los requerimientos propuestos por el estándar, con el procedimiento planteado y con el objetivo como se muestra en la Tabla 27.

Tabla 27. Evaluación Paso 3 – Describir las acciones operativas

Criterio	Condiciones y cumplimiento		Calificación
1	Aspectos ISO22400	Cumplimiento Determinación de acciones operativas (Anexo C3). Objetivo específico 1 <ul style="list-style-type: none"> • Revisión de los procedimientos y programas. 	C
	Determinar qué acciones operativas del estándar ISO 22400 pueden ser realizadas en la actividad crítica.		
2	Pasos	Objetivo específico 2 <ul style="list-style-type: none"> • Mejorar, calibrar o reemplazar los recursos de manufactura. • Revisión de los procedimientos y programas. 	C
	Establecer acciones operativas para alcanzar los objetivos, por medio de una reunión con las partes interesadas.		
3	Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar, calibrar o reemplazar los recursos de manufactura. • Rediseñar sistemas y aplicar arquitecturas. 	C
	Establecer acciones operativas que encaminen acciones asociadas y permitan llevar el KPI al valor deseado.		

Fuente: elaboración propia.

Evaluación del paso 4

Los elementos obtenidos para cada uno de los objetivos específicos, evidencian que hacen parte de un proceso repetible (orden de producción); poseen una narrativa que determina sus aportes y específica que son comparables (permiten medir el desempeño de los objetivos). Además, permitieron crear los KPIs por medio de la estructura de registro propuesta por el estándar ISO 22400. Se puede decir que los cuatro ítems de este paso se ejecutaron satisfactoriamente, cumpliendo con los requerimientos propuestos por el estándar, el procedimiento planteado y el objetivo como se puede ver en la Tabla 28.

Tabla 28. Evaluación Paso 4 – Determinar elementos y seleccionar KPIs

Criterio	Condiciones y cumplimiento		Calificación
1	Aspectos ISO22400	Cumplimiento	C
	Elementos cuantitativos (debe ser un procedimiento repetible), relevantes (debe proporcionar una narrativa) y comparables (debe tener un medio de comparación para estimar las mediciones con respecto al objetivo).	Ítem 2 y 3 Objetivo específico 1 (Anexo C4) Ítem 2 y 3 Objetivo específico 2 (Anexo C4)	
	El KPI debe estar vinculado directamente a un objetivo y a unos elementos, además de ser definido por medio de la estructura para registro de KPIs (Tabla 2).	KPIs EOP (Tabla 67) y EEJ (Tabla 68)	
2	Pasos	Cumplimiento	C
	1. Determinar elementos asociados a los objetivos.	Objetivo específico 1: TPOP y TROP Objetivo específico 2: TJOP y TROP	
	2. Verificar que dichos elementos existan en el proceso.	Ítem 2 Objetivo específico 1 (Anexo C4) Ítem 2 Objetivo específico 2 (Anexo C4)	
	3. Describir detalladamente cada elemento.	Ítem 3 Objetivo específico 1 (Anexo C4) Ítem 3 Objetivo específico 2 (Anexo C4)	
	4. Buscar o crear KPIs con los elementos obtenidos.	KPIs EOP (Tabla 67) y EEJ (Tabla 68)	
3	Objetivo	Cumplimiento	C
	Determinar los KPIs apropiados y aplicables, que vayan acorde a los objetivos planteados y permitan evaluar el desempeño.	KPIs EOP (Tabla 67) y EEJ (Tabla 68)	

Fuente: elaboración propia.

Evaluación del paso 5

Las medidas de los elementos fueron determinadas con datos obtenidos del proceso como, tiempos promedio, cantidades a producir, presentación, entre otros; esto permitió calcular los KPIs y compararlos con los rangos deseados establecidos en los objetivos, concluyendo que no se logró el desempeño deseado y por tanto fue necesario determinar y realizar acciones asociadas. De forma que los tres ítems de este paso se ejecutaron satisfactoriamente, cumpliendo con los

requerimientos propuestos por el estándar, con el procedimiento planteado y con el objetivo como se ilustra en la Tabla 29.

Tabla 29. Evaluación Paso 5 – Evaluar el desempeño frente a los objetivos con los KPIs

Criterio	Condiciones y cumplimiento		Calificación
1	Aspectos ISO22400	Cumplimiento	C
	Los KPIs deben ser calculados utilizando datos del dominio de control para proporcionar al dominio de empresa y de MOM, información de ayuda para la toma de decisiones.	Hojas de verificación (Figura 93 a Figura 96), Tiempos promedio (Tabla 43 a Tabla 45, Tabla 69 a Tabla 80) e Inicio y fin de orden (Tabla 82)	
2	Pasos	Cumplimiento	C
	1. Obtener los datos y medidas que componen los elementos del KPI.	TPOP = Tabla 81, TROP = Tabla 82 y TJOP = atributo “Valor objetivo” de la Tabla 66.	
	2. Calcular el KPI por medio de su fórmula.	Ítem 2 KPI EOP (Anexo C5) Ítem 2 KPI EEJ (Anexo C5)	
	3. Determinar si es necesario aplicar acciones asociadas.	Ítem 3 KPI EOP (Anexo C5) Ítem 3 KPI EEJ (Anexo C5)	
3	Objetivo	Cumplimiento	C
	Realizar el cálculo del KPI, para comparar el valor obtenido con el objetivo planteado y determinar la necesidad de acciones asociadas	Ítem 2 y 3 KPI EOP (Anexo C5) Ítem 2 y 3 KPI EEJ (Anexo C5)	

Fuente: elaboración propia.

- **Evaluación del paso 6**

Las causas que impiden el cumplimiento de los objetivos, fueron determinadas a través de un torbellino de ideas (teniendo en cuenta las actividades y recursos que influyen en cada elemento); clasificadas según las acciones operativas del Anexo C3 y presentadas en un diagramas de afinidades, permitiendo así determinar las acciones asociadas (diagrama de decisiones de acción) que se ejecutaron en el proceso. De modo que, los cuatro ítems de este paso se ejecutaron satisfactoriamente, cumpliendo con los requerimientos propuestos por el estándar, con el procedimiento planteado y con el objetivo, como lo indica la Tabla 30.

Tabla 30. Evaluación Paso 6 – Describir y realizar acciones asociadas

Criterio	Condiciones y cumplimiento		Calificación
1	Aspectos ISO22400	Cumplimiento	C
	Los elementos que forman el KPI, se utilizan para identificar las acciones asociadas, que deben describir las actividades que conducen a la consecución del objetivo, por medio de los recursos y los actores necesarios.	Ítem 4 KPI EOP (Anexo C6) Ítem 4 KPI EEJ (Anexo C6) Torbellino de ideas KPI EOP - Tabla 85 Torbellino de ideas KPI EEJ - Tabla 86	
2	Pasos	Cumplimiento	C
	1. Identificar las causas	Torbellino de ideas KPI EOP - Tabla 85 Torbellino de ideas KPI EEJ - Tabla 86	
	2. Clasificar las causas	Diagrama de afinidades KPI EOP - Figura 98 Diagrama de afinidades KPI EEJ - Figura 106	
	3. Determinar acciones asociadas	Diagrama de decisiones de acción KPI EOP - Figura 99 Diagrama de decisiones de acción KPI EEJ - Figura 107	
	4. Ejecutar acciones asociadas	Ítem 4 KPI EOP (Anexo C6) Ítem 4 KPI EEJ (Anexo C6)	
3	Objetivo	Cumplimiento	C
	Determinar y realizar acciones asociadas con base en las acciones operativas, para dar cumplimiento a los objetivos.	Ítem 3 y 4 KPI EOP (Anexo C6) Ítem 3 y 4 KPI EEJ (Anexo C6)	

Fuente: elaboración propia.

- **Validación de KPIs**

Kermorgant y Manninen (2015), las normas AENOR UNE 66175 (2003) y AENOR UNE-EN 15341 (2008) establecen conceptos que se deben cumplir para verificar que los KPIs obtenidos mediante la aplicación del método, son de utilidad para el proceso y se determinaron de forma correcta. Solo se considera lo propuesto por la norma AENOR UNE 66175 (2003), ya que propone una validación formal por medio de una serie de preguntas, que incluyen los conceptos y aspectos expuesto por los demás autores. Los cuestionamientos para la validación de KPIs, que se presentan y se responden a continuación, permitirán determinar si el método propuesto para aplicación de KPIs, es bueno para la obtención y diseño de éstos.

- ¿Es útil el indicador?
- ¿El indicador sirve para tomar decisiones?
- ¿El indicador representa claramente el concepto que se desea conocer?
- ¿La utilidad generada compensa el costo de recogida de información y de desarrollo del indicador?
- ¿Su definición permite comparar el resultado en el tiempo y sin dudas sobre la fiabilidad de los datos?
- ¿Es adecuada la periodicidad establecida?
-

Los indicadores clave de desempeño obtenidos durante la ejecución de los pasos 1, 2, 3 y 4 del método propuesto, cumplen con los conceptos y aspectos necesarios, garantizando que éstos son de utilidad para el proceso y que se determinaron de forma correcta, concluyendo así que el método es útil para diseñar KPIs confiables y alineados a los objetivos planteados por las partes interesadas, como se evidencia en la Tabla 31.

Tabla 31. Validación de KPIs

Criterio	Respuesta	Cumplimiento
¿Es útil el indicador?	Los KPIs obtenidos a partir del método, son útiles porque permiten medir, mejorar y hacer seguimiento del desempeño de las actividades, como se aprecia en la ejecución y los resultados de los pasos 5 y 6 (cálculo de los KPIs y ejecución de acciones asociadas) expuestos en el Anexo C5 y el Anexo C6.	✓
¿El indicador sirve para tomar decisiones?	Los KPIs, como se muestra en el Paso 5 (Anexo C5), permiten la toma de decisiones (necesidad de ejecutar acciones asociadas) a partir de, su cálculo, el valor de referencia del KPI definido en el objetivo y de las acciones operativas descritas en el Paso 3 (Anexo C3).	✓
¿El indicador representa claramente el concepto que se desea conocer?	Los elementos y KPIs obtenidos en el Paso 4 (Anexo C4), están íntimamente ligados a los objetivos definidos en el Paso 2 (Anexo C2), por tanto permiten interpretar de manera clara qué se desea medir y cuál es su fin, representando el concepto que se desea conocer.	✓
¿La utilidad generada compensa el costo de recogida de información y de desarrollo del indicador?	Como se presenta en la ejecución del Paso 4 (Anexo C4), los elementos de cada uno de los KPIs pueden ser obtenidos de forma sencilla, ya sea por los tiempos promedio suministrados por la empresa, el inicio y fin de la orden de producción o el tiempo total de trabajo de una jornada laboral. Esto hace que, la recolección de datos sea simple y no requiera de inclusión de personal o la necesidad de mucho tiempo, lo que resalta la utilidad de estos indicadores.	✓
¿Su definición permite comparar el resultado en el tiempo y sin dudas sobre la fiabilidad de los datos?	Como se presenta en la ejecución del Paso 4 (Anexo C4), los elementos de los indicadores, cumplen los requerimientos del estándar ISO 22400. Pues, fueron definidos especificando la forma de obtención de los datos que los componen y permitiendo que los resultados (valores en porcentaje) del KPI puedan ser comparados en el tiempo.	✓
¿Es adecuada la periodicidad establecida?	La periodicidad diaria establecida para los KPIs en la ejecución del Paso 4 (Anexo C4) es adecuada, ya que permite evaluar el desempeño de cada una de las ordenes de producción y consecuentemente realizar un buen seguimiento del proceso.	✓

Fuente: elaboración propia.

4.2.3. Evaluación del método por medio de los resultados de su aplicación.

Las acciones asociadas determinadas, se ejecutaron en el proceso el día 13 de abril de 2017 y también se realizó el paso 5 “evaluar el desempeño frente a los objetivos con los KPIs obtenidos”. Esto con el fin de medir el avance de los objetivos a través de los KPIs y evaluar los resultados de la aplicación del método propuesto.

- **Resultados de la aplicación del método propuesto.**

- **KPI Objetivo 1 - Eficiencia de ejecución de una orden de producción (EOP).**

- 1. Obtener los datos y medidas que componen los elementos del KPI.**

Se realizó observación y medición del proceso el día 13 de abril de 2017, también se solicitó a la empresa la hoja de verificación, expuesta en la Figura 110 del Anexo C6. Como resultado se obtuvieron las medidas presentadas a continuación.

- **Tiempo de ejecución planeado de una orden de producción (TPOP):** la medida de este elemento, se presenta en la Tabla 32 y fue determinada a partir de los tiempos promedio de cada actividad (Tabla 43, Tabla 44 y Tabla 45) y de la hoja de verificación del día 13 de abril de 2017 (ver Figura 110).

Cabe aclarar que, para éste elemento se tuvieron en cuenta las acciones asociadas presentadas en la ejecución del Paso 6 y expuestas en el Anexo C6, las cuales reorganizan el proceso ejecutando actividades en paralelo durante el tiempo libre del Operario de esencias, tal como se presenta en la Fuente: elaboración propia.

Figura 45 y en la Tabla 23. Por tal razón, no se tienen en cuenta las actividades en paralelo realizadas por el Operario de esencias, obteniendo así un TPOP para la H.V. Mejora de 07 horas, 57 minutos y 46 segundos.

- **Tiempo de ejecución real de una orden de producción:** la medida de este elemento, se presenta en la Tabla 33 y se obtuvo de la ejecución de la orden programada el 13 de abril de 2017 en la hoja de verificación H.V. Mejora. Tal orden, inició con la entrega de la hoja de verificación al Operario de esencias a las 08:07 a. m., a las 05:00 p. m. el proceso se detuvo debido al término de la jornada laboral y el día siguiente (14 de abril de 2017), a las 08:00 a.m. se continuó con la ejecución de la orden de producción y se finalizó a las 09:15 a. m., de modo que el tiempo utilizado para la ejecución de la orden de producción fue de 09 horas y 58 minutos, sin incluir tiempos de descanso y almuerzo (1 hora). Por tanto, el elemento TROP para la H.V. Mejora es de 08 horas y 58 minutos.

Tabla 32. Determinación del elemento TPOP para H.V. Mejora

Trans.	Actividad	H. V. Mejora Tiempo (min:s)	
		\bar{X} (min:s)	σ (min:s)
TM1	Limpieza de tanque para espesante	04min:00s	±00min:20s
T6 T7	Llenado de agua y adición de polvo	53min:28s	±03min:08s
T8	Mezclado	46min:59s	±02min:04s
	Reposo de mezcla	48min:24s	±03min:09s
	Homogenización	20min:17s	±01min:35s
T10	Mezclado final y control de proceso	37min:28s	±02min:57s
T11	Toma de muestras	05min:33s	±00min:29s
	Control de calidad	10min:53s	±00min:32s
T15	Envasado y empaque	222min:52s	±22min:23s
T16	Transporte de producto terminado	05min:44s	±00min:19s
	Verificación de cantidades	04min:17s	±00min:14s
	Organización de producto terminado	17min:51s	±00min:55s
TPOP (min:s)		477min:46s ±38min:05s	
TPOP (h:min:s)		07h:57min:46s ±38min:05s	
Actividades en paralelo			
T2	Limpieza general de tanques	09min:31s	±01min:04s
	Alistamiento general	12min:56s	±02min:18s
TM2	Dosificación de disolvente y jarabe	24min:04s	±01min:43s
TM3	Marcaje de envases para control de calidad	03min:00s	±00min:18s

Fuente: elaboración propia.

Tabla 33. Determinación del elemento TROP para H.V. Mejora

Orden	Inicio de orden (dd/mm/yyyy hh:mm)	Fin de orden (dd/mm/yyyy hh:mm)	Tiempo total utilizado para la ejecución	Tiempos de descansos y almuerzos	TROP (h:min)
H.V. Mejora	13/04/2017 08:07 a. m.	14/04/2017 09:15 a. m.	09h:58min	15min – Descanso 30min – Almuerzo 15min – Descanso	08h:58min

Fuente: elaboración propia.

2. Calcular el KPI por medio de su fórmula.

Se realizó el cálculo del KPI aplicando su fórmula (Ecuación 1), realizando la conversión del tiempo de los elementos a segundos, obteniendo un EOP de 88.8 % como se indica en la Ecuación 12.

$$EOP = \frac{TPOP}{TROP} = \frac{07h:57min:46s}{08h:58min:00s} \quad (\text{Ecuación 9})$$

$$EOP_{H.V.Mejora} = \frac{28666s}{32280s}$$

(Ecuación 10)

$$EOP_{H.V.Mejora} = 0.888$$

(Ecuación 11)

$$EOP_{H.V.Mejora} = 88.8\%$$

(Ecuación 12)

3. Determinar si es necesario aplicar acciones asociadas

Para determinar si era necesario realizar acciones asociadas que ayudarán a llevar el proceso al valor objetivo, se observaron los resultados obtenidos ($EOP = 88.8\%$) y el atributo “Valor de referencia del KPI” del objetivo específico 1 entre 92% y 100% (Tabla 13), concluyendo que el proceso no cumplió con el objetivo planteado y era necesario determinar y aplicar las acciones asociadas.

- KPI Objetivo 2 – Eficiencia de ejecución en una jornada laboral (EEJ).

1. Obtener los datos y medidas que componen los elementos del KPI.

Se realizó observación y medición del proceso el día 13 de abril de 2017, se solicitó a la empresa la orden de producción expuesta en la Figura 110 del Anexo C6. Las medidas obtenidas se presentan enseguida.

- **Tiempo de una jornada laboral para ejecutar una orden de producción (TJOP):** la medida se obtuvo excluyendo los tiempos de almuerzo y descansos (1 hora) y los tiempos por suplementos (20 minutos) de las 9 horas de trabajo diarias. Como resultado el elemento TJOP obtuvo un valor de 07 horas y 40 minutos, como se especifica en el atributo “Valor objetivo” del objetivo específico 2 (Tabla 14).
- **Tiempo real de ejecución de una orden de producción (TROP):** las medidas de este elemento se obtuvieron para el anterior KPI y se presentan en la Tabla 33.

2. Calcular el KPI por medio de su fórmula.

Se realizó el cálculo del KPI usando su fórmula (Ecuación 13). Se convirtió el tiempo de los elementos a segundos y se obtuvo un EEJ de 85.5% (ver Ecuación 16).

$$EEJ = \frac{TJOP}{TROP} = \frac{07h:40min:00s}{08h:58min:00s} \quad (\text{Ecuación 13})$$

$$EEJ_{H.V.Mejora} = \frac{27600s}{32280s}$$

(Ecuación 14)

$$EEJ_{H.V.Mejora} = 0.855$$

(Ecuación 15)

$$EEJ_{H.V.Mejora} = 85.5\%$$

(Ecuación 16)

3. Determinar si es necesario aplicar acciones asociadas.

Para determinar si era necesario realizar acciones asociadas que ayudarán a llevar el proceso al valor objetivo, se observaron los resultados (EEJ = 85.5%) y el atributo “Valor de referencia del KPI” del objetivo específico 2 entre 95.8% y 100% (Tabla 14), concluyendo que el proceso no cumplía con el objetivo planteado y era necesario determinar y aplicar las acciones asociadas.

- **Interpretación y análisis de resultados.**

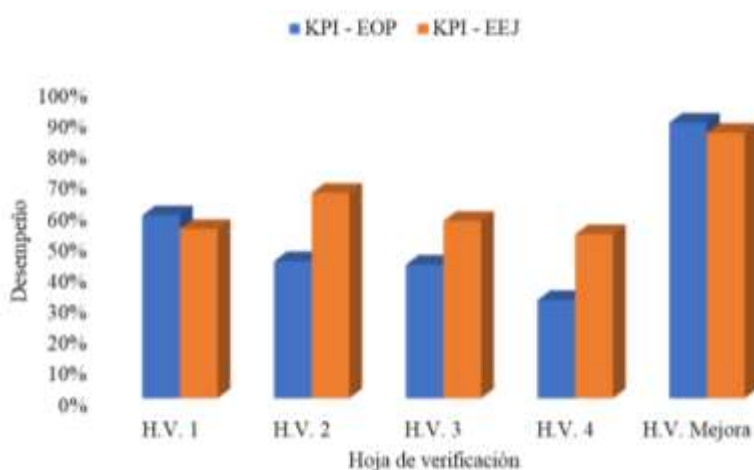
Los valores de los KPIs obtenidos para la H.V. Mejora, se compararon con los desempeños anteriores, expuestos en la Tabla 34 y representados en la Figura 46.

Los desempeños anteriores de EOP indican que, el logro del objetivo específico 1 “Ejecutar las órdenes de producción según el tiempo planeado por el programa” es inferior al 60% antes de ejecutar las acciones asociadas; una vez realizadas el desempeño actual de EOP alcanzó un 88.8%, evidenciando una mejora en la actividad crítica. Sin embargo, no se cumplió con la meta deseada, por lo cual es necesario aplicar nuevamente acciones asociadas (paso 6) y evaluar el desempeño (paso 5) hasta alcanzar el objetivo.

Los desempeños anteriores de EEJ indican que, el logro del objetivo específico 2 “Ejecutar las órdenes de producción en una jornada laboral” es inferior a 70% antes de ejecutar las acciones asociadas; una vez realizadas el desempeño alcanzó un 85.5%, evidenciando una mejora en la actividad crítica. Sin embargo, no se cumplió con la meta deseada, siendo necesario aplicar nuevamente acciones asociadas (paso 6) y evaluar el desempeño (paso 5) hasta alcanzar el objetivo.

La Tabla 34 y la Figura 46, evidencian que la actividad crítica obtuvo mejoras en cuanto al desempeño de los objetivos planteados, se podría pensar que esto es únicamente producto de la aplicación de las acciones asociadas. Sin embargo, se debe tener en cuenta que su necesidad se determina con base en el valor del KPI y su obtención se realiza a partir de los elementos que permiten evaluar el desempeño de los objetivos, de modo que las acciones asociadas tienen relación directa con los pasos del método y por tanto, una mejora en el desempeño de la actividad crítica es producto de la aplicación de éstos. Lo anterior, permite concluir que la aplicación del método propuesto, genera buenos resultados y se constituye como una buena herramienta para la mejora de procesos productivos.

Figura 46. Comparación de desempeño para los KPIs EOP y EEJ



Fuente: elaboración propia.

Tabla 34. Resultados de desempeño de los KPIs EOP y EEJ.

KPI	Desempeños anteriores				Desempeño actual
	H.V. 1	H.V. 2	H.V. 3	H.V. 4	H.V. Mejora
EOP	58.96%	44.19%	43.06%	31.67%	88.8%
EEJ	54.56%	66.18%	57.14%	52.87%	85.5 %

Fuente: elaboración propia.

4.2.4. Conclusión de la evaluación del método.

La evaluación del método a partir de su aplicación, se resume en la Tabla 35 y permite concluir que los pasos propuestos dan cumplimiento a los criterios definidos, a excepción del Paso 2, que presentó inconvenientes en el cumplimiento del Criterio 2 “Aplicabilidad del procedimiento propuesto”, ya que requirió clasificación de Objetivos generales, por lo cual, se replanteó el Paso 2 en el ítem 4.3. “Mejora y planteamiento del método para aplicación de KPIs”.

Tabla 35. Resumen de la evaluación de los pasos.

Criterios	Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4	Paso 5	Paso 6
Requerimientos ISO22400	C	C	C	C	C	C
Aplicabilidad del procedimiento	C	CP	C	C	C	C
Cumplimiento de objetivos	C	C	C	C	C	C
C = Cumple CP = Cumple parcialmente NC = No cumple						

Fuente: elaboración propia.

La validación basada en AENOR UNE 66175 (2003) (Tabla 31) y lo expuesto en la Tabla 35, permite afirmar que los KPIs resultantes de la aplicación de los pasos 1, 2, 3 y 4 del método propuesto son útiles para el proceso y se determinaron de forma correcta, porque están relacionados con los objetivos, esto los hace precisos y confiables para la toma de decisiones. De la evaluación por medio de los resultados de su aplicación (ítem 4.2.2) y la ejecución de los pasos 5 y 6 (Tabla 34 y la Figura 46), se puede evidenciar un aumento favorable en el desempeño de los KPIs obtenidos para el proceso productivo de esencias y una mejora al llevar a cabo las acciones asociadas en el proceso, ayudando así a alcanzar los objetivos planteados.

La evaluación del método propuesto, verifica el cumplimiento de los factores de comparación expuestos en la Tabla 1, como se presenta a continuación.

- **Formal:** la Tabla 35 muestra que la aplicación de cada paso cumplió con los requerimientos expuestos por el estándar ISO 22400, con lo cual omite el contenido empírico.
- **Define pasos:** el método propuesto define 6 pasos para la aplicación de KPIs de producción (ver Figura 20 y Tabla 35), basados en la información de ISO 22400 y otros aportes.
- **Detalla pasos:** en la Tabla 35 se puede observar que, el método solo presentó problemas de aplicabilidad en el paso 2, por tanto, se plantea una mejora del método.
- **Propone KPIs:** el método propuesto cumple con el objetivo del paso 4, logrando identificar y definir KPIs de producción para el caso de estudio (ver Tabla 35).
- **Enfoque nivel 3:** la aplicación del método propuesto cumple con los objetivos planteados para en cada paso, permite identificar las actividades críticas, los elementos y los KPIs utilizados por MOM para determinar y ejecutar acciones que ayuden a cumplir los objetivos planteados para el área de producción. Esto, evidencia un enfoque en el nivel 3.
- **Evaluado en caso de estudio:** cada uno de los pasos del método propuesto fueron aplicados y evaluados en el caso de estudio “Frusabor S.A.”, como se muestra en la Tabla 35.
- **Basado en ISO 22400:** los pasos propuestos cumplen con los requerimientos de ISO 22400 (ver Tabla 35).

Tabla 36. Tabla comparativa de propuestas relacionadas con la aplicación de KPIs.

Factores de comparación Trabajos	Formal	Define pasos	Detalla pasos	Propone KPIs	Enfoque nivel 3 (MOM)	Enfoque nivel 4	Evaluado en caso de estudio	Basado en ISO 22400
Kermorgant & Manninen (2015)	X	X	X	X		X		
Coates et al. (2010)		X				X	X	
Lindberg et al. (2015)				X	X		X	
Lawsure et al. (2015)		X			X			
Endrass (2013)	X	X	X		X		X	
Behzadirad & Stenfors (2015)		X	X		X		X	X
AENOR UNE-EN 15341 (2008)	X	X		X	X			
AENOR UNE 66175 (2003)	X	X	X					
Tamayo y García (2009)		X	X	X	X		X	
Ríos (2012)	X	X	X			X	X	
Mora R. (2011)	X	X	X	X		X	X	
Barletta (2012)					X		X	X
Crúz et al. (2008)				X		X	X	
Weiss et al. (2013)		X			X			X
Método para la aplicación de KPIs de producción basado en el estándar ISO 22400	X	X	X	X	X		X	X

Fuente: elaboración propia.

El método propuesto para aplicación de KPIs cumple con los factores de comparación establecidos y a diferencia de los documentos expuestos en la Tabla 36, éste presenta una mejor propuesta, que además de ser formal, posee pasos estructurados y detallados basados en el estándar ISO 22400. También, plantea un procedimiento para la adecuada determinación y aplicación de KPIs útiles en la mejora de procesos y en el logro de los objetivos planteados. Dicho de otro modo, el método desarrollado genera buenos resultados y es más adecuado y entendible para la determinación y aplicación de KPIs de producción (nivel 3) en empresas de manufactura.

4.3. Mejora y planteamiento del método para aplicación de KPIs

En la Tabla 35 se evidencia que el método presentó problemas de aplicabilidad en el paso 2 (ítem 1), algunos objetivos generales tenían características similares, lo que dificultó su identificación. Para solucionarlo, se propuso añadir el siguiente ítem, el cual se puede apreciar en la Figura 22 (ver ítem 3.3.)

- Clasificar y unificar los objetivos generales, de manera que se identifiquen claramente los objetivos del área de producción (evitando objetivos incluidos en otros, objetivos específicos, entre otros).

4.4. Conclusiones

- La aplicación del método en el caso de estudio, permitió ejecutar y evaluar cada uno de los pasos propuestos, evidenciando que éstos son formales, detallados y entendibles, lo que facilita la aplicación de KPIs de producción en el nivel 3.
- Las problemáticas y falencias encontradas en aplicación del método y su evaluación, permitieron plantear en el paso 2 un nuevo procedimiento para detallar el método y hacerlo más entendible.
- La aplicación del método en el caso de estudio, no alcanzó los valores de referencia establecidos en los objetivos. Sin embargo, generó mejoras en la actividad crítica, lo que resalta la importancia de los KPIs y por consiguiente del método.

4.5. Aporte

El aporte de este capítulo, es el método formal para la aplicación de KPIs de producción basado en el estándar ISO 22400 con mejoras, realizadas a partir de su evaluación en un caso de estudio.

Conclusiones y trabajos futuros

Conclusiones

- La caracterización del estándar ISO 22400, permitió extraer y analizar información de pasos, definiciones, criterios, características y KPIs, útiles para desarrollar el método para aplicación de KPIs de producción. Además, permitió evidenciar que el estándar es una herramienta útil para solucionar el problema de falta de métodos formales, ya que brinda lineamientos para aplicar indicadores clave de desempeño en el nivel 3 (MOM).
- La relación de los pasos para la aplicación de KPIs, propuestos por el estándar ISO 22400 (2014) y el modelo de administración de operaciones de producción, evidencia que los KPIs impactan todas las actividades y son una herramienta muy útil para mejorar procesos.
- El análisis de la relación entre la caracterización y los trabajos enfocados a la aplicación de KPIs, permitió determinar y detallar los pasos del método satisfactoriamente, por medio de procedimientos, técnicas y herramientas como el modelado empresarial, técnicas de recolección de información y herramientas para encontrar causas y determinar acciones.
- La aplicación y evaluación del método en el caso de estudio FRUSABOR S.A., permitió realizar mejoras y proponer un planteamiento final. Además, al comparar el método con los trabajos citados en el estado del arte, se concluye que es más formal y detallado, constituyendo una buena herramienta para la aplicación de KPIs y la mejora del desempeño de procesos de producción.
- En la mayoría de pasos del método propuesto se evidenció que el modelado empresarial es una herramienta fundamental, ya que permitió identificar la actividad crítica, verificar y describir detalladamente los elementos que forman los KPIs, determinar y ejecutar acciones asociadas para el cumplimiento de los objetivos y consecuentemente mejorar el desempeño del proceso.
- La ejecución de las actividades y subactividades del procedimiento propuesto, permitió generar un método formal para aplicar indicadores clave de desempeño de producción basado en el estándar ISO 22400, el cual suple la falta de procedimientos formales y detallados, identificada en el estado del arte, considerándose como la herramienta más adecuada para aplicar KPIs.

Trabajos futuros

- Debido a que el método propuesto está enfocado al ámbito de producción y que adicional a éste, MOM abarca los ámbitos de calidad, mantenimiento e inventario, se propone verificar la aplicabilidad del método en estos últimos, con el fin de obtener recomendaciones que ayuden a generar un método que los incluya.
- Adaptar el método propuesto para su aplicación en el nivel 4, con el fin de mejorar el desempeño en áreas como compras, ventas, recursos humanos, entre otros.
- Ya que el estándar ISO 22400 modifica frecuentemente sus documentos, se propone actualizar el método según lo haga el estándar, principalmente con las partes 1 y 2 y posteriormente adaptarlo a las partes 3 y 4, las cuales todavía están en edición y no han sido publicadas.
- Debido a la existencia de KPI-ML, se propone realizar la adaptación del método propuesto a esta herramienta, con el fin de intercambiar los valores de los KPIs entre los diferentes niveles, de forma rápida y eficiente, para garantizar control continuo al proceso.

Referencias

- AENOR UNE 66175. (2003). *Sistemas de gestión de la calidad, Guía para la implantación de sistemas de indicadores*. Madrid: AENOR.
- AENOR UNE-EN 15341. (2008). *Mantenimiento, Indicadores de rendimiento del mantenimiento*. Madrid: AENOR.
- Alvarado, H. (8 de Diciembre de 2016). *Sistemas y procedimientos en la empresa*. Obtenido de Universidad del País Vasco: <http://www.ehu.es/lia/lia99/video2/MaterOYMUPV.pdf>
- Alvarez, H. (12 de Agosto de 2016). *Gestión y desarrollo de los pilares mejoras enfocadas, mantenimiento autónomo y planificado*. Recuperado el 9 de Junio de 2016, de ceroaverias.com:
<http://ceroaverias.com/encyclopedy/centroTPM/articulospublicados/PDF/perdidas%20para%20web.pdf>
- Baber, E. (13 de Noviembre de 2016). *Método epidemiológico*. Obtenido de Salud Pública 1 Weblog: <https://saludpublica1.files.wordpress.com/2012/08/mc3a9todo-epidemiolc3b3gico.pdf>
- Báez, R., & Sequeira, V. (2006). *Métodos y técnicas de Investigación*. Managua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Barletta, I. (2012). *Una metodologia cross view di sviluppo di key performance indicator di efficienza energetica*. Milán.
- Behzadirad, A., & Stenfors, F. (2015). *A study of key performance indicators (KPIs) at one of the production sites of Fresenius Kabi in Brunna, Sweden*. Estocolmo: KTH Industrial Engineering and Management.
- Benguría, S., Martín, B., Valdés, M., Pastellides, P., & Gómez, L. (14 de Diciembre de 2010). *Observación*. Recuperado el 13 de Octubre de 2016, de Universidad Autónoma de Madrid:
https://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/InvestigacionEE/Presentaciones/Curso_10/Observacion_trabajo.pdf
- Bertin, R. (2012). *Rediseño del proceso de facturación de una empresa del rubro automotriz*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Blanch, R. (2011). *Contribución a la selección de cadenas de procesos de fabricación*. Girona: Universitat de Girona.
- Brunello, M., & Rocha, M. (14 de Septiembre de 2016). *Modelado de procesos*. Recuperado el 27 de Septiembre de 2016, de Google documentos:

<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbmVjYjYk2ZTThhXhYmRldGljc3xneDo0NmRiYmViZDJjYjk2ZTThh>

- Buitrago, D., & Valbuena, D. (2007). *Estandarización de procesos en una empresa productora de leche de la sabana de Bogotá*. Bogota: Universidad de La Salle.
- Camejo, E., Díaz, L., Fernández, P., & Soto, M. (16 de Febrero de 2017). *Metodos formales*. Obtenido de innovacionpnfi2012: <https://innovacionpnfi2012.wordpress.com/metodos-formales-2/>
- Campos, G., & Lule, N. (2012). La observación, un método para el estudio de la realidad. *Xihmai*, 7(13), 45-60.
- Castillo, E., & Vásquez, M. (2003). El rigor metodológico en la investigación cualitativa. *Colombia Médica*, 164-167.
- Cheesman, S. (5 de Diciembre de 2016). *Conceptos básicos en investigación*. Obtenido de Investigar1's Blog: <https://investigar1.files.wordpress.com/2010/05/conceptos.pdf>
- Coates, P., Arayici, Y., Kagioglou, M., & Koskela, L. (2010). The key performance indicators of the BIM implementation process. *Computing in Civil and Building Engineering, Proceedings of the International Conference*. (págs. 157-162). Nottingham: University of Nottingham.
- Córdova, T., & Elda, M. (2011). *Estructura y uso de los manuales de procedimientos*. Hermosillo: Universidad de Sonora. Departamento de Ingeniería Industrial.
- Correa, J. L. (2012). *Influencia del capital humano para la competitividad de las pymes en el sector manufacturero de Celaya, Guanajuato*. Celaya: Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso.
- Cortés, M., & Iglesias, M. (2014). *Generalidades sobre metodología de la investigación*. Ciudad del Carmen: Universidad Autónoma del Carmen.
- Crúz, G., Lara, C., Ortega, M., Rábago, J., & Gómez, V. (2008). *Implementación de KPI en ADEMSA*. Ciudad de México: Instituto Politecnico Nacional Escuela Superior de Comercio y Administración.
- Díaz, E., Rivera, C., Escobar, S., & Rojas, O. (2014). Modelado de los procesos de gestión para el laboratorio de metrología del sector energético. *Gerencia Tecnológica Informatica*, 13(35), 79-94.
- Endrass, F. (2013). *Performance measurement using shop floor data*. Estocolmo: KTH Industrial Engineering and Management.
- Estrada, A. A., Matamoros, K. S., & Severino, S. T. (2007). *Proyecto de mejora del servicio de producto inmobiliario aplicando modelado IDEFO y el proceso de transformación de empresas*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del litoral.

- Freytag, T., & Sänger, M. (2014). *WoPeD - An educational tool for workflow nets*. Karlsruhe: Woped.
- Gallardo, Y., & Moreno, A. (1999). *Serie Aprender a investigar, Módulo 3 Recolección de la información*. Santa Fe de Bogotá: ARFO EDITORES LTDA.
- Gallegos, V., & Reyes, J. (2008). *Innovación Disruptiva: Análisis del caso "Salinas Motors"*. Cholula: Universidad de las Américas Puebla.
- García, I. A., Miranda, E. F., R. C., & Hoyos, F. B. (2007). *Lineamientos metodológicos para la caracterización institucional y la formulación del plan de mejoramiento institucional*. Santiago de Cali: Artes Graficas del Valle.
- García, M., Martínez, C., Martín, N., & Sánchez, L. (23 de Noviembre de 2016). *La entrevista*. Recuperado el 28 de Octubre de 2016, de Universidad Autonoma de Madrid: [https://uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/Met_Inves_Avan/Presentaciones/Entrevista_\(trabajo\).pdf](https://uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/Met_Inves_Avan/Presentaciones/Entrevista_(trabajo).pdf)
- Gil, Y., & Vallejo, E. (2008). *Guía para la identificación y análisis de los procesos de la Universidad de Málaga*. Málaga: Vicerrectorado de calidad, planificación estratégica y responsabilidad social.
- González, C. (2012). *Estandarización y mejora de los procesos productivos en la empresa estampados color way SAS*. Caldas: Corporación Universitaria Lasallista.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. Mexico D.F.: McGraw-Hill.
- Hesse, S., Vasyutynskyy, V., Nadoveza, D., & Kiritsis, D. (2013). Visual analysis of performance indicators and processes in modern manufacturing. *Global Conference on Sustainable Manufacturing, 11(1)*, 455-460.
- IEC 62264-3. (2007). *Enterprise-control system integration -- Part 3: Activity models of manufacturing operations management*. Ginebra: ISO.
- Instituto Uruguayo de Normas Técnicas. (2009). *Herramientas para la mejora de la calidad*. Montevideo: UNIT.
- ISO 22400-1. (2014). *Automation systems and integration -- Key performance indicators (KPIs) for manufacturing operations management -- Part 1: Overview, concepts and terminology*. Ginebra: ISO.
- ISO 22400-2. (2014). *Automation systems and integration -- Key performance indicators (KPIs) for manufacturing operations management -- Part 2: Definitions and descriptions*. Ginebra: ISO.
- Johnsson, C. (2014). Key Performance Indicators Used as Measurement Parameter for Plant-Wide Feedback Loops. En B. Grabot, B. Vallespir, S. Gomes, A. Bouras, & D. Kiritsis,

- Advances in Production Management Systems* (Vol. 3, págs. 91-99). Ajaccio: IFIP WG 5.7 International Conference, APMS.
- Kermorgant, V., & Manninen, I. (12 de Febrero de 2015). *Yolandahernandez.es*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2016, de Implementing Web Analytics the Nokia Way: a Customer's Methodology: http://www.yolandahernandez.es/wp-content/doc/kpionline_lienzo/Implementing_WA_Nokia.pdf
- Lafuente, C., & Marín, A. (2008). Metodologías de la investigación en las ciencias sociales: Fases, fuentes y selección de técnicas. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, *1(64)*, 5-18.
- Lawsure, K., Ezell, B., Collins, A., Horst, J., & Hester, P. (2015). Web Enabled Selection Method for Key Performance Indicators for Manufacturing. *MODSIM World*, *1(43)*, 1-9.
- Lindberg, C.-F., Tan, S., Yan, J., & Starfelt, F. (2015). Key performance indicators improve industrial performance. *Energy Procedia*, *75*, 1785-1790.
- Meaden, G., & Kapetsky, J. (1992). *Los sistemas de información geográfica y la telepercepción en la pesca continental y la acuicultura*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Mendoza, M. Á. (23 de Marzo de 2015). *welivesecurity*. Obtenido de ¿Evaluación de riesgos cualitativa o cuantitativa?: <https://www.welivesecurity.com/la-es/2015/03/23/evaluacion-de-riesgos-cualitativa-o-cuantitativa/>
- Montoya, E. S. (2010). Métodos formales e ingeniería de software. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, *1(30)*, 158-184.
- Mora, L. (14 de Noviembre de 2016). *Fundación de Estudios Superiores Comfanorte*. Obtenido de Indicadores de gestión logística: http://www.fesc.edu.co/portal/archivos/e_libros/logistica/ind_logistica.pdf
- Mora, R. (2011). *Diseño e implementación de indicadores de gestión (KPI's) en la industria cervecera*. Guayaquil: Universidad Técnica Particular de Loja.
- Muñoz, D. (2006). *Estandarización de los procesos de producción de los productos elaborados para los puntos de venta de Yogen Frus*. Bogota: Universidad de La Salle.
- National Institute of Standards and Technology. (1993). *Integration Definition for Function Modeling (IDEF0)*. Gaithersburg: United States of America: Secretary.
- Pérez, J., & Merino, M. (15 de Diciembre de 2016). *Herramienta*. Obtenido de Definicion.de: <http://definicion.de/herramienta/>
- Puig, D. (05 de Diciembre de 2016). *AIE. Comité de Automatización y Control Industrial*. Recuperado el 15 de Mayo de 2016, de Identificación de problemas en la industria: <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/articulos/diciembre-05.pdf>

- RAE. (14 de Octubre de 2016). *Detallar*. Recuperado el 14 de Octubre de 2016, de Real Academia Española: <http://dle.rae.es/?id=DZQQjZR>
- RAE. (14 de Octubre de 2016). *Formal*. Recuperado el 14 de Octubre de 2016, de Real Academia Española: <http://dle.rae.es/?id=IF5edRF>
- RAE. (18 de Diciembre de 2016). *Método*. Obtenido de Real Academia Española: <http://dle.rae.es/?id=P7dyaFK>
- RAE. (16 de Febrero de 2017). *Formalidad*. Obtenido de Real Academia Española: <http://dle.rae.es/?id=IF7jcZc>
- Ramonet, J. (15 de Diciembre de 2016). *Diagramas de flujo*. Obtenido de Jaume Ramonet: http://www.jramonet.com/sites/default/files/adjuntos/diagramas_flujo_jrf_v2013.pdf
- Ríos, O. (2012). *Desarrollo, aplicación y gestión de las key performance indicators (KPI) en área crítica del proceso logístico*. Cuautitlán izcalli: Universidad nacional autónoma de México.
- Rojas, C., & Ignacio, R. (2011). Elementos para el diseño de técnicas de investigación: una propuesta de definiciones y procedimientos en la investigación científica. *Tiempo de educar*, 12(24), 277-297.
- Rojas, Ó., Gómez, Á., Tumbajoy, L., & Velasco, J. (2012). Modelado dinámico del proceso de trazabilidad de producto con redes de Petri para Workflow. *ÉPSILON*, 117-144.
- Sánchez, O., Mier, F., & Astete, L. (15 de Abril de 2017). *Guía para la optimización, estandarización y mejora continua de procesos*. Obtenido de gob.mx: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/56904/Gu_a_para_la_Optimizaci_n_Estandarizaci_n_y_Mejora_Continua_de_Procesos.pdf
- Sanchis, R., Poler, R., & Ortiz, Á. (2009). Técnicas para el Modelado de Procesos de Negocio en Cadenas de Suministro. *Información Tecnológica*, 29-40.
- Solana, P., Alonso, M., & Pérez, D. (2007). Análisis y modelado con redes de workflow del proceso de tratamiento de experiencias operativas. *Decisiones basadas en el conocimiento y en el papel social de la empresa (AEDEM)*, 1109-1122.
- Tamayo, L. F., & García, G. L. (2009). Metodología para la implementación de “key performance indicators” (KPI’s) en empresas constructoras. *Congreso Uruguayo de Mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad*, 5(1), 1-15.
- UNIVASvirtual. (1 de Agosto de 2011). *Diferencias entre metodología, método y técnica*. Obtenido de calameo: <http://es.calameo.com/read/001520787f429f87b1831>
- van der Aalst, W. (1998). The Application of Petri Nets to Workflow Management. *Journal of Circuits, Systems and Computers*, 8(1), 21-66.

- van der Aalst, W. (08 de Mayo de 2017). *Verification of Workflow Nets*. Recuperado el 2016 de Octubre de 09, de Semantic Scholar:
<https://pdfs.semanticscholar.org/bf69/5529114a3a2e7eaa25331fca8d15d6ecb0f9.pdf>
- van der Aalst, W., van Hee, K., ter Hofstede, A., Sidorova, N., Verbeek, E., Voorhoeve, M., & Wynn, M. (08 de Febrero de 2008). *Soundness of workflow nets: classification, decidability, and analysis*. Recuperado el 6 de Octubre de 2016, de BPM Center:
<http://bpmcenter.org/wp-content/uploads/reports/2008/BPM-08-02.pdf>
- Vargas, I. (2012). La entrevista en la investigación cualitativa: Nuevas tendencias y retos. *Calidad en la Educación Superior*, 3(1), 119-139.
- Vargas, R. (2008). *Estadística II Programa Administración Pública Territorial*. Bogota D.C.: Escuela Superior de Administración Pública.
- VDMA 66412-1. (2009). *Manufacturing Execution Systems (MES) Kennzahlen*. Berlín: VDMA.
- Viñas , V. (2015). *Modelado del proceso de esterilización del hospital clínico de Valladolid mediante diagramas IDEF*. Valladolid: Universidad de Valladolid.
- Weiss, B., Horst, J., & Proctor, F. (2013). *Assessment of real-time factory performance through the application of multi-relationship evaluation design*. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology.
- Whitman, L., Huff, B., & Presley, A. (1997). Structured models and dynamic systems analysis: The integration of the IDEF0/IDEF3 methods and discrete event simulation. *Proceedings of the 1997 winter simulation conference*.

Anexo A

Herramientas utilizadas en el método para aplicación de KPIs de producción

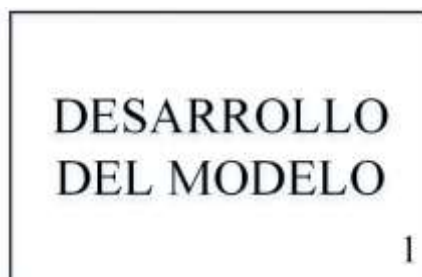
Anexo A1 Modelado empresarial

- **IDEF0**

Según el National Institute of Standards and Technology (1993), IDEF0 es una técnica de modelado basada en gráficos y textos combinados, que se presentan de una manera organizada y sistemática para ganar comprensión, apoyar el análisis, proporcionar la lógica para cambios potenciales o especificar requerimientos, permitiendo modelar una amplia variedad de sistemas automatizados y no automatizados. Un modelo IDEF0 se compone de una serie jerárquica de diagramas, que muestran gradualmente niveles crecientes de detalle, describiendo funciones y sus interfaces dentro del contexto de un sistema. Hay tres tipos de información en un modelo IDEF0: diagrama gráfico, texto y glosario. Los diagramas gráficos definen las funciones y relaciones funcionales a través de cajas y flechas. El texto y glosario proporcionan información adicional como soporte de los diagramas gráficos. A continuación, se detalla lo más importante de la sintaxis y semántica de un modelo IDEF0.

- Cajas: una caja ofrece una descripción de lo que sucede en una función designada. Cada caja debe tener un nombre y un número: el nombre debe ser un verbo activo o una frase verbo que describa la función, y cada caja del diagrama deberá tener un número ubicado en la esquina inferior derecha, el cual se utiliza para identificar el sujeto al que está asociado.

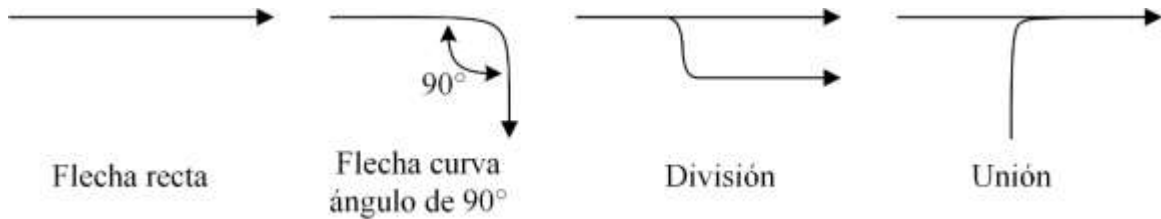
Figura 47. Sintaxis caja IDEF0.



Fuente: tomada y modificada de Integration Definition for Function Modeling (1993).

- Flechas: una flecha está compuesta por uno o más segmentos de línea, con un terminal de punta de flecha en un extremo, las flechas pueden ser rectas o curvas (con un arco de 90° que conecta partes horizontales y verticales) y pueden tener configuraciones de ramificación (división o unión). Estas no representan flujo o secuencia como en el diagrama de flujo del proceso tradicional, sino que transmiten los datos u objetos relacionados con las funciones a realizar.

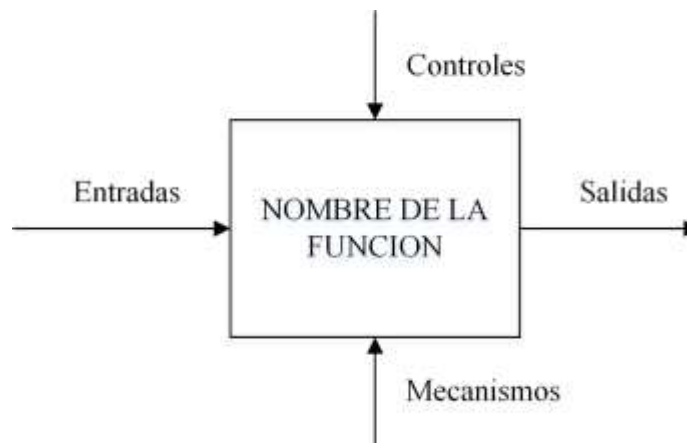
Figura 48. Sintaxis flechas IDEF0.



Fuente: tomada y modificada de Integration Definition for Function Modeling (1993).

Como se puede observar en la Figura 49, las flechas que entran por el lado izquierdo de la caja son las “Entradas”, estas se transforman o consumen por la función para producir “Salidas”; las flechas que entran en la caja por la parte superior son los “Controles”, estos especifican las condiciones requeridas para que la función pueda producir “Salidas” correctas; las flechas que entran por la parte inferior de la caja son los “Mecanismos”, estos identifican los medios que soportan la ejecución de la función.

Figura 49. Posición y roles de flechas IDEF0.



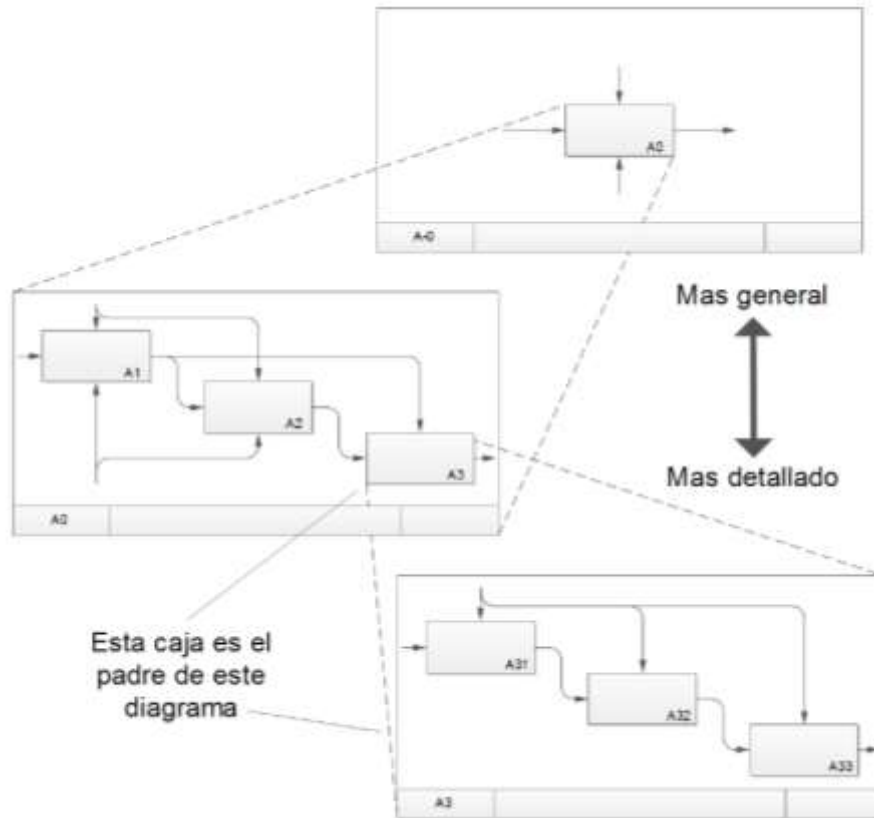
Fuente: tomada y modificada de Integration Definition for Function Modeling (1993).

Un modelo IDEF0 se compone de 3 tipos de información (diagrama gráfico, texto y glosario), de los cuales el diagrama gráfico es su principal componente, contiene cajas, flechas, cajas y flechas interconectadas y relaciones asociadas. Las cajas representan cada función principal de un sujeto, estas se desglosan o descomponen en diagramas más detallados, hasta que el sujeto es descrito al nivel requerido, con el fin de apoyar los objetivos de un proyecto en particular.

- Diagrama de contexto: el diagrama de contexto o A-0, es la representación de nivel superior en el modelo y contiene solamente un proceso; este proporciona una descripción más general o abstracta del sujeto representado por el modelo y se convierte en padre de los demás diagramas IDEF0, para posteriormente ser detallado por una serie de diagramas hijo.
- Diagrama hijo: la función única presentada en el diagrama de contexto, puede ser descompuesta en un diagrama hijo, el cual contiene sus principales sub-funciones (cajas hijo), estas a su vez, se pueden descomponer, creando cada una otros diagramas hijo de nivel inferior. Cada diagrama hijo contiene cajas hijo y flechas que proporcionan detalles adicionales acerca de la función que representan (caja padre). El diagrama hijo que resulta de la descomposición de una función (caja padre) se puede considerar como el “interior” de esta.
- Diagrama padre: es el que contiene una o más cajas hijo. Cada diagrama, a diferencia del de contexto, es también un diagrama hijo, ya que por definición detallan una función (caja padre). Así, un diagrama puede ser a la vez un diagrama padre (que contiene cajas hijo) y un diagrama hijo (que detalla una caja padre). Del mismo modo, una caja puede ser tanto una caja padre (que es detallada por un diagrama hijo) y una caja hijo (que aparece en un diagrama hijo).

En un diagrama, las funciones se descomponen dependiendo del nivel de detalle requerido. A continuación en la Figura 50, se presenta un ejemplo de descomposición de un modelo IDEF0.

Figura 50. Estructura de descomposición.



Fuente: tomada y modificada de Integration Definition for Function Modeling (1993).

IDEF0 es una técnica de ingeniería para la realización y gestión de análisis de necesidades, análisis de beneficios, definición de requerimientos, análisis funcional, diseño de sistemas, mantenimiento y líneas base para la mejora continua. Los modelos IDEF0 proporcionan un "plano" de las funciones y sus interfaces, que deben ser capturadas y entendidas con el fin de tomar decisiones de sistemas de ingeniería que sean lógicas, integrables y alcanzables; además, refleja cómo las funciones del sistema se interrelacionan y actúan. Esto hace que posea las siguientes características:

- Es amplio y expresivo, capaz de representar gráficamente una amplia variedad de negocios, manufactura y otros tipos de operaciones de la empresa a cualquier nivel de detalle.
- Es un lenguaje coherente y simple, que proporciona una expresión rigurosa y precisa.
- Mejora la comunicación entre los analistas de sistemas, desarrolladores y usuarios a través de su fácil aprendizaje y su énfasis en la exposición jerárquica de detalle.
- Puede ser generado por una gran variedad de herramientas software; numerosos productos comerciales apoyan y soportan el desarrollo y análisis de diagramas y modelos IDEF0.

- Permite analizar y diseñar sistemas compuestos por personas, máquinas, materiales, equipos e información de todo tipo y en todos los niveles - toda la empresa, un sistema, o un área.
- Produce documentación de referencia que sirve como base para la integración de nuevos sistemas o la mejora de los sistemas existentes.
- Permite la administración de proyectos grandes y complejos usando medidas cualitativas de progreso.
- Proporcionar una arquitectura de referencia para el análisis de la empresa, la información de ingeniería y la administración de recursos.

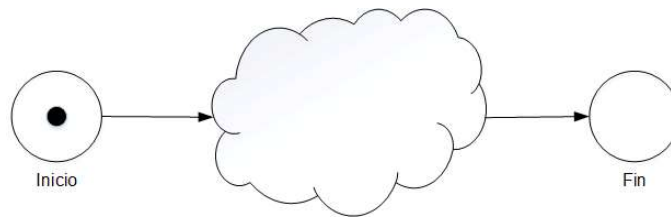
- **Workflow Nets**

Workflow Nets es una combinación de dos técnicas, redes de Petri y Workflow, destinadas al modelado de procesos. Los Workflow hacen referencia a la automatización de procedimientos, documentos, información o tareas que se transmiten entre los participantes, de acuerdo con un conjunto definido de reglas, para lograr o contribuir a un objetivo general de la empresa. Por otro lado, las Redes de Petri son herramientas de modelado gráfico y matemático, que es extensible a un gran número de sistemas, entre ellas la representación de flujos de trabajo y la interacción entre distintos sistemas (Díaz, Rivera, Escobar, & Rojas, 2014).

Workflow Nets se ha convertido en una de las formas estándar para modelar y analizar los flujos de trabajo. Típicamente, se utilizan como una abstracción del flujo de trabajo y permiten comprobar la denominada propiedad de solidez, la cual garantiza la ausencia de bloqueos en vivo, callejones sin salida y otras anomalías que pueden ser detectadas (van der Aalst, y otros, 2008).

El flujo de trabajo, describe el orden de las actividades que se ejecutan en un caso determinado, por ejemplo, para el caso de manejo de reclamaciones, describe como se procesa cada una individualmente. A pesar que en un momento dado, puede haber muchas, el flujo de trabajo solo describe una de forma aislada, por lo tanto, se debe tener en cuenta que estas pueden competir por los recursos. Además, como se observa en la Figura 51, cada caso debe tener un punto de partida y punto final en el tiempo; incluso si se tienen en cuenta múltiples actividades iniciales y finales, desde un punto de vista conceptual, todavía hay un estado inicial único y un estado final único (van der Aalst, y otros, 2008).

Figura 51. Workflow Nets



Fuente: tomada y modificada de Soundness of workflow nets: classification, decidability, and analysis (2008).

Una de las principales propiedades de un procedimiento adecuado, es que cuando termina un procedimiento debe haber un token en su lugar “fin”, y los demás lugares deben estar vacíos (van der Aalst, Verification of Workflow Nets, 2017).

En Workflow Nets las tareas o actividades son modeladas por transiciones; el orden de estas se modela con lugares que conectan las transiciones y las marcas o tokens representan su estado. Para las transiciones, se definen 4 tipos de triggers (Figura 52) que permiten el disparo de una tarea o actividad: Automático, Recurso, Mensaje y Tiempo (van der Aalst, The Application of Petri Nets to Workflow Management, 1998) (Rojas, Gómez, Tumbajoy, & Velasco, 2012).

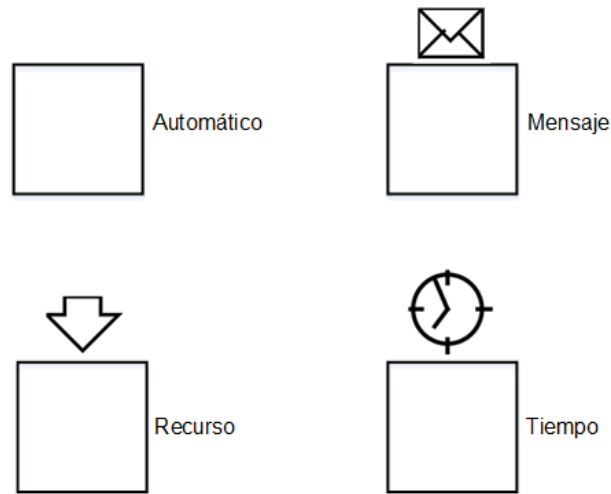
Automático: la activación de la transición depende nada más de condiciones habituales (tokens en los lugares de entrada) y se ejecuta de forma automática.

Mensaje: la activación de la transición depende de la llegada de un mensaje desde fuera del proceso modelado.

Recursos: la activación de la transición depende de la disponibilidad de un objeto de recurso, por ejemplo, un participante humano en el flujo de trabajo.

Tiempo: la activación de la transición depende de un cierto tiempo que ha de ser alcanzado.

Figura 52. Tipos de Triggers

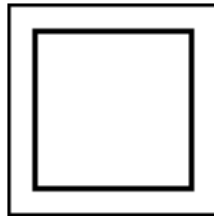


Fuente: tomada y modificada de The Application of Petri Nets to Workflow Management (1998).

Subproceso en WF-Nets

Permite la modularización de los grandes modelos, es decir, para referirse a otra red que se va a insertar en el proceso o actividad.

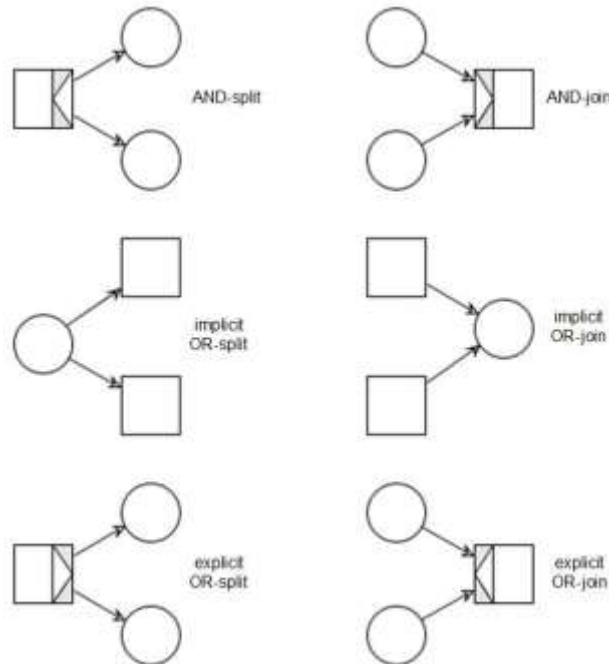
Figura 53. Subproceso en Workflow Nets



Fuente: tomada y modificada de WoPeD - An educational tool for workflow nets (2014).

En la Figura 54, se ilustran los bloques más importantes para construir modelos en Workflow.

Figura 54. Bloques para construir modelos en Workflow



Fuente: tomada y modificada de Modelado dinámico del proceso de trazabilidad de producto con redes de Petri para WorkFlow (2012).

La técnica WF-Nets cumple con las siguientes características (van der Aalst, 1998):

- Permite conocer cómo están estructuradas las tareas, cómo se realizan y cómo se sincronizan.
- Permite realizar seguimiento para dar cumplimiento a las tareas de una manera adecuada, y así agilizar los procesos de intercambio de información y la toma de decisiones.
- Posee un método con validación y verificación formal; además de ser un modelado secuencial, concurrente, con incorporación del tiempo y diseño jerárquico.
- Permite la relación con formato .xml.
- Permite ejecutar las tareas por personas adecuadas en tiempos de respuesta esperados.
- Permite la realización de estudios de optimización de la circulación de información interna de la empresa.
- Integra los procesos empresariales según los flujos de información.
- Permite ahorro de tiempo y mejora en la productividad.

Anexo A2

Técnicas de recolección de información primaria y secundaria

Información primaria

La información primaria es aquella que el investigador obtiene directamente a través de un contacto inmediato con su objeto de análisis. Para su recolección existen tres técnicas:

- **La observación**

La observación es un proceso riguroso de investigación, que permite describir situaciones y/o contrastar hipótesis, con el objetivo de recoger datos, para formular o verificar una hipótesis (Benguría, Martín, Valdés, Pastellides, & Gómez, 2010) (Campos & Lule, 2012) y ayudar a (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2006):

- Explorar ambientes, contextos, subculturas y la mayoría de los aspectos de la vida social.
- Describir comunidades, contextos o ambientes; asimismo las actividades que se desarrollan en estos, las personas que participan en tales actividades y los significados de las mismas.
- Comprender procesos, vinculaciones entre personas y sus situaciones o circunstancias, los eventos que suceden a través del tiempo, los patrones que se desarrollan, así como los contextos sociales y culturales en los cuales ocurren las experiencias humanas.
- Identificar problemas.
- Generar hipótesis para futuros estudios.

En la observación usualmente no se usan registros estándar, en su lugar, se generan listados de elementos y de unidades que se quieren analizar, para esto es necesario seleccionar el papel más apropiado con el fin de lograr una mejor observación, teniendo en cuenta el estudio, las circunstancias y la observación de todo lo que se considere pertinente (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2006).

Se recomienda que el observador realice una observación participativa activa (no se mezcla completamente con los participantes) o participativa completa (el observador es un participante más), ya que estas permiten un mayor entendimiento desde un punto de vista interno; aunque no se debe olvidar que estas pueden ocasionar que se pierda el enfoque como observador, perjudicando la recolección de información (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2006).

- **La entrevista**

La entrevista investigativa se entiende como la conversación que sostiene una persona (entrevistador) con otra(s) (entrevistado(s)), para compartir oralmente aquello concerniente a un tema específico o evento acontecido relacionado con la indagación que se realiza, esto con la finalidad específica de obtener información a través de testimonios y reportes verbales (Vargas I. , 2012).

La entrevista generalmente se hace cara a cara entre el entrevistador y el entrevistado, debido a que ambos están presentes, hay oportunidad de una gran flexibilidad para dilucidar y aclarar la información que se está obteniendo. Además, el entrevistador tiene la oportunidad de observar al sujeto entrevistado (García, Martínez, Martín, & Sánchez, 2016). Existen tres tipos de entrevista: entrevista estandarizada o estructurada, entrevista menos estandarizada y entrevista no estandarizada (Gallardo & Moreno, 1999), (García, Martínez, Martín, & Sánchez, 2016). Para este trabajo, la entrevista no estandarizada no se tiene en cuenta, debido a su informalidad.

En la entrevista estandarizada o estructurada todas las preguntas se elaboran con anticipación y son presentadas con rigidez o sistematización a todos los entrevistados, con el fin de asegurar que estos responden a la misma cuestión y así poder clasificar, analizar y comparar la información obtenida con más facilidad, ya que si se emplean preguntas diferentes, las respuestas no van a ser comparables entre sí (Vargas I. , 2012).

En la entrevista menos estandarizada el investigador lleva a cabo previamente un trabajo de planificación de la misma, elaborando un guion que determine aquella información temática que quiere obtener. Esta entrevista se emplea principalmente para estudios más intensivos de las percepciones, actitudes o motivaciones de los sujetos, ya que es más flexible y exige una mayor preparación por parte del entrevistador. Esta se divide en dos tipos: centrada o focalizada, en la cual el entrevistador enfoca su atención sobre una experiencia o evento dado y sus efectos y entrevista clínica, destinada a conocer u obtener un cuadro general de los sentimientos o motivaciones del sujeto, más que de los efectos de una experiencia específica (Gallardo & Moreno, 1999), (García, Martínez, Martín, & Sánchez, 2016).

Las entrevistas están compuestas básicamente por preguntas, las cuales son estímulos verbales que producen o generan imágenes en el interrogado, quien genera una o un conjunto de respuestas. Para el registro de las respuestas existen dos medios, si las preguntas están pre-codificadas (si son de respuesta fija) simplemente se chequea la alternativa correspondiente a la respuesta; si las preguntas son libres o abiertas, el entrevistador debe registrar por escrito, de manera clara, las respuestas o utilizar una grabadora (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2006).

- **La encuesta**

La encuesta es una técnica cuantitativa que consiste en una investigación realizada sobre una muestra representativa de sujetos, de un colectivo más amplio, utilizando procedimientos estandarizados de interrogación, con el fin de obtener información primaria sobre una gran cantidad de características objetivas y subjetivas de la población (Báez & Sequeira, 2006).

En la encuesta, el volumen de información a veces es considerablemente grande, debido a la utilización de técnicas de muestreo y a la inferencia estadística. Ésta es una gran ventaja en términos comparativos y desde el punto de vista de la precisión, ya que al poder reducir el problema investigativo al lenguaje de variables, la cuantificación se hace posible y garantiza al analista una mejor precisión. A continuación, se presentan los principales elementos constitutivos de una encuesta (Gallardo & Moreno, 1999):

- Definición de los conceptos de la encuesta.
- Diseño del cuestionario de la encuesta: construir las preguntas y disponerlas ordenadamente.
- Diseño de la muestra: definir a qué tipo de población se va a hacer la encuesta.
- Trabajo de campo de la encuesta: se debe hacer una prueba previa al cuestionario y aplicarlo a los encuestados.
- Registro de la encuesta: constituir un libro código para consignar los datos obtenidos mediante el formulario.

La encuesta se realiza siempre en función de un cuestionario, siendo éste el documento básico para obtener la información en la gran mayoría de las investigaciones y estudios. El cuestionario es un documento formado por un conjunto de preguntas que deben estar organizadas, secuenciadas, estructuradas y redactadas de forma coherente, de acuerdo con una determinada planificación, con el fin de que las respuestas puedan ofrecer toda la información que se necesita. El contenido de las preguntas de un cuestionario es tan variado como los aspectos que mide; básicamente se consideran dos tipos de preguntas: cerradas y abiertas (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2006).

- Las preguntas cerradas contienen categorías u opciones de respuesta que han sido previamente delimitadas; es decir, se presentan a los participantes las posibilidades de respuesta, quienes deben ajustarse a estas.
- Las preguntas abiertas no delimitan de antemano las alternativas de respuesta, por lo cual el número de categorías de respuesta es muy elevado; en teoría, es infinito y puede variar de población en población.

Recolección de información secundaria

La información secundaria es aquella que el investigador recoge a partir de investigaciones ya hechas por otros, con propósitos diferentes. Esta existe antes de que el investigador plantee su hipótesis, y por lo general, nunca se entra en contacto directo con el objeto de estudio (Gallardo & Moreno, 1999). Los datos secundarios pueden tener los siguientes formatos básicos (Meaden & Kapetsky, 1992):

- Informes por escrito - descriptivos, explicativos o analíticos.
- Diagramas, figuras, ilustraciones, fotografías o mapas, que son percepciones gráficas de la realidad.
- Cuadros, gráficos o estadísticas, o sea, resúmenes cuantificados de los datos del mundo real.
- Material codificado en forma digital, para su uso en computadoras.

Anexo A3

Herramientas para determinación de acciones asociadas

Según el Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (2009), las herramientas nombradas a continuación, ayudan a la identificación de problemáticas dentro de los procesos, para poder determinar acciones asociadas:

1. Torbellino de ideas.
2. Diagrama de afinidades.
3. Diagrama de decisiones de acción.

Esta secuencia parte de una situación para llegar hasta la decisión de implantar una acción, sin demasiadas etapas y con escasa inversión de tiempo. En seguida se detalla cada una de las herramientas nombradas.

1. Torbellino de ideas

Es una herramienta que ayuda a encontrar e identificar posibles soluciones a problemas y oportunidades, para el mejoramiento de forma fácil y rápida. La metodología para llevar a cabo un torbellino de ideas consta de dos fases: la fase de generación de ideas y la fase de aclaración de las mismas.

Para la fase de generación, el moderador de la sesión recuerda las directrices, el propósito de esta e invita a todos los integrantes a una participación activa. Las directrices que se aconseja seguir para la sesión son:

- Identificar claramente el problema a resolver en esa sesión particular, es decir, fijar el objetivo.
- Cada integrante del equipo toma un turno, en una secuencia, estableciendo una única idea (en una frase lo más corta posible).
- A partir de cada idea los demás integrantes del equipo pueden encontrar la inspiración para una nueva idea.
- Se registra las ideas de modo que todos los integrantes del equipo puedan verlas (esto depende de la metodología empleada).
- El proceso continúa hasta que no se generan más ideas (o si el moderador ha establecido un tiempo máximo para esta fase).

Para la fase de aclaración, el grupo revisa todas las ideas propuestas, con el fin de comprenderlas y evitar omitir otras. En esta etapa, no se evalúa las ideas en cuanto a su contenido o adecuación para lo que se desea resolver y se debe evitar la utilización de frases que limiten la creatividad de los participantes, como: “ya hicimos eso antes”, “eso no dará resultado”, “el jefe no lo aprobaría” o “es contra la política de la empresa”.

2. Diagrama de afinidades

Esta herramienta está pensada para estimular la creatividad y participación en equipos de trabajo y se usa generalmente para la organización de ideas, opiniones o asuntos que tienen relación entre sí sobre un problema en particular. Su objetivo principal es organizar la información recolectada en grupos o problemas, basándose en las relaciones existentes.

Usualmente, el diagrama de afinidades se usa posterior al torbellino de ideas, aunque puede emplearse directamente, dependiendo de la conformación y experiencia del equipo. Para la utilización de esta herramienta es necesario agrupar las ideas de modo que:

- Se coloquen en un mismo grupo las ideas que parecen estar relacionadas.
- Se limita la cantidad de grupos a un máximo de diez.
- No se fuerce la inclusión de ideas en los distintos grupos.
- Crear un título que capte el significado de cada grupo.
- Partiendo de los títulos obtenidos anteriormente, si se puede, se reagrupan las ideas semejantes en un nivel de abstracción suplementario.
- Crear un título que capte el significado de los reagrupamientos obtenidos.

Durante el proceso de agrupamiento, el equipo de trabajo puede generar y proponer nuevas ideas. A continuación, se presenta un ejemplo de un diagrama de afinidades.

Figura 55. Ejemplo diagrama de afinidades



Fuente: tomada y modificada de Herramientas para la mejora de la calidad (2009).

3. Diagrama de decisiones de acción

El diagrama de decisiones de acción («process decision program chart», PDPC) es una herramienta usada para indicar las relaciones entre un tema y los elementos que lo componen, lo que permite efectuar un análisis sistemático, en el cual se debe establecer un plan de acción para el que intervienen varias hipótesis y procurar que estas sean lo más acertadas posibles, con el fin de acercar cada vez más lo planificado al objetivo planteado.

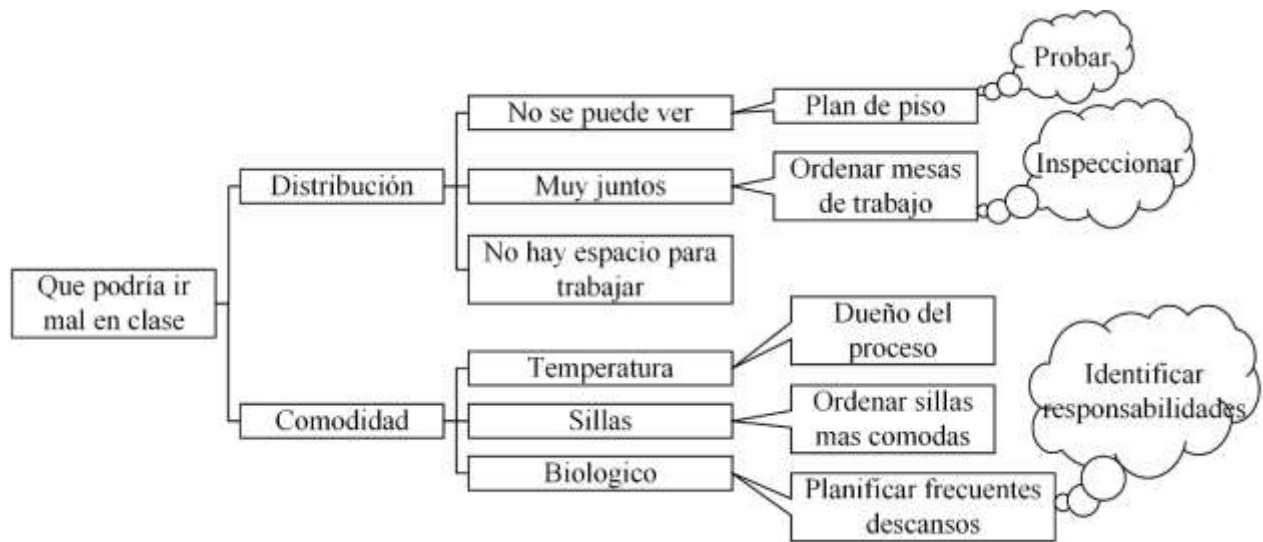
La construcción de un diagrama de decisiones de acción se realiza trazando un camino ideal, se parte de una situación para alcanzar un objetivo establecido, haciendo aparecer en la representación gráfica las situaciones indeseables, así como las formas de evitarlas. Para evitar la aparición de un defecto o una no-conformidad, se debe establecer previamente todas las posibles vías para que esto suceda.

Las ideas generadas por un torbellino de ideas y agrupadas en un diagrama de afinidad, pueden convertirse en un diagrama de decisiones de acción. Para esto se usa la siguiente metodología:

- Establecer clara y simplemente el problema a ser estudiado.
- Definir las categorías principales del problema (se efectúa un torbellino de ideas o se usa las tarjetas de encabezamiento del diagrama de afinidad).
- Construir el diagrama colocando el problema en una casilla en el lado izquierdo.
- Colocar las categorías principales como ramas laterales a la derecha.
- Definir, para cada categoría principal, los componentes.
- Colocar para cada categoría principal, como ramas laterales a la derecha, los componentes.
- Revisar el diagrama para asegurarse que no hay vacíos, ya sea de secuencia o de lógica.
- Establecer para cada componente la acción asociada que le dará solución (siempre que se pueda).

El PDPC también se lleva a cabo empleando la dinámica de equipo, con un moderador y una cantidad variable de participantes, de acuerdo al problema que se pretende resolver.

Figura 56. Ejemplo diagrama de decisiones de acción



Fuente: Tomada y modificada de Herramientas para la mejora de la calidad (2009).

Anexo B

Información de la empresa caso de estudio

C.I. Industrias Frusabor S.A.

Anexo B1

Información general de C.I. Industrias Frusabor S.A.

C.I. Industrias Frusabor S.A. Fundada en 1994, inicia su desarrollo como empresa incursionando con insumos indispensables para la industria de panadería y repostería tales como Saborizantes, polvo para horneado, azúcar especial pulverizada, jaleas saborizadas y otros. Con el pensamiento de proveer productos de calidad para lograr competir con las necesidades de la industria.

A lo largo de los años, se ha convertido en una de las más importantes empresas productoras y distribuidoras de insumos para la industria panificadora en Colombia. Posee una amplia cobertura nacional y ha establecido una ambiciosa proyección internacional, la cual busca alcanzar siguiendo firmemente su misión, visión, políticas y objetivos de calidad.

- **Misión**

C.I. Industrias Frusabor S.A., produce y comercializa insumos para la industria panificadora y de repostería de alta calidad. De igual forma representa productos alimenticios de compañías a nivel nacional e internacional con el objetivo de garantizar la satisfacción de sus clientes.

- **Visión**

C.I. Industrias Frusabor S.A., se proyecta en alcanzar los siguientes objetivos.

- Optimización de procesos: para lo cual estandarizará sus procesos y la adecuación continuada de su planta física conforme a lo establecido por las entidades de control.
- Cobertura nacional: garantizará la presencia del portafolio de productos en el territorio nacional a través de sus canales de distribución.
- El mercado internacional: fortalecerá su presencia en la región y llegará a más países.
- Generar valor agregado: buscará la diferenciación a través del mejoramiento continuo de sus productos y el servicio al cliente.

- **Política de calidad**

- C.I. Industrias Frusabor S.A., enfoca sus esfuerzos en producir y comercializar bajo los lineamientos establecidos en su sistema de gestión de calidad, productos con altos estándares de calidad reconocidos a nivel nacional e internacional.
- C.I. Industrias Frusabor S.A., mantiene una interacción constante con sus clientes con el propósito de identificar y de satisfacer de manera continua las necesidades de la industria alimentaria ofreciendo para ello, productos de alta calidad y competitividad mediante la aplicación de procesos y controles de calidad que garanticen la estandarización de los parámetros de calidad exigidos por nuestros clientes, logrando así una funcionalidad óptima de los productos. De igual forma el proceso de interacción se ve reflejado en la entrega oportuna de nuestros productos.
- C.I. Industrias Frusabor S.A., fortalece continuamente las competencias laborales de su recurso humano con el propósito de alcanzar continuamente los objetivos de calidad y servicio que se evidencian en una gestión comercial diferenciada.
- C.I. Industrias Frusabor S.A., tiene como propósito integrar calidad, productividad y seguridad. En este campo nuestra empresa busca mejorar de forma permanente las condiciones de vida y salud de la población trabajadora teniendo al trabajo como una herramienta para la satisfacción y el bienestar personal y colectivo del ser humano.

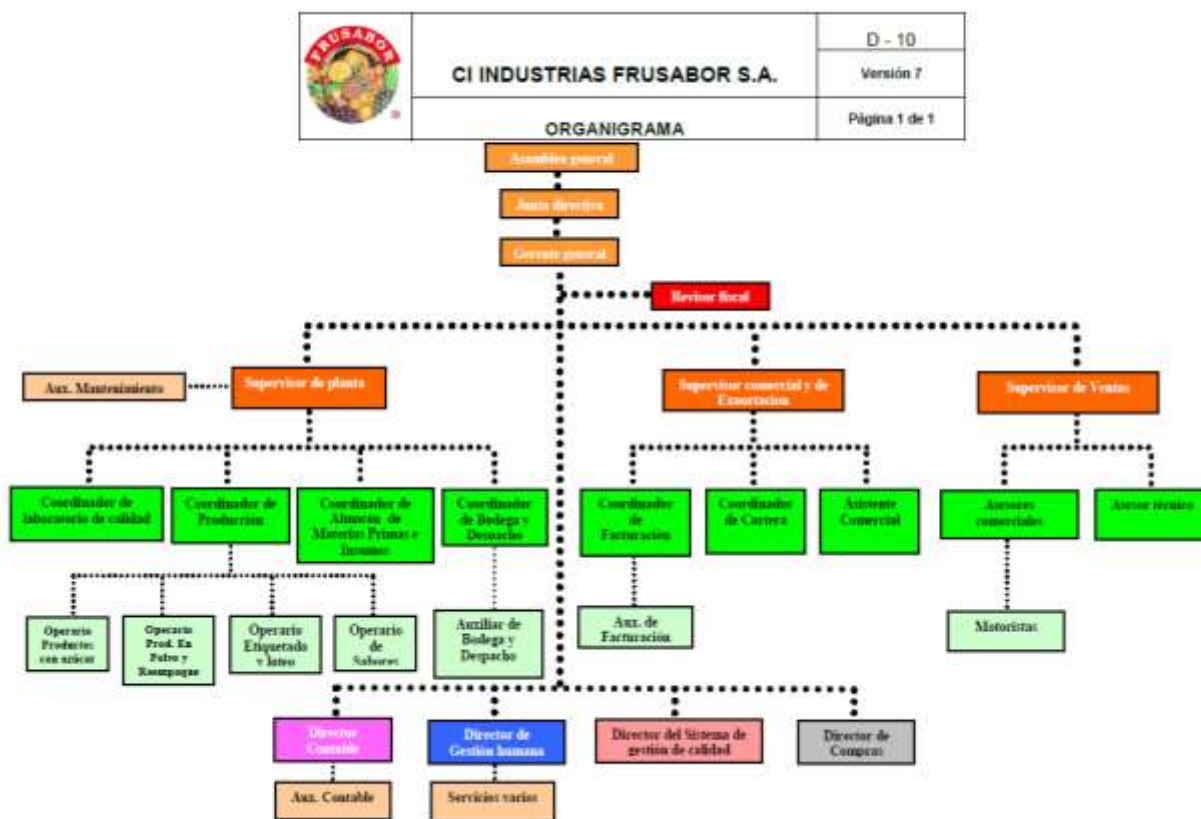
- **Objetivos de calidad**

- Generar, promover y mantener la cultura del sistema de gestión de calidad de C.I. Industrias Frusabor S.A. que permita producir y comercializar productos con altos estándares de calidad.
- Elaborar productos bajo los criterios de buenas prácticas de manufactura “BPM” (decreto 3075 de 1997), entre otras reglamentaciones internacionales, que garanticen la calidad e inocuidad de los productos ofrecidos por la organización.
- Mantener un ciclo de comunicación constante entre C.I. Industrias Frusabor S.A. y su entorno externo (clientes, proveedores, competencia, mercado, entre otros.) y su entorno interno (recurso humano) con el propósito de evidenciar oportunamente las necesidades y expectativas de los clientes de la organización.
- Aplicar y desarrollar controles de calidad en todos los procesos de C.I. Industrias Frusabor S.A., que permitan ofrecer productos y servicios competitivos y de óptima calidad.

- Generar a través de la capacitación estratégica y constante del recurso humano y el mantenimiento óptimo del clima laboral personal altamente competente con la habilidad de liderar los procesos productivos y administrativos de la organización que garanticen la atención y satisfacción integral de los clientes de la misma.
- Aumentar la productividad a través de la mejora permanente de las condiciones de vida y salud del personal creando bienestar y estabilidad laboral.

Para cumplir con lo anterior, la empresa Frusabor S.A. cuenta con personal calificado en cada una de sus áreas, los cuales ejecutan sus respectivas tareas y ayudan en la mejora continua de la empresa. Esto se presenta en su organigrama (Figura 57).

Figura 57. Organigrama Frusabor S.A.



Fuente: tomada de D-10 Organigrama Frusabor.

Dentro del área de planta, la empresa Frusabor S.A. cuenta con 3 líneas de producción

- **Línea de producción de harinas:** esta línea se encarga principalmente de la producción de mix de merengue, un polvo fino fluido de color blanco amarillento libre de partículas extrañas; de sabor dulce con notas ligeramente ácido; Olor ligeramente a huevo utilizado para la decoración de torta. Usualmente se aplica como cobertura para ponqués, galletas, entre otros.
- **Línea de producción de productos de azúcar:** esta línea se encarga principalmente de la producción de relleno de fruta, un gel emulsificado viscoso con presencia de frutas naturales y olor frutal característico. Usualmente se aplica como relleno y cubierta en algunos productos de panadería y pastelería.
- **Línea de re empaque:** esta línea se encarga principalmente del re empaque de color caramelos en presentaciones más pequeñas, este es un aditivo oscuro y denso utilizando como colorante en panificación, permite obtener diferentes gamas de coloraciones oscuras. Usualmente se usa para resaltar el color en los alimentos, principalmente en la elaboración de tortas, galletas y panes.
- **Línea de producción de esencias (sabores):** esta línea se encarga exclusivamente a la producción de esencias, una mezcla compleja de sustancias volátiles y semi volátiles utilizadas para dar un aroma deseado (olor y sabor) a un producto determinado. Usualmente se aplican en las industrias de lácteos, refrescos, confitería y panadería

A continuación se detalla lo relacionado con la línea de producción de esencias, en la cual se realizará la aplicación del método propuesto, debido a su importancia para la empresa y las diferentes problemáticas y falencias que presenta.

Anexo B2

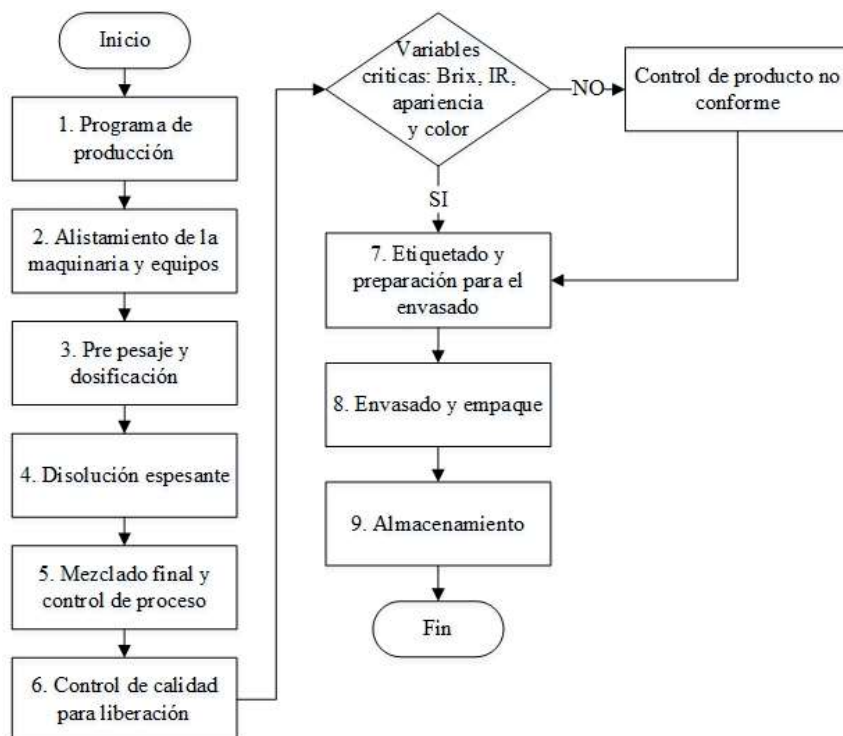
Información línea de producción de esencias

La línea de producción de esencias cuenta con diferente documentación de criterios que rigen su ejecución, entre los cuales se tiene:

- D-07 Plan de calidad para la línea de sabores.
- P.P.01 Procedimiento para la Fabricación de Esencias.
- P.P.08 Procedimiento para el Envasado de Esencias.
- P.L.03 Procedimiento para el Control del Producto No Conforme.
- P.L.04 Procedimiento de muestreo.
- D-06 Plan de Saneamiento.
- F.P.P.13-01 Orden de Producción.
- F.P.P.01-01 Hoja de verificación para la fabricación de Esencias.
- F.P.P.01-03 Hoja de verificación de núcleos.
- F.D.06-04 Registro de aseo y desinfección.







Para la ejecución del proceso, el documento “D-07 Plan de calidad para la línea de sabores” define las actividades y requerimientos de la línea de producción de esencias, los cuales se exponen a continuación.




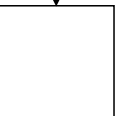




Figura 58. Diagrama de flujo de la línea de producción de esencias



Fuente: tomada y modificada de D-07 Plan de calidad Frusabor S.A.


Tabla 37. Procedimiento de la línea de producción de esencias

	C.I. INDUSTRIAS FRUSABOR S.A.						D-07
	PLAN DE CALIDAD PARA LA LÍNEA DE SABORES						No de revision: 4
Flujograma del proceso	Nombre del proceso	Documento/ Procedimiento	Variable de control	Método de control del proceso			Observaciones
				Procedimiento de control	Responsable del control	Método de muestreo	
	Programa de producción	Procedimiento para la Fabricación de Esencias P.P.01	<ul style="list-style-type: none"> • Pedido de ventas • Inventario de producto terminado 	Orden de Producción F.P.P.13-01	Supervisor de planta (Jefe de planta)	Se realiza de forma diaria	
↓ 	Alistamiento de la maquinaria y equipos	Instructivo de limpieza y desinfección por áreas I.001.LIM-02	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración del detergente y desinfectante. • Manejo adecuado de maquinaria y equipo 	Registro de aseo y desinfección F.D.06-04	Operario de sabores (Operario de esencias)	Se realiza de forma diaria	
↓ 	Disolución espesante	Procedimiento para la Fabricación de Esencias P.P.01	<ul style="list-style-type: none"> • Peso y solubilidad del Espesante. • Tiempo de homogenización 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoja de verificación para la fabricación de esencias F.P.P.01-01 • Hoja de verificación Pre mix saborizantes F.P.P.01-04 	Operario de sabores (Operario de esencias)	Se realiza en línea de producción	
↓ 	Mezclado final y control de proceso	Procedimiento para la Fabricación de Esencias P.P.01	Volumen bombeado de solventes	<ul style="list-style-type: none"> • Hoja de verificación para la fabricación de esencias F.P.P.01-01 • Hoja de verificación Pre mix saborizantes F.P.P.01-04 	Operario de sabores (Operario de esencias)	Se realiza en línea de producción	
↓ 	Control de calidad para liberación	Procedimiento para la Fabricación de Esencias. P.P.01	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de Refracción. • Grados Brix. • Apariencia. • Color. 	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento de muestreo e inspección de materias primas, producto en proceso y producto terminado P.L.04 • Procedimiento de control de calidad de producto en proceso y producto terminado P.L.05 • Registro inspección final F.P.L.05-12 	Coordinador de laboratorio de control de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Volumen de la muestra, 500 cc por cada lote fabricado. • Se realiza de forma diaria 	

	C.I. INDUSTRIAS FRUSABOR S.A.						D-07
	AREA DE PRODUCCION						No de revision:
	HOJA DE VERIFICACION ESENCIAS						4
↓ 	Etiquetado y preparación para el envasado	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento para el Envasado de Esencias P.P.08 • Orden de producción F.P.P.13-01 • Instructivo de limpieza y desinfección I.001.LIM-02 	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración del detergente y desinfectante • Funcionamiento de la bomba de la máquina envasadora. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoja de verificación para la fabricación de esencias F.P.P.01-01 • Registro de aseo y desinfección F.D.06-04 	Operario de etiquetado y loteo	Se realiza de forma diaria	
↓ 	Envasado y empaque	Instructivo para el manejo de la línea de envasado I-005-LE	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad y asepsia del envase • Presencia de etiqueta en el envase • Números de lotes y vencimientos • Nivel del llenado 	Registro inspección final F.P.L.05-12	Operario de sabores (Operario de esencias)	Se realiza en línea de producción	
↓ 	Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento para el Envasado de Esencias P.P.08 • Procedimiento de bodega y despachos P.Bd.01 	<ul style="list-style-type: none"> • Almacenamiento por presentación y referencia • Temperatura de almacenamiento • Distancia de almacenamiento (estiba - pared) 	Orden de producción F.P.P.13-01	Coordinador de bodega y despacho	Se realiza de forma diaria por verificación del formato de orden de producción	
 Operación  Verificación/Control  Almacenamiento  Tiempo de espera							

Fuente: tomada y modificada de D-07 Plan de calidad Frusabor S.A.

Figura 59. Hoja de verificación para la fabricación de Esencias.

	C.I. INDUSTRIAS FRUSABOR S.A.											F.P.P. 01-01	
	AREA DE PRODUCCION												
	HOJA DE VERIFICACION ESENCIAS											Version 6	

OPERARIO:		LOTE:	00000	No. OP:	00000	Fecha:	Lunes, 2 de enero de 2017
-----------	--	-------	-------	---------	-------	--------	---------------------------

	SABOR 1		1	SABOR 2		1	SABOR 3		1	SABOR 4		1	SABOR 5		1	SABOR 6		1	SABOR 7		1
CANT PROG	0,000		OK	0,000		OK	0,000		OK	0,000		OK	0,000		OK	0,000		OK	0,000		OK
ALCOHOL	0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg	
JARABE	0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg	
ESPESANTE	0,000	L		0,000	L		0,000	L		0,000	L		0,000	L		0,000	L		0,000	L	
CONCENTRADO																					
Lote	0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg	
AGUA	0,000	L		0,000	L		0,000	L		0,000	L		0,000	L		0,000	L		0,000	L	
H-0000																					
Lote	0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg	
B-0000																					
Lote	0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg	
COLORANTE	0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg	
Nombre del colorante y No. Lote	V-0000			V-0000			V-0000			V-0000			V-0000			V-0000			V-0000		
PROPILEN	0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg		0,000	Kg	
ESPECIFICACIONES	CONTROL DE CALIDAD			CONTROL DE CALIDAD			CONTROL DE CALIDAD			CONTROL DE CALIDAD			CONTROL DE CALIDAD			CONTROL DE CALIDAD			CONTROL DE CALIDAD		
REF. FR VER	Brix	IR	STATUS	Brix	IR	STATUS	Brix	IR	STATUS	Brix	IR	STATUS	Brix	IR	STATUS	Brix	IR	STATUS	Brix	IR	STATUS
E.P.T-000	0,000	0,000		0,000	0,000		0,000	0,000		0,000	0,000		0,000	0,000		0,000	0,000		0,000	0,000	
REF. PP VER	Apariencia		A	Apariencia		A	Apariencia		A	Apariencia		A	Apariencia		A	Apariencia		A	Apariencia		A
E.P.T-000	Cumple			Cumple			Cumple			Cumple			Cumple			Cumple			Cumple			Cumple
REF. FTT VER	Color		A	Color		A	Color		A	Color		A	Color		A	Color		A	Color		A
E.P.T-000	Cumple			Cumple			Cumple			Cumple			Cumple			Cumple			Cumple		
LINEAS DE REGLA (VOLUMEN TOTAL)	0			0			0			0			0			0					
	SABOR 1			SABOR 2			SABOR 3			SABOR 4			SABOR 5			SABOR 6			SABOR 7		
	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL
	0	3785mL	0	0	3785mL	0	0	3785mL	0	0	3785mL	0	0	3785mL	0	0	3785mL	0	0	3785mL	0
	0	500mL	0	0	500mL	0	0	500mL	0	0	500mL	0	0	500mL	0	0	500mL	0	0	500mL	0
	0	60mL	0	0	60mL	0	0	60mL	0	0	60mL	0	0	60mL	0	0	60mL	0	0	60mL	0
	0	20L	0	0	20L	0	0	20L	0	0	20L	0	0	20L	0	0	20L	0	0	20L	0
	%EFICIENCIA			%EFICIENCIA			%EFICIENCIA			%EFICIENCIA			%EFICIENCIA			%EFICIENCIA					
	SOBRANTE/FALTANTE			SOBRANTE/FALTANTE			SOBRANTE/FALTANTE			SOBRANTE/FALTANTE			SOBRANTE/FALTANTE			SOBRANTE/FALTANTE					
	%EFICIENCIA REAL			%EFICIENCIA REAL			%EFICIENCIA REAL			%EFICIENCIA REAL			%EFICIENCIA REAL			%EFICIENCIA REAL					
FIRMA SUPERVISION																					
	ALCOHOL			JARABE AZUCAR			PROPILENGLICOL			Z-0000			AGUA EN TANQUE			OBSERVACIONES			PB		
	Lote:			Lote:			Lote:			Lote:			TOTAL LITROS:								
OPERARIO	Total Kg:	0,000		Total Kg:	0,000		Total Kg:	0,000		Total Kg:	0,000		0,000						PT		

Fuente: tomada y modificada de F.P.P.01-01 Hoja de verificación para la fabricación de Esencias.

A continuación, se realiza una breve descripción de la ejecución de cada una de las actividades expuestas en el diagrama de flujo de la Figura 58:

1. Programa de producción: en esta actividad, para la realización del programa de producción, el Jefe de planta hace una revisión de pedidos, los cuales llegan vía correo electrónico, verifica la disponibilidad de productos terminados que pueden suplir parte del pedido del cliente y determina las cantidades a producir, teniendo en cuenta la disponibilidad de materias primas e insumos. Después, realiza el programa de producción e imprime una hoja de verificación, basada en este, la cual es enviada a los operarios del proceso, para informar las cantidades a dosificar, el tipo de esencias y presentación, el número de lote, entre otros. Finalmente, el Jefe de planta ingresa el programa de producción al sistema de registro.
2. Alistamiento de maquinaria y equipos: en esta actividad el Operario de esencias realiza limpieza, desinfección y alistamiento de área y equipos como son: tanques, válvulas, tuberías, mezcladores, balanzas, entre otros, de igual forma hace el alistamiento de los tanques de jarabe y disolvente para su posterior bombeo. Además, el Coordinador de almacén materias primas e insumos alista y entrega los materiales de empaque al área de etiquetado.
3. Pre pesaje y dosificación: basado en la hoja de verificación, el Coordinador de almacén materias primas e insumos se encarga de la medición y dosificación de cada una de las materias primas que componen la formula y que posteriormente se suministraran al Operario de esencias, encargado de realizar la Disolución de espesante y el Mezclado final y control de proceso.
4. Disolución espesante: en esta actividad el Operario de esencias, realiza el espesante que consta de una determinada cantidad de agua y polvo para espesante, los cuales se mezclan, se dejan reposar y finalmente se homogenizan. Estas 3 actividades se realizan según un tiempo establecido.
5. Mezclado final y control de proceso: en esta actividad, el Operario de esencias dosifica el espesante, el disolvente y el jarabe, según lo especifica la hoja de verificación, para formar la base, posterior a esto, adiciona las materias primas previamente dosificadas, todos estos elementos se diluyen para así formar una mezcla homogénea (esencia).
6. Control de calidad para liberación: terminada la elaboración de la esencia, el Operario de esencias toma una muestra de cada uno de los lotes y las envía al laboratorio de control de calidad, donde el Coordinador de laboratorio de calidad aprueba o desaprueba el lote, teniendo en cuenta los factores de brix, índice de refracción, apariencia y color.

7. Etiquetado y preparación para el envasado: se inicia en el momento que es enviada la hoja de verificación al proceso. En esta actividad el Operario de etiquetado y loteo, imprime las etiquetas para cada uno de los lotes a producir según la hoja de verificación, posteriormente etiqueta los envases y cajas, los cuales se organiza con el fin de preparar los insumos, para la actividad de envasado y empaque.
8. Envasado y empaque: finalizado el control de calidad y el etiquetado y preparación para el envasado, el Operario de esencias procede a realizar el envasado y empaque, llenando los envases lote por lote y en el orden especificado por la hoja de verificación, aunque en algunos casos, se realiza dependiendo de la necesidad o urgencia de despachar el producto.
9. Almacenamiento: en esta actividad, el operario transporta los productos terminados a bodega para ser chequeados por el Coordinador de bodega y despacho y posteriormente organizados y almacenados en los estantes.

Para la actividad de Control de calidad para liberación se toma una decisión con base en un análisis detallado de las variables críticas de las muestras tomadas como son: Brix, apariencia, índice de refracción y color, si cumple con las especificaciones de la hoja de variables de liberación, el producto pasa a la siguiente actividad, si no es así, se realiza un control de producto no conforme, en el cual, dependiendo de los problemas presentados se ejecuta el procedimiento establecido en el documento de Procedimiento para el Control del Producto No Conforme P.L.03.

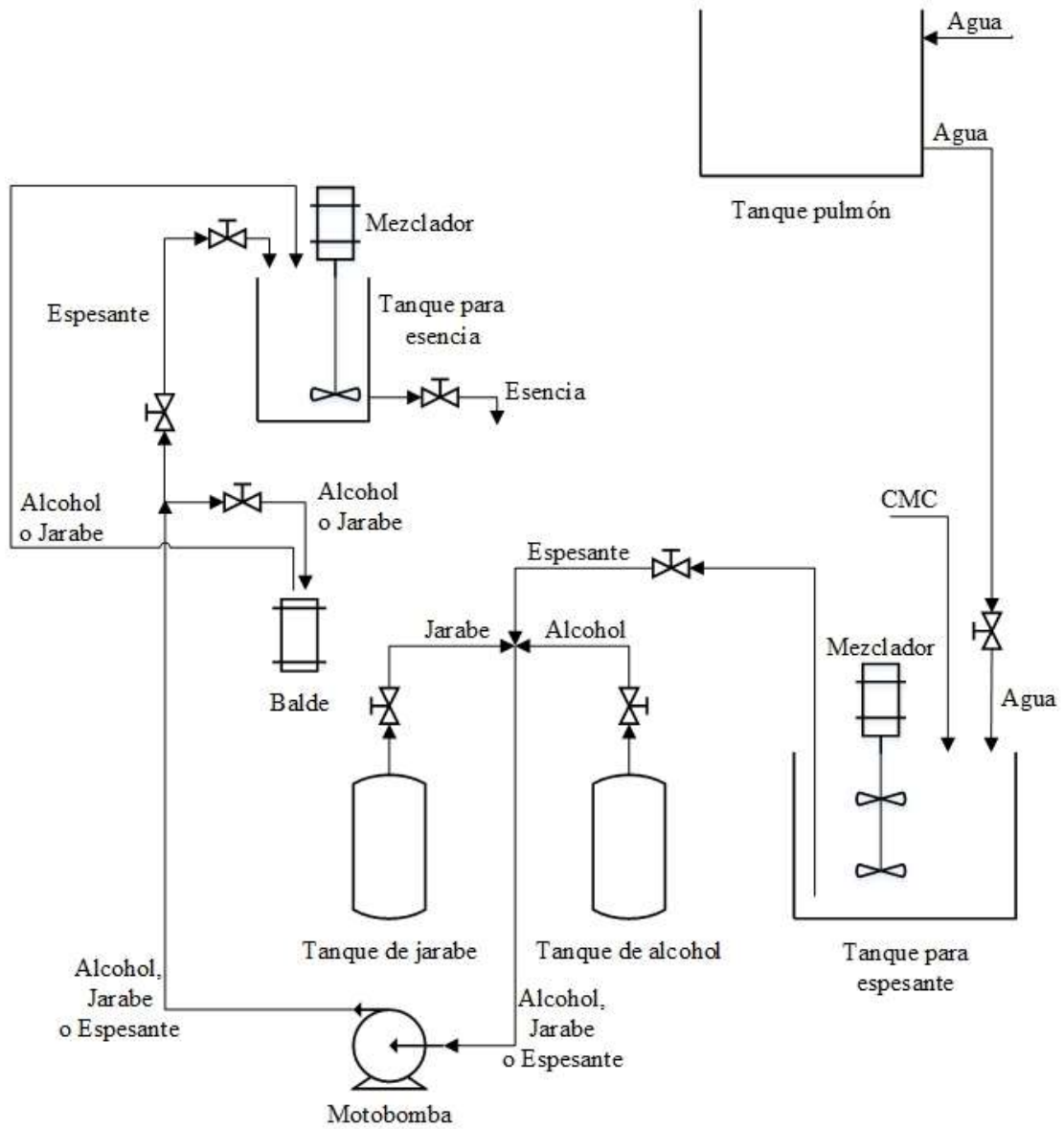
Con el fin de cumplir con todas las actividades definidas en “D-07 Plan de calidad Frusabor S.A.”, la empresa cuenta con los equipos de la Tabla 38, los cuales permiten realizar el proceso como se muestra en el diagrama de flujo de proceso (PFD) de la Figura 60:

Tabla 38. Equipos Frusabor S.A.

Equipos	Cantidad	Capacidad
Tanque para esencia	8	200 L
Tanque para espesante	1	700 L
Tanque pulmón	1	700 L
Tanque de jarabe	1	200 L
Tanque de alcohol	1	200 L
Motobomba	1	No aplica
Válvula	8	No aplica
Balde	1	20 L
Mezclador	2	No aplica

Fuente: elaboración propia.

Figura 60. Diagrama PFD esencias Frusabor S.A.



Fuente: elaboración propia.

Anexo C

Aplicación del método en el caso de estudio Frusabor S.A.

Anexo C1

Aplicación del paso 1: identificar el proceso a evaluar

1. Identificar las actividades críticas

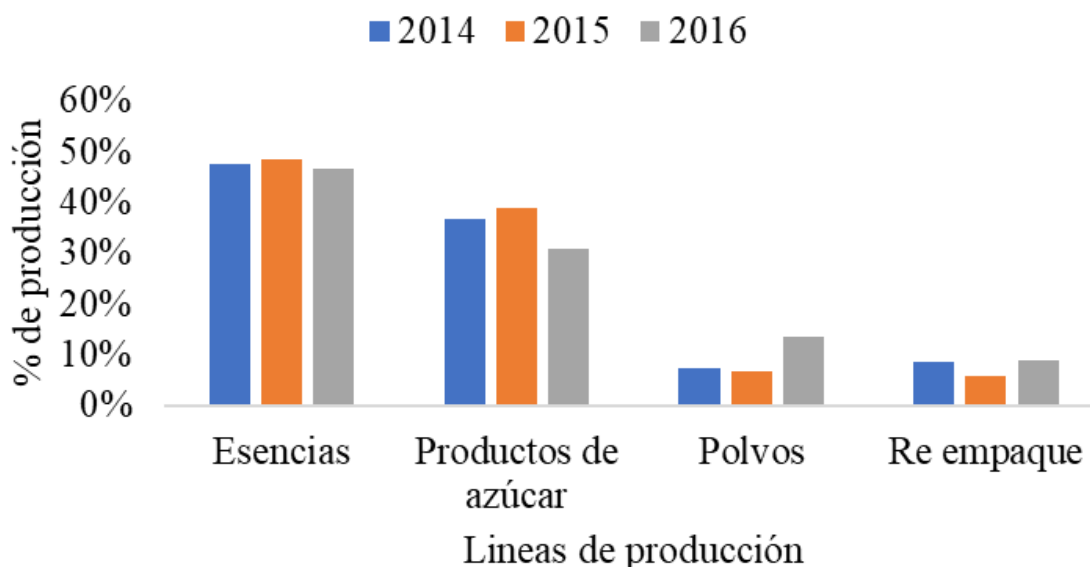
Identificar las actividades críticas (actividades que impactan los objetivos estratégicos de la empresa) a medir y controlar, requiere determinar las problemáticas y necesidades del proceso. Es por esto que el día 14 de enero de 2017, se realizó una reunión con las partes interesadas (Jefe de planta y autores del trabajo), con el fin de impactar los objetivos estratégicos de la empresa, se verificó la producción anual de cada una de las líneas de la empresa FRUSABOR S.A. (esencias, productos de azúcar, polvos y re empaque), a través de los datos expuestos en la Tabla 39 y la Figura 61.

Tabla 39. Producción de Frusabor S.A.

Línea de producción	2014		2015		2016	
	Cantidad producida por año (kg)	Porcentaje de la producción total	Cantidad producida por año (kg)	Porcentaje de la producción total	Cantidad producida por año (kg)	Porcentaje de la producción total
Esencias	194307	47%	190992	48%	186405	47%
Productos de azúcar	150369	37%	153466	39%	123158	31%
Polvos	29401	7%	26492	7%	54242	14%
Re empaque	35067	9%	22936	6%	35046	9%

Fuente: tomada y modificada de Reportes anuales de producción Frusabor S.A.

Figura 61. Producción de Frusabor S.A.



Fuente: elaboración propia.

Lo expuesto anteriormente, evidencia que la línea de esencias, representa la mayor producción de la empresa y por ende genera su producto más comercializado, lo que resalta su importancia para el cumplimiento de los objetivos estratégicos. A pesar de esto, el proceso hace varios años y actualmente, presenta retrasos en las órdenes de producción, debido a diferentes problemáticas durante su ejecución que impiden cumplir a tiempo con los pedidos de los clientes. Lo anterior se puede observar en la Tabla 40 y la Tabla 41.

Nota: la jornada laboral inicia a las 08:00 a. m. y termina a las 05:00 p. m. (9 horas diarias), durante cada jornada el personal dispone de 30 min para almorzar (de 12:00 p. m. a 12:30 p. m.) y descansos de 15 minutos en la mañana (de 10:00 a. m. a 10:15 a. m.) y 15 minutos en la tarde (de 03:00 p. m. a 03:15 p. m.).

Tabla 40. Ejecución de órdenes de producción - Mayo y Julio de 2014

Mayo 2014				
Inicio de orden (dd/mm/yyyy hh:mm)	Fin de orden (dd/mm/yyyy hh:mm)	No de Lotes	Total Litros	Tiempo total de orden
03/05/2014 10:18 a. m.	05/05/2014 02:30 p. m.	7	611,3	11h:42min
05/05/2014 10:20 a. m.	06/05/2014 01:20 p. m.	7	953,7	10h:30min
06/05/2014 09:25 a. m.	07/05/2014 11:30 a. m.	6	792,7	09h:50min
07/05/2014 09:55 a. m.	08/05/2012 11:30 a. m.	4	271,9	09h:20min
08/05/2014 10:00 a. m.	09/05/2014 01:40 p. m.	7	696,8	10h:55min
10/05/2014 02:46 p. m.	12/05/2012 12:30 p. m.	2	206,4	06h:44min
12/05/2014 09:10 a. m.	13/05/2014 10:30 a. m.	6	699,1	09h:05min
14/05/2014 09:10 a. m.	14/05/2012 04:10 p. m.	4	347,5	05h:40min
15/05/2014 09:30 a. m.	15/05/2012 02:00 p. m.	1	200,9	03h:45min
16/05/2014 11:00 a. m.	17/05/2014 11:00 a. m.	7	1120,06	08h:00min
17/05/2014 10:00 a. m.	19/05/2014 11:40 a. m.	7	1096,1	09h:25min
19/05/2014 10:00 a. m.	19/05/2012 05:00 p. m.	7	508,8	06h:15min
20/05/2014 09:20 a. m.	21/05/2014 01:00 p. m.	7	516,7	10h:55min
22/05/2014 10:00 a. m.	23/05/2014 01:00 p. m.	7	854,5	10h:15min
23/05/2014 10:36 a. m.	24/05/2014 11:45 a. m.	7	784,1	09h:09min
26/05/2014 09:00 a. m.	27/05/2014 01:00 p. m.	6	653,9	11h:15min
28/05/2014 10:00 a. m.	29/05/2012 11:50 a. m.	5	519,3	09h:35min
29/05/2014 09:20 a. m.	29/05/2012 04:50 a. m.	4	397	06h:30min
30/05/2014 11:05 a. m.	31/05/2014 11:30 a. m.	7	1135,3	08h:25min
Julio 2014				
Inicio de orden (dd/mm/yyyy hh:mm)	Fin de orden (dd/mm/yyyy hh:mm)	No de Lotes	Total Litros	Tiempo total de orden
04/07/2014 09:15 a. m.	05/07/2014 02:00 p. m.	7	817,4	12h:00min
05/07/2014 10:10 a. m.	07/07/2014 01:30 p. m.	7	844,7	10h:50min
07/07/2014 09:40 a. m.	08/07/2014 01:30 p. m.	3	456,8	11h:05min
10/07/2014 09:50 a. m.	11/07/2014 11:30 a. m.	6	832,7	08h:25min
11/07/2014 10:00 a. m.	12/07/2014 01:00 p. m.	7	876,5	10h:45min
12/07/2014 09:10 a. m.	14/07/2014 12:30 p. m.	7	764,3	10h:25min
14/07/2014 09:50 a. m.	15/07/2014 12:00 p. m.	4	281,4	09h:55min
16/07/2014 09:10 a. m.	17/07/2014 12:30 p. m.	4	593,3	10h:25min
17/07/2014 10:15 a. m.	18/07/2014 11:30 a. m.	6	476,5	09h:15min
21/07/2014 10:10 a. m.	21/07/2014 05:00 p. m.	6	479	06h:05min
23/07/2014 09:20 a. m.	24/07/2014 01:00 p. m.	6	627,3	10h:55min
25/07/2014 10:50 a. m.	26/07/2014 10:15 a. m.	5	751,2	07h:25min
26/07/2014 09:30 a. m.	28/07/2014 11:30 a. m.	7	939,5	09h:45min
29/07/2014 09:20 a. m.	29/07/2014 04:00 p. m.	3	461,2	05h:40min

Fuente: hojas de verificación de FRUSABOR S.A. - Mayo y Julio de 2014.

Tabla 41. Ejecución de ordenes de producción – Agosto y Septiembre de 2014

Agosto de 2014				
Inicio de orden (dd/mm/yyyy hh:mm)	Fin de orden (dd/mm/yyyy hh:mm)	No de Lotes	Total Litros	Tiempo total de orden
01/08/2014 09:20 a. m.	02/08/2014 11:45 a. m.	7	1128,5	10h:10min
02/08/2014 10:30 a. m.	04/08/2014 10:40 a. m.	7	949,2	06h:10min
04/08/2014 09:20 a. m.	05/08/2014 01:45 p. m.	6	891,9	11h:40min
06/08/2014 09:10 a. m.	07/08/2014 12:00 p. m.	7	696,2	10h:35min
11/08/2014 10:20 a. m.	12/08/2014 11:30 a. m.	7	1079,6	09h:10min
14/08/2014 10:30 a. m.	15/08/2014 01:00 p. m.	6	849,5	10h:00min
14/08/2014 10:00 a. m.	15/08/2014 01:00 p. m.	7	713,5	10h:15min
15/08/2014 10:15 a. m.	16/08/2014 03:00 p. m.	5	479,4	12h:00min
16/08/2014 11:00 a. m.	18/08/2014 02:00 p. m.	4	349,8	10h:30min
18/08/2014 09:10 a. m.	19/08/2014 09:55 a. m.	6	663,5	09h:00min
21/08/2014 10:08 a. m.	22/08/2014 09:30 a. m.	3	233,1	07h:37min
22/08/2014 01:00 p. m.	23/08/2014 09:00 a. m.	6	891,2	04h:15min
23/08/2014 09:50 a. m.	25/08/2014 09:00 a. m.	7	740,5	07h:10min
25/08/2014 09:50 a. m.	26/08/2014 10:30 a. m.	7	598,3	08h:25min
26/08/2014 09:30 a. m.	27/08/2014 09:10 a. m.	2	256,6	07h:40min
27/08/2014 10:00 a. m.	27/08/2014 02:04 p. m.	1	192	03h:16min
28/08/2014 10:10 a. m.	29/08/2014 09:40 a. m.	7	878,3	07h:45min
29/08/2014 10:00 a. m.	30/08/2014 09:00 a. m.	7	1004,2	07h:00min
Septiembre de 2014				
Inicio de orden (dd/mm/yyyy hh:mm)	Fin de orden (dd/mm/yyyy hh:mm)	No de Lotes	Total Litros	Tiempo total de orden
01/09/2014 08:43 a. m.	02/09/2014 09:23 a. m.	4	389,5	08h:40min
03/09/2014 10:10 a. m.	04/09/2014 10:00 a. m.	5	762,9	08h:05min
04/09/2014 10:20 a. m.	05/09/2014 11:40 a. m.	4	481,6	09h:20min
05/09/2014 09:20 a. m.	06/09/2014 12:30 p. m.	5	825,2	10h:25min
06/09/2014 09:10 a. m.	08/09/2014 12:00 p. m.	7	790,5	10h:35min
08/09/2014 10:30 a. m.	09/09/2014 11:30 a. m.	7	826,6	09h:00min
10/09/2014 09:20 a. m.	11/09/2014 01:00 p. m.	6	762,8	10h:55min
11/09/2014 09:40 a. m.	12/09/2014 01:00 p. m.	5	582,1	10h:35min
12/09/2014 09:40 a. m.	13/09/2014 11:30 a. m.	7	714,3	09h:35min
13/09/2014 10:10 a. m.	15/09/2014 11:30 a. m.	4	490,5	09h:20min
15/09/2014 09:10 a. m.	16/09/2014 11:40 a. m.	5	371,5	10h:15min
17/09/2014 10:05 a. m.	18/09/2014 11:30 a. m.	4	310,8	09h:10min
18/09/2014 09:55 a. m.	19/09/2014 01:40 p. m.	7	1104,8	11h:00min
27/09/2014 10:20 a. m.	29/09/2014 09:45 a. m.	6	848,6	07h:40min
29/09/2014 10:00 a. m.	30/09/2014 11:30 a. m.	4	434,2	09h:15min

Fuente: hojas de verificación de FRUSABOR S.A. - Agosto y Septiembre de 2014.

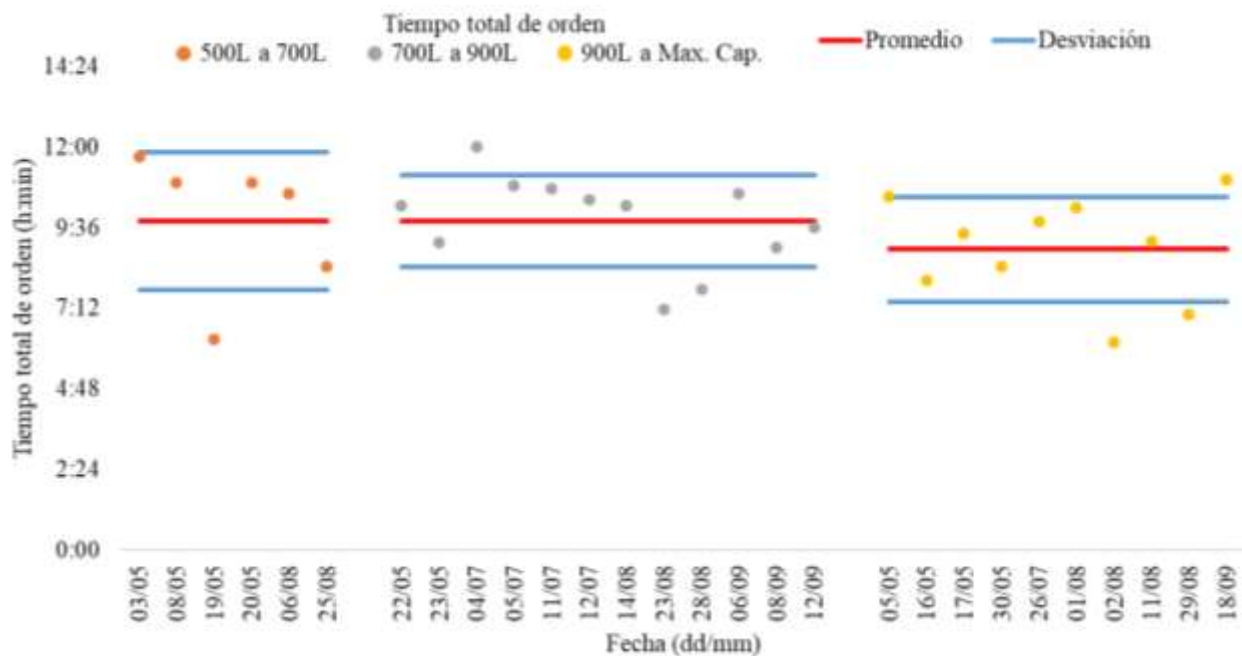
Los datos presentados anteriormente contienen la fecha y hora de inicio y fin de una orden de producción, junto con la cantidad de lotes realizados, la cantidad de esencia producida en litros y el tiempo total de ejecución de la orden, esto para los meses de Mayo, Julio, Agosto y Septiembre. Tomando como referencia los datos de 7 lotes de la Tabla 40 y la Tabla 41 (resaltados con color verde), los cuales representan la producción frecuente de la empresa y clasificándolos por cantidades, se realiza el siguiente análisis.

Tabla 42. Análisis de datos de ejecución de ordenes de producción 2014, para 7 lotes

	Cantidades en Litros		
	500L a 700L	700L a 900L	900L a Max Cap.
Color	Naranja	Gris	Amarillo
\bar{x}	09h:47min	09h:48min	08h:57min
σ	02h:03min	01h:21min	01h:33min
σ superior	11h:51min	11h:10min	10h:30min
σ inferior	07h:44min	08h:26min	07h:24min
Rango	05h:27min	04h:50min	04h:50min
Cv	21,03%	13,90%	17,34%

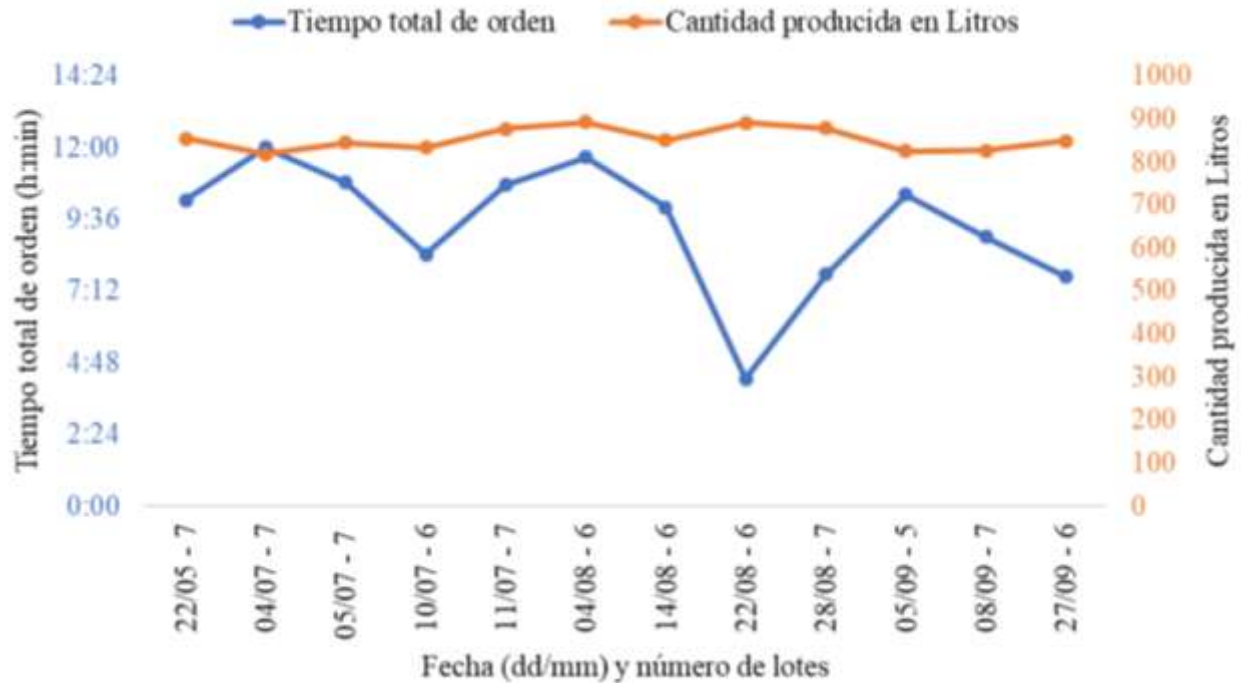
Fuente: elaboración propia.

Figura 62. Ejecución de órdenes de producción – Datos 2014



Fuente: elaboración propia.

Figura 63. Datos 2014 - entre 800L y 900L



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la Tabla 42 y la Figura 62, los datos de tiempo total de orden, a pesar de tener promedios aproximados para cualquier cantidad entre los 500L y la Máxima capacidad de producción, individualmente presentan una gran variación, tan significativa que la desviación para los datos entre 500L y 700L llega a ser un 21% del tiempo promedio, correspondiente a 02h:03min del promedio de 09h:47min. De igual forma los datos de 700L a 900L y 900L a Máxima capacidad, aunque no son tan altos como los anteriores, también presentan una variación alta, que representa una gran parte de sus tiempos promedio, 14% y 17% respectivamente.

Así mismo como se muestra en la Fuente: elaboración propia.

Figura 63, aunque se tomen datos de lotes y cantidades producidas similares (datos de la Tabla 40 y la Tabla 41 resaltados con color gris), se puede observar que existe una gran variación entre los tiempos de los datos, desde 04h:48min hasta 12h:00min, lo que ratifica las pérdidas de tiempo en el proceso y evidencia que las ordenes pueden ejecutarse en menos tiempo que el promedio utilizado por el operario.

Se podría pensar que al ser la misma cantidad de lotes, el tiempo de producción estará relacionado con la variable de cantidad producida en litros, pero como se puede ver en la Tabla 42 y la Figura 62, al aumentar la cantidad en litros a producir, el tiempo de ejecución promedio (\bar{x}) disminuye, lo que puede ser atribuido a diferentes problemáticas, principalmente, según lo afirma el jefe de planta, a la forma de ejecución del proceso y desperdicio de tiempo generado por el operario. Esto permite evidenciar que existen diferentes inconvenientes presentados durante el proceso como: malas prácticas, pérdidas de tiempo, desorganización, entre otros, lo

que genera retrasos en la ejecución de las ordenes de producción y afecta los objetivos estratégicos de la empresa.

Todo lo anterior, permitió determinar la importancia y problemáticas de la **línea de producción de esencias**, por lo cual, las partes interesadas decidieron seleccionarla como actividad crítica, aclarando que esta puede tener modificaciones para obtener los resultados deseados por el área de producción de la empresa Frusabor S.A.

Nota: debido a la necesidad de la empresa de reducir su consumo en papel, se decidió dejar de registrar los tiempos de ejecución de las órdenes de producción después del mes de septiembre del año 2014, ya que no era de utilidad en la toma de decisiones. Es por esto que los datos que se muestran son los registros más recientes. Adicionalmente, el tiempo de orden presentado, no incluye el tiempo de la actividad de alistamiento de maquinaria y equipos, ni el tiempo de la actividad de almacenamiento que se presentan más adelante. Cabe aclarar que, según el Jefe de planta, la línea de producción de esencias desde el 2014, hasta la actualidad (15 de junio del 2017) no ha sufrido cambios.

2. Obtener información relacionada con la actividad crítica

Una vez identificada la línea de esencias como actividad crítica, se ejecuta la segunda etapa del paso 1 para obtener la información que permita construir los modelos IDEF0 y WF-Nets, y así detallar las actividades y sub actividades de la línea de producción de esencias. Los autores del trabajo solicitaron a la empresa Frusabor S.A., información documentada que esta posea y suministre sin inconvenientes (recolección de información secundaria), de lo cual se obtuvo cierta información del documento **P.P.01 Procedimiento para la Fabricación de Esencias**, entre esta, tiempos promedio, actividades y sub actividades, utilizados por la empresa para estimar los costos de producción.

La información expuesta en la Tabla 43, la Tabla 44 y la Tabla 45, se usará posteriormente para el cálculo de uno de los KPIs propuestos, es por esto que se procede a verificar su confianza, teniendo en cuenta lo presentado en el documento de Vargas R. (2008), donde se propone las siguientes ecuaciones que permiten determinar el número de observaciones necesarias para estimar una media.

$$Z = \text{Nivel de confianza } 95\% = 1,96 \quad E = \text{Error estadar permitido} = e * \bar{x}$$

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 * \sigma^2}{E^2}$$

Para un nivel de confianza (Z) de 95% y un porcentaje de error (e) de 5% se determina el número de observaciones necesarias para cada subactividad, como se muestra en la Tabla 46.

Tabla 43. Actividades y sub actividades proceso de esencias.

No	Actividad	Subactividad	1 (min)	2 (min)	3 (min)	4 (min)	5 (min)	6 (min)	\bar{x} (min)	σ (min)	Cv (%)
1	Programa de producción	Revisión y transcripción de pedidos	26:16	24:13	25:17	24:58	23:58	26:08	25:06.66	± 00:54.88	3,64
		Revisión e identificación de productos disponibles en bodega	14:48	14:17	15:27	14:58	15:14	14:18	14:52.00	± 00:28.85	3,23
		Elaboración e impresión de hoja de verificación	35:47	34:52	38:53	36:03	37:17	33:32	36:04.00	± 01:51.77	5,17
2	Alistamiento de maquinaria y equipos	Limpieza general de tanques	12:15	14:00	13:55	12:25	14:36	14:57	13:31.33	± 01:24.72	10,44
		Alistamiento general	10:15	16:00	11:35	15:30	12:23	11:44	12:56.16	± 02:18.39	17,83
3	Pre pesaje y dosificación	Pre pesaje y dosificación de polvo	02:30	02:53	2:10	02:03	01:48	02:38	02:20.33	± 00:24.18	17,24
		Pre pesaje y dosificación de MP	30:27	32:52	32:45	27:08	26:44	27:19	29:34.16	± 02:53.69	9,79
4	Disolución espesante	Llenado de agua y adición de polvo	08:00 por cada 100L	08:20 por cada 100L	09:14 por cada 100L	08:40 por cada 100L	08:03 por cada 100L	08:00 por cada 100L	08:22.83 por cada 100L	± 00:29.51	5,87
		Mezclado	46:47	48:00	50:32	45:52	44:28	46:19	46:59.66	± 02:04.99	4,43
		Reposo de mezcla	50:25	44:52	46:17	45:38	51:03	52:10	48:24.16	± 03:09.53	6,53
		Homogenización	21:52	20:23	18:56	19:19	22:30	18:43	20:17.16	± 01:35.40	7,84
5	Mezclado final y control de proceso	Ver Tabla 44	Ver Tabla 44								
6	Control de calidad para liberación	Toma de muestras	07:38	9:18	07:53	08:22	08:30	9:41	08:33.66	± 00:47.75	9,30
		Control de calidad	11:44	11:19	10:29	10:51	10:20	10:36	10:53.16	± 00:32.35	4,95
7	Etiquetado y preparación para envasado	Alistamiento de área de etiquetado	10:34	10:58	09:52	11:37	11:24	10:42	10:44.50	± 00:51.32	7,96
		Impresión de etiquetas	28:09	27:14	30:12	28:05	27:03	30:17	28:29.50	± 01:25.78	5,02
		Etiquetado y alistamiento de envases	83:10	80:25	79:52	84:03	80:28	85:01	82:09.83	± 02:11.21	2,66
8	Envasado y empaque	Ver Tabla 45	Ver Tabla 45								
9	Almacenamiento	Transporte de producto terminado	05:27	06:04	05:44	05:41	05:22	06:10	05:44.66	± 00:19.26	5,59
		Verificación de cantidades	04:37	04:17	04:03	04:27	03:59	04:23	04:17.66	± 00:14.51	5,63
		Organización de producto terminado	18:17	16:56	18:43	16:35	18:48	17:47	17:51.00	± 00:55.58	5,19

Fuente: tomada y modificada de P.P.01 Procedimiento para la Fabricación de Esencias.

Tabla 44. Sub actividad de mezclado final y control de proceso

	Adición de disolvente			Adición de jarabe		Adición de espesante		Mezclado final
	Disolvente <15kg	Disolvente <=30kg	Disolvente >30kg	Jarabe <=20kg	Jarabe >20kg	Espesante >60L	Espesante <=60L	Tiempo de mezcla
1 (min)	0:30	1:05	2:02	0:46	1:46	1:29	0:51	4:38
2 (min)	0:37	1:06	1:56	0:42	1:37	1:29	0:39	4:02
3 (min)	0:39	1:18	2:17	0:45	1:41	1:23	0:48	3:43
4 (min)	0:31	1:08	2:19	0:37	1:56	1:23	0:50	3:44
5 (min)	0:33	1:09	2:06	0:50	1:46	1:24	0:38	4:19
6 (min)	0:32	1:15	1:57	0:38	1:44	1:30	0:44	4:14
Promedio (min)	00:33.7	01:10.2	02:06.2	0:43	1:45	01:26.3	0:45	04:06.6
Desviación (min)	00:03.6	00:05.2	00:09.9	00:05.0	00:06.4	00:03.3	00:05.6	00:21.4
Cv (%)	10.57	7.40	7.82	11.58	6.08	3.85	12.41	8.66

Fuente: tomada y modificada de P.P.01 Procedimiento para la Fabricación de Esencias.

Tabla 45. Envasado y empaque por presentación

	Alistamiento de insumos y equipos para envasado				Envase y empaque			
	60MI	500 mL	3785 mL	20 L	60mL	500 mL	3785 mL	20 L
1 (min)	12:52	5:04	4:46	6:05	11.26	10.48	26.04	80
2 (min)	12:32	4:39	4:30	5:30	11.31	10.36	34.24	102
3 (min)	13:15	5:32	4:22	6:13	11.22	10.33	27.21	84
4 (min)	11:58	5:54	4:19	5:58	11.19	11.6	29.09	88
5 (min)	13:03	4:51	4:19	6:25	11.23	11.55	34.43	95
6 (min)	12:45	5:11	4:33	6:12	11.37	10.23	27.07	85
Promedio (min)	12:52	5:11.83	4:28.16	6:03.83	11.26	10.76	29.68	89
σ (min)	00:27.0	00:27.4	00:10.5	00:18.9	00:00.1	00:00.6	00:03.7	00:08.1
Cv (%)	3.50	8.79	3.91	5.18	0.59	5.93	12.59	9.10

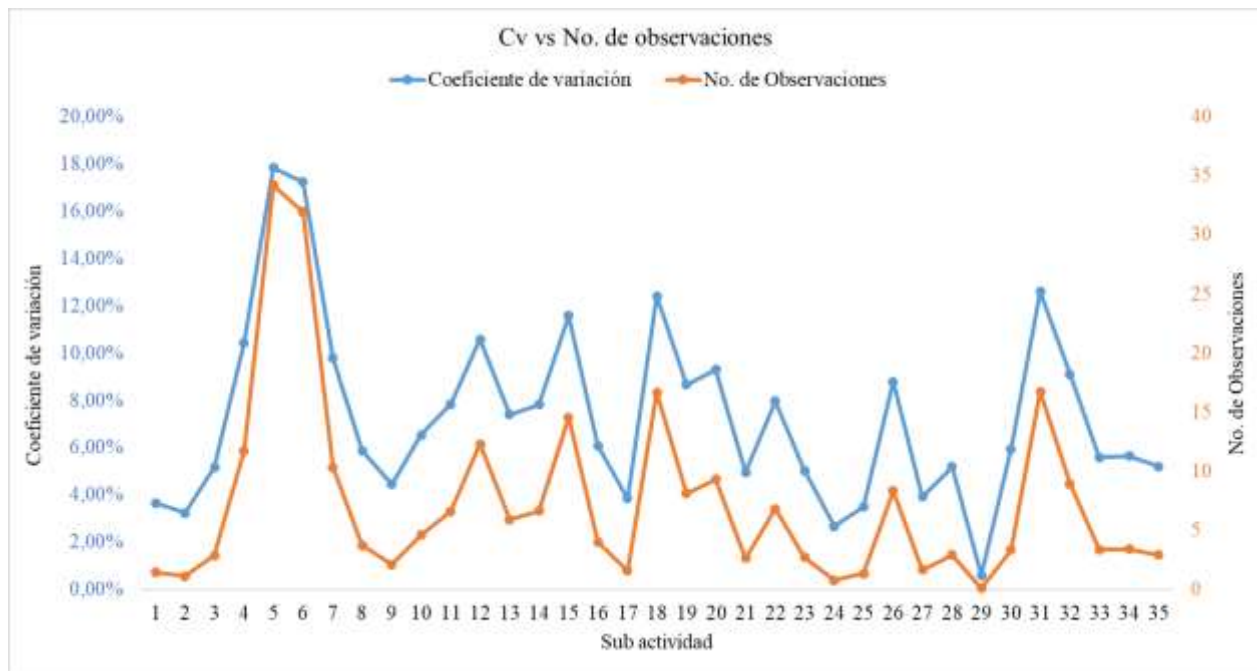
Fuente: tomada y modificada de P.P.01 Procedimiento para la Fabricación de Esencias.

Tabla 46. Número de Observaciones

No	Subactividad	n	Obs.	Cv (%)
1	Revisión y transcripción de pedidos	1,43	1	3,64
2	Revisión e identificación de productos disponibles en bodega	1,13	1	3,23
3	Elaboración e impresión de hoja de verificación	2,87	3	5,17
4	Limpieza general de tanques	11,73	12	10,44
5	Alistamiento general	34,20	34	17,83
6	Pre pesaje y dosificación de polvo	31,96	32	17,24
7	Pre pesaje y dosificación de MP	10,31	10	9,79
8	Llenado de agua y adición de polvo	3,71	4	5,87
9	Mezclado	2,11	2	4,43
10	Reposo de mezcla	4,58	5	6,53
11	Homogenización	6,61	7	7,84
12	Adición disolvente ≤ 15	12,28	12	10,57
13	Adición disolvente ≤ 30	5,90	6	7,40
14	Adición disolvente > 30	6,62	7	7,82
15	Adición jarabe ≤ 20	14,55	15	11,58
16	Adición jarabe > 20	4,00	4	6,08
17	Adición espesante ≤ 60	1,57	2	3,85
18	Adición espesante > 60	16,66	17	12,41
19	Mezclado	8,10	8	8,66
20	Toma de muestras	9,30	9	9,30
21	Control de calidad	2,64	3	4,95
22	Alistamiento de área de etiquetado	6,82	7	7,96
23	Impresión de etiquetas	2,71	3	5,02
24	Etiquetado y alistamiento de envases	0,76	1	2,66
25	Alistamiento de insumos y equipos para envasado 60mL	1,32	1	3,50
26	Alistamiento de insumos y equipos para envasado 500mL	8,31	8	8,79
27	Alistamiento de insumos y equipos para envasado 3785mL	1,65	2	3,91
28	Alistamiento de insumos y equipos para envasado 20L	2,90	3	5,18
29	Envase y empaque 60mL	0,08	0	0,59
30	Envase y empaque 500mL	3,35	3	5,93
31	Envase y empaque 3785mL	16,72	17	12,59
32	Envase y empaque 20L	8,91	9	9,10
33	Transporte de producto terminado	3,36	3	5,59
34	Verificación de cantidades	3,41	3	5,63
35	Organización de producto terminado	2,90	3	5,19

Fuente: elaboración propia.

Figura 64. Cv vs No. de Observaciones



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la Tabla 46 y en la Figura 64, a menor coeficiente de variación, menor número de muestras y mayor confianza en los datos. Es por esto que para los casos en que el número de observaciones es menor a 6, se puede concluir que los datos son confiables, ya que su variación es pequeña, en los casos contrarios, se debe realizar las observaciones requeridas para tener una mejor precisión y confianza. A pesar de existir varias medidas que no son totalmente confiables, ya que requieren de un mayor número de observaciones, estas se toman como referencia para el desarrollo del trabajo.

Adicionalmente, se propone a la empresa realizar un estudio de métodos y tiempos a la línea de producción de esencias, que permita obtener valores más exactos, debido a que los actuales solo incluyen el tiempo que utiliza el operario para realizar una actividad, sin contar con tiempos muertos, suplementos, entre otros. Cabe aclarar que este estudio no se realiza debido a su complejidad y la necesidad de personas calificadas, además de no estar dentro del alcance del método o el proyecto.

Las actividades, subactividades y tiempos promedio, no eran suficientes para la identificación de la actividad crítica, ya que faltaba información que permitiera realizar los modelos IDEF0 y WF-Nets. Debido a esto, durante 2 semanas (16 de enero del 2017 hasta el 24 de enero del 2017) los autores del trabajo, tuvieron interacción continua con el proceso y sus encargados, realizando la recolección de información necesaria, por medio de la técnica de observación y los formatos propuestos en el paso 1 (Tabla 7 y Tabla 8), los cuales permitieron registrar la secuencia de las actividades y subactividades, las entradas, las salidas, los recursos, los controles y las

responsables. Una vez registrada la información, se procedió a organizarla como se expone a continuación:

Tabla 47. Información IDEF0 – Programa de producción

Información para el modelado IDEF0						
Observadores: Jhon Sebastian López Villa Edison Ricardo Toro Martínez				Fecha: 16/01/2017		
Revisor: Jefe de planta						
Actividad	Sub actividad	Responsable	Entradas	Salidas	Recursos	Controles
Programa de producción	Revisión y transcripción de pedidos	Jefe de planta	Información de nuevos pedidos e información de pedidos anteriores	Formato Frusabor	PC jefe de planta, papel y resaltador, impresora	Formato de registro de pedidos
	Revisión e identificación de productos disponibles en bodega	Jefe de planta	Formato Frusabor e información de productos disponibles	Borrador de programa de producción	Papel y resaltador	Formato borrador de programa de producción
	Elaboración e impresión de hoja de verificación	Jefe de planta	Borrador programa de producción e información de MP	Programa de producción y hoja de verificación	PC jefe de planta e impresora	Formato de programa de producción

Fuente: elaboración propia.

Tabla 48. Información IDEF0 – Alistamiento de maquinaria y equipos y Pre pesaje y dosificación

Información para el modelado IDEF0						
Observadores: Jhon Sebastian López Villa Edison Ricardo Toro Martínez				Fecha: 17/01/2017		
Revisor: Jefe de planta						
Actividad	Sub actividad	Responsable	Entradas	Salidas	Recursos	Controles
Alistamiento de maquinaria y equipos	Limpieza general de tanques	Operario de esencias	Tanque para espesante y tanque para esencias	Tanque para espesante limpio y tanque para esencias limpio	Elementos de aseo	.....
	Alistamiento general	Operario de esencias	Recursos de producción, tanque de disolvente, tanque de jarabe, bascula	Recursos para producción limpios, bascula calibrada, jarabe listo, disolvente listo	Elementos de aseo y pesas de precisión para calibración	Tanque para espesante limpio y tanque para esencias limpio
Pre pesaje y dosificación	Pre pesaje y dosificación de polvo	Coordinador de almacén, materias primas e insumos	Polvo para espesante para pre pesaje y dosificación	Polvo para espesante dosificado	Bandeja, bascula y envases	Hoja de verificación
	Pre pesaje y dosificación MP	Coordinador de almacén, materias primas e insumos	MP para pre pesaje y dosificación	MP dosificadas	Bandeja, bascula y envases	Hoja de verificación

Fuente: elaboración propia.

Tabla 49. Información IDEF0 – Disolución de espesante

Información para el modelado IDEF0						
Observadores: Jhon Sebastian López Villa Edison Ricardo Toro Martínez				Fecha: 18/01/2017		
Revisor: Jefe de planta						
Actividad	Sub actividad	Responsable	Entradas	Salidas	Recursos	Controles
Disolución espesante	Llenado de agua y adición de polvo	Operario de esencias	Agua y polvo para espesante dosificado	Agua y polvo para espesante	Tanque pulmón y tubería y tanque para espesante	Hoja de verificación
	Mezclado	Operario de esencias	Agua y polvo para espesante	Mezcla primaria	Tanque para espesante y mezclador espesante	.....
	Reposo de mezcla	Operario de esencias	Mezcla primaria	Mezcla secundaria	Tanque para espesante	.....
	Homogeneización	Operario de esencias	Mezcla secundaria	Espesante	Tanque para espesante y mezclador espesante	.....

Fuente: elaboración propia.

Tabla 50. Información IDEF0 – Control de proceso y mezclado

Información para el modelado IDEF0						
Observadores: Jhon Sebastian López Villa Edison Ricardo Toro Martínez				Fecha: 19/01/2017		
Revisor: Jefe de planta						
Actividad	Sub actividad	Responsable	Entradas	Salidas	Recursos	Controles
Mezclado final y control de proceso	Adición de disolvente, jarabe y espesante	Operario de esencias	Disolvente, jarabe y espesante	Base	Bascula, motobomba, tanque para espesante, recursos para producción y tanques para esencias	Hoja de verificación
	Adición de pre mezclas y mezclado	Operario de esencias	Base y MP dosificadas	Esencias	Recursos para producción, tanques para esencias y mezclador CP	.....

Fuente: elaboración propia.

Tabla 51. Información IDEF0 – Control de calidad para liberación y Etiquetado y preparación para el envasado

Información para el modelado IDEF0						
Observadores: Jhon Sebastian López Villa Edison Ricardo Toro Martínez				Fecha: 20/01/2017		
Revisor: Jefe de planta						
Actividad	Sub actividad	Responsable	Entradas	Salidas	Recursos	Controles
Control de calidad para liberación	Toma de muestras	Operario de esencias	Esencias	Muestra para prueba de calidad	Envases	.....
	Control de calidad	Coordinador de laboratorio de calidad	Muestra para prueba de calidad	Liberación de producto para empaque	Elementos para control de calidad	Muestras de referencia y ficha técnica de especificación de esencias
Etiquetado y preparación para el envasado	Alistamiento de área de etiquetado	Operario etiquetado y loteo	Recursos de etiquetado	Recursos de etiquetado limpios	Elementos de aseo	.....
	Impresión de etiquetas	Operario etiquetado y loteo	Rollo de etiquetas	Etiquetas de cajas y etiquetas de envases	Recursos de etiquetado limpios, Impresora etiquetas y PC etiquetado	Hoja de verificación
	Etiquetado y alistamiento de envases	Operario etiquetado y loteo	Envases, etiquetas de cajas, etiquetas de envases y cajas	Cajas y envases vacíos organizados	Cinta adhesiva	.....

Fuente: elaboración propia.

Tabla 52. Información IDEF0 – Envasado y empaque

Información para el modelado IDEF0						
Observadores: Jhon Sebastian López Villa Edison Ricardo Toro Martínez			Fecha: 23/01/2017			
Revisor: Jefe de planta						
Actividad	Sub actividad	Responsable	Entradas	Salidas	Recursos	Controles
Envasado y empaque	Alistamiento de insumos y equipos	Operario de esencias	Cajas y envases vacíos	Área, elementos y equipos listos	Envasadora 500ml y 60ml, tapas plásticas, recursos para producción	Hoja de verificación
	Envase y empaque	Operario de esencias	Área, elementos y equipos listos	Producto en caja y organizado en plataforma	Plataforma de transporte, tanques para esencias y envasadora 500ml y 60 ml	Hoja de verificación y liberación de producto para empaque

Fuente: elaboración propia.

Tabla 53. Información IDEF0 – Almacenamiento

Información para el modelado IDEF0						
Observadores: Jhon Sebastian Lopez Villa Edison Ricardo Toro Martínez				Fecha: 24/01/2017		
Revisor: Jefe de planta						
Actividad	Sub actividad	Responsable	Entradas	Salidas	Recursos	Controles
Almacenamiento	Transporte de producto terminado	Operario de esencias	Producto en caja y organizado en plataforma	Producto terminado en bodega	Plataforma de transporte	.....
	Verificación de cantidades	Operario de esencias y Coordinador de bodega y despacho	Producto terminado en bodega	Aprobación de almacenaje	Plataforma de transporte	Registro de PT
	Organización de producto terminado	Operario de esencias	Producto terminado en bodega	Producto terminado almacenado	Plataforma de transporte y estantes	Aprobación de almacenaje

Fuente: elaboración propia.

Tabla 54. Información WF-Nets – Programa de producción

Información para el modelado WF-Nets						
Observadores: Jhon Sebastian López Villa Edison Ricardo Toro Martínez			Fecha: 16/01/2017			
Revisor: Jefe de planta						
Actividad	Inicio / Fin – Actividad	Subactividad	Responsable	Orden de ejecución sub actividades	Tiempo estándar (min)	Condiciones de ejecución
Programa de producción	Se realiza al inicio de la jornada laboral / Da inicio a pre pesaje y dosificación, disolución de espesante y etiquetado y preparación para envasado	Revisión y transcripción de pedidos	Jefe de planta	Revisión y transcripción de pedidos - Revisión e identificación de productos disponibles en bodega - Elaboración e impresión de hoja de verificación	25:10.67	Recurso
		Revisión e identificación de productos disponibles en bodega	Jefe de planta		13:51.58	Recurso
		Elaboración e impresión de hoja de verificación	Jefe de planta		35:52.41	Recurso

Fuente: elaboración propia.

Tabla 55. Información WF-Nets – Alistamiento de maquinaria y equipos y Pre pesaje y dosificación

Información para el modelado WF-Nets						
Observadores: Jhon Sebastian López Villa Edison Ricardo Toro Martínez				Fecha: 17/01/2017		
Revisor: Jefe de planta						
Actividad	Inicio / Fin - Actividad	Sub actividad	Responsable	Orden de ejecución sub actividades	Tiempo estándar (min)	Condiciones de ejecución
Alistamiento de maquinaria y equipos	Se realiza al inicio de la jornada laboral / Da inicio a disolución de espesante	Limpieza general de tanques	Operario de esencias	Limpieza general de tanques -	13:41.08	Recurso
		Alistamiento general	Operario de esencias	Alistamiento general	12:04.86	Recurso
Pre pesaje y dosificación espesante	Se inicia al finalizar programa de producción / Da inicio a disolución de espesante y pre pesaje y dosificación MP	Pre pesaje y dosificación espesante	Coordinador de almacén, de materias primas e insumos	Pre pesaje y dosificación espesante	02:30.73	Recurso
Pre pesaje y dosificación MP	se inicia al finalizar pre pesaje y dosificación espesante / Da inicio a control de proceso y mezclado	Pre pesaje y dosificación MP	Coordinador de almacén, de materias primas e insumos	Pre pesaje y dosificación MP	29:32.89	Recurso

Fuente: elaboración propia.

Tabla 56. Información WF-Nets – Disolución de espesante

Información para el modelado WF-Nets						
Observadores: Jhon Sebastian López Villa Edison Ricardo Toro Martínez			Fecha: 18/01/2017			
Revisor: Jefe de planta						
Actividad	Inicio / Fin – Actividad	Sub actividad	Responsable	Orden de ejecución sub actividades	Tiempo estándar (min)	Condiciones de ejecución
Disolución espesante	Se inicial al finalizar alistamiento de maquinarias y equipos / Da inicio a control de proceso y mezclado	Llenado de agua en tanque para espesante	Operario de esencias	Llenado de agua en tanque para espesante - Adicionar polvo para espesante - Mezclado - Reposo de mezcla - Homogeneización	08:22.09 por cada 100L	Recurso
		Adicionar polvo para espesante	Operario de esencias		Recurso	
		Mezclado	Operario de esencias		48:33.21	Recurso
		Reposo de mezcla	Operario de esencias		78:00.00	Recurso
		Homogeneización	Operario de esencias		14:15.00	Recurso

Fuente: elaboración propia.

Tabla 57. Información WF-Nets – Control de proceso y mezclado

Información para el modelado WF-Nets						
Observadores: Jhon Sebastian Lopez Villa Edison Ricardo Toro Martínez			Fecha: 19/01/2017			
Revisor: Jefe de planta						
Actividad	Inicio / Fin – Actividad	Sub actividad	Responsable	Orden de ejecución sub actividades	Tiempo estándar (min)	Condiciones de ejecución
Control de proceso y mezclado	Se inicial al finalizar disolución espesante y pre pesaje y dosificación espesante y MP / Da inicio a control de calidad para liberación	Adición de disolvente <=15Kg	Operario de esencias	Adición de disolvente - Adición de jarabe - Adición de espesante - Adición de pre mezclas y mezclado	Ver Tabla 44	Recurso
		Adición de disolvente >15Kg y <=30Kg	Operario de esencias		Ver Tabla 44	Recurso
		Adición de disolvente >30Kg	Operario de esencias		Ver Tabla 44	Recurso
		Adición de jarabe <=20	Operario de esencias		Ver Tabla 44	Recurso
		Adición de jarabe >20	Operario de esencias		Ver Tabla 44	Recurso
		Adición de espesante <=60	Operario de esencias		Ver Tabla 44	Recurso
		Adición de espesante >60	Operario de esencias		Ver Tabla 44	Recurso
		Adición de pre mezclas y mezclado	Operario de esencias		Ver Tabla 44	Recurso

Fuente: elaboración propia.

Tabla 58. Información WF-Nets - Control de calidad para liberación y Etiquetado y preparación para el envasado

Información para el modelado WF-Nets						
Observadores: Jhon Sebastian López Villa Edison Ricardo Toro Martínez				Fecha: 20/01/2017		
Revisor: Jefe de planta						
Actividad	Inicio / Fin – Actividad	Sub actividad	Responsable	Orden de ejecución sub actividades	Tiempo estándar (min)	Condiciones de ejecución
Control de calidad para liberación	Se inicia al finalizar control de proceso y mezclado / Da inicio a envasado y empaque	Toma de muestras para control de calidad	Operario de esencias	Toma de muestras para control de calidad - Control de calidad	08:40.72	Recurso
		Control de calidad	Coordinador de laboratorio de calidad		10:30.02	Recurso
Etiquetado y preparación para el envasado	Se inicia al finalizar programa de producción / Da inicio a envasado y empaque	Alistamiento área de etiquetado	Operario de etiquetado y loteo.	Alistamiento área de etiquetado - Impresión de etiquetas - Etiquetado y alistamiento envases	10:45.29	Recurso
		Impresión de etiquetas	Operario de etiquetado y loteo.		27:50.00	Recurso
		Etiquetado y alistamiento envases	Operario de etiquetado y loteo.		82:00.00	Recurso

Fuente: elaboración propia.

Tabla 59. Información WF-Nets - Envasado y empaque

Información para el modelado WF-Nets						
Observadores: Jhon Sebastian López Villa Edison Ricardo Toro Martínez				Fecha: 23/01/2017		
Revisor: Jefe de planta						
Actividad	Inicio / Fin – Actividad	Sub actividad	Responsable	Orden de ejecución sub actividades	Tiempo estándar (min)	Condiciones de ejecución
Envasado y empaque	Se inicia al finalizar control de calidad para liberación y etiquetado y preparación para el envasado / Da inicio a almacenamiento	Alistamiento de insumos y equipos 60ml	Operario de esencias	Alistamiento de insumos y equipos - Envase y empaque	Ver Tabla 45	Recurso
		Alistamiento de insumos y equipos 500ml	Operario de esencias		Ver Tabla 45	Recurso
		Alistamiento de insumos y equipos 3785ml	Operario de esencias		Ver Tabla 45	Recurso
		Alistamiento de insumos y equipos 20L	Operario de esencias		Ver Tabla 45	Recurso
		Envase y empaque 60ml	Operario de esencias		Ver Tabla 45	Recurso
		Envase y empaque 500ml	Operario de esencias		Ver Tabla 45	Recurso
		Envase y empaque 3785ml	Operario de esencias		Ver Tabla 45	Recurso
		Envase y empaque 20L	Operario de esencias		Ver Tabla 45	Recurso

Fuente: elaboración propia.

Tabla 60. Información WF-Nets – Almacenamiento

Información para el modelado WF-Nets						
Observadores: Jhon Sebastian López Villa Edison Ricardo Toro Martínez			Fecha: 24/01/2017			
Revisor: Jefe de planta						
Actividad	Inicio / Fin – Actividad	Sub actividad	Responsable	Orden de ejecución sub actividades	Tiempo estándar (min)	Condiciones de ejecución
Almacenamiento	Se inicia al finalizar envasado y empaque / Termina el proceso productivo de esencias	Organización y transporte a bodega	Operario de esencias	Organización y transporte a bodega - Verificación de cantidades y firma - Organización en estantes	05:47.41	Recurso
		Verificación de cantidades y firma	Operario de esencias y Coordinador de bodega y despacho		04:20.29	Recurso
		Organización en estantes	Operario de esencias		17:01.37	Recurso

Fuente: elaboración propia.

3. Construir Modelos IDEF0 y WF-Nets

Después de obtener la información para construir los modelos IDEF0 y WF-Nets, se procede a realizarlos teniendo en cuenta las pautas, expuestas en el Anexo A1. Para esto, se usó la versión libre de las herramientas software Edraw Max y WoPeD; de igual forma se tuvieron en cuenta las revisiones constantes del Jefe de planta (25 de enero del 2017 hasta el 27 de enero del 2017), quien ayudo en la definición y unificación de términos. De lo anterior se obtuvieron los modelos expuestos a continuación.

Modelos IDEF0

Índice de nodos

A-0 – Proceso productivo de esencias

A0 – Proceso productivo de esencias

A1 – Programa de producción.

A11 – Revisión y transcripción de pedidos.

A12 – Revisión e identificación de productos disponibles en bodega.

A13 – Elaboración e impresión de hoja de verificación.

A2 – Alistamiento de maquinarias y equipos.

A21 – Limpieza general de tanques.

A22 – Alistamiento general.

A3 – Pre pesaje y dosificación.

A31 – Identificación selección y ubicación de materias primas.

A32 – Pre pesaje y dosificación de polvo.

A33 – Pre pesaje y dosificación de MP.

A4 – Disolución espesante.

A41 – Llenado de agua y adición de polvo

A42 – Mezclado

A43 – Reposo de mezcla

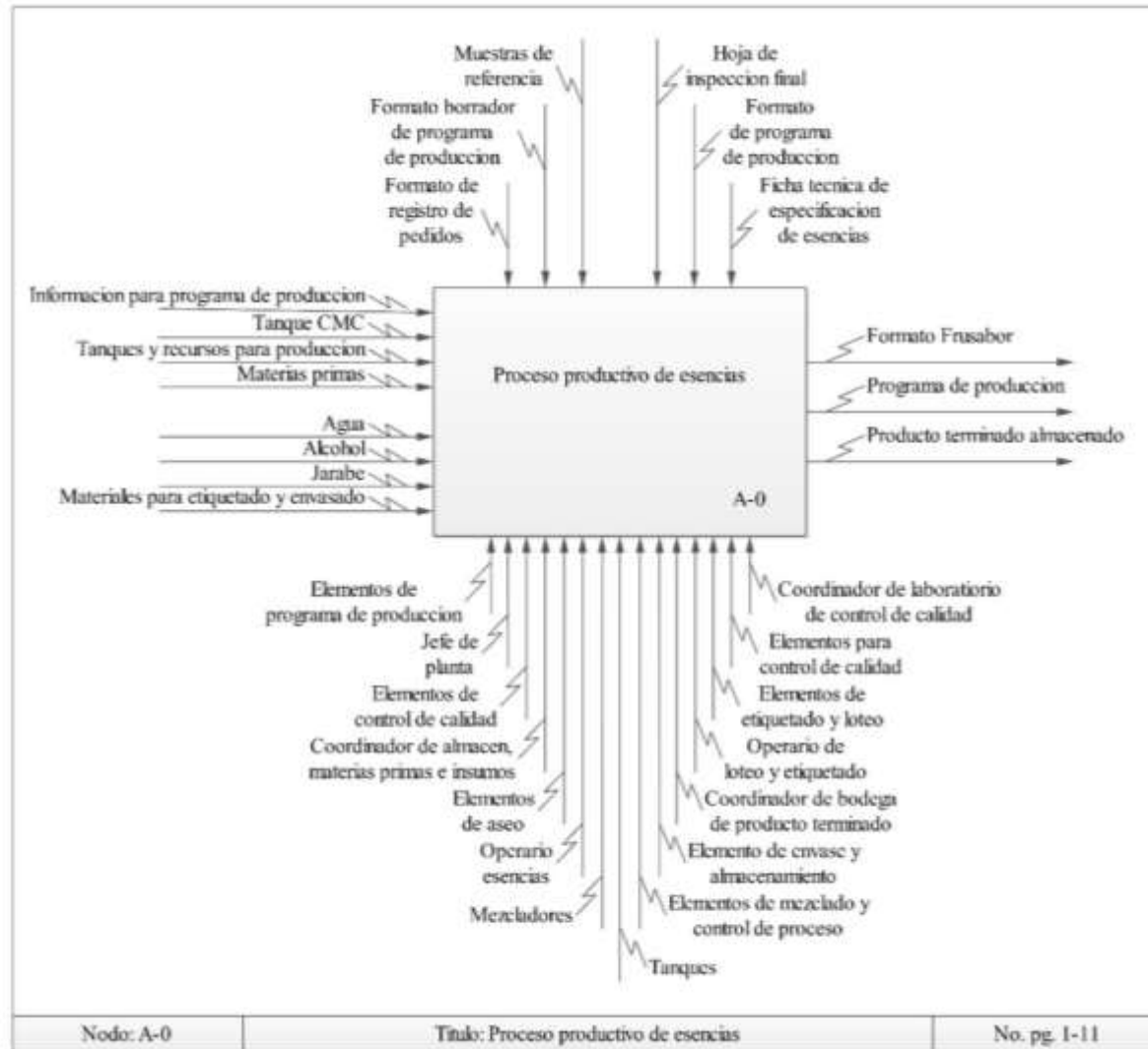
A44 – Homogeneización

A5 – Mezclado final y control de proceso.

A51 – Adición de disolvente, jarabe y espesante.

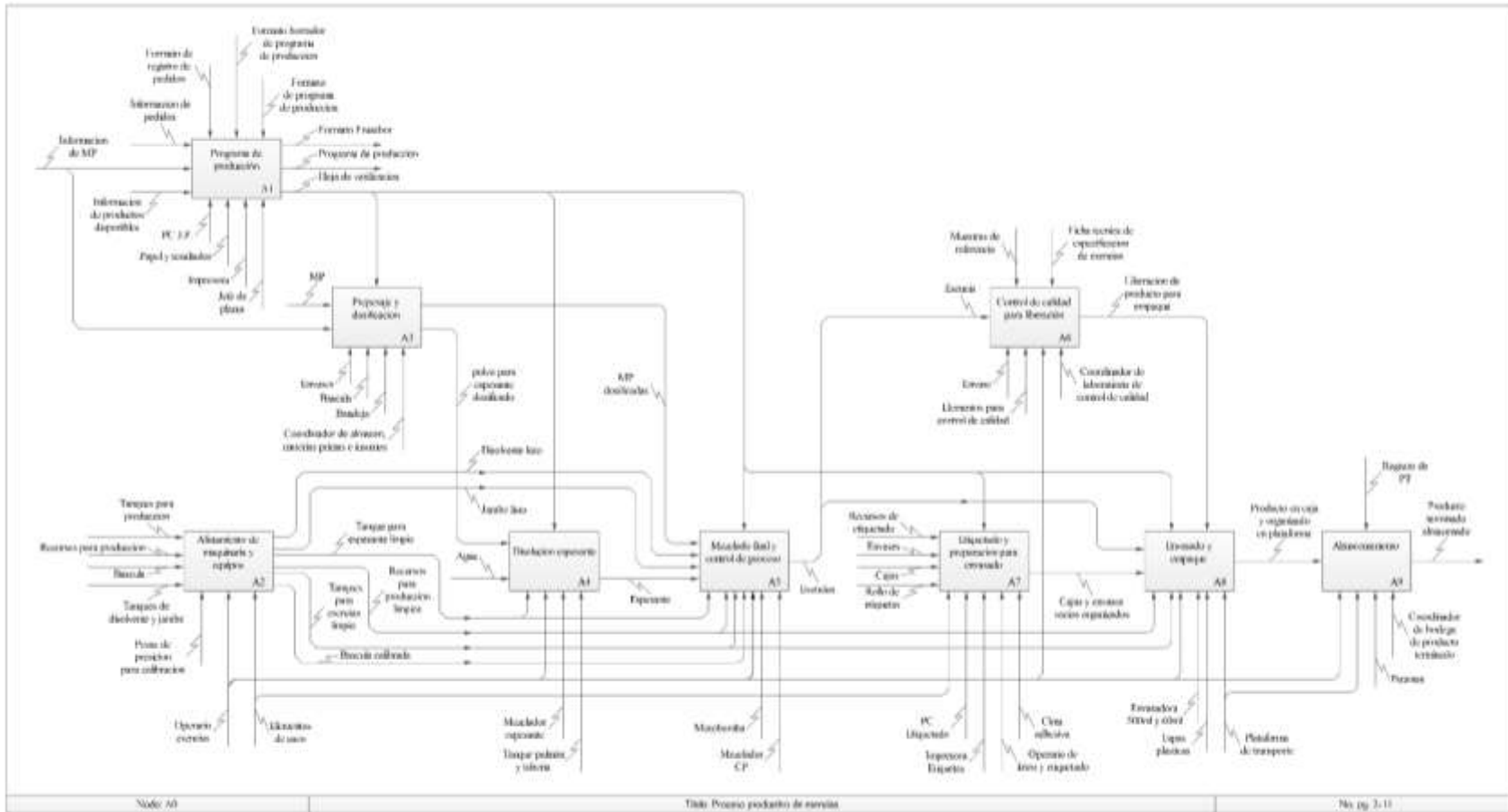
- A52 – Adición de pre mezclas.
- A53 – Mezclado.
- A6 – Control de calidad para liberación.
 - A61 – Toma de muestras.
 - A62 – Control de calidad.
- A7 – Etiquetado y preparación para el envasado.
 - A71 – Impresión de etiquetas.
 - A72 – Etiquetado de envases.
 - A73 – Organización de envases.
- A8 – Envasado y empaque
 - A81 – Envase de esencia.
 - A82 – Organización de producto.
- A9 – Almacenamiento
 - A91 – Transporte de producto terminado.
 - A92 – Verificación de cantidades.
 - A93 – Organización de producto terminado.

Figura 65. A-0 – Proceso productivo de esencias.



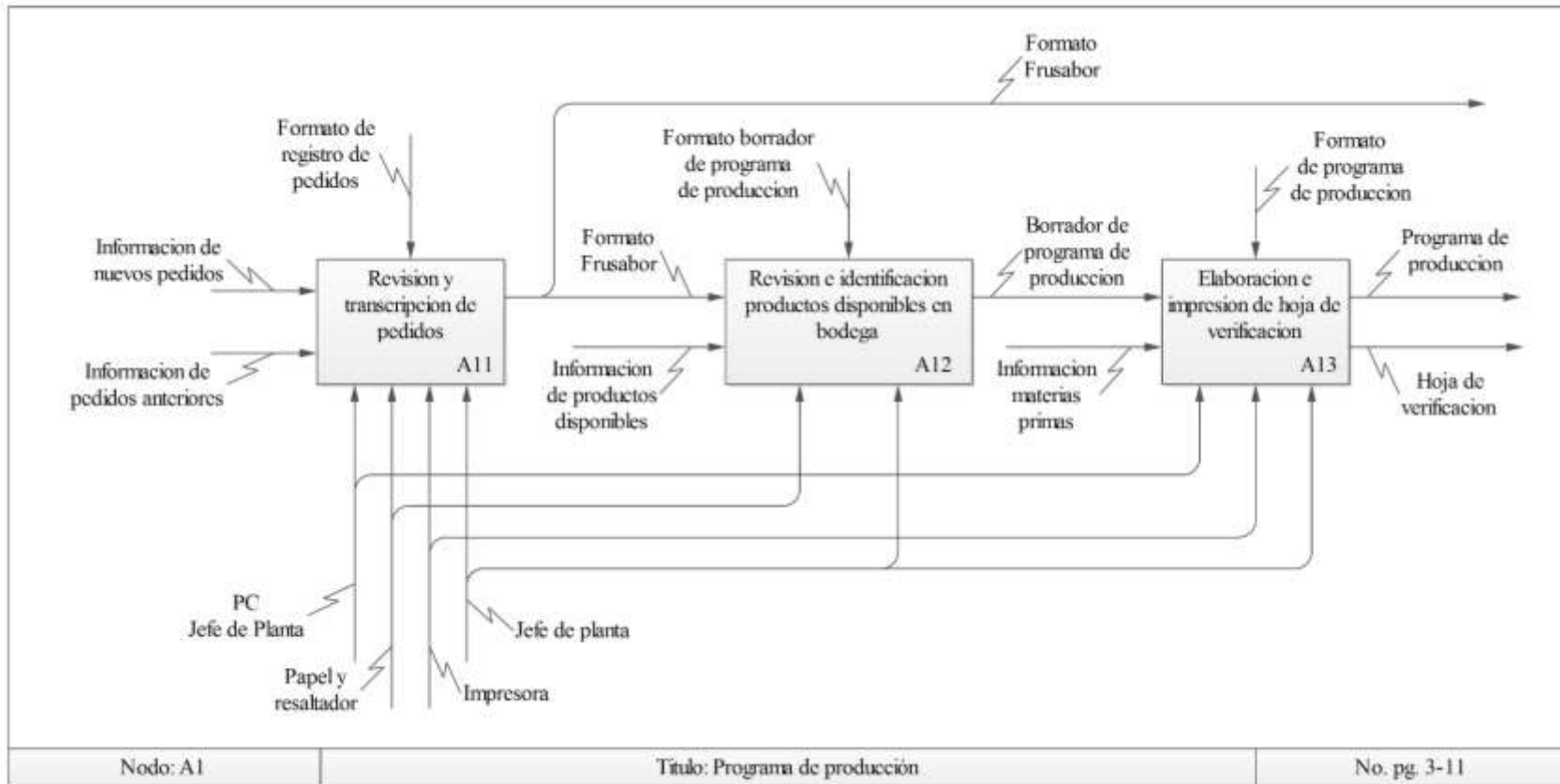
Fuente: elaboración propia.

Figura 66. A0 – Proceso productivo de esencias.



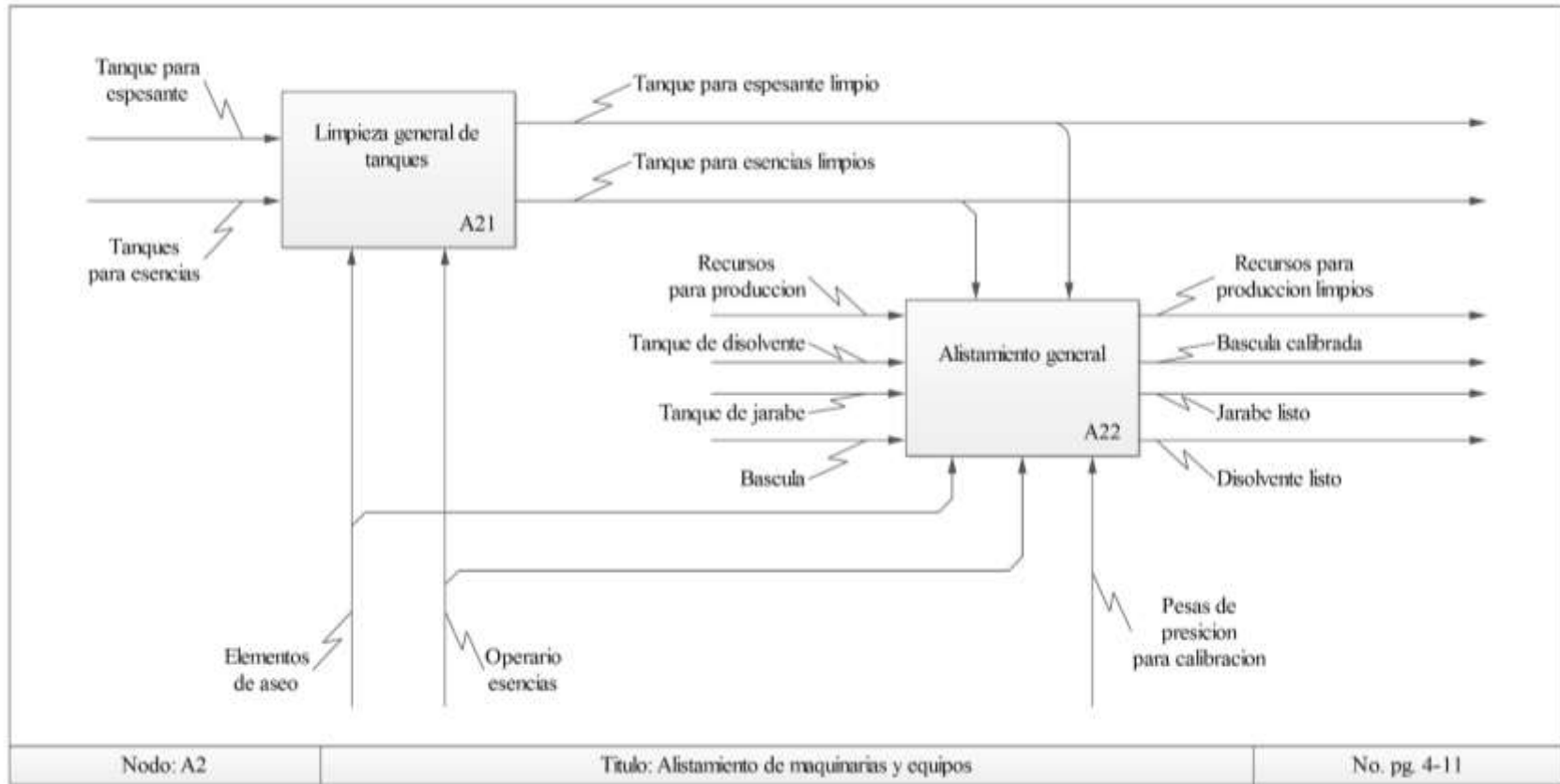
Fuente: elaboración propia.

Figura 67. A1 – Programa de producción.



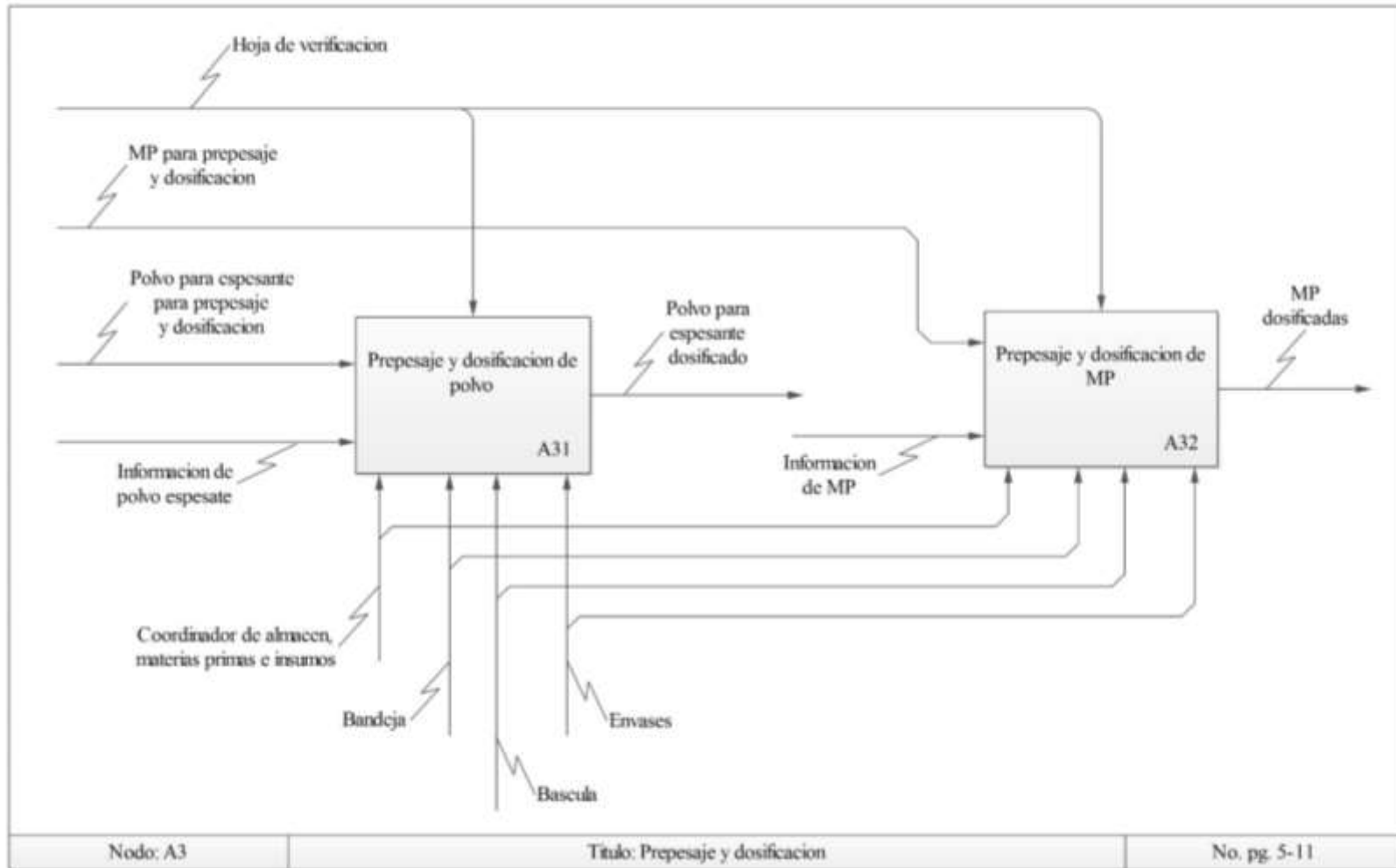
Fuente: elaboración propia.

Figura 68. A2 – Alistamiento de maquinarias y equipos.



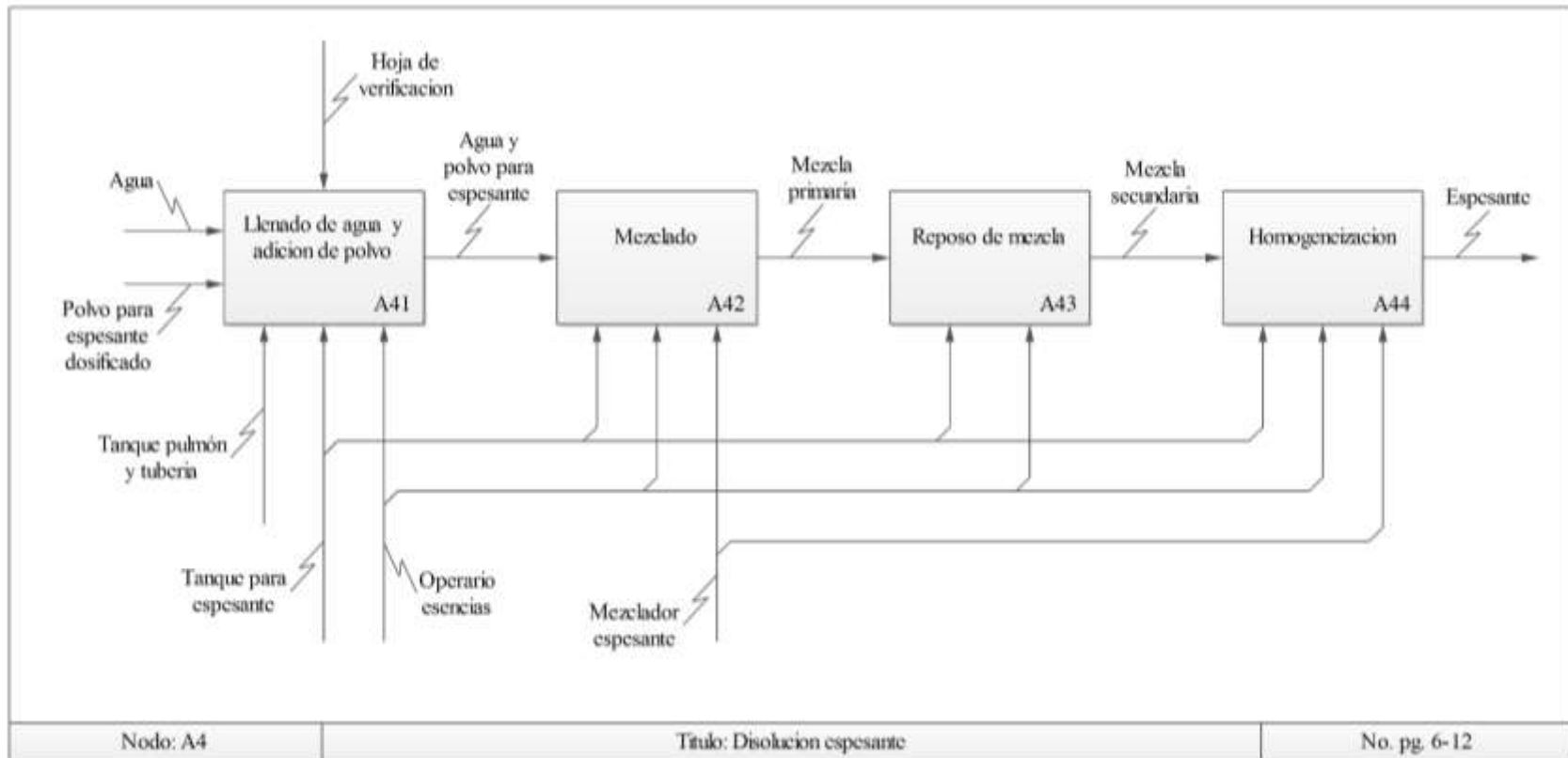
Fuente: elaboración propia.

Figura 69. A3 – Pre pesaje y dosificación.



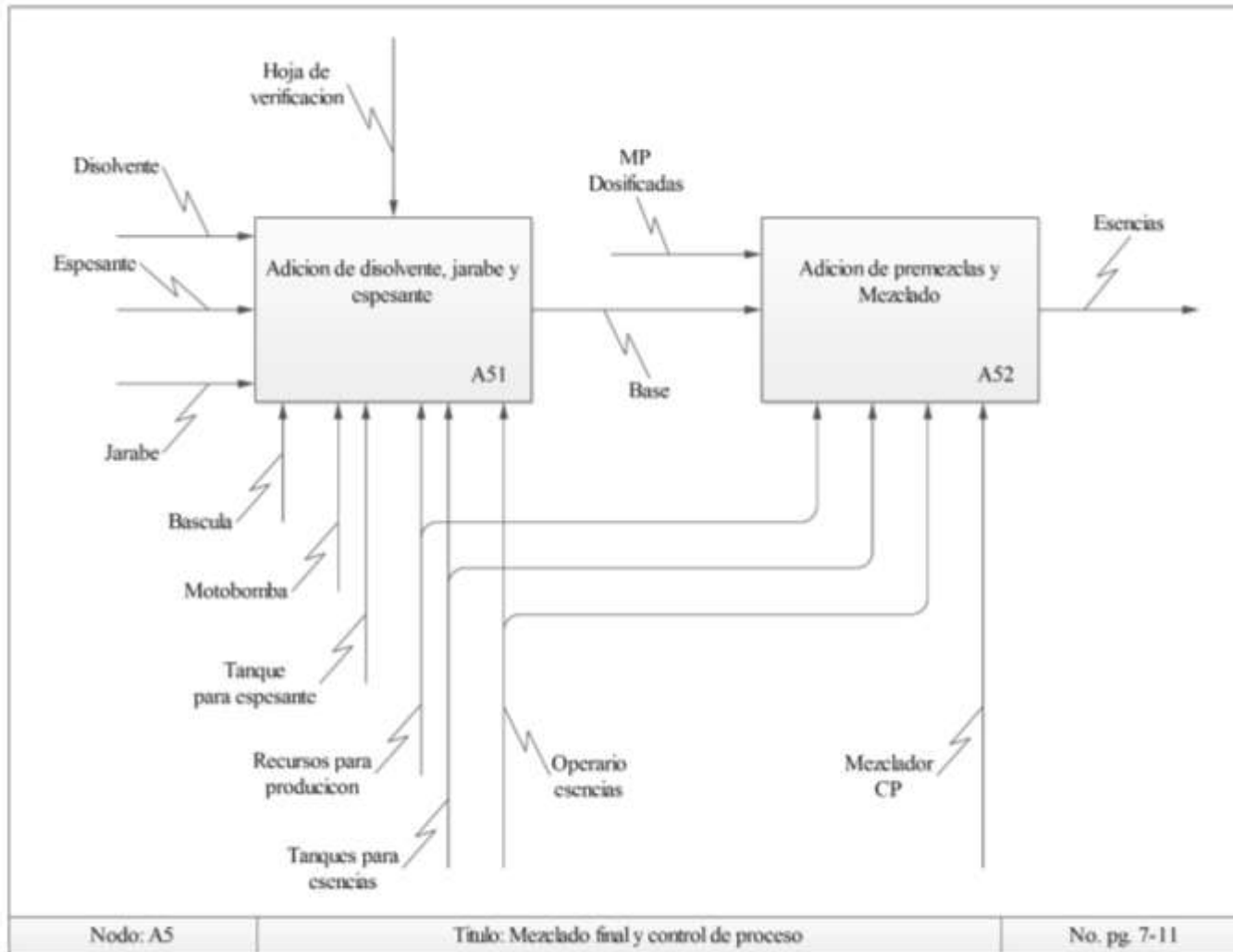
Fuente: elaboración propia.

Figura 70. A4 – Disolución espesante.



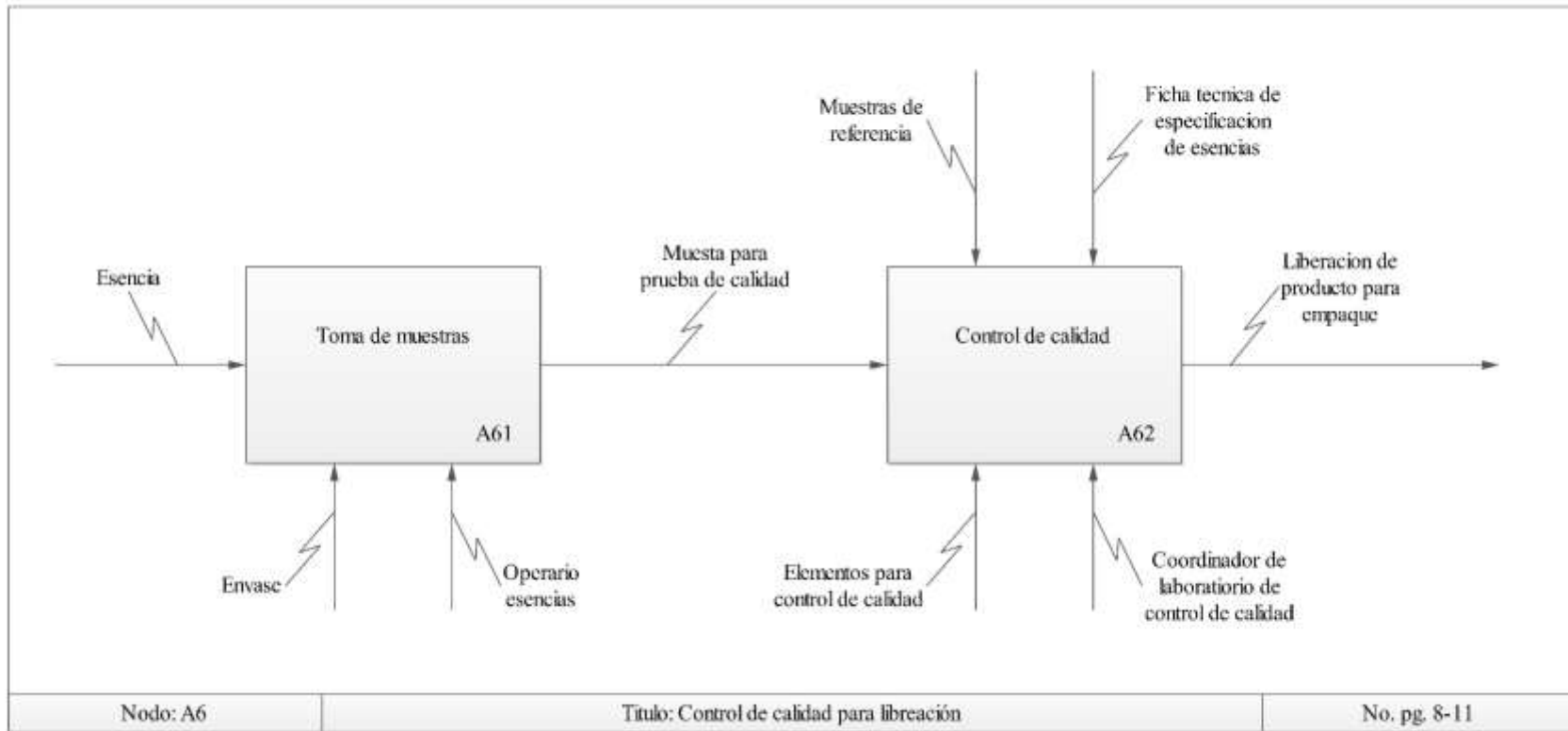
Fuente: elaboración propia.

Figura 71. A5 – Mezclado final y control de proceso.



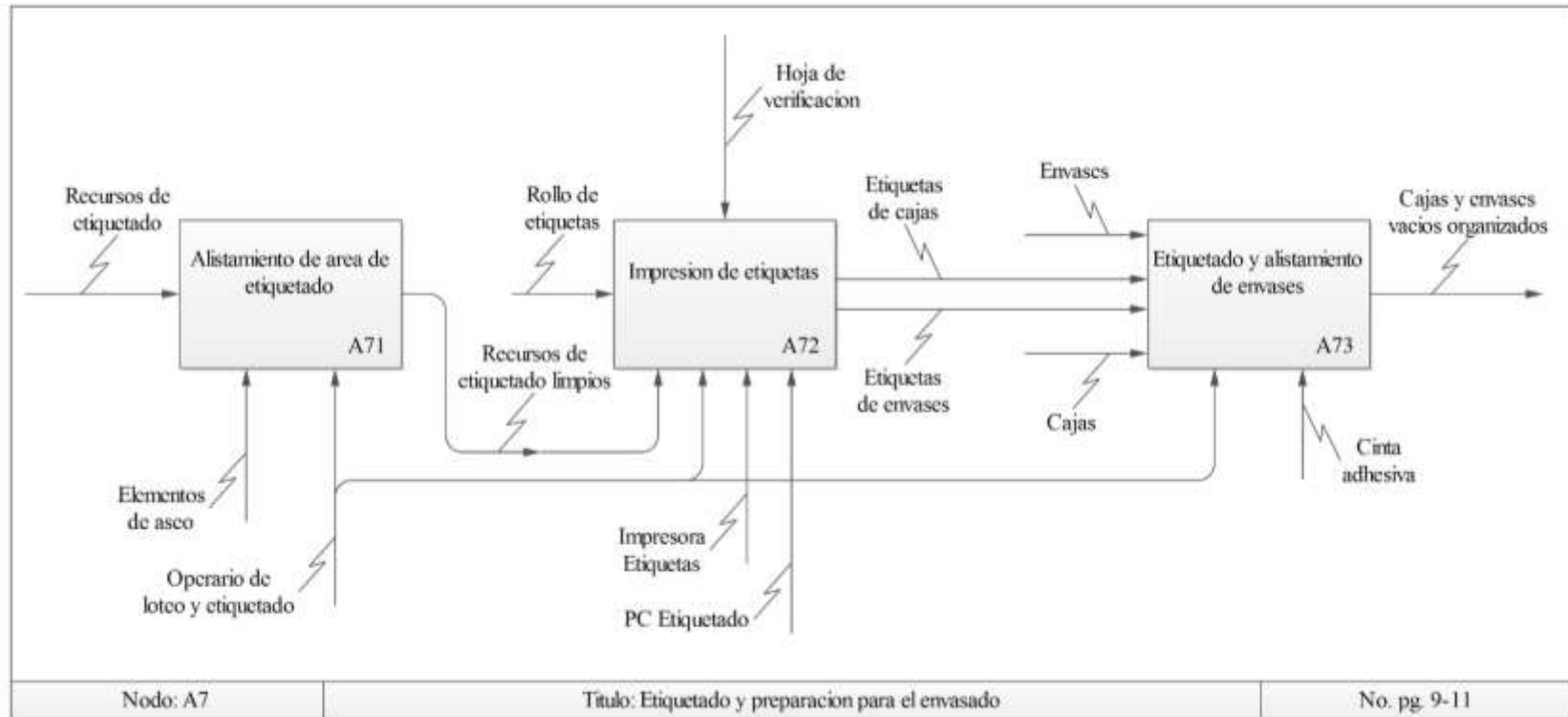
Fuente: elaboración propia.

Figura 72. A6 – Control de calidad para liberación.



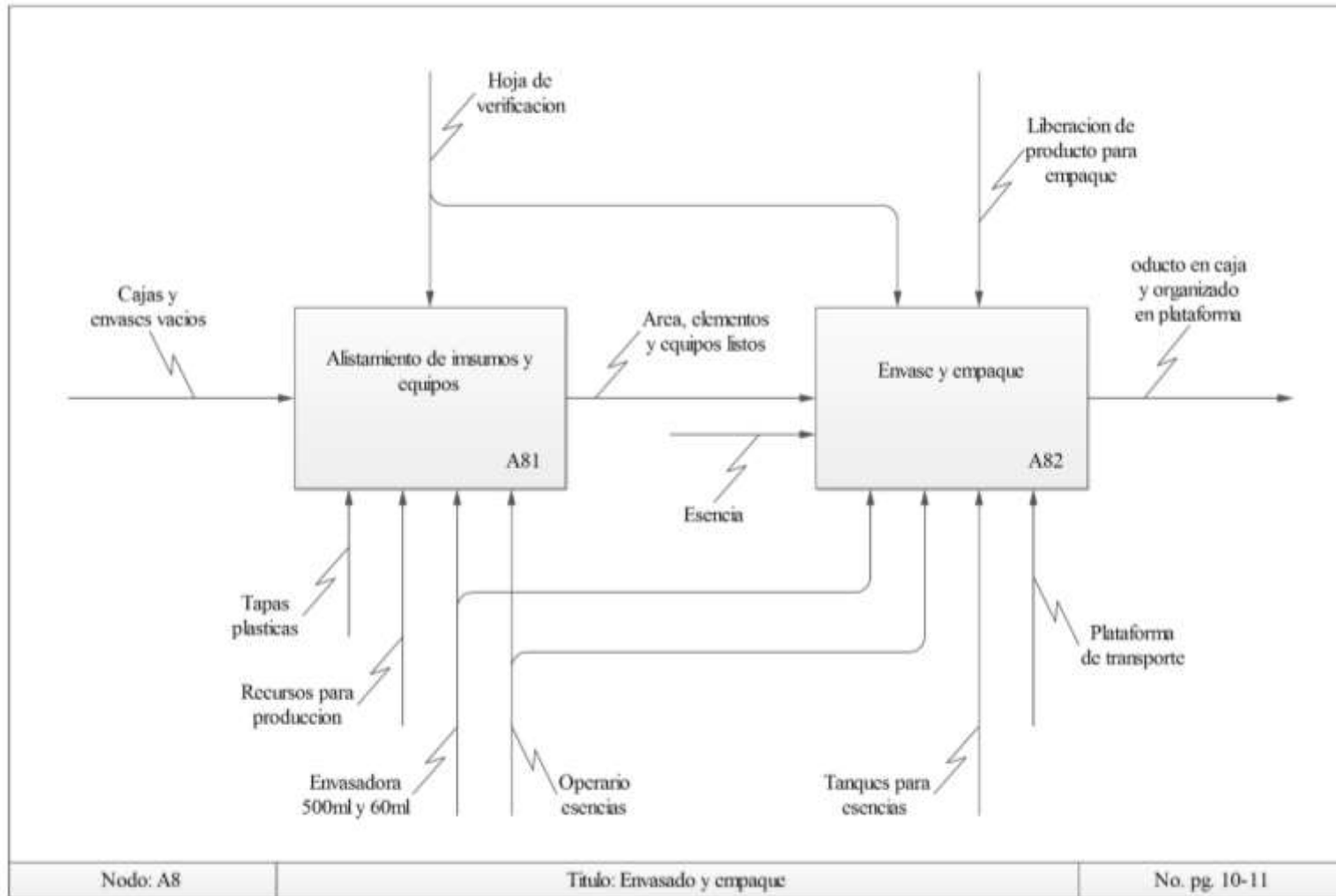
Fuente: elaboración propia.

Figura 73. A7 – Etiquetado y preparación para el envasado.



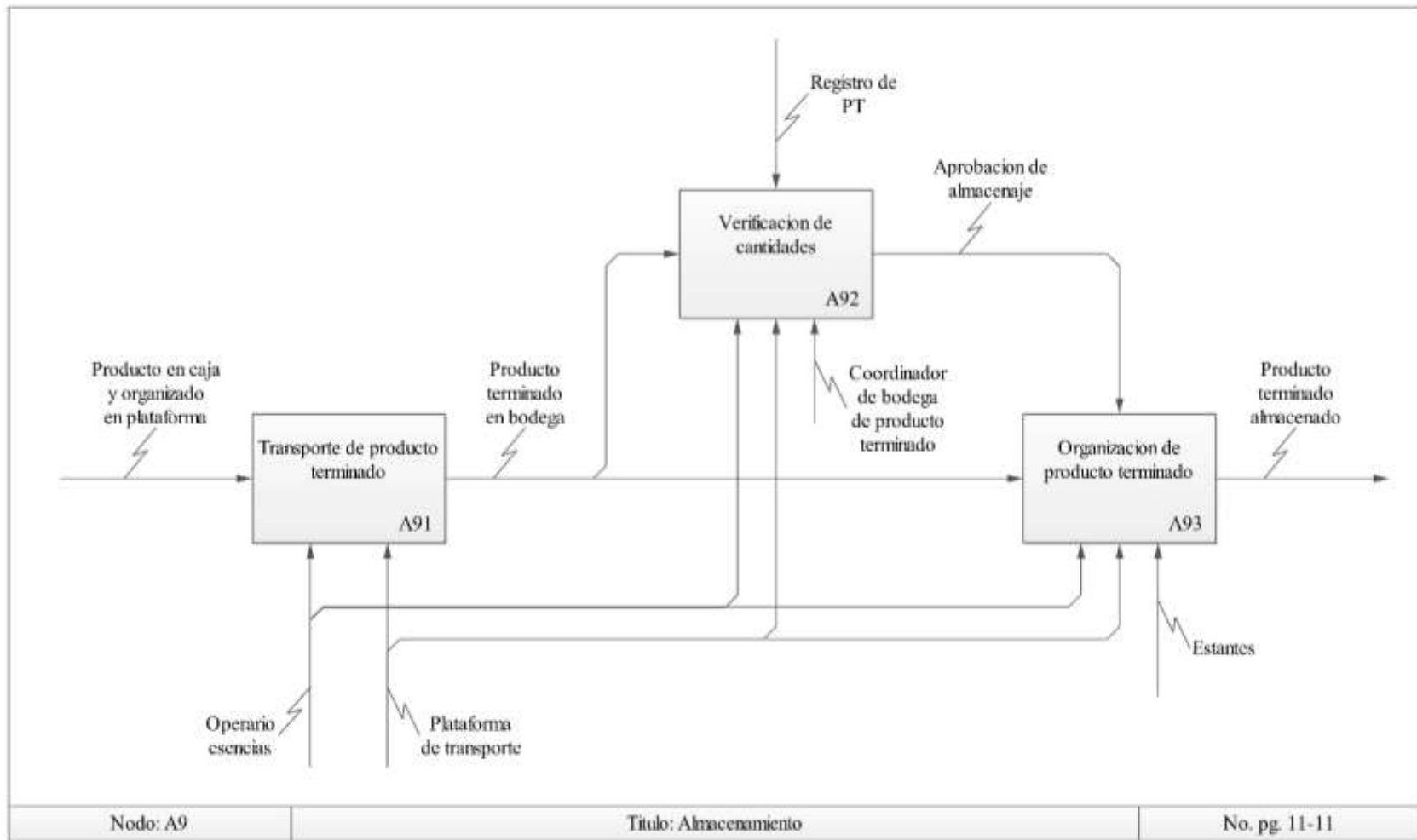
Fuente: elaboración propia.

Figura 74. A8 – Envasado y empaque.



Fuente: elaboración propia.

Figura 75. A9 – Almacenamiento.



Fuente: elaboración propia.

Texto

A0 – Proceso productivo de esencias: este proceso mostrado en la Figura 66, posee en total 9 sub actividades, que van desde el programa de producción hasta el almacenamiento de producto terminado, cada una de estas, además de los recursos, entradas, salidas y controles, requieren de la supervisión de diferentes encargados como: Jefe de planta, Operario de esencias, Coordinador de almacén, materias primas e insumos, Coordinador de bodega y despacho, Coordinador de laboratorio de calidad y Operario de etiquetado y loteo.

A1 – Programa de producción: como se observa en la Figura 67, para realizar el programa de producción, se hace una revisión de pedidos, los cuales llegan vía correo electrónico; se verifica la disponibilidad de productos terminados que pueden suplir parte del pedido del cliente y se determinan las cantidades a producir, teniendo en cuenta la disponibilidad de materias primas e insumos. Finalmente, se realiza el programa de producción y se imprime una hoja de verificación, basada en este, la cual es enviada a los operarios del proceso, para informar las cantidades a dosificar, el tipo de esencias, el tipo de presentación, el número de lote, entre otros. Por último, se ingresa el programa de producción al sistema. Lo anterior se realiza mediante las siguientes sub actividades.

- A11 – Revisión y transcripción de pedidos.
- A12 – Revisión e identificación de productos disponibles en bodega.
- A13 – Elaboración e impresión de hoja de verificación.

A2 – Alistamiento de maquinarias y equipos: en esta actividad, como se observa en la Figura 68, se realiza la limpieza, desinfección y alistamiento del área y equipos como: tanques, válvulas, tuberías, mezcladores, balanzas, entre otros. La entrada “Recursos de producción” incluye los siguientes elementos: baldes, mangueras, tuberías y regla de nivel; de igual forma, el recurso “Elementos de aseo” incluye: trapeador, balde, jabón, desinfectantes, escoba, recogedor y toallas. Lo expuesto en esta actividad se realiza mediante las siguientes sub actividades.

- A21 – Limpieza general de tanques.
- A22 – Alistamiento general.

A3 – Pre pesaje y dosificación: como se observa en la Figura 69, esta actividad se encarga de la medición y dosificación de cada una de las materias primas que componen la fórmula, por medio de una báscula de precisión y teniendo en cuenta lo especificado en la hoja de verificación. Lo anterior se realiza mediante las siguientes sub actividades.

- A31 – Pre pesaje y dosificación de polvo.
- A32 – Pre pesaje y dosificación de MP.

A4 – Disolución espesante: en esta actividad, como se observa en la Figura 70, se prepara el espesante que consta de agua y polvo para espesante, estos elementos se mezclan, se dejan reposar y finalmente se homogenizan. Lo anterior se realiza a través de las siguientes sub actividades.

- A41 – Llenado de agua y adición de polvo

- A42 – Mezclado
- A43 – Reposo de mezcla
- A44 – Homogeneización

A5 – Mezclado final y control de proceso: en esta actividad, como se observa en la Figura 71, se hace todo lo relacionado con la elaboración de esencias, las cuales se preparan adicionando espesante, jarabe y disolvente, según lo especificado en la hoja de verificación, para generar la “Base”. Posteriormente, se adicionan materias primas previamente dosificadas, todos los elementos se diluyen y forman una mezcla homogénea (esencia). El recurso “Recursos de producción” incluye los siguientes elementos: baldes, mangueras, tuberías y regla de nivel. Lo anterior se realiza por medio de las siguientes sub actividades.

- A51 – Adición de disolvente, jarabe y espesante.
- A52 – Adición de pre mezclas y mezclado.

A6 – Control de calidad para liberación: como se observa en la Figura 72, para esta actividad es necesario tomar una muestra de cada uno de los lotes y enviarlos a control de calidad, donde se aprueba o desaprueba, teniendo en cuenta factores como: brix, índice de refracción, apariencia y color. El recurso “Elementos para control de calidad” incluye medidor de factores, papel higiénico, pitillos y agua destilada. Lo anterior se realiza a través de las siguientes sub actividades.

- A61 – Toma de muestras.
- A62 – Control de calidad.

A7 – Etiquetado y preparación para el envasado: en esta actividad como se observa en la Figura 73, se realiza la limpieza del área, se imprimen las etiquetas para cada uno de los lotes a producir, se etiquetan los envases y se organizan por cajas y/o lote, todo esto teniendo en cuenta la hoja de verificación. El recurso “Elementos de aseo” incluye: trapeador, balde, jabón, desinfectantes, escoba, recogedor y toallas, de igual forma la entrada “Recursos de etiquetado” incluye la mesa y la estiba. Lo anterior se realiza mediante las siguientes subactividades.

- A71 – Alistamiento de área de etiquetado.
- A72 – Impresión de etiquetas.
- A73 – Etiquetado y alistamiento de envases.

A8 – Envasado y empaque: como se observa en la Figura 74, para el envasado y empaque, se realiza un alistamiento de insumos y equipos, en el cual se organizan los elementos y prepara el área. Hecho esto, se da inicio al envasado, el cual se realiza lote por lote y en el orden especificado por la hoja de verificación, aunque en algunos casos, el envasado se realiza dependiendo de la necesidad o urgencia de despachar el producto. El recurso “Recursos de producción” incluye los siguientes elementos: baldes, mangueras, tuberías y regla de nivel. Lo anterior se realiza por medio de las siguientes sub actividades.

- A81 – Alistamiento de insumos y equipos.
- A82 – Envase y empaque.

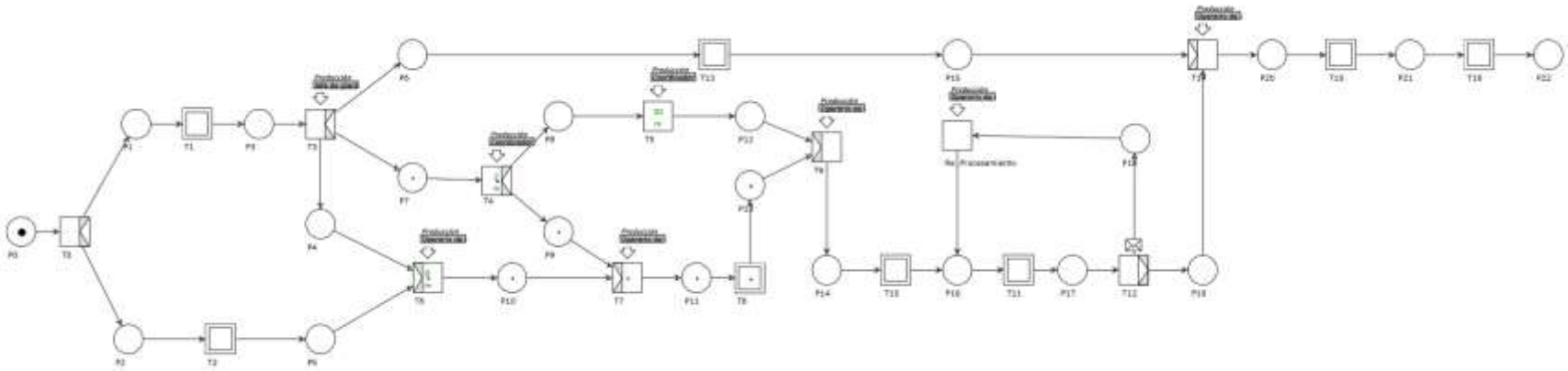
A9 – Almacenamiento: como se observa en la Fuente: elaboración propia.

Figura 75, el Operario de esencias, transporta el producto terminado a bodega para ser chequeado por el Coordinador de bodega y despacho, una vez se aprueba el producto y las cantidades, se organiza y almacena en los estantes. Lo anterior se realiza a través de las siguientes sub actividades.

- A91 – Transporte de producto terminado.
- A92 – Verificación de cantidades.
- A93 – Organización de producto terminado.

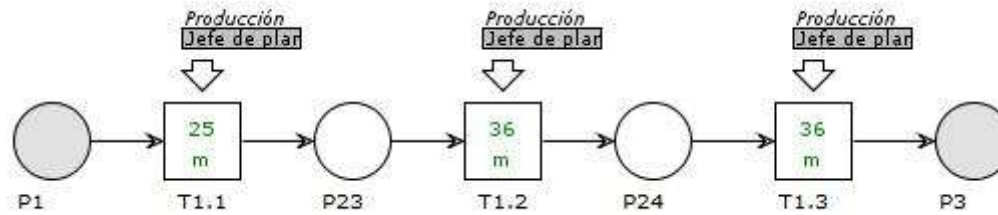
Modelos WF-Nets

Figura 76. Modelado dinámico en WF-Nets del proceso productivo de esencias



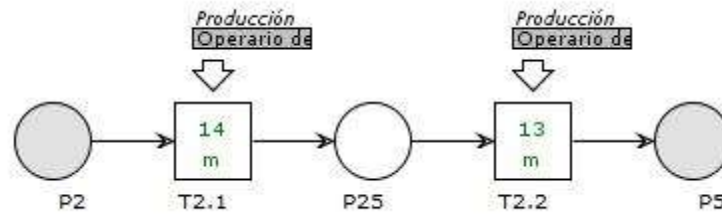
Fuente: elaboración propia.

Figura 77. Modelado Programa de Producción



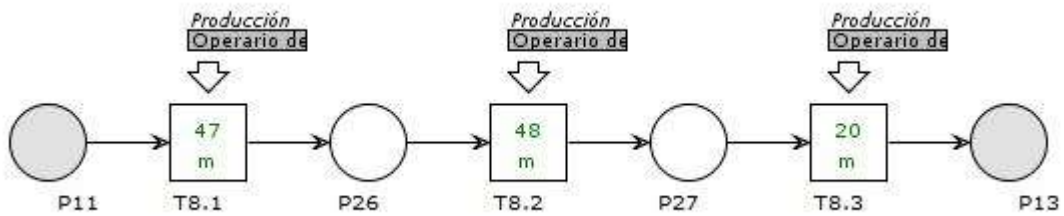
Fuente: elaboración propia.

Figura 78. Modelado Alistamiento de Maquinaria y Equipos



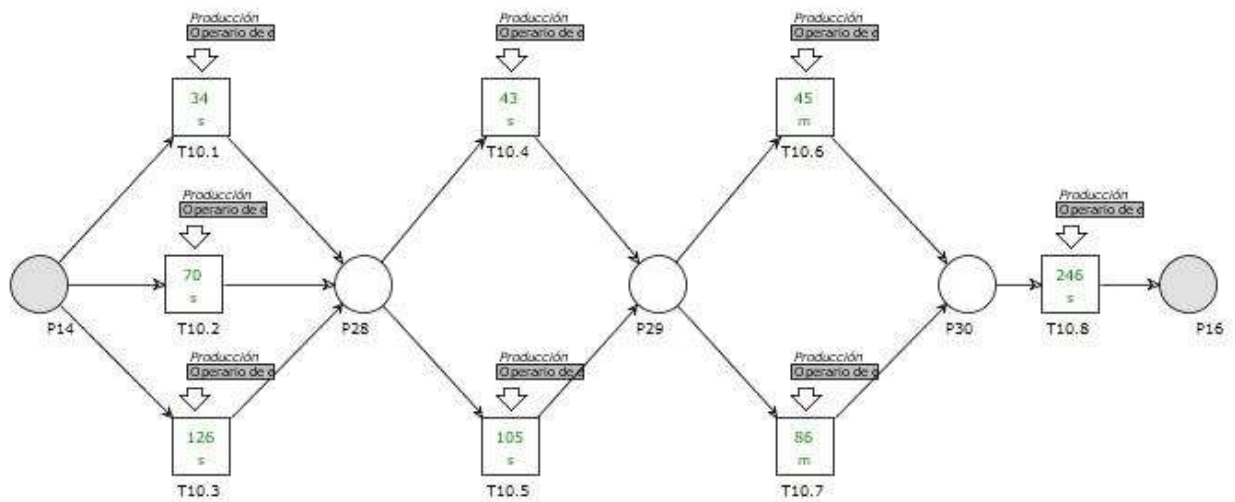
Fuente: elaboración propia.

Figura 79. Modelado Disolución de Espesante



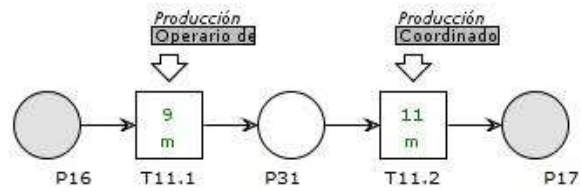
Fuente: elaboración propia.

Figura 80. Modelado de Mezclado Final y Control de Proceso



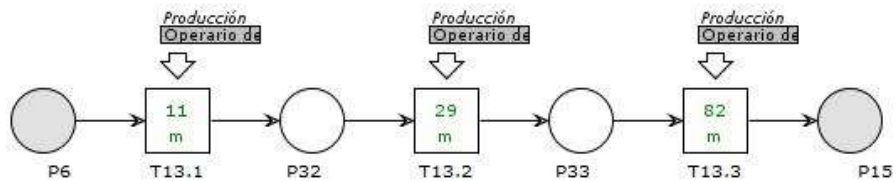
Fuente: elaboración propia.

Figura 81. Modelado de Control de Calidad para Liberación



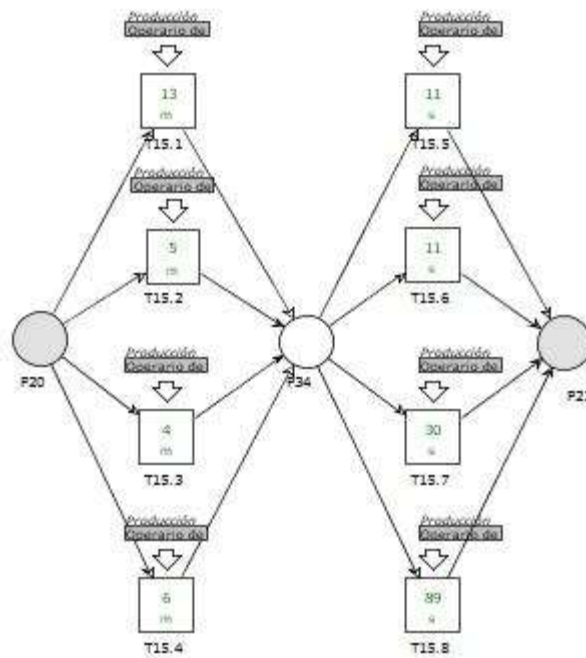
Fuente: elaboración propia.

Figura 82. Modelado de Etiquetado y Preparación para el Envasado



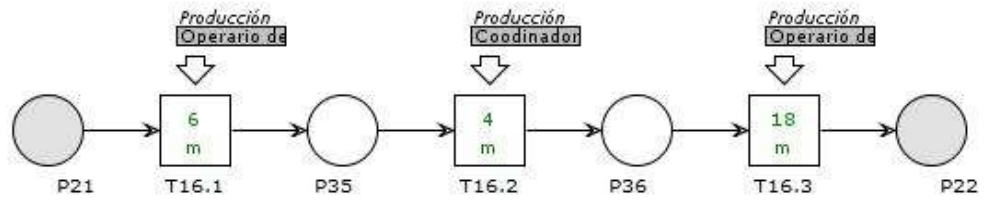
Fuente: elaboración propia.

Figura 83. Modelado de Envasado y Empaque



Fuente: elaboración propia.

Figura 84. Modelado de Almacenamiento



Fuente: elaboración propia.

Tabla 61. Transiciones del modelo en WF-Nets del proceso productivo de esencias

Transiciones del modelo en WF-Nets del proceso productivo de esencias			
Transición	Actividad	Transición subproceso	Subactividad
T0			
T1	Programa de producción	T1.1	Revisión y transcripción de pedidos
		T1.2	Revisión e identificación de productos disponibles en bodega
		T1.3	Elaboración e impresión de hoja de verificación
T2	Alistamiento de maquinaria y equipos	T2.1	Limpieza general de tanques
		T2.2	Alistamiento general
T3	Envío hoja de verificación		
T4	Pre pesaje y dosificación de polvo		
T5	Pre pesaje y dosificación de MP		
T6	Llenado de agua		
T7	Adición de polvo		
T8	Disolución de espesante	T8.1	Mezclado
		T8.2	Reposo de mezcla
		T8.3	Homogenización
T9	Recepción de pre mezclas y espesante		
T10	Mezclado final y control de proceso	T10.1	Adición de disolvente <15kg
		T10.2	Adición de disolvente <=30kg
		T10.3	Adición de disolvente >30kg
		T10.4	Adición de jarabe <=20kg
		T10.5	Adición de jarabe >20kg
		T10.6	Adición de espesante <=60L
		T10.7	Adición de espesante >60L
		T10.8	Adición de pre mezclas y mezclado

Continuación Tabla 61

Transiciones del modelo en WF-Nets del proceso productivo de esencias			
Transición	Actividad	Transición subprocesso	Subactividad
T11	Control de calidad para liberación	T11.1	Toma de muestras
		T11.2	Control de calidad
T12	Liberación o reprocesamiento		
T13	Etiquetado y preparación para envasado	T13.1	Alistamiento de área de etiquetado
		T13.2	Impresión de etiquetas
		T13.3	Etiquetado y alistamiento de envases
T14	Recepción de envases y esencias		
T15	Envasado y empaque	T15.1	Alistamiento de insumos y equipos 60mL
		T15.2	Alistamiento de insumos y equipos 500 mL
		T15.3	Alistamiento de insumos y equipos 3785 mL
		T15.4	Alistamiento de insumos y equipos 20 L
		T15.5	Envase y empaque 60mL
		T15.6	Envase y empaque 500 mL
		T15.7	Envase y empaque 3785 mL
		T15.8	Envase y empaque 20 L
T16	Almacenamiento	T16.1	Transporte de producto terminado
		T16.2	Verificación de cantidades
		T16.3	Organización de producto terminado.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 62. Lugares del modelo en WF-Nets del proceso productivo de esencias.

Lugares del modelado dinámico en WF-Nets para el proceso de esencias			
Lugar	Descripción	Lugar	Descripción
P0	Inicio	P19	Esencias listas
P1	Inicio programa de producción	P20	Esencias listas y envases recibidos
P2	Inicio de alistamiento de maquinaria y equipos	P21	Esencias envasadas y empacadas
P3	Programa de producción realizado	P22	Esencias almacenadas
P4	Hoja de verificación recibida	P23	Revisión y transcripción de pedidos terminada
P5	Alistamiento de maquinaria y equipos realizado	P24	Revisión e identificación de productos terminada
P6	Hoja de verificación recibida	P25	Limpieza general de tanques realizada
P7	Hoja de verificación recibida	P26	Mezclado realizado
P8	Polvo pre pesado y dosificado	P27	Reposo de mezcla realizado
P9	Polvo pre pesado y dosificado	P28	Adición de disolvente realizada
P10	Tanque lleno	P29	Adición de jarabe realizada
P11	Polvo adicionado	P30	Adición de espesante realizada
P12	Mp pre presadas y dosificadas	P31	Muestras tomadas para control de calidad
P13	Espesante listo	P32	Alistamiento area de eqtiquetado realizado
P14	Pre mezclas y espesante recibido	P33	Impresión de etiquetas realizada
P15	Etiquetado y alistamiento de envases realizado	P34	Alistamiento de insumos y equipos para envasado realizado
P16	Control de proceso y mezclado realizado	P35	Organización y transporte a bodega realizado
P17	Control de calidad para liberación realizado	P36	Verificación de cantidades y firma realizada
P18	Iniciar reprocesamiento		

Fuente: elaboración propia.

Anexo C2

Aplicación del paso 2: determinar lo objetivos a alcanzar con la implementación de KPIs

1. Establecer objetivos generales para el área de producción con base en la misión, la visión y las estrategias de la empresa

Para establecer objetivos generales del área de producción, es necesario realizar un análisis de lo que hace y desea lograr la empresa, es por esto que el día 11 de febrero de 2017, se realizó una reunión con las partes interesadas (Jefe de Planta y autores del trabajo), en la cual se analizó la misión, la visión y las estrategias de la empresa Frusabor S.A, expuestas en el Anexo B1. Lo anterior, permitió determinar diferentes metas, enfocadas al área de producción, las cuales se clasificaron y organizaron, dando como resultado los objetivos generales del área de producción de la empresa Frusabor S.A. expuestos en la Tabla 63.

Tabla 63. Objetivos generales del área de producción

Párrafos relacionados con el área de producción.	Objetivos generales
<ul style="list-style-type: none">• Optimización de procesos: la empresa Frusabor S.A estandarizará sus procesos conforme a lo establecido por las entidades de control (Visión Frusabor S.A.).• C.I. Industrias FRUSABOR S.A., mantiene una interacción constante con sus clientes con el propósito de identificar y de satisfacer de manera continua las necesidades de la industria alimentaria por medio de procesos y controles de calidad que garanticen la estandarización de los parámetros de calidad exigidos por nuestros clientes, logrando así una funcionalidad optima de los productos (Política de calidad Frusabor S.A.).	Estandarización de procesos: tiempos y actividades.
<ul style="list-style-type: none">• C.I. Industrias FRUSABOR S.A., enfoca sus esfuerzos en producir y comercializar bajo los lineamientos establecidos en su sistema de gestión de calidad (Política de calidad Frusabor S.A.).• C.I. Industrias FRUSABOR S.A., mantiene una interacción constante con sus clientes con el propósito de identificar y de satisfacer de manera continua las necesidades de la industria alimentaria ofreciendo para ello, productos de alta calidad y competitividad (Política de calidad Frusabor S.A.).	Buenos procesos que garanticen calidad y competitividad.
<ul style="list-style-type: none">• Generar valor agregado: buscará la diferenciación a través del mejoramiento continuo de sus productos y el servicio al cliente (Visión Frusabor S.A.).• Optimización de procesos: la empresa Frusabor S.A adecuará continuamente su planta física conforme a lo establecido por las entidades de control (Visión Frusabor S.A.).	Optimizar procesos productivos.

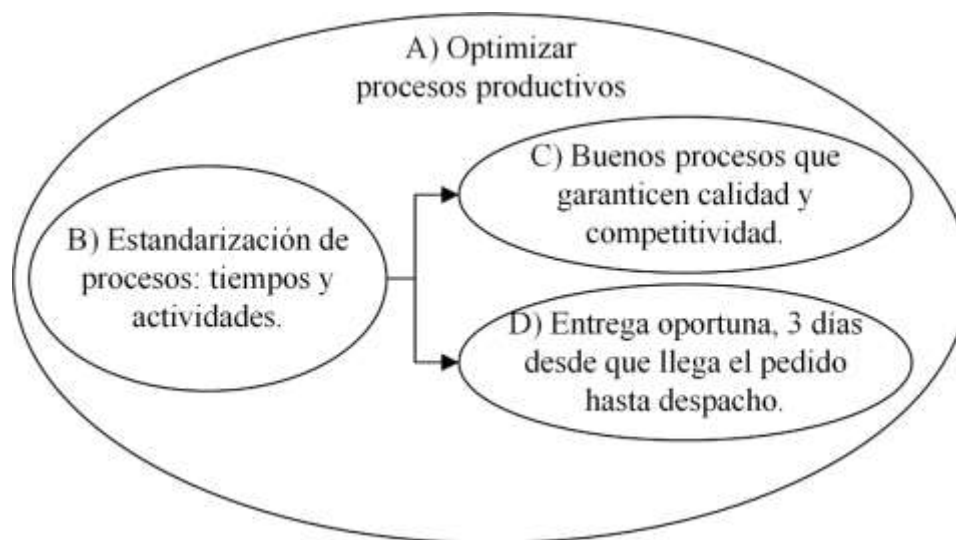
Continuación Tabla 63

<ul style="list-style-type: none"> • C.I. Industrias FRUSABOR S.A., mantiene una interacción constante con sus clientes con el propósito de identificar y de satisfacer de manera continua las necesidades de la industria alimentaria ofreciendo para ello, entrega oportuna de nuestros productos (Política de calidad Frusabor S.A.). 	Entrega oportuna, 3 días desde que llega el pedido hasta despacho.
---	--

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la Tabla 63, por medio del análisis realizado se establecieron 4 objetivos generales, los cuales a pesar de estar enfocados a diferentes metas, están relacionados entre si como se muestra en la Figura 85, la cual se establece que los objetivos C y D son resultado del objetivo B y todos estos a su vez, están contenidos en el objetivo A.

Figura 85. Clasificación de objetivos generales



Fuente: elaboración propia.

Lo anterior (Figura 85) quiere decir que la estandarización de procesos (objetivo B), permitirá garantizar calidad y competitividad (objetivo C) y a su vez lograr una entrega oportuna (objetivo D) a los clientes. A pesar de esto, el cumplimiento de lo anterior, no permitirá alcanzar la optimización de procesos productivos (objetivo A), ya que como se expone en el documento de Sánchez et al. (2017), optimizar requiere considerar unos elementos mínimos como reducir el número de actividades del proceso y reducir su tiempo de ejecución, lo que puede incluir y ser afectado por la estandarización del proceso, mas no permitirá su cumplimiento total.

debido a lo anterior, las partes interesadas determinaron plantear 2 objetivos generales para el área de producción

- Optimizar procesos productivos
- Estandarizar procesos productivos

2. Establecer objetivos específicos para cada objetivo general.

Una vez establecidos los objetivos generales del área de producción, se procedió a definir objetivos específicos que permitirán su cumplimiento, teniendo en cuenta las problemáticas de retrasos en las ordenes de producción, expuestas en el Anexo C1, ocasionadas por inconvenientes como: malas prácticas en el proceso, pérdidas de tiempo, desorganización, entre otros.

Objetivo específico 1 para Estandarizar procesos productivos.

Como lo especifica González (2012), Muñoz (2006) y Buitrago y Valbuena (2007), La estandarización requiere de la recolección y documentación de información acerca del funcionamiento (quién, cómo y cuándo) de los procesos de una manera precisa, las funciones que se deben de llevar a cabo, las responsabilidades de sus integrantes y los requisitos del producto o resultado, permitiendo llevar un control de los procesos de manera que se pueda evaluar su gestión para generar un mejoramiento en cuanto a los recursos, las metodologías y la calidad del proceso y del producto. Esto puede lograrse por medio de modelados de proceso y estudios de métodos y tiempos. Para el presente caso de estudio se tiene los modelos IDEF0 y WF-Nets diseñados para la línea de esencias, junto con sus tiempos promedio establecidos para cada actividad.

Con el fin de verificar el cumplimiento del objetivo general de Estandarizar procesos productivos y dar solución al problema de retrasos en las ordenes de producción expuestos en el Anexo C1, las partes interesadas plantean el objetivo específico **“ejecutar las órdenes de producción según el tiempo planeado por el programa”**, el cual busca cumplir con el **“tiempo planeado”**, que es el tiempo que se espera utilizar para la ejecución de una orden de producción, determinado a través de los tiempos especificados en la Tabla 43, la Tabla 44 y la Tabla 45 y las actividades comprendidas entre la entrega de la hoja de verificación y el almacenamiento y organización de los productos en bodega, además de considerar las cantidades y presentaciones especificadas en la hoja de verificación.

Con lo anterior se busca garantizar que el proceso se ejecute con los recursos y la dinámica establecida en los modelos IDEF0 y WF-Nets y según los tiempos promedio establecidos por la empresa, lo que ayudará a evitar inconvenientes que aumenten el tiempo de ejecución y generen retrasos en las ordenes de producción. Este objetivo se presenta a continuación consignado en el formato propuesto en el método para este fin (Tabla 10).

Tabla 64. Objetivo específico 1

Componentes del Objetivo	Descripción
Proceso o Actividad	Línea de producción de esencias
Acción	Ejecutar una orden de producción
Valor Objetivo	Tiempo planeado
Unidad del valor objetivo	hh:mm
Valor de Referencia del KPI	Min: Tiempo planeado + Cv = 92% Max: Tiempo planeado = 100% Entre más alto porcentaje, mejor
Tiempo Límite	1 mes

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: ejecutar una orden de producción en el tiempo planeado, con un rango aceptable de desempeño entre 92% y 100%, el cual se debe alcanzar en un tiempo máximo de 1 mes.

El atributo “Valor objetivo”, equivale al tiempo planeado para ejecutar una orden de producción, el cual depende de cada hoja de verificación y se calcula por medio de la Tabla 43, la Tabla 44 y la Tabla 45, las cuales poseen los tiempos promedios para cada actividad, que varían según las cantidades, la presentación y el número de lotes.

Para determinar el atributo “Valor de referencia del KPI”, el cual establece un rango aceptable de desempeño, se procede a calcular el “tiempo planeado” y su desviación estándar para 6 casos diferentes como se muestra en la Tabla 65, lo que permite obtener el coeficiente de variación de cada orden de producción, siendo 8% el promedio de estos y el rango a fijar para este atributo. Lo anterior indica que es aceptable un tiempo total de ejecución de orden con un 8% por encima o por debajo del tiempo planeado, ya que el atributo “Valor objetivo” es igual al “tiempo planeado” y equivale al 100%, el rango aceptable del tiempo de ejecución será el “tiempo planeado” más un 8% de este, lo que en porcentaje equivaldría a un 92%. Debido a lo anterior se establece que el atributo “Valor de referencia del KPI” tome como valor mínimo un 92% y como valor máximo un 100%.

Tabla 65. Coeficiente de variación para 6 órdenes de producción.

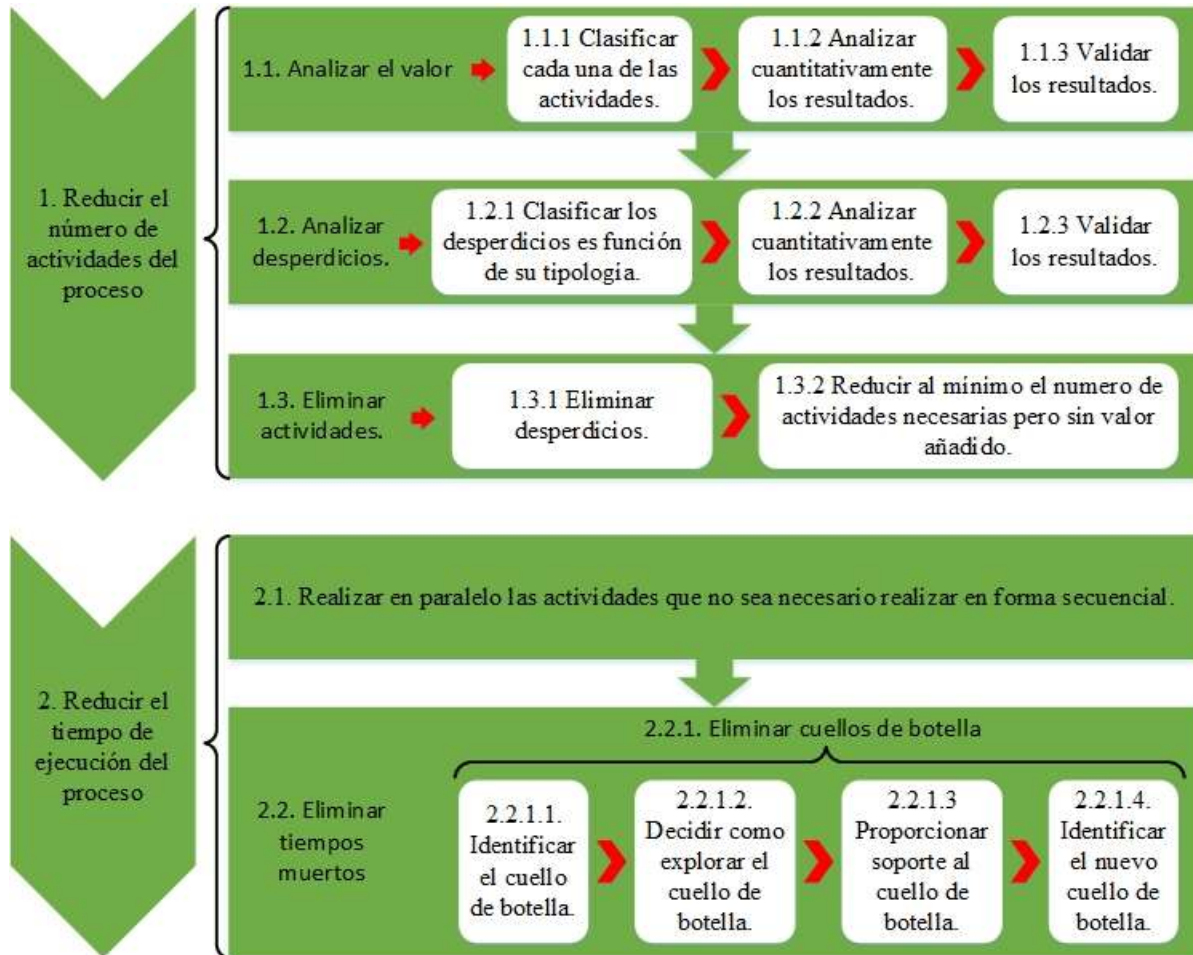
Subactividad	Hoja de verif. 1 Lotes = 6 Prod. = 75,32L		Hoja de verif. 2 Lotes = 5 Prod. = 413,9L		Hoja de verif. 3 Lotes = 5 Prod. = 748,6L		Hoja de verif. 4 Lotes = 7 Prod. = 1097L		Hoja de verif. 5 Lotes = 3 Prod. = 437L		Hoja de verif. 6 Lotes = 4 Prod. = 486,9L	
	Tiempo (min:s)	σ (min:s)	Tiempo (min:s)	σ (min:s)	Tiempo (min:s)	σ (min:s)	Tiempo (min:s)	σ (min:s)	Tiempo (min:s)	σ (min:s)	Tiempo (min:s)	σ (min:s)
Limpieza general de tanques	13:31	±01:24	13:31	±01:24	13:31	±01:24	13:31	±01:24	13:31	±01:24	13:31	±01:24
Alistamiento general	12:56	±02:18	12:56	±02:18	12:56	±02:18	12:56	±02:18	12:56	±02:18	12:56	±02:18
Pre pesaje y dosificación de polvo	02:20	±00:24	02:20	±00:24	02:20	±00:24	02:20	±00:24	02:20	±00:24	02:20	±00:24
Pre pesaje y dosificación de MP	29:34	±02:53	29:34	±02:53	29:34	±02:53	29:34	±02:53	29:34	±02:53	29:34	±02:53
Llenado de agua y adición de polvo	30:09	±01:46	20:29	±01:12	32:20	±01:53	56:46	±03:19	21:55	±01:17	26:07	±01:31
Mezclado	46:59	±02:04	46:59	±02:04	46:59	±02:04	46:59	±02:04	46:59	±02:04	46:59	±02:04
Reposo de mezcla	48:24	±03:09	48:24	±03:09	48:24	±03:09	48:24	±03:09	48:24	±03:09	48:24	±03:09
Homogenización	20:17	±01:35	20:17	±01:35	20:17	±01:35	20:17	±01:35	20:17	±01:35	20:17	±01:35
Mezclado final y control de proceso	43:26	±03:33s	33:01	±02:58	44:27	±03:17	61:28	±04:26	24:56	±01:57	32:22	±02:32
Toma de muestras	08:33	±00:47	08:33	±00:47	08:33	±00:47	08:33	±00:47	08:33	±00:47	08:33	±00:47
Control de calidad	10:53	±00:32	10:53	±00:32	10:53	±00:32	10:53	±00:32	10:53	±00:32	10:53	±00:32
Envasado y empaque	102:00	±10:31	104:15	±08:53	174:29	±14:43	189:18	±17:10	70:47	±07:45	98:42	±08:44
Transporte de producto terminado	05:44	±00:19	05:44	±00:19	05:44	±00:19	05:44	±00:19	05:44	±00:19	05:44	±00:19
Verificación de cantidades	04:17	±00:14	04:17	±00:14	04:17	±00:14	04:17	±00:14	04:17	±00:14	04:17	±00:14
Organización de producto terminado	17:51	±00:55	17:51	±00:55	17:51	±00:55	17:51	±00:55	17:51	±00:55	17:51	±00:55
Total (min:s)	396:59 ±32:31		379:09 ±29:44		472:40 ±36:35		528: 56 ±41:36		339:02 ±27:40		378:36 ±29:29	
Total (h:min:s)	06:36:59 ±32:31		06:19:09 ±29:44		07:52:40 ±36:35		08:48:56 ±41:36		05:39:02 ±27:40		06:18:36 ±29:29	
Cv	8,19%		7,84%		7,74%		7,87%		8,16%		7,79%	
Cv promedio	7,93%											

Fuente: elaboración propia.

Objetivo específico 2 para Optimizar procesos productivos

Según Sánchez et al. (2017), la optimización cuyo modelo conceptual se muestra en la Figura 86, requiere de unos elementos mínimos como son la reducción del número de actividades del proceso y la reducción del tiempo de ejecución, lo que puede lograrse por medio de modificaciones, implementación de sistemas de gestión, inclusión de maquinaria, entre otros.

Figura 86. Modelo conceptual para realizar una optimización de proceso



Fuente: tomada y modificada de Guía para la optimización, estandarización y mejora continua de procesos (2017).

Debido a lo anterior, con el fin de verificar el cumplimiento del objetivo general de Optimizar procesos productivos, dar solución al problema de retrasos en las ordenes de producción expuestos en el Anexo C1 y ayudar en la entrega oportuna de productos, las partes interesadas plantearon el objetivo específico “**ejecutar las órdenes de producción en una jornada laboral**”. Ya que en la empresa Frusabor S.A. la jornada laboral inicia a las 08:00 a. m. y termina

a las 05:00 p. m. (9 horas diarias) y durante cada jornada el personal dispone de 30 min para almorzar (de 12:00 p. m. a 12:30 p. m.) y descansos de 15 minutos en la mañana (de 10:00 a. m. a 10:15 a. m.) y 15 minutos en la tarde (de 03:00 p. m. a 03:15 p. m.). se tiene como resultado 8 horas de trabajo, en las cuales se ejecuta el proceso y se realiza la orden de producción.

Este objetivo específico presentado a continuación, consignado en el formato propuesto en el método para este fin (Tabla 10), busca ejecutar cualquier tipo orden de producción en una jornada laboral, dado que, como se puede observar en los datos históricos de ejecución de ordenes expuestos en el Anexo C1 (Tabla 40 y Tabla 41), existen casos en que las ordenes de producción, superan el tiempo de trabajo de una jornada laboral, ocasionando que deban ser ejecutadas al día siguiente, generando retrasos en la producción, despachos atrasados y por consiguiente entrega tardía al cliente.

Tabla 66. Objetivo específico 2.

Componentes del Objetivo	Descripción
Proceso o Actividad	Línea de producción de esencias
Acción	Reducir el tiempo de ejecución de una orden
Valor Objetivo	07:40
Unidad del valor objetivo	hh:mm
Valor de Referencia del KPI	Min: 95,8% Max: 100% Entre más alto, mejor
Tiempo Límite	3 meses

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: reducir a 7 horas y 40 minutos el tiempo de ejecución de una orden de producción, con un rango de desempeño aceptable entre 95.8% y 100%, el cual se debe alcanzar en un tiempo máximo de 3 meses.

El atributo “Valor objetivo” se establece en 7 horas y 40 minutos, ya que al no existir estudios que determinen tiempos de suplementos, se asumen 20 minutos determinados según la experiencia y criterio del Jefe de planta, los cuales se restan al tiempo diario para trabajar en una orden de producción (8 horas). Estos 20 minutos incluyen los tiempos de suplementos fijos, variables y especiales como pueden ser necesidades personales, alistamiento de operarios al inicio y fin de la jornada, entre otros.

Debido a lo anterior, Para determinar el atributo “Valor de referencia del KPI”, el cual establece un rango aceptable de desempeño, se toma como referencia el tiempo asignado para los suplementos y el tiempo de la jornada laboral para ejecutar la orden, dando como resultado un rango entre 95.83% equivalente a las 8 horas y un 100% equivalente a las 7 horas y 40 minutos.

Nota: cabe aclarar que el valor de este KPI puede ser superior a 100% puesto que el valor objetivo equivale a 7 horas y 40 minutos, y existen órdenes pequeñas con tiempos menores.

Anexo C3

Aplicación del paso 3: describir las acciones operativas para llevar a cabo las expectativas

Las acciones operativas son planteadas de forma general y permiten identificar de antemano que modificaciones se pueden realizar en la actividad crítica, permitiendo encaminar las acciones asociadas de manera más específica y eficiente, con el fin de llevar el objetivo a la meta planteada después del cálculo del KPI.

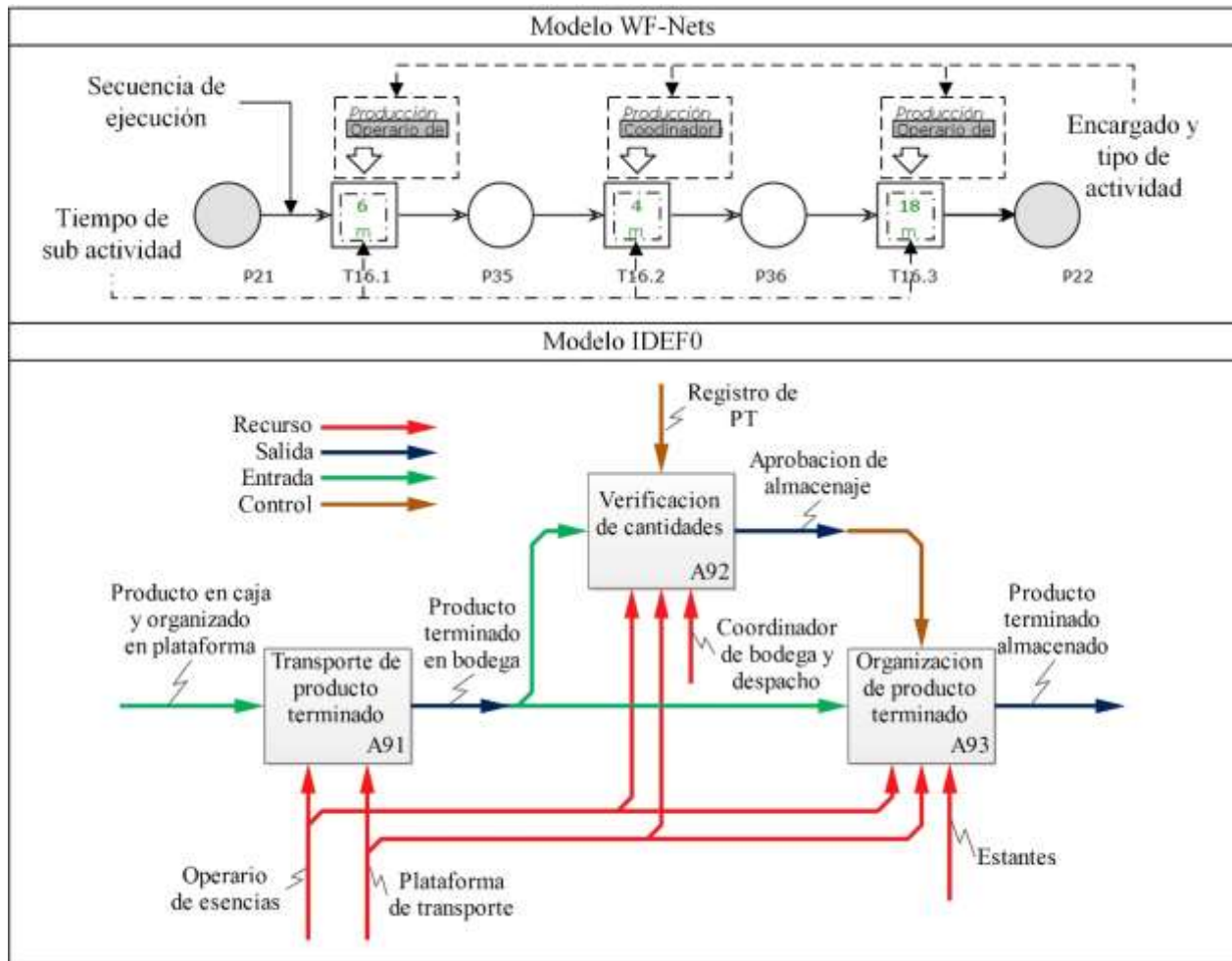
Teniendo en cuenta lo anterior, una vez definidos los objetivos específicos, se procede a determinar las acciones operativas que permitan alcanzarlos. Para esto, se realizó una reunión con las partes interesadas (Jefe de planta y autores del trabajo) el día 18 de Febrero de 2017, en la cual se establecieron acciones operativas generales para cada uno de los objetivos con el fin de identificar las posibles modificaciones que se pueden realizar dentro del proceso.

- **Objetivo 1 - ejecutar las órdenes de producción según el tiempo planeado por el programa.**

Como se especificó en el Anexo C2, los planteamientos de González (2012), Muñoz (2006) y Buitrago y Valbuena (2007), determinan que la estandarización requiere de la recolección y documentación de información acerca del funcionamiento (quién, cómo y cuándo) de los procesos de una manera precisa, las funciones que se deben de llevar a cabo, las responsabilidades de sus integrantes y los requisitos del producto o resultado.

Debido a lo anterior, a fin de alcanzar la meta establecida para este objetivo específico, el cual se enfoca en cumplir con la estandarización de procesos productivos, garantizando que las ordenes de producción se ejecuten con los recursos necesarios, con la dinámica establecida, según los tiempos promedio suministrados por la empresa y su hoja de verificación, en reunión con las partes interesadas y teniendo en cuenta las acciones operativas suministradas por el estándar ISO 22400, se concluye que para alcanzar este objetivo, se debe revisar el cumplimiento de forma correcta de las diferentes actividades del proceso y que estas se realicen con los recursos, entradas, salidas, controles, encargados, secuencia y tiempos especificados en los modelos IDEF0 y WF-Nets como se muestra en la Figura 87 y en la totalidad de los modelos expuestos en el Anexo C1.

Figura 87. Ejemplo modelo WF-Nets e IDEF0



Fuente: elaboración propia.

Los modelos IDEF0 y WF-Nets permiten revisar las diferentes actividades y procedimientos del proceso, ayudando en la asignación y entrega de mejores recursos en el momento que los necesite el operario, esto permitirá mejorar los recursos de manufactura o en el caso de desgaste o demasiado uso reemplazarlos, Ante esto se determinan las siguientes acciones operativas que ayudaran a evitar la presencia de inconvenientes que aumenten el tiempo de ejecución y generen retrasos en las ordenes de producción:

- Revisión de los procedimientos y programas (Acción operativa 1).
- Mejorar, calibrar o reemplazar los recursos de manufactura (Acción operativa 2).

• **Objetivo 2: ejecutar las órdenes de producción en una jornada laboral.**

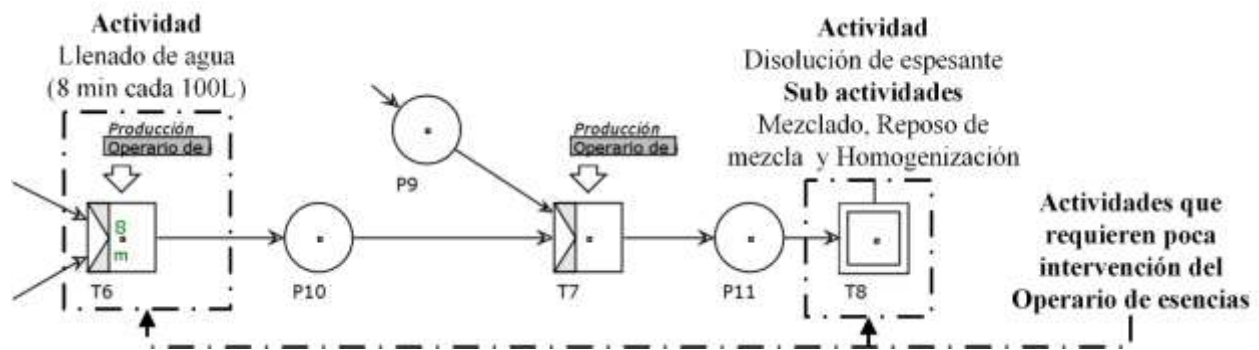
Como se puede observar en los datos históricos de ejecución de órdenes expuestos en el Anexo C1 (Tabla 40 y Tabla 41), existen casos en que las ordenes de producción, superan las 8 horas

laborales diarias, ocasionando retrasos en la producción, despachos atrasados y por consiguiente entrega tardía al cliente. Es por esto que, como se especificó en el Anexo C2, es necesario optimizar la línea de esencias, que como lo dice Sánchez et al. (2017), requiere de unos elementos mínimos como son la reducción del número de actividades y la reducción del tiempo de ejecución del proceso, lo que puede requerir de modificaciones, implementación de sistemas de gestión, inclusión de maquinaria, entre otros.

Debido a lo anterior, a fin de alcanzar la meta establecida para este objetivo específico, el cual busca ejecutar cualquier orden de producción en las 8 horas disponibles, a través de la optimización de la línea de esencias, reduciendo las actividades del proceso o su tiempo de ejecución, en reunión con las partes interesadas y teniendo en cuenta las acciones operativas suministradas por el estándar ISO 22400, se concluye que para alcanzar este objetivo, es necesario hacer revisión de los procesos y los elementos utilizados para su ejecución especificados en los modelos IDEF0 y WF-Nets expuestos en el Anexo C1.

Lo anterior permitirá identificar recursos que pueden ser mejorados calibrados o reemplazados y ayuden a evitar cuellos de botella, como también rediseñar los procesos identificando actividades que pueden ser realizadas en paralelo con otras, como es el caso de las actividades T6 y T8 (Llenado de agua y Preparación de espesante) mostradas en la Figura 88, las cuales no requieren presencia continua del operario.

Figura 88. Actividades de poca intervención del operario.



Fuente: elaboración propia.

Ante esto se determinan las siguientes acciones operativas que ayudaran a evitar la presencia de cuellos de botella y lograr ejecutar una orden en un día de producción:

- Revisión de los procedimientos y programas (Acción operativa 1).
- Mejorar, calibrar o reemplazar los recursos de manufactura (Acción operativa 2).
- Rediseñar sistemas y aplicar arquitecturas (Acción operativa 3).

Anexo C4

Aplicación del paso 4: determinación de elementos y selección de KPIs

A continuación, se ejecuta el procedimiento de la aplicación del paso 4 establecido en el método propuesto, el cual busca determinar los posibles elementos, con el fin de seleccionar o crear los KPIs. Lo anterior, se realiza para uno de los objetivos obtenidos y detallados en el paso 2 expuesto en el Anexo C2.

- **Objetivo 1 - ejecutar las órdenes de producción según el tiempo planeado por el programa.**

1. Determinar posibles elementos asociados al objetivo, que permitan evaluar su desempeño.

Evaluar el desempeño de la ejecución de una orden de producción en el tiempo planeado, requiere comparar el “**Tiempo de ejecución planeado de una orden de producción**”, el cual es calculado según los tiempos promedio suministrados por la empresa, con el “**Tiempo de ejecución real de una orden de producción**” el cual hace referencia al tiempo total utilizado para la ejecución de la orden, que va desde la entrega de la hoja de verificación, hasta la entrega de producto terminado en bodega, ante esto se surgen dos elementos:

- Tiempo de ejecución de una orden de producción planeado.
- Tiempo de ejecución real de una orden de producción.

2. Verificar que dichos elementos existan en el proceso.

Verificar que dichos elementos existan en el proceso, requiere determinar de dónde y cómo serán obtenidos. Es por esto, que se da una breve descripción de los elementos, los cuales se detallaran a fondo en el siguiente ítem.

- **Tiempo de ejecución planeado de una orden de producción:** este elemento puede determinarse para cada orden de producción y se calcula por medio de la hoja de verificación de dicha orden y los tiempos promedio suministrados por la empresa, expuestos en el Anexo C1 (Tabla 43, Tabla 44, Tabla 45). Este tiempo planeado tiene en cuenta los tiempos de las actividades comprendidas entre los lugares P3 (Entrega de hoja de verificación) y P22 (Entrega de producto terminado en bodega) como se muestra en el modelo WF-Nets de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**
Narrativa: este es un elemento de referencia usado para evaluar el desempeño del objetivo de ejecutar las órdenes de producción según el tiempo planeado por el programa.
- **Tiempo de ejecución real de una orden de producción:** este elemento se obtiene al finalizar la ejecución de una orden de producción y su medida se determina a través del tiempo total utilizado para ejecutar una orden de producción, lo que incluye todas las actividades comprendidas entre los lugares P3 (Entrega de hoja de verificación) y P22 (Entrega de producto terminado en bodega) como se muestra en el modelo WF-Nets de la **Narrativa:** este es un elemento que al compararlo con el “**Tiempo de ejecución**

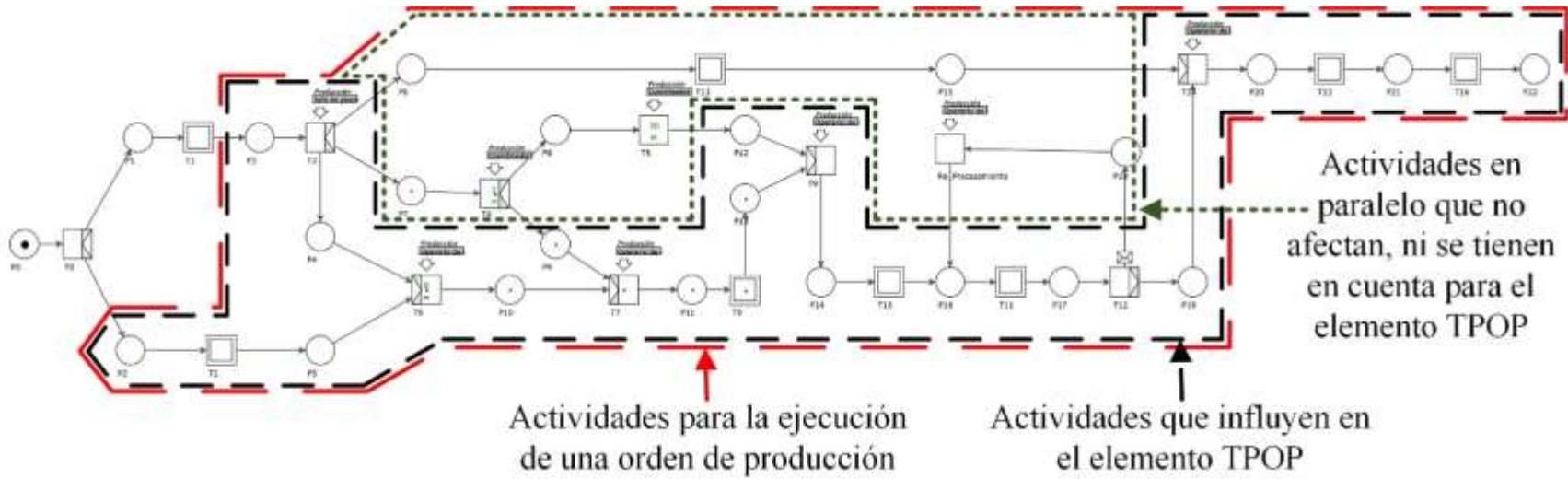
planeado de una orden de producción”, permite determinar el desempeño del objetivo de ejecutar las órdenes de producción según el tiempo planeado por el programa.

3. Describir detalladamente las actividades, datos e información que influyen en cada elemento.

- **Tiempo de ejecución planeado de una orden de producción (TPOP):** como se expone en el anterior ítem, este elemento se calcula por medio de la hoja de verificación de la orden a producir y los tiempos promedio suministrados por la empresa, expuestos en el Anexo C1 (Tabla 43, Tabla 44, Tabla 45); se puede entender como el tiempo que se espera usar para la ejecución de una orden de producción, el cual comprende las actividades entre los lugares P3 (Entrega de hoja de verificación) y P22 (Entrega de producto terminado en bodega) del modelado dinámico del proceso, como se muestra en la Figura 89. Estas actividades, a través de su representación gráfica en los modelos IDEF0 y WF-Nets, permiten conocer los datos e información que influyen en este elemento como: dinámica en el tiempo, entradas, salidas, controles, recursos, entre otros. Para el cálculo de este, como se observa en la Figura 89, no se tiene en cuenta las actividades de Pre pesaje y dosificación y Etiquetado y preparación para envasado, ya que se realizan en paralelo y no tienen como encargado al operario de esencias, así mismo no se tiene en cuenta la actividad de Programa de producción, puesto que se realiza una hora antes de la entrada del personal (de 07:00 a. m. a 08:00 a. m.).

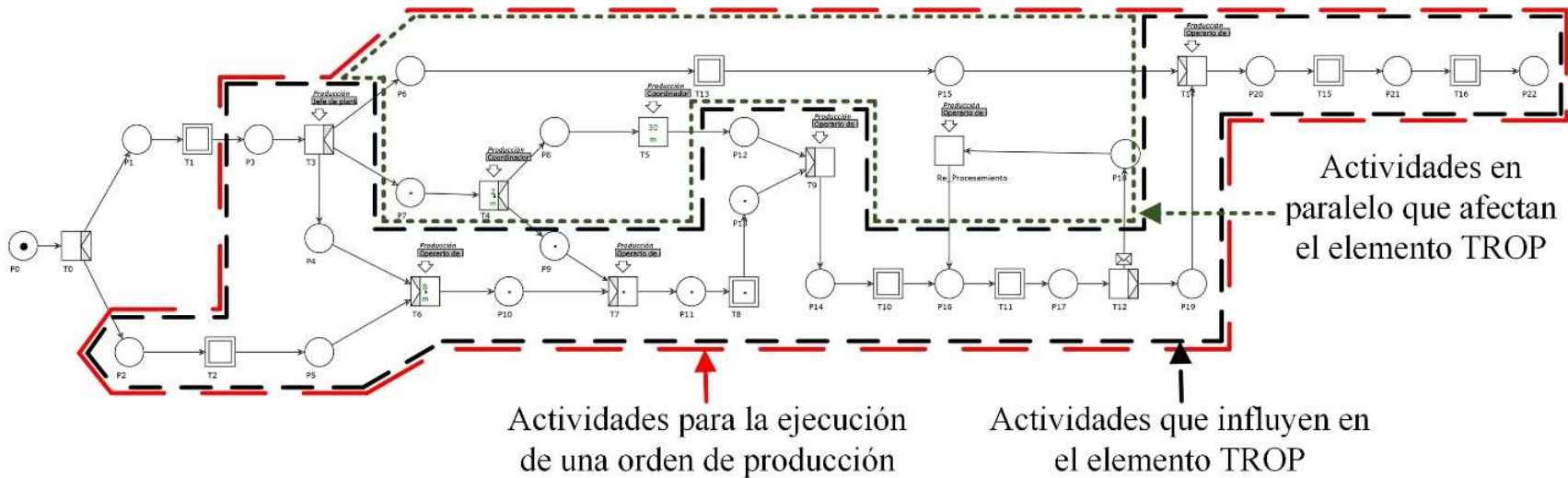
- **Tiempo de ejecución real de una orden de producción (TROP):** como se expone en el anterior ítem, este elemento se obtiene al finalizar la ejecución de una orden de producción y su medida se determina a través del tiempo total utilizado, lo que implica calcular la diferencia entre el inicio y fin de la orden de producción; es decir, el tiempo para ejecutar todas las actividades comprendidas entre los lugares P3 (Entrega de hoja de verificación) y P22 (Entrega de producto terminado en bodega) como se muestra en el modelo WF-Nets de la Figura 90. Estas actividades, a través de su representación gráfica en los modelos IDEF0 y WF-Nets, permiten conocer los datos e información que influyen en este elemento como: dinámica en el tiempo, entradas, salidas, controles, recursos, entre otros. A diferencia del “Tiempo de ejecución planeado de una orden de producción”, el valor de este elemento es afectado por todas las actividades del proceso, a excepción de la actividad de Programa de producción, esto significa que los retrasos o problemas que se generan durante la ejecución, incluyendo los de las actividades realizadas en paralelo por encargados diferentes al Operario de esencias, aumentarán el valor de la medida. Cabe aclarar que, del valor resultante de esta medida se deberán descontar los tiempos de descanso y almuerzo establecidos por la empresa.

Figura 89. Actividades que influyen en el elemento TPOP



Fuente: elaboración propia.

Figura 90. Actividades que influyen en el elemento TROP



Fuente: elaboración propia.

4. Establecer KPIs con los elementos obtenidos.

Una vez determinados y definidos los elementos, se procedió a buscar en la literatura un KPI formado por los elementos determinados para este objetivo; es por esto que se buscó entre los KPIs de producción propuestos por el estándar ISO 22400-2 (2014), uno que sea "rentable", es decir, que la importancia de la información que simbolizan justifique el esfuerzo necesario para su obtención.

Al terminar con la búsqueda, se determina que no existe un KPI formado por los elementos obtenidos para el objetivo; por lo tanto, se procede a crearlo definiendo los atributos de la estructura para registro de KPIs (Tabla 2), establecida por el estándar ISO 22400, como se muestra a continuación.

Tabla 67. KPI Objetivo 1 - Eficiencia de ejecución de una orden de producción (EOP)

Nombre/Título del indicador:	Eficiencia de ejecución de una orden de producción (EOP).
Descripción	
Beneficio/Aplicación:	Relación entre el tiempo planeado por el programa de producción y el tiempo de ejecución real de una orden de producción.
Frecuencia de medida	Diario.
Definición y Cálculo	
Formula:	$EOP = TPOP/TROP$.
Unidad/Dimensión	%
Valoración:	Min: 0% Max: 100% Tendencia: cuanto más alto, mejor.
Análisis/Profundización:	Basado en la ejecución de una orden de producción.
Observaciones	
Grupo de usuario:	Jefe de planta.
Modelo de efecto:	Modelado dinámico y estructural
Tipo de manufactura:	Batch

Fuente: elaboración propia.

- **Objetivo 2: ejecutar las órdenes de producción en una jornada laboral.**

- 1. Determinar posibles elementos asociados al objetivo, que permitan evaluar su desempeño.**

Evaluar el desempeño de la ejecución de una orden de producción en una jornada laboral, requiere comparar el “**Tiempo de una jornada laboral para ejecutar una orden de producción**”, el cual equivale al atributo “Valor objetivo” de la Tabla 66 del Anexo C2, con el “**Tiempo de ejecución real de una orden de producción**” el cual hace referencia al tiempo total

utilizado para la ejecución de la orden, que va desde la entrega de la hoja de verificación, hasta la entrega de producto terminado en bodega, ante esto se surgen dos elementos:

- Tiempo de una jornada laboral para ejecutar una orden de producción.
- Tiempo real de ejecución de una orden de producción.

2. Verificar que dichos elementos existan en el proceso.

Verificar que dichos elementos existan en el proceso, requiere determinar de dónde y cómo serán obtenidos. Es por esto, que se da una breve descripción de los elementos, los cuales se detallaran a fondo en el siguiente ítem.

- **Tiempo de una jornada laboral para ejecutar una orden de producción:** corresponde al tiempo total de la jornada laboral que puede ser dedicado a la ejecución de una orden de producción en la línea de esencias; este tiempo es obtenido a través de las 9 horas de la jornada laboral, excluyendo los tiempos de descansos, almuerzo y suplementos como se especifica en el Anexo C2. En este tiempo se espera cumplir con todas las actividades comprendidas entre P3 (Entrega de hoja de verificación) y P22 (Entrega de producto terminado en bodega), como se muestra en el modelo WF-Nets de la Figura 91.

Narrativa: este es un elemento de referencia usado para evaluar el desempeño del objetivo de ejecutar las órdenes de producción en una jornada laboral.

- **Tiempo de ejecución real de una orden de producción:** este elemento se obtiene al finalizar la ejecución de una orden de producción y su medida se determina a través del tiempo total utilizado para ejecutar una orden de producción, lo que incluye todas las actividades comprendidas entre los lugares P3 (Entrega de hoja de verificación) y P22 (Entrega de producto terminado en bodega) como se muestra en el modelo WF-Nets de la Figura 92.

Narrativa: este es un elemento que al compararlo con el “**Tiempo de ejecución planeado de una orden de producción**”, permite determinar el desempeño del objetivo de ejecutar las órdenes de producción según el tiempo planeado por el programa.

3. Describir detalladamente las actividades, datos e información que influyen en cada elemento.

Una vez verificada la existencia de los elementos dentro del proceso, se los describió detalladamente como se presenta a continuación.

- **Tiempo de una jornada laboral para ejecutar una orden de producción (TJOP):** como se expone en el anterior ítem, este elemento corresponde al tiempo total de la jornada laboral que puede ser dedicado a la ejecución de una orden de producción en la línea de esencias, el cual se obtiene a través de las 9 horas de la jornada laboral (inicia a las 08:00 a. m. y termina a las 05:00 p. m.), excluyendo los tiempos de almuerzo (de 12:00 p. m. a 12:30 p. m.) y descansos (de 10:00 a. m. a 10:15 a. m. y de 03:00 p. m. a 03:15 p. m.) descritos en el Anexo C4 equivalentes a 1 hora y los tiempos por

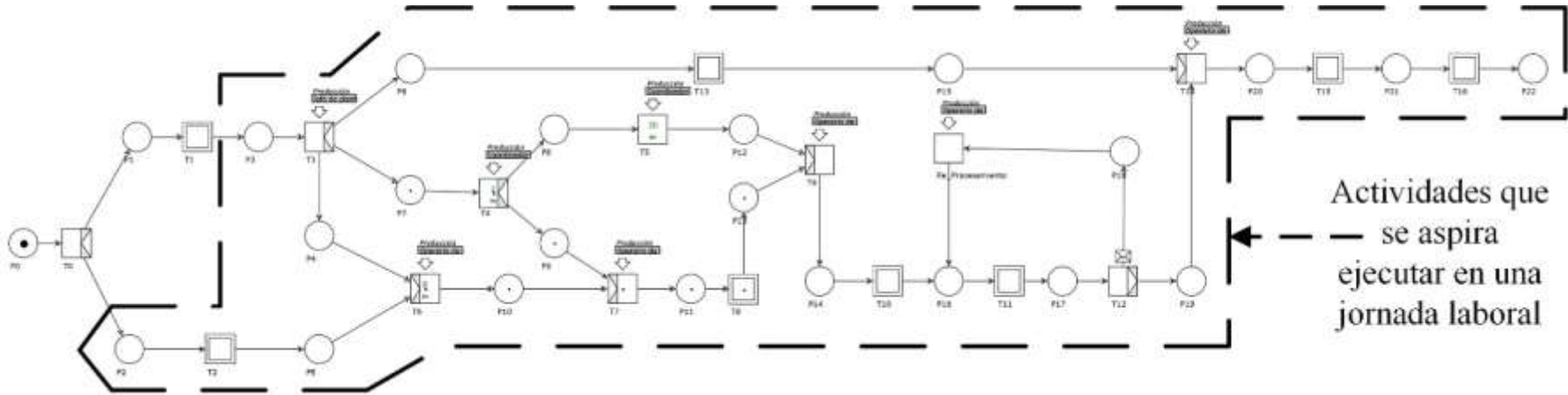
suplementos que como especifica en el Anexo C2 se estiman en 20 minutos, dando como resultado un “Tiempo de una jornada laboral para ejecutar una orden de producción” de 07 horas y 40 minutos.

El valor de este elemento, es el tiempo en el cual se aspira ejecutar todas las actividades comprendidas entre P3 (Entrega de hoja de verificación) y P22 (Entrega de producto terminado en bodega), como se muestra en el modelo WF-Nets de la Figura 91, a excepción de la actividad de programa de producción que se realiza una hora antes de la entrada del personal (de 07:00 a. m. a 08:00 a. m.). Estas actividades, a través de su representación gráfica en los modelos IDEF0 y WF-Nets, permiten conocer los datos e información que influyen en este elemento como: dinámica en el tiempo, entradas, salidas, controles, recursos, entre otros.

- **Tiempo de ejecución real de una orden de producción (TROP):** como se expone en el anterior ítem, este elemento se obtiene al finalizar la ejecución de una orden de producción y su medida se determina a través del tiempo total utilizado, lo que implica calcular la diferencia entre el inicio y fin de la orden de producción; es decir, el tiempo para ejecutar todas las actividades comprendidas entre los lugares P3 (Entrega de hoja de verificación) y P22 (Entrega de producto terminado en bodega) como se muestra en el modelo WF-Nets de la Figura 92. Estas actividades, a través de su representación gráfica en los modelos IDEF0 y WF-Nets, permiten conocer los datos e información que influyen en este elemento como: dinámica en el tiempo, entradas, salidas, controles, recursos, entre otros.

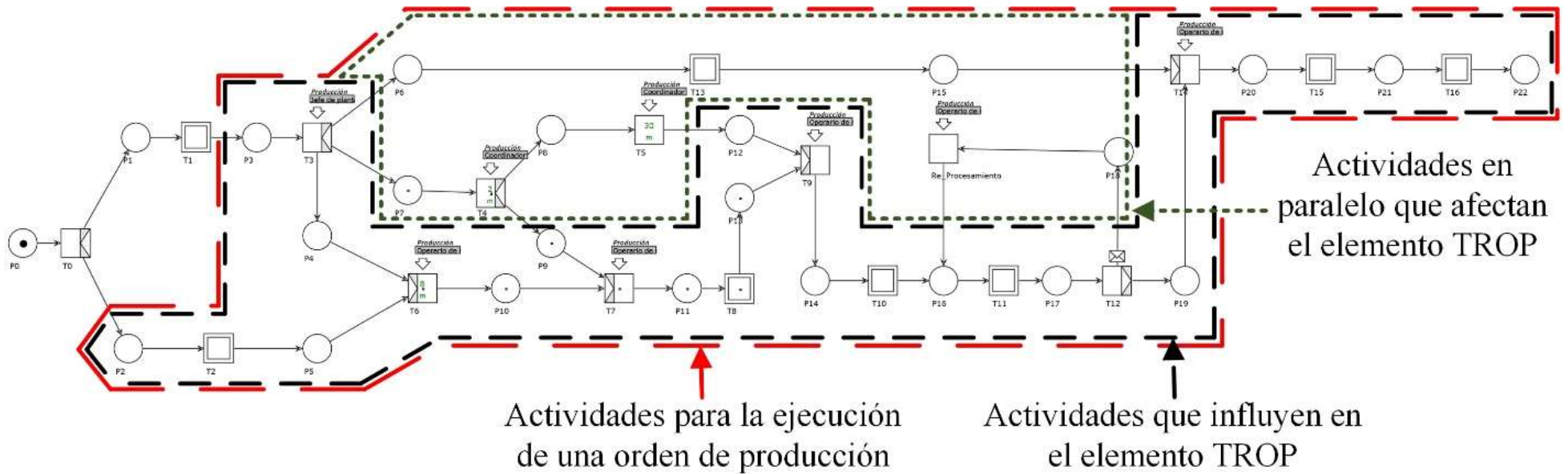
A diferencia del “Tiempo de ejecución planeado de una orden de producción”, el valor de este elemento es afectado por todas las actividades del proceso, a excepción de la actividad de Programa de producción, esto significa que los retrasos o problemas que se generan durante la ejecución, incluyendo los de las actividades realizadas en paralelo por encargados diferentes al Operario de esencias, aumentaran el valor de la medida. Cabe aclarar que, del valor resultante de esta medida se deberán descontar los tiempos de descanso y almuerzo establecidos por la empresa.

Figura 91. Actividades que influyen en el elemento TJOP



Fuente: elaboración propia.

Figura 92. Actividades que influyen en el elemento TROP.



Fuente: elaboración propia.

4. Establecer KPIs con los elementos obtenidos.

Una vez determinados y definidos los elementos, se procedió a buscar en la literatura un KPI formado por los elementos determinados para este objetivo; es por esto que se buscó entre los KPIs de producción propuestos por el estándar ISO 22400-2 (2014), uno que sea "rentable", es decir, que la importancia de la información que simbolizan justifique el esfuerzo necesario para su obtención.

Al terminar con la búsqueda, se determina que no existe un KPI formado por los elementos obtenidos para el objetivo; por lo tanto, se procede a crearlo definiendo los atributos de la estructura para registro de KPIs (Tabla 2), establecida por el estándar ISO 22400, como se muestra a continuación.

Tabla 68. KPI Objetivo 2 – Eficiencia de ejecución en una jornada laboral (EEJ).

Nombre/Título del indicador:	Ejecución de una orden de producción en un tiempo deseado (EEJ)
Descripción	
Beneficio/Aplicación:	Relación entre el tiempo deseado para la ejecución de una orden de producción y el tiempo de ejecución real de una orden de producción.
Frecuencia de medida	Diario.
Definición y Cálculo	
Formula:	$EEJ = TJOP/TROP$.
Unidad/Dimensión	%
Valoración:	Min: 0% Max: 100% Tendencia: cuanto más alto, mejor
Análisis/Profundización:	Basado en la ejecución de una orden de producción
Observaciones	
Grupo de usuario:	Jefe de planta
Modelo de efecto:	Modelado dinámico y estructural
Tipo de manufactura:	Batch

Fuente: elaboración propia.

Anexo C5

Aplicación del paso 5: evaluar el desempeño frente a los objetivos con los KPIs obtenidos

- **KPI Objetivo 1 - Eficiencia de ejecución de una orden de producción (EOP).**


1. Obtener los datos y medidas que componen los elementos del KPI.

Con el fin de obtener los datos y medidas que componen y ayudaran a calcular cada uno de los elementos de este KPI, se realizó observación y medición del proceso los días 21, 23, 28 y 30 de marzo de 2017, además de solicitar a la empresa las ordenes de producción de estos días, expuestas en la Figura 93, la Fuente: elaboración propia.

Figura 94, la Figura 95 y la Figura 96. Lo anterior permitió determinar las medidas, como se presenta a continuación.

- **Tiempo de ejecución planeado de una orden de producción (TPOP):** por medio de los datos de tiempos promedio para cada actividad expuestos en la Tabla 43, la Tabla 44 y la Tabla 45 de Anexo C1, junto con las ordenes de producción suministradas por la empresa, que se muestran en la Figura 93, la Fuente: elaboración propia.
- Figura 94, la Figura 95 y la Figura 96, se procedió a determinar las medidas del elemento **“Tiempo de ejecución de una orden de producción planeado”** para cada orden de producción, como se muestra a continuación. Observando los resultados consignados en la Tabla 81, se puede concluir que este elemento varía según las cantidades a producir, el número de lotes y la presentación del producto.

Figura 93. H.V. 1 – 21 de marzo de 2017

	C.I. INDUSTRIAS FRUSABOR S.A.											F.P.P. 01-01			
	AREA DE PRODUCCION														
	HOJA DE VERIFICACION ESENCIAS													Version 6	

OPERARIO: LOTE: No. OP: Fecha:

	SABOR 1		1		SABOR 2		1		SABOR 3		1		SABOR 4		1		SABOR 5		1		SABOR 6		1		SABOR 7		1			
CANT PROG	0,000		OK		0,000		OK		0,000		OK		0,000		OK		0,000		OK		0,000		OK		0,000		OK			
ALCOHOL	>30	Kg			<=30	Kg			>30	Kg			>30	Kg			<=15	Kg			<=30	Kg			<=30	Kg				
JARABE	>20	Kg			>20	Kg			>20	Kg			>20	Kg			>20	Kg			>20	Kg			>20	Kg				
ESPELANTE	>60	L			>60	L			>60	L			>60	L			>60	L			>60	L			>60	L				
	SABOR 1			SABOR 2			SABOR 3			SABOR 4			SABOR 5			SABOR 6			SABOR 7											
	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL
		3785mL		28	3785mL		20	3785mL		52	3785mL		36	3785mL		36	3785mL		28	3785mL										
		500mL			500mL		120	500mL			500mL			500mL		120	500mL			500mL										
		60mL			60mL			60mL			60mL			60mL			60mL			60mL										
	10	20L			20L		1	20L			20L			20L			20L			20L										
	ALCOHOL			JARABE AZUCAR			PROPILENGLICOL			Z-0000			GUA EN TANQU			OBSERVACIONES						PB								
	Lote:			Lote:			Lote:			Lote:			TOTAL LITROS:																	

Fuente: tomada y modificada de Hoja de verificación Frusabor S.A. 21 de marzo de 2017.

Tabla 69. Tiempo planeado Llenado de agua y adición de polvo – H.V. 1

Tiempo de llenado	Cantidad (L)	\bar{x} (s) por cada 100 L	σ (s) por cada 100 L
	677,5	502,83	$\pm 29,51$
Total actividad	Promedio = 3406,7s = 56min:46s		Desviación = $\pm 199,9s = \pm 03min:19s$

Fuente: elaboración propia.

Tabla 70. Tiempo planeado Mezclado final y control de proceso – H.V. 1

No. de lote	Disolvente			Jarabe			Espesante			Tiempo de mezcla	
	Cantidad	\bar{x} (s)	σ (s)	Cantidad	\bar{x} (s)	σ (s)	Cantidad	\bar{x} (s)	σ (s)	\bar{x} (s)	σ (s)
1	>30 Kg	126,2	± 9,9	>20 Kg	105,0	± 6,4	>60 L	86,3	± 3,3	246,7	± 21,4
2	≤30 Kg	70,2	± 5,2	>20 Kg	105,0	± 6,4	>60 L	86,3	± 3,3	246,7	± 21,4
3	>30 Kg	126,2	± 9,9	>20 Kg	105,0	± 6,4	>60 L	86,3	± 3,3	246,7	± 21,4
4	>30 Kg	126,2	± 9,9	>20 Kg	105,0	± 6,4	>60 L	86,3	± 3,3	246,7	± 21,4
5	≤15 Kg	33,7	± 3,6	>20 Kg	105,0	± 6,4	>60 L	86,3	± 3,3	246,7	± 21,4
6	≤30 Kg	70,2	± 5,2	>20 Kg	105,0	± 6,4	>60 L	86,3	± 3,3	246,7	± 21,4
7	≤30 Kg	70,2	± 5,2	>20 Kg	105,0	± 6,4	>60 L	86,3	± 3,3	246,7	± 21,4
Suma		622,7	± 48,7		735,0	± 44,7		604,3	± 23,3	1726,7	± 149,6
Total Actividad	Promedio = 3688,7s = 61min:28s						Desviación = ± 266,3s = ± 04min:26s				


Fuente: elaboración propia.

Tabla 71. Tiempo planeado Envasado y empaque – H.V. 1

No. de lote	Cantidad de productos	Presentación	\bar{x} Alistamiento (s)	σ Alistamiento (s)	\bar{x} envase (s)	σ envase (s)	\bar{x} total (s)	σ total (s)	
1	10	20L	363,8	± 18,9	890,0	± 81,0	1253,8	± 99,9	
2	28	3785mL	268,2	± 10,5	831,0	± 104,7	1099,2	± 115,2	
3	20	3785mL	268,2	± 10,5	593,6	± 74,8	861,8	± 85,3	
	120	500mL	311,8	± 27,4	1291,0	± 76,5	1602,8	± 104,0	
	1	20L	363,8	± 18,9	89,0	± 8,1	452,8	± 27,0	
4	52	3785mL	268,2	± 10,5	1543,4	± 194,4	1811,5	± 204,9	
5	36	3785mL	268,2	± 10,5	1068,5	± 134,6	1336,6	± 145,1	
6	36	3785mL	268,2	± 10,5	1068,5	± 134,6	1336,6	± 145,1	
	120	500mL	311,8	± 27,4	1291,0	± 76,5	1602,8	± 104,0	
7	28	3785mL	268,2	± 10,5	831,0	± 104,7	1099,2	± 115,2	
Total Actividad	Promedio = 11358,1s = 189min:18s					Desviación = ± 1030,2 s = ± 17min:10s			

Fuente: elaboración propia.

Figura 94. H.V. 2 – 23 de marzo de 2017

	C.I. INDUSTRIAS FRUSABOR S.A.											F.P.P. 01-01
	AREA DE PRODUCCION											
	HOJA DE VERIFICACION ESENCIAS											Version 6

OPERARIO: LOTE: No. OP: Fecha:

	SABOR 1		1	SABOR 2		1	SABOR 3		1	SABOR 4		1	SABOR 5		1	SABOR 6		1	SABOR 7		1
CANT PROG	0,000		OK	0,000		OK	0,000		OK	0,000		OK	0,000		OK	0,000		OK	0,000		OK
ALCOHOL	>30	Kg		>30	Kg		<=15	Kg			Kg			Kg			Kg			Kg	
JARABE	>20	Kg		>20	Kg		<=20	Kg			Kg			Kg			Kg			Kg	
ESPELANTE	>60	L		>60	L		<=60	L			L			L			L			L	
	SABOR 1			SABOR 2			SABOR 3			SABOR 4			SABOR 5			SABOR 6			SABOR 7		
	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL
	52	3785mL		52	3785mL		12	3785mL			3785mL			3785mL			3785mL			3785mL	
		500mL			500mL			500mL			500mL			500mL			500mL			500mL	
		60mL			60mL			60mL			60mL			60mL			60mL			60mL	
		20L			20L			20L			20L			20L			20L			20L	
	ALCOHOL			JARABE AZUCAR			PROPILENGLICOL			Z-0000		AGUA EN TANQU		OBSERVACIONES					PB		
	Lote:			Lote:			Lote:			Lote:		TOTAL LITROS:									
OPERARIO	Total Kg:	0,000		Total Kg:	0,000		Total Kg:	0,000		Total Kg:	0,000		261,619							PT	

Fuente: tomada y modificada de Hoja de verificación Frusabor S.A. 23 de marzo de 2017.

Tabla 72. Tiempo planeado Llenado de agua y adición de polvo – H.V. 2

Tiempo de llenado	Cantidad (L)	\bar{x} (s) por cada 100 L	σ (s) por cada 100 L
		261,6	502,8	$\pm 29,5$
Total actividad	Promedio = 1315,5s = 21min:55s		Desviación = $\pm 77,2s = \pm 01min:17s$

Fuente: elaboración propia.

Tabla 73. Tiempo planeado Mezclado final y control de proceso – H.V. 2

No. de lote	Disolvente			Jarabe			Espesante			Tiempo de mezcla	
	Cantidad	\bar{x} (s)	σ (s)	Cantidad	\bar{x} (s)	σ (s)	Cantidad	\bar{x} (s)	σ (s)	\bar{x} (s)	σ (s)
1	>30 Kg	126,2	± 9,9	>20 Kg	105,0	± 6,4	>60 L	86,3	± 3,3	246,7	± 21,4
2	>30 Kg	126,2	± 9,9	>20 Kg	105,0	± 6,4	>60 L	86,3	± 3,3	246,7	± 21,4
3	≤15 Kg	33,7	± 3,6	≤20 Kg	43,0	± 5,0	≤60 L	45,0	± 5,6	246,7	± 21,4
Suma		286,0	± 23,3		253,0	± 17,8		217,7	± 12,2	740,0	± 64,1
Total Actividad	Promedio = 1496,7s = 24min:56s					Desviación = ± 117,4 = ± 01min:57s					


Fuente: elaboración propia.

Tabla 74. Tiempo planeado Envasado y empaque – H.V. 2

No. de lote	Cantidad de productos	Presentación	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
			Alistamiento (s)	Alistamiento (s)	envase (s)	envase (s)	total (s)	total (s)
1	52	3785mL	268,2	± 10,5	1543,4	± 194,4	1811,5	± 204,9
2	52	3785mL	268,2	± 10,5	1543,4	± 194,4	1811,5	± 204,9
3	12	3785mL	268,2	± 10,5	356,2	± 44,9	624,3	± 55,4
Total Actividad	Promedio = 4247,4s = 70min:47s				Desviación = ± 465,1s = ± 07min:45s			

Fuente: elaboración propia.

Figura 95. H.V. 3 – 28 de marzo de 2017

	C.I. INDUSTRIAS FRUSABOR S.A.		F.P.P. 01-01
	AREA DE PRODUCCION		
	HOJA DE VERIFICACION ESENCIAS		Version 6

OPERARIO: LOTE: No. OP: Fecha:

	SABOR 1		1	SABOR 2		1	SABOR 3		1	SABOR 4		1	SABOR 5		1	SABOR 6		1	SABOR 7		1
CANT PROG	0,000		OK	0,000		OK	0,000		OK	0,000		OK	0,000		OK	0,000		OK	0,000		OK
ALCOHOL	>30	Kg		<=30	Kg		>30	Kg		<=15	Kg			Kg			Kg			Kg	
JARABE	>20	Kg		<=20	Kg		>20	Kg		<=20	Kg			Kg			Kg			Kg	
ESPELANTE	>60	L		<=60	L		>60	L		>60	L			L			L			L	
	SABOR 1			SABOR 2			SABOR 3			SABOR 4			SABOR 5			SABOR 6			SABOR 7		
	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL
	20	3785mL		16	3785mL		32	3785mL		16	3785mL			3785mL			3785mL			3785mL	
		500mL			500mL			500mL		48	500mL			500mL			500mL			500mL	
		60mL			60mL			60mL			60mL			60mL			60mL			60mL	
	5	20L			20L		4	20L			20L			20L			20L			20L	
	ALCOHOL			JARABE AZUCAR			PROPILENGLICOL			Z-0000			AGUA EN TANQU			OBSERVACIONES			PB		
	Lote:			Lote:			Lote:			Lote:			TOTAL LITROS:								
OPERARIO	Total Kg:	0,000		Total Kg:	0,000		Total Kg:	0,000		Total Kg:	0,000		311,731						PT		

Fuente: tomada y modificada de Hoja de verificación Frusabor S.A. 28 de marzo de 2017.

Tabla 75. Tiempo planeado Llenado de agua y adición de polvo – H.V. 3

Tiempo de llenado	Cantidad (L)	\bar{x} (s) por cada 100 L	σ (s) por cada 100 L
		311,7	502,8	$\pm 29,5$
Total actividad	Promedio = 1567,5s = 26min:07s		Desviación = $\pm 92,0$ s = ± 01 min:32s

Fuente: elaboración propia.

Tabla 76. Tiempo planeado Mezclado final y control de proceso – H.V. 3

No. de lote	Disolvente			Jarabe			Espesante			Tiempo de mezcla	
	Cantidad	\bar{x} (s)	σ (s)	Cantidad	\bar{x} (s)	σ (s)	Cantidad	\bar{x} (s)	σ (s)	\bar{x} (s)	σ (s)
1	>30 Kg	126,2	± 9,9	>20 Kg	105,0	± 6,4	>60 L	86,3	± 3,3	246,7	± 21,4
2	≤30 Kg	70,2	± 5,2	≤20 Kg	43,0	± 5,0	≤60 L	45,0	± 5,6	246,7	± 21,4
3	>30 Kg	126,2	± 9,9	>20 Kg	105,0	± 6,4	>60 L	86,3	± 3,3	246,7	± 21,4
4	≤15 Kg	33,7	± 3,6	≤20 Kg	43,0	± 5,0	>60 L	86,3	± 3,3	246,7	± 21,4
Suma		356,2	± 28,5		296,0	± 22,7		304,0	± 15,6	986,7	± 85,5
Total Actividad	Promedio = 1942,8s = 32min:22s					Desviación = ± 152,3s = ± 02min:32s					


Fuente: elaboración propia.

Tabla 77. Tiempo planeado Envasado y empaque – H.V. 3

No. de lote	Cantidad de productos	Presentación	\bar{x} Alistamiento (s)	σ Alistamiento (s)	\bar{x} envase (s)	σ envase (s)	\bar{x} total (s)	σ total (s)
1	20	3785mL	268,2	± 10,5	593,6	± 74,8	861,8	± 85,3
	5	20L	363,8	± 18,9	445,0	± 40,5	808,8	± 59,4
2	16	3785mL	268,2	± 10,5	474,9	± 59,8	743,0	± 70,3
3	32	3785mL	268,2	± 10,5	949,8	± 119,6	1217,9	± 130,1
	4	20L	363,8	± 18,9	356,0	± 32,4	719,8	± 51,3
4	16	3785mL	268,2	± 10,5	474,9	± 59,8	743,0	± 70,3
	48	500mL	311,8	± 27,4	516,4	± 30,6	828,2	± 58,0
Total Actividad	Promedio = 5922,7s = 98min:42s				Desviación = ± 524,6s = ± 08min:44s			

Fuente: elaboración propia.

Figura 96. H.V. 4 – 30 de marzo de 2017

	C.I. INDUSTRIAS FRUSABOR S.A.		F.P.P. 01-01
	AREA DE PRODUCCION		
	HOJA DE VERIFICACION ESENCIAS		Version 6

OPERARIO: LOTE: No. OP: Fecha:

	SABOR 1		1		SABOR 2		1		SABOR 3		1		SABOR 4		1		SABOR 5		1		SABOR 6		1		SABOR 7		1			
CANT PROG	0,000		OK		0,000		OK		0,000		OK		0,000		OK		0,000		OK		0,000		OK		0,000		OK			
ALCOHOL	<=15	Kg			<=15	Kg			<=15	Kg				Kg				Kg				Kg				Kg				
JARABE	>20	Kg			<=20	Kg			<=20	Kg				Kg				Kg				Kg				Kg				
ESPELANTE	>60	L			<=60	L			<=60	L				L				L				L				L				
	SABOR 1			SABOR 2			SABOR 3			SABOR 4			SABOR 5			SABOR 6			SABOR 7											
	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL
	40	3785mL		16	3785mL		16	3785mL			3785mL			3785mL			3785mL			3785mL			3785mL			3785mL			3785mL	
		500mL			500mL			500mL			500mL			500mL			500mL			500mL			500mL			500mL			500mL	
		60mL			60mL			60mL			60mL			60mL			60mL			60mL			60mL			60mL			60mL	
		20L			20L			20L			20L			20L			20L			20L			20L			20L			20L	
	ALCOHOL			JARABE AZUCAR			PROPILENGLICOL			Z-0000			AGUA EN TANQU			OBSERVACIONES						PB								
	Lote:			Lote:			Lote:			Lote:			TOTAL LITROS:									PT								
OPERARIO	Total Kg:	0,000		Total Kg:	0,000		Total Kg:	0,000		Total Kg:	0,000		201,929																	

Fuente: tomada y modificada de Hoja de verificación Frusabor S.A. 30 de marzo de 2017.

Tabla 78. Tiempo planeado Llenado de agua y adición de polvo – H.V. 4

Tiempo de llenado	Cantidad (L)	\bar{x} (s) por cada 100 L	σ (s) por cada 100 L
		201,9	502,8	$\pm 29,5$
Total actividad	Promedio = 1015,4s = 16min:55s		Desviación = $\pm 59,6$ s = ± 00 min:59s

Fuente: elaboración propia.

Tabla 79. Tiempo planeado Mezclado final y control de proceso – H.V. 4.

No. de lote	Disolvente			Jarabe			Espesante			Tiempo de mezcla	
	Cantidad	\bar{x} (s)	σ (s)	Cantidad	\bar{x} (s)	σ (s)	Cantidad	\bar{x} (s)	σ (s)	\bar{x} (s)	σ (s)
1	<=15 Kg	33,7	± 3,6	>20 Kg	105,0	± 6,4	>60 L	86,3	± 3,3	246,7	± 21,4
2	<=15 Kg	33,7	± 3,6	<=20 Kg	43,0	± 5,0	<=60 L	45,0	± 5,6	246,7	± 21,4
3	<=15 Kg	33,7	± 3,6	<=20 Kg	43,0	± 5,0	<=60 L	45,0	± 5,6	246,7	± 21,4
Suma		101,0	± 10,7		191,0	± 16,3		176,3	± 14,5	740,0	± 64,1
Total Actividad	Promedio = 1208,3s = 20min:08s					Desviación = ± 105,6s = ± 01min:45s					

Fuente: elaboración propia.

Tabla 80. Tiempo planeado Envasado y empaque – H.V. 4

No. de lote	Cantidad de productos	Presentación	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
			Alistamiento (s)	Alistamiento (s)	envase (s)	envase (s)	total (s)	total (s)
1	40	3785mL	268,2	± 10,5	1187,2	± 149,5	1455,4	± 160,0
2	16	3785mL	268,2	± 10,5	474,9	± 59,8	743,0	± 70,3
3	16	3785mL	268,2	± 10,5	474,9	± 59,8	743,0	± 70,3
Total Actividad	Promedio = 2941,5s = 49min:01s				Desviación = ± 300,6s = ± 05min:00s			

Fuente: elaboración propia.

Tabla 81. Determinación del elemento TPOP para cuatro H.V.

		H. V. 1 No. de lotes = 7 Total a producir = 1097L		H.V. 2 No. de lotes = 3 Total a producir = 437,1L		H.V. 3 No. de lotes = 4 Total a producir = 486,9L		H.V. 4 No de lotes = 3 Total a producir = 272,5L	
Trans	Subactividad	\bar{X} (min:s)	σ (min:s)	\bar{X} (min:s)	σ (min:s)	\bar{X} (min:s)	σ (min:s)	\bar{X} (min:s)	σ (min:s)
T2	Limpieza general de tanques	13min:31s	±01min:24s	13min:31s	±01min:24s	13min:31s	±01min:24s	13min:31s	±01min:24s
	Alistamiento general	12min:56s	±02min:18s	12min:56s	±02min:18s	12min:56s	±02min:18s	12min:56s	±02min:18s
T6 T7	Llenado de agua y adición de polvo	56min:46s	±03min:19s	21min:55s	±01min:17s	26min:07s	±01min:32s	16min:55s	±00min:59s
T8	Mezclado	46min:59s	±02min:04s	46min:59s	±02min:04s	46min:59s	±02min:04s	46min:59s	±02min:04s
	Reposo de mezcla	48min:24s	±03min:09s	48min:24s	±03min:09s	48min:24s	±03min:09s	48min:24s	±03min:09s
	Homogenización	20min:17s	±01min:35s	20min:17s	±01min:35s	20min:17s	±01min:35s	20min:17s	±01min:35s
T10	Mezclado final y control de proceso	61min:28s	±04min:26s	24min:56s	±01min:57s	32min:22s	±02min:32s	20min:08s	±01min:45s
T11	Toma de muestras	08min:33s	±00min:47s	08min:33s	±00min:47s	08min:33s	±00min:47s	08min:33s	±00min:47s
	Control de calidad	10min:53s	±00min:32s	10min:53s	±00min:32s	10min:53s	±00min:32s	10min:53s	±00min:32s
T15	Envasado y empaque	189min:18s	±17min:10s	70min:47s	±07min:45s	98min:42s	±08min:44s	49min:01s	±05min:00s
T16	Transporte de producto terminado	05min:44s	±00min:19s	05min:44s	±00min:19s	05min:44s	±00min:19s	05min:44s	±00min:19s
	Verificación de cantidades	04min:17s	±00min:14s	04min:17s	±00min:14s	04min:17s	±00min:14s	04min:17s	±00min:14s
	Organización de producto terminado	17min:51s	±00min:55s	17min:51s	±00min:55s	17min:51s	±00min:55s	17min:51s	±00min:55s
Tiempo de ejecución planeado de una orden de producción (TPOP) (min:s)		497min:02s ±38min:18s		307min:08s ±24min:22s		346min:41s ±26min:11s		275min:33s ±21min:08s	
Tiempo de ejecución planeado de una orden de producción (TPOP) (h:min:s)		08h:16min:57s ±38min:18s		05h:07min:08s ±24min:22s		05h:46min:41s ±26min:11s		04h:35min:33s ±21min:08s	

Fuente: elaboración propia.

- **Tiempo de ejecución real de una orden de producción (TROP):** como se especificó en el Anexo C4, este elemento se obtiene por medio del tiempo total utilizado para ejecutar la orden de producción y su medida se calcula a través de la diferencia entre la hora de inicio (Entrega de hoja de verificación) y la hora de fin (Producto terminado en bodega) del proceso productivo de esencias. Dado que este elemento, no incluye los tiempos de descanso y almuerzo establecidos por la empresa, deben ser descontados del tiempo total utilizado para ejecutar la orden de producción. A continuación, se realiza una descripción de este proceso a manera de ejemplo para la hoja de verificación H.V. 1. Las medidas para las demás hojas de verificación se exponen en la Tabla 82.

Ejemplo: la ejecución de la orden que tiene como referencia la hoja de verificación H.V. 1, inició con la entrega de la hoja de verificación al Operario se esencias a las 08:15 a. m. el 21 de marzo de 2017, a las 05:00 p. m. el proceso se detuvo, debido al término de la jornada laboral; el día siguiente (22 de marzo de 2017) se continuó con la ejecución de la orden de producción a las 08:00 a. m., finalizándola a las 02:33 p. m., dando como resultado un tiempo total utilizado para la ejecución de esta orden de producción de 15 horas y 18 minutos.

Cabe aclarar que no se debe incluir los tiempos de descanso y almuerzo asignados por la empresa, los cuales equivalen a 1 hora y 45 minutos, por lo cual se descuentan del tiempo total utilizado. Según lo anterior, el elemento de **“Tiempo de ejecución real de una orden de producción”** para la H.V. 1 es de 13 horas y 33 minutos.

Tabla 82. Determinación del elemento TROP para cuatro H.V.

Orden	Inicio de orden (dd/mm/yyyy hh:mm)	Fin de orden (dd/mm/yyyy hh:mm)	Tiempo total utilizado para la ejecución de la orden de producción	Tiempos de descansos y almuerzos asignados por la empresa	Tiempo de ejecución real de una orden de producción (TROP)
H.V. 1	21/03/2017 08:15 a. m.	22/03/2017 02:33 p. m.	15h:48min	15min – Descanso 30min – Almuerzo 15min – Descanso 15min – Descanso 30min – Almuerzo	14h:03min
H.V. 2	23/03/2017 08:10 a. m.	24/03/2017 12:00 a. m.	12h:50min	15min – Descanso 30min – Almuerzo 15min – Descanso 15min – Descanso	11h:35min
H.V. 3	28/03/2017 07:55 a. m.	29/03/2017 02:05 p. m.	15h:10min	15min – Descanso 30min – Almuerzo 15min – Descanso 15min – Descanso 30min – Almuerzo	13h:25min
H.V. 4	30/03/2017 08:00 a. m.	31/03/2017 03:30 p. m.	16h:30min	15min – Descanso 30min – Almuerzo 15min – Descanso 15min – Descanso 30min – Almuerzo 15min – Descanso	14h:30min

Fuente: elaboración propia.

2. Calcular el KPI por medio de su fórmula

Una vez obtenidos los valores de los elementos para cada una de las ordenes de producción, se realizó el cálculo del KPI por medio de su fórmula, expuesta en la Tabla 67 del Anexo C4 y presentada a continuación:

$$EOP = \frac{TOPP}{TROP} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Para obtener el valor del KPI se realiza una conversión del tiempo de los elementos, expresados en horas, minutos y segundos a solo segundos, como se presenta a continuación en los cálculos realizados con los valores obtenidos para la hoja de verificación H.V. 1. Dado que el KPI debe ser expresada en porcentaje, el valor obtenido equivale a:

$$EOP_{H.V.1} = \frac{29822s}{50580s} \quad EOP_{H.V.1} = 0.58960 \quad EOP_{H.V.1} = 58.96\%$$

(Ecuación 2) (Ecuación 3) (Ecuación 4)

Este procedimiento se realizó para cada una de las ordenes de producción, como se muestra en la Tabla 83.

Tabla 83. Cálculo del KPI "EOP"

Orden	TOPP		TROP		KPI "EOP"
H.V. 1	08h:17min:02s	29822s	14h:03min:00s	50580s	58.96%
H.V. 2	05h:07min:08s	18428s	11h:35min:00s	41700s	44.19%
H.V. 3	05h:46min:41s	20801s	13h:25min:00s	48300s	43.06%
H.V. 4	04h:35min:33s	16533s	14h:30min:00s	52200s	31.67%

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la Tabla 83, el desempeño del proceso es bajo con respecto atributo "Valor de referencia del KPI" del objetivo específico 1 (Tabla 64) del Anexo C2, lo que evidencia la existencia de retrasos en las ordenes, ocasionados por problemas en el proceso como malas prácticas, pérdida de tiempo, desorganización, entre otros.

3. Determinar si es necesario aplicar acciones asociadas

Una vez calculado el KPI, se determinó la necesidad de realizar o no acciones asociadas que ayudaran a llevar el proceso al valor objetivo; para esto, observando los resultados obtenidos en la Tabla 83 y teniendo en cuenta que el atributo "Valor de referencia del KPI" del objetivo específico 1 (Tabla 64) del Anexo C2, se encuentra en un rango entre el 92% y 100%, se concluye que el proceso no cumple con el objetivo planteado y es necesario determinar y aplicar las acciones asociadas.

- **KPI Objetivo 2 - Eficiencia de ejecución en una jornada laboral (EEJ).**

- 1. Obtener los datos y medidas que componen los elementos del KPI.**

Con el fin de obtener los datos y medidas que componen y ayudaran a calcular cada uno de los elementos que componen este KPI, se realizó observación y medición del proceso los días 21, 23, 28 y 30 de marzo de 2017. Lo anterior permitió determinar las medidas, como se presenta a continuación.

- **Tiempo de una jornada laboral para ejecutar una orden de producción (TJOP):** como se especificó en el Anexo C4, este elemento se obtiene a través de la determinación del tiempo total de la jornada laboral que puede ser dedicado a la ejecución de una orden de producción en la línea de esencias, el cual se obtiene a través de las 9 horas de la jornada laboral (inicia a las 08:00 a. m. y termina a las 05:00 p. m.), excluyendo los tiempos de almuerzo (de 12:00 p. m. a 12:30 p. m.) y descansos (de 10:00 a. m. a 10:15 a. m. y de 03:00 p. m. a 03:15 p. m.) descritos en el Anexo C4 equivalentes a 1 hora y los tiempos por suplementos que como especifica en el Anexo C2 se estiman en 20 minutos, dando como resultado el elemento “Tiempo de una jornada laboral para ejecutar una orden de producción” con un valor de 07 horas y 40 minutos, como se especifica en el atributo “Valor objetivo” del objetivo específico 2 (Tabla 66) del Anexo C2.
- **Tiempo real de ejecución de una orden de producción (TROP):** como se especificó en el Anexo C4, este elemento se obtiene por medio del tiempo total utilizado para ejecutar la orden de producción y su medida se calcula a través de la diferencia entre la hora de inicio (Entrega de hoja de verificación) y la hora de fin (Producto terminado en bodega) del proceso productivo de esencias. Dado que este elemento, no incluye los tiempos de descanso y almuerzo establecidos por la empresa, deben ser descontados del tiempo total utilizado para ejecutar la orden de producción como se expone en la Tabla 82.

- 2. Calcular el KPI por medio de su fórmula.**

Una vez obtenidos los valores de los elementos para cada una de las ordenes de producción, se realizó el cálculo del KPI por medio de su fórmula, expuesta en la Tabla 68 del Anexo C4 y presentada a continuación:

$$EEJ = \frac{TJOP}{TROP} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Para obtener el valor del KPI se realiza una conversión del tiempo de los elementos, expresados en horas, minutos y segundos a solo segundos, como se presenta a continuación en los cálculos realizados con los valores obtenidos para la hoja de verificación H.V. 1. Dado que el KPI debe ser expresada en porcentaje, el valor obtenido equivale a:

$$EOTD_{H.V.1} = \frac{27600}{50580}$$

(Ecuación 6)

$$EOTD_{H.V.1} = 0.5326$$

(Ecuación 7)

$$EOTD_{H.V.1} = 53.26\%$$

(Ecuación 8)

Este procedimiento se realizó para cada una de las ordenes de producción, como se muestra en la Tabla 84.

Tabla 84. Cálculo del KPI "EOTD"

Orden	TOPP		TROP		KPI "EOTD"
H.V. 1	07h:40min:00s	27600s	14h:03min:00s	50580s	54.56%
H.V. 2	07h:40min:00s	27600s	11h:35min:00s	41700s	66.18%
H.V. 3	07h:40min:00s	27600s	13h:25min:00s	48300s	57.14%
H.V. 4	07h:40min:00s	27600s	14h:30min:00s	52200s	52.87%

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la Tabla 84, el desempeño del proceso es bajo con respecto al atributo "Valor de referencia del KPI" expuesto en el objetivo específico 2 (Tabla 66) del Anexo C2, esto evidencia la incapacidad de cumplir con la ejecución de una orden de producción en una jornada laboral, lo que genera retrasos en las ordenes de producción y entrega tardía al cliente.

3. Determinar si es necesario aplicar acciones asociadas

Una vez calculado el KPI, se determinó la necesidad de realizar o no acciones asociadas que ayudaran a llevar el proceso al valor objetivo; para esto, observando los resultados obtenidos en la Tabla 84 y teniendo en cuenta que el atributo "Valor de referencia del KPI" del objetivo específico 2 (Tabla 66) del Anexo C2 se encuentra en un rango entre el 95.8% y 100%, se concluye que el proceso no cumple con el objetivo planteado y es necesario determinar y aplicar las acciones asociadas.

Anexo C6

Describir y realizar acciones asociadas cuando se usan KPIs para llevar a cabo las expectativas

Una vez identificada la necesidad, se procede a determinar y realizar acciones asociadas para cada uno de los KPIs.

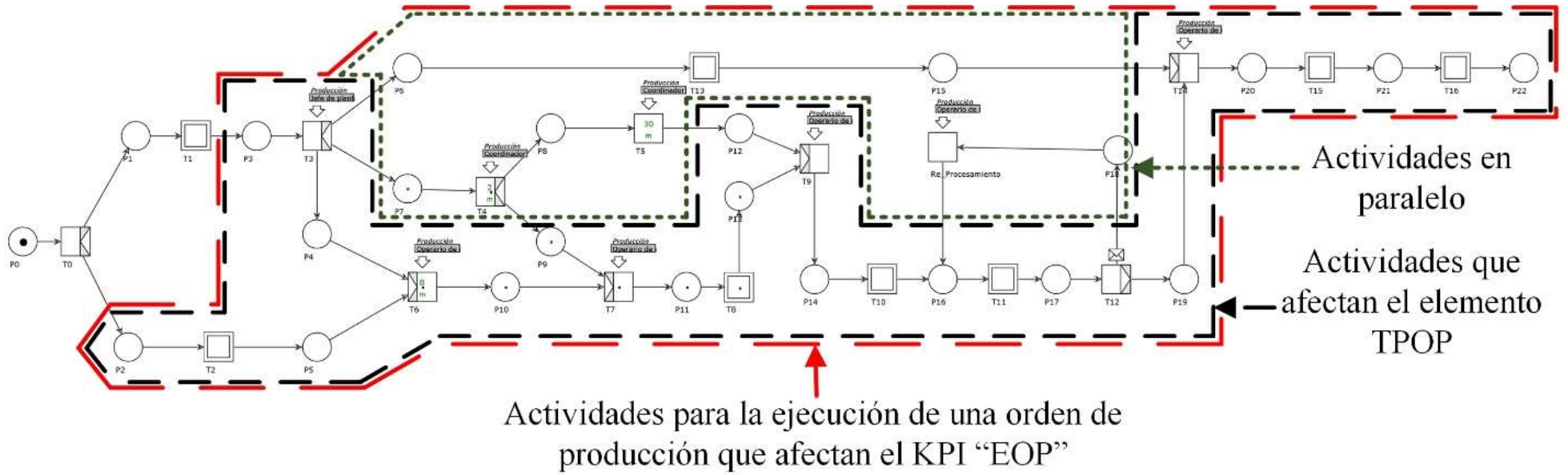
- **KPI Objetivo 1 - Eficiencia de ejecución de una orden de producción (EOP)**

- 1. Identificar las causas que impide lograr el objetivo.**

Con el fin de identificar las causas que impiden el cumplimiento del objetivo 1 relacionado con el KPI EOP, se realizó una reunión con las partes interesadas (Jefe de Planta y autores del trabajo) el día 08 de abril de 2017, en la cual se aplicó el procedimiento propuesto en el método para este paso, que consiste en ejecutar la herramienta torbellino de ideas, realizando un análisis de las actividades que influyen en los elementos del KPI, por medio del modelado empresarial.

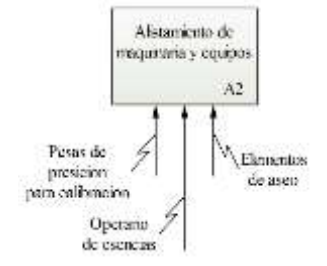
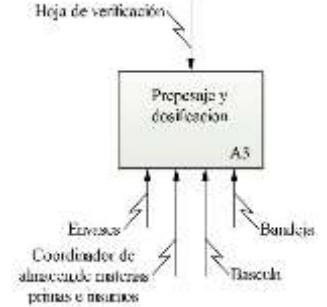
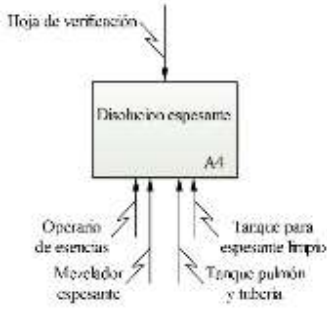
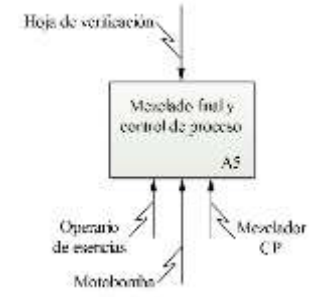
Tomando como referencia los elementos de este KPI, enfocados a medir el desempeño de la ejecución de una orden de producción en el tiempo planeado y afectados por las actividades comprendidas entre los lugares P3 y P22 del modelo WF-Nets del proceso de esencias como se muestra en la Figura 97, se procede a determinar para cada actividad las causas que impiden el cumplimiento del objetivo, teniendo en cuenta los modelos IDEF0 y WF-Nets expuestos en el Anexo C1 y las observaciones realizadas por las partes interesadas.

Figura 97. Actividades que influyen en los elementos del KPI "EOP"



Fuente: elaboración propia.

Tabla 85. Causas y observaciones – Objetivo 1

Actividad	Causas y observaciones	Modelo
<p>Alistamiento de maquinaria y equipos</p>	<p>Esta actividad, como se observa en su modelo IDEF0, expuesto en su totalidad en la Figura 68 y la Figura 66 del Anexo C1, requiere de elementos de aseo, los cuales usualmente no están a disposición del operario, generando retrasos al realizar la limpieza de tanques; además, como lo especifica el jefe de plata, en determinados casos el operario de esencias, es solicitado para realiza otras actividades, lo que genera aumento en el tiempo de la actividad.</p>	
<p>Pre pesaje y dosificación</p>	<p>Esta actividad, como se observa en su modelo IDEF0, expuesto en su totalidad en la Figura 69 y la Figura 66 del Anexo C1, requiere de la hoja de verificación, la cual no es entregada a tiempo o está siendo ocupada por otros empleados, ocasionando que la actividad no se ejecute en el tiempo esperado. De igual forma, la no disponibilidad del coordinador de almacén, materias primas e insumos, debida a la ejecución de otras actividades, ocasiona retrasos.</p>	
<p>Disolución de espesante</p>	<p>Esta actividad, como se observa en su modelo IDEF0, expuesto en su totalidad en la Figura 70 y la Figura 66 del Anexo C1, requiere de la hoja de verificación, la cual no es entregada a tiempo o está siendo ocupada por otros empleados, ocasionando que la actividad no se ejecute en el tiempo esperado. Así mismo, la no permanencia del operario en esta actividad genera tiempo de mezclado, reposo y homogeneización más largos de lo requerido.</p>	
<p>Mezclado final y control de proceso</p>	<p>Esta actividad, como se observa en su modelo IDEF0, expuesto en su totalidad en la Figura 71 y la Figura 66 del Anexo C1, como lo especifica el Jefe de plata, en determinados casos el operario de esencias tiene problemas de técnica al realizar el proceso o es solicitado para realiza actividades diferentes a esta, lo que genera aumento del tiempo de la actividad.</p>	

Continuación Tabla 85

Actividad	Causas y observaciones	Modelo
<p>Control de calidad para liberación</p>	<p>Esta actividad, como se observa en su modelo IDEF0, expuesto en su totalidad en la Figura 72 y la Figura 66 del Anexo C1, requiere para la toma de muestras de calidad envases, los que no siempre están al alcance del operario de esencias, aumentando el tiempo de actividad. De igual forma, la no disponibilidad del coordinador de laboratorio de control de calidad, debida a la ejecución de otras actividades, ocasiona retrasos.</p>	
<p>Etiquetado y preparación para envasado</p>	<p>Esta actividad, como se observa en su modelo IDEF0, expuesto en su totalidad en la Figura 73 y la Figura 66 del Anexo C1, el operario de loteo y etiquetado necesita de un rollo de etiquetas, el cual como lo especifica el Jefe de planta, en determinados casos no está disponible, lo que requiere de corrección de etiquetas dañadas, aumentando el tiempo de esta actividad.</p>	
<p>Envasado y empaque</p>	<p>Esta actividad, como se observa en su modelo IDEF0, expuesto en su totalidad en la Figura 74 y la Figura 66 del Anexo C1, se requiere de los tanques para esencias, los cuales usualmente no están asignados acorde a la presentación que se va a realizar, ocasionando pérdida de tiempo en empaque. Adicionalmente, como lo especifica el Jefe de plata, en determinados casos el operario de esencias tiene problemas con la forma de realizar el proceso o es solicitado para realiza actividades diferentes a esta, lo que genera aumento en el tiempo de la actividad.</p>	
<p>Almacenamiento</p>	<p>Esta actividad, como se observa en su modelo IDEF0, expuesto en su totalidad en la Fuente: elaboración propia. Figura 75 y la Figura 66 del Anexo C1, se requiere de la presencia del coordinador de bodega de producto terminado, el cual no siempre está disponible, evitando que se pueda organizar el producto y generando aumento de tiempo en esta actividad.</p>	

Fuente: elaboración propia.

2. Clasificar las causas.

Una vez obtenidas las causas y observaciones expuestas en la Tabla 85, se procedió a clasificarlas y organizarlas teniendo en cuenta las acciones operativas establecidas para este objetivo, determinadas en la ejecución del Paso 3 (Anexo C3). Lo anterior se realizó con el fin de verificar que causas pueden ser corregidas a través de la revisión de procedimiento y programas (acción operativa 1) o la Mejora, calibración o reemplazo de los recursos de manufactura (acción operativa 2).

- Revisión de los procedimientos y programas (Acción operativa 1):

- Pérdida de tiempo por mala asignación de tanques de esencias en cuanto a presentación (Envasado y empaque).
- Operario de esencias requerido para realizar otras actividades diferentes a la que está ejecutando (Alistamiento de maquinaria y equipos, Mezclado final y control de proceso y Envasado y empaque).
- Pérdida de tiempo por falta de información, que es suministrada por la hoja de verificación (Pre pesaje y dosificación y Disolución de espesante).
- No disponibilidad de los coordinadores debida, debida a la ejecución de otras actividades diferentes a las del proceso productivo de esencias (Pre pesaje y dosificación, Control de calidad para liberación y Almacenamiento).
- Falta de supervisión por parte del operario de esencias al realizar el espesante (Disolución de espesante).

- Mejorar, calibrar o reemplazar los recursos de manufactura (Acción operativa 2):

- Pérdida de tiempo debido a suministros de limpieza y envases para la toma de muestras no disponibles para ejecutar la actividad (Alistamiento de maquinaria y equipos y Control de calidad para liberación).
- Pérdida de tiempo por malas técnicas o practicas del operario de esencias (Mezclado final y control de proceso, Envasado y empaque).
- Pérdida de tiempo por re utilización de etiquetas dañadas (Etiquetado y preparación para el envasado).

Una vez clasificadas y organizadas las causas, acorde a las acciones operativas, se procedió a representarlas gráficamente por medio del diagrama de afinidades como se muestra en la Figura 98.

Figura 98. Diagrama de afinidades - Objetivo 1

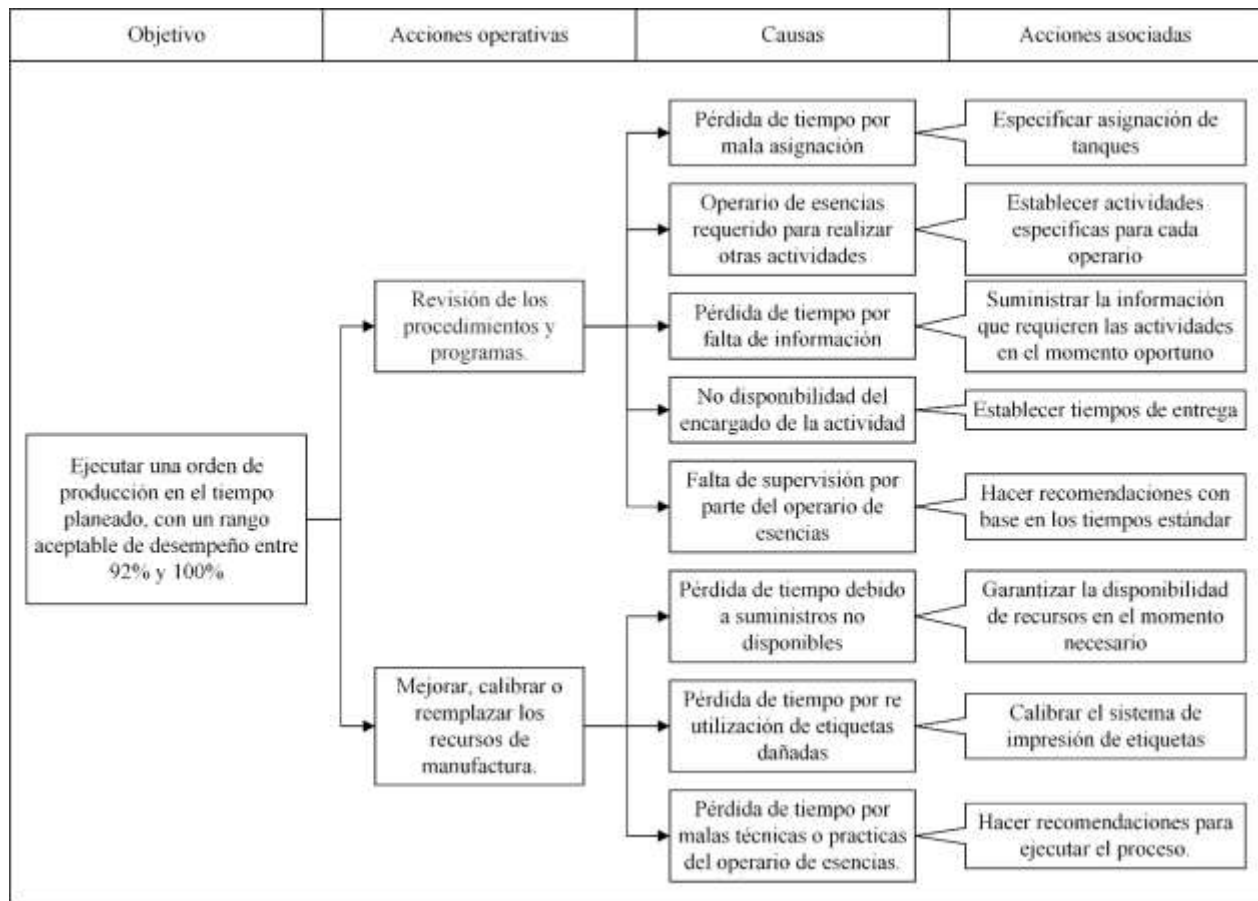
Acciones operativas	Revisión de los procedimientos y programas	Mejorar, calibrar o reemplazar los recursos de manufactura.
Causas	Pérdida de tiempo por mala asignación de tanques de esencias en cuanto a presentación (Envasado y empaque).	Pérdida de tiempo debido a suministros de limpieza y envases para toma de muestra no disponibles para ejecutar la actividad (Alistamiento de maquinaria y equipos y Control de calidad para liberación).
	Operario de esencias requerido para realizar otras actividades diferentes a la que está ejecutando (Alistamiento de maquinaria y equipos, Mezclado final y control de proceso y Envasado y empaque).	Pérdida de tiempo por malas técnicas o prácticas del operario de esencias (Mezclado final y control de proceso, Envasado y empaque).
	Pérdida de tiempo por falta de información suministrada por la hoja de verificación (Pre pesaje y dosificación, Disolución de espesante).	Pérdida de tiempo por re utilización de etiquetas dañadas (Etiquetado y preparación para envasado).
	No disponibilidad de los coordinadores, debida a la ejecución de otras actividades (Pre pesaje y dosificación, Control de calidad para liberación y Almacenamiento).	
	Falta de supervisión por parte del operario de esencias al realizar el espesante (Disolución de espesante).	

Fuente: elaboración propia.

3. Determinar acciones asociadas.

Ya definidas, clasificadas y organizadas las causas que impiden el cumplimiento de este objetivo, se determinó las acciones asociadas que permitirán corregirlas, para esto, en reunión con las partes interesadas (Jefe de Planta y autores del trabajo) y utilizando la herramienta de diagrama de decisiones de acción, el cual se realiza con base en el diagrama de afinidades, se definieron las posibles acciones que se podrían adoptar dentro del proceso para dar solución a las diferentes problemáticas expuestas, como se muestra en la Figura 99.

Figura 99. Diagrama de decisiones de acción - Objetivo 1



Fuente: elaboración propia.

4. Ejecutar acciones asociadas.

Una vez definidas las acciones asociadas, se procedió a ejecutarlas dentro del proceso de esencias; para ello, el día 13 de abril de 2017, teniendo en cuenta: la aprobación del Jefe de planta, las condiciones de la empresa y si esta aprueba o no los diferentes cambios; se realizó la ejecución del proceso siguiendo las pautas y recomendaciones especificadas a continuación.

- Revisión de los procedimientos y programas (Acción operativa 1):

- **Especificar asignación de tanques:** ya que la mala asignación de tanques al momento de preparar la esencia, puede generar pérdida de tiempo y por consiguiente retrasos en las ordenes de producción, se procedió a generar un nuevo campo en la hoja de verificación, el cual especifique el tanque en el cual debe ser preparado cada uno de los sabores, teniendo en cuenta las cantidades, el sabor y la presentación a realizar, como se presenta en la Figura 100.

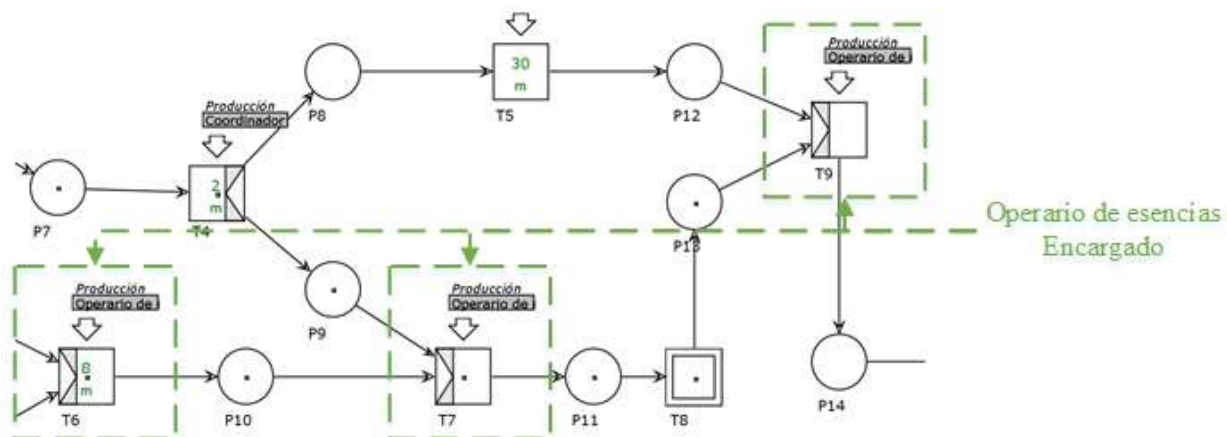
Figura 100. Hoja de verificación con asignación de tanques

Antes Sin especificar numero de tanque					Después Especifica numero de tanque						
											
OPERARIO: _____					OPERARIO: _____						
		SABOR 1	1	SABOR 2	1	TK 1		TK 2			
CANT PROG	0,000		OK	0,000	OK	SABOR 1	0	OK	SABOR 2	0,000	OK
ALCOHOL	0,000	Kg		0,000	Kg	CANT PROG					
JARABE	0,000	Kg		0,000	Kg	ALCOHOL	0,000	Kg	0,000	Kg	
ESPEANTE	0,000	L		0,000	L	JARABE	0,000	Kg	0,000	Kg	
CONCENTRADO	0,000	Kg		0,000	Kg	ESPEANTE	0,000	L	0,000	L	
Lote						CONCENTRADO	0,000	Kg	0,000	Kg	

Fuente: elaboración propia.

- Establecer actividades específicas para cada operario:** uno de los principales problemas dentro del proceso de esencias, es el llamado al operario a realizar actividades diferentes a las establecidas dentro de sus labores, es por esto que por medio del modelado empresarial en WF-Nets e IDEF0 se especifican y presentan a los demás operarios, coordinadores y jefes, las actividades que tienen como responsable al operario de esencias como se muestra en la Figura 101, esto con el fin de evitar situaciones que generen pérdidas de tiempo y evitar así retrasos en las ordenes.

Figura 101. Actividades específicas del operario de esencias



Fuente: elaboración propia.

- Suministrar la información que requieren las actividades en el momento oportuno:** otra problemática presente, es la falta de información sobre el producto que se va a realizar, principalmente porque el operario de esencias, el operario de loteo y etiquetado y el coordinador de almacén, materias primas e insumos comparten una sola hoja de

verificación y trabajan en lugares distintos, es por esto que el Jefe de planta aprueba e imprime dos hojas de verificación, una para los operarios de esencias y de loteo y etiquetado y otra para el coordinador de almacén, materias primas e insumos.

- **Hacer recomendaciones con base en los tiempos estándar:** ya que las sub actividades que comprende la actividad de disolución de espesante, no requieren presencia continua del operario de esencias, se propuso al operario de esencias realizar el llenado de agua y el encendido y apagado del mezclador, teniendo cuenta los tiempos estándar expuestos en la Figura 102, determinados para la hoja de verificación H.V. Mejora, generada el día 13 de abril de 2017 en el cual se puso en marcha las diferentes acciones asociadas.

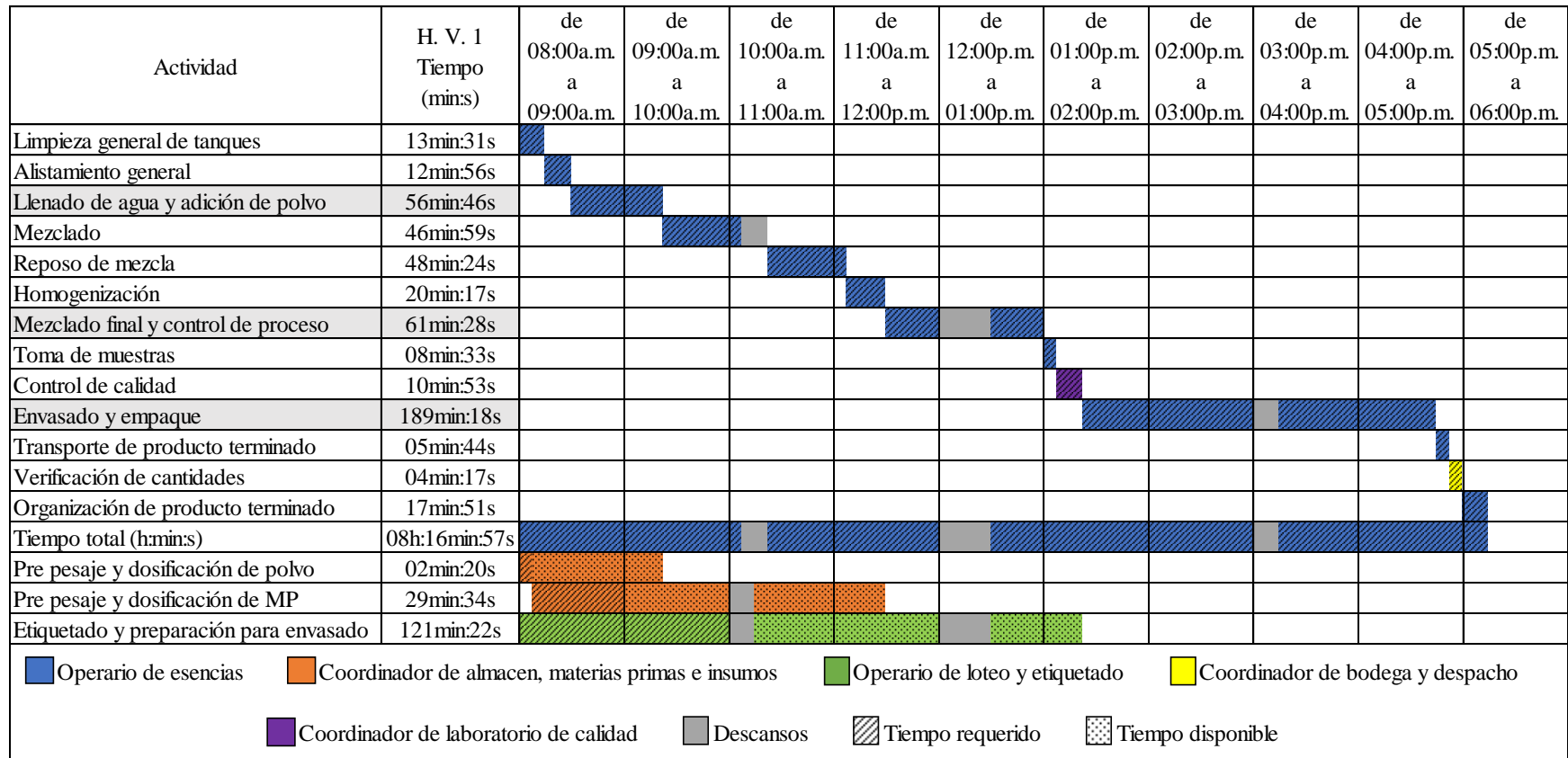
Figura 102. Tiempos de la actividad Disolución de espesante para la H.V. Mejoras

Actividad	H. V. Mejora Tiempo (min:s)	de	de	de	de
		08:00a.m. a 09:00a.m.	09:00a.m. a 10:00a.m.	10:00a.m. a 11:00a.m.	11:00a.m. a 12:00p.m.
Limpieza general de tanques	13min:31s				
Alistamiento general	12min:56s				
Llenado de agua y adición de polvo	53min:28s				
Mezclado	46min:59s				
Reposo de mezcla	48min:24s				
Homogenización	20min:17s				
Tiempo de llenado		Cantidad (L)		\bar{X} (s) por cada 100 L	
		638,08		502,83	
Total actividad		Promedio = 3208,5s = 53min:28s			

Fuente: elaboración propia.

- **Establecer tiempos de entrega:** ya que los diferentes coordinadores del proceso de esencias, también deben realizar actividades relacionadas con las demás líneas de producción, con base en el modelado WF-Nets de la Figura 76 expuesto en el Anexo C1, se propuso un cronograma, el cual establece los tiempos requeridos para la ejecución de las actividades y un estimado de la hora de entrega de materiales o recepción productos como se muestra en la Figura 103.

Figura 103. Cronograma de actividades proceso de esencias



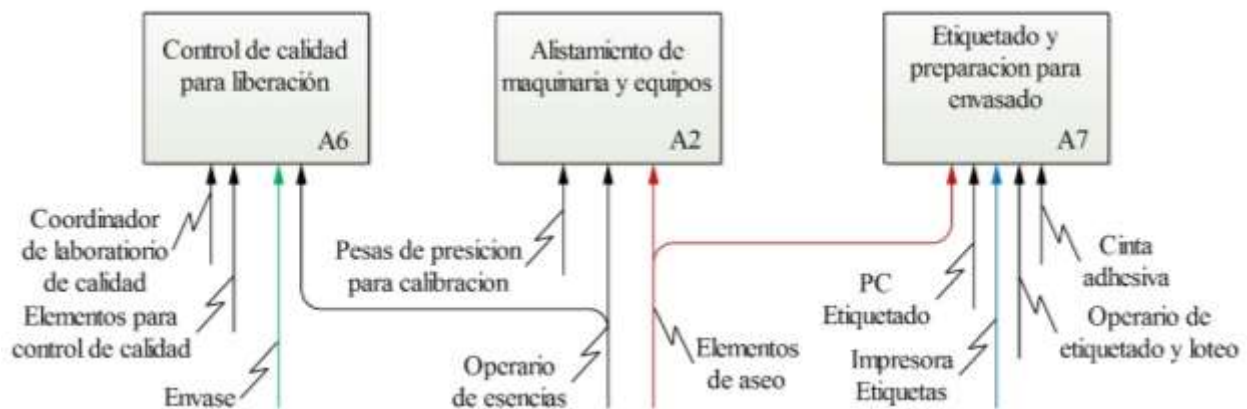
Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la Figura 103, el coordinador de almacén, requiere de 2min:20s y 29min:34s para realizar sus actividades y dispone de un lapso 30min y 03h:07min respectivamente para la ejecución de estas. De igual forma el operario de loteo requiere de 02h:01min:22s para realizar su actividad y dispone de 04h:37min para su ejecución, lo anterior excluyendo los tiempos de descanso. Para el coordinador de bodega y el coordinador de laboratorio de calidad, se especifica una hora aproximada para recepción de muestras a la 01:07 p. m. y recepción de productos a las 04:52 p. m.

- **Mejorar, calibrar o reemplazar los recursos de manufactura (Acción operativa 2):**

- **Garantizar la disponibilidad de recursos en el momento necesario:** ya que la toma de muestras para control de calidad requiere de envases para la toma de muestras (flecha color verde de la Figura 104), los cuales son suministrados por el coordinador de almacén materias primas e insumos, el cual usualmente se dedica a otras actividades restándole atención a eso, lo que a veces genera retrasos en el proceso de esencias, se hace la recomendación a este de suministrar los envases durante la jornada laboral, antes del mediodía (12:00 p. m.). Además, dado que el operario de esencias, comparte recursos de limpieza con el operario de loteo y etiquetado (fechas color rojo de la Figura 104), se realizó la propuesta de asignar recursos individuales, pero esto no fue posible debido a decisiones internas de la empresa.

Figura 104. Elementos de aseo e impresora de etiquetas



Fuente: elaboración propia.

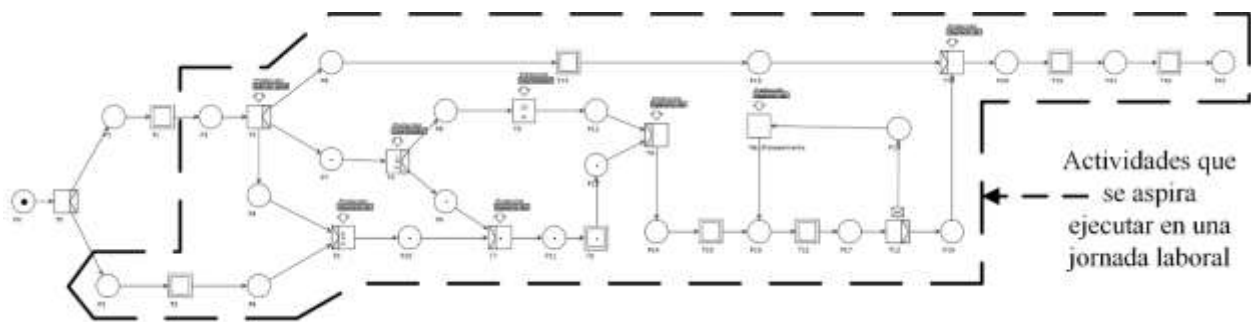
- **Calibrar el sistema de impresión de etiquetas:** como se puede observar en la Figura 104, para la actividad de etiquetado y preparación para envasado es necesario el uso de una impresora de etiquetas, la cual actualmente presenta problemas de impresión, lo que genera etiquetas dañadas, causando re impresión y en algunos casos reutilización de etiquetas. Debido a esto, se propuso calibrar el sistema de impresión de etiquetas, pero esto no pudo ser realizado debido a que la empresa no cuenta con una persona capacitada para este trabajo y conseguirla no fue posible debido a decisiones internas de la empresa.
- **Hacer recomendaciones para ejecutar el proceso:** dado que el operario de esencias presentaba retrasos y problemas al realizar la actividad de envasado y empaque y la actividad de mezclado final y control de proceso, se decidió suministrarle y recordarle los procedimientos a seguir especificados en los documentos P.P.01 Procedimiento para la Fabricación de Esencias y P.P.08 Procedimiento para el Envasado de Esencias, con el fin de que realice de manera más eficiente un buen producto y empaque.

- **KPI Objetivo 2 - Eficiencia de ejecución en una jornada laboral (EEJ).**

- 1. Identificar las causas que impide lograr el objetivo.**

Con el fin de identificar las causas que impiden el cumplimiento del objetivo 2 relacionado con el KPI EEJ, en reunión con las partes interesadas (Jefe de Planta y autores del trabajo) se aplicó el procedimiento propuesto en el método para este paso, que consiste en ejecutar la herramienta torbellino de ideas, realizando un análisis de las actividades que influyen en los elementos del KPI, por medio del modelado empresarial.

Figura 105. Actividades que influyen en los elementos del KPI "EEJ"




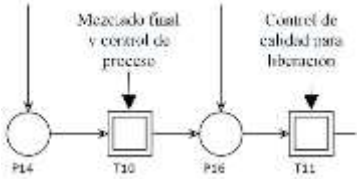
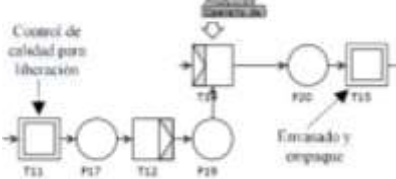
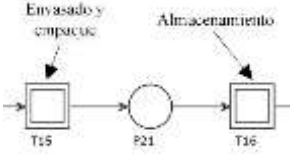
Fuente: elaboración propia.

Tomando como referencia los elementos de este KPI, afectados por las actividades comprendidas entre los lugares P3 y P22 del modelo WF-Nets del proceso como se muestra en la Figura 105 y enfocados a medir el desempeño de la ejecución de una orden de producción en una jornada laboral, cumpliendo con todas las actividades del proceso de esencias, se procede a determinar para cada actividad las causas que impiden el cumplimiento del objetivo, teniendo en cuenta los modelos IDEF0 y WF-Nets expuestos en el Anexo C1 y las observaciones realizadas por las partes interesadas:

Tabla 86. Causas y observaciones – Objetivo 2

Actividad	Causas y observaciones	Modelo
<p>Alistamiento de maquinaria y equipos</p>	<p>Esta actividad, como se observa en su modelo WF-Nets, expuesto en su totalidad en la Figura 76 del Anexo C1, debe ser realizada al inicio de la jornada, pero esto no ocurre así, debido a retrasos y acumulación de órdenes de producción anteriores.</p>	
<p>Pre pesaje y dosificación</p>	<p>Esta actividad, como se observa en su modelo WF-Nets, expuesto en su totalidad en la Figura 76 del Anexo C1, debe ser realizada al inicio de la jornada, después de la entrega de la hoja de verificación, pero esto no ocurre así, debido a retrasos y acumulación de órdenes de producción anteriores.</p>	
<p>Disolución de espesante</p>	<p>Esta actividad, como se observa en su modelo WF-Nets, expuesto en su totalidad en la Figura 76 del Anexo C1, se debe realizar posterior al alistamiento de maquinaria y equipos, pero esto no ocurre así, debido a retrasos y acumulación de órdenes de producción anteriores. De igual forma, como lo evidencian los modelos WF-Nets de la Figura 76 y la Figura 79 expuestos en el Anexo C1, esta actividad y sus sub actividades requieren de un tiempo significativo, durante el cual no es necesaria la presencia del operario, generando en algunos casos tiempos de inactividad. Adicional a esto, como se puede observar en el modelo IDEF0 de la Figura 70 del Anexo C1, la actividad requiere del tanque y la tubería pulmón, los cuales no fueron pensados para producciones grandes, ocasionando que el llenado de agua en estos casos, requiera mucho tiempo. Todo lo anterior genera pérdidas de tiempo y retrasos al no estar listo el espesante, el cual es necesario para la actividad de mezclado final y control de proceso.</p>	

Continuación Tabla 86

Actividad	Causas y observaciones	Modelo
Mezclado final y control de proceso	esta actividad como se observa en el modelo IDEF0 de la Figura 71 del Anexo C1, requiere de la báscula y el balde (incluidos en los recursos de producción), los cuales son usados para pesar las medidas de materiales, especificadas en la hoja de verificación, pero este proceso es tedioso y poco eficaz, lo que ocasiona pérdida de tiempo, retrasando la preparación de esencias. Así mismo, como lo establece el jefe de planta, ya que no se tiene en cuenta que la adición de disolvente y jarabe, no tiene que esperar a la finalización de la actividad de disolución de espesante, se presenta desperdicio de tiempo en el que podría realizarse.	
Etiquetado y preparación para envasado	Esta actividad no presenta problema en cuanto a la consecución del objetivo.	
Control de calidad para liberación	Esta actividad, según el Jefe de planta y como se observa en su modelo WF-Nets, expuesto en su totalidad en la Figura 76 del Anexo C1, se debe realizar posterior al mezclado final y control de proceso, pero esto no ocurre así, debido a retrasos y acumulación de órdenes de producción anteriores.	
Envasado y empaque	Esta actividad, según el Jefe de planta y como se observa en su modelo WF-Nets, expuesto en su totalidad en la Figura 76 del Anexo C1, se debe realizar posterior al control de calidad para liberación, pero esto no ocurre así, debido a retrasos y acumulación de órdenes de producción anteriores.	
Almacenamiento	Esta actividad, según el Jefe de planta y como se observa en su modelo WF-Nets, expuesto en su totalidad en la Figura 76 del Anexo C1, se debe realizar posterior al envasado y empaque, pero esto no ocurre así, debido a retrasos y acumulación de órdenes de producción anteriores.	

Fuente: elaboración propia.

2. Clasificar las causas.

Una vez obtenidas las causas y observaciones expuestas en la Tabla 86, se procedió a clasificarlas y organizarlas teniendo en cuenta las acciones operativas establecidas para este objetivo, determinadas en la ejecución del Paso 3 (Anexo C3). Lo anterior se realizó con el fin de verificar que causas pueden ser corregidas a través de la revisión de procedimiento y programas (acción operativa 1), la Mejora, calibración o reemplazo de los recursos de manufactura (acción operativa 2) o el Rediseño de sistemas y aplicación de arquitecturas (acción operativa 3).

- Revisión de los procedimientos y programas (Acción operativa 1):

- La actividad no requiere de la presencia continua del operario de esencias (Disolución de espesante).

- Mejorar, calibrar o reemplazar los recursos de manufactura (Acción operativa 2):

- Pérdida de tiempo por los recursos (Tanque pulmón y tubería) encargados del suministro de agua (Disolución de espesante).
- Pérdida de tiempo por los recursos (Bascula y Balde) usados para el pesaje de disolvente y jarabe (Mezclado final y control de proceso).

- Rediseñar sistemas y aplicar arquitecturas (Acción operativa 3):

- Retrasos por órdenes de producción anteriores (Todas las actividades).
- Ejecución de actividades que pueden ser ejecutadas con anterioridad (Mezclado final y control de proceso).

Una vez clasificadas y organizadas las causas, acorde a las acciones operativas, se procedió a representarlas gráficamente por medio del diagrama de afinidades como se muestra en la Figura 106.

Figura 106. Diagrama de afinidades - Objetivo 2.

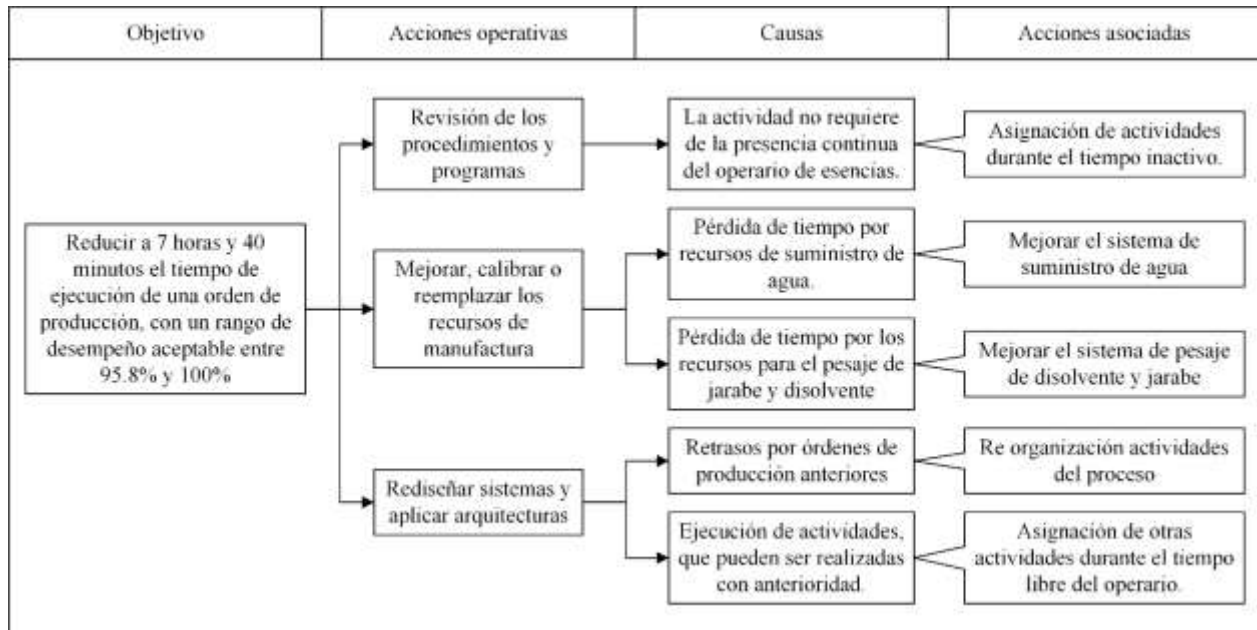
Acciones operativas	Revisión de los procedimientos y programas.	Mejorar, calibrar o reemplazar los recursos de manufactura.	Rediseñar sistemas y aplicar arquitecturas.
Causas	La actividad no requiere de la presencia continua del operario de esencias (Disolución de espesante).	<p>Pérdida de tiempo por los recursos (tanque pulmón y tubería) encargados del suministro de agua (Disolución de espesante).</p> <p>Pérdida de tiempo por los recursos (bascula y balde) usados para el pesaje de disolvente y jarabe (Mezclado final y control de proceso).</p>	<p>Retrasos por órdenes de producción anteriores (Todas las actividades).</p> <p>Ejecución de actividades, que pueden ser realizadas con anterioridad (Mezclado final y control de proceso).</p>

Fuente: elaboración propia.

3. Determinar acciones asociadas

Ya definidas, clasificadas y organizadas las causas que impiden el cumplimiento de este objetivo, se determinó las acciones asociadas que permitirán corregirlas, para esto, en reunión con las partes interesadas (Jefe de Planta y autores del trabajo) y utilizando la herramienta de diagrama de decisiones de acción, el cual se realiza con base en el diagrama de afinidades, se definieron las posibles acciones que se podrían adoptar dentro del proceso para dar solución a las diferentes problemáticas expuestas, como se muestra en la Figura 107.

Figura 107. Diagrama de decisiones de acción - Objetivo 2



Fuente: elaboración propia.

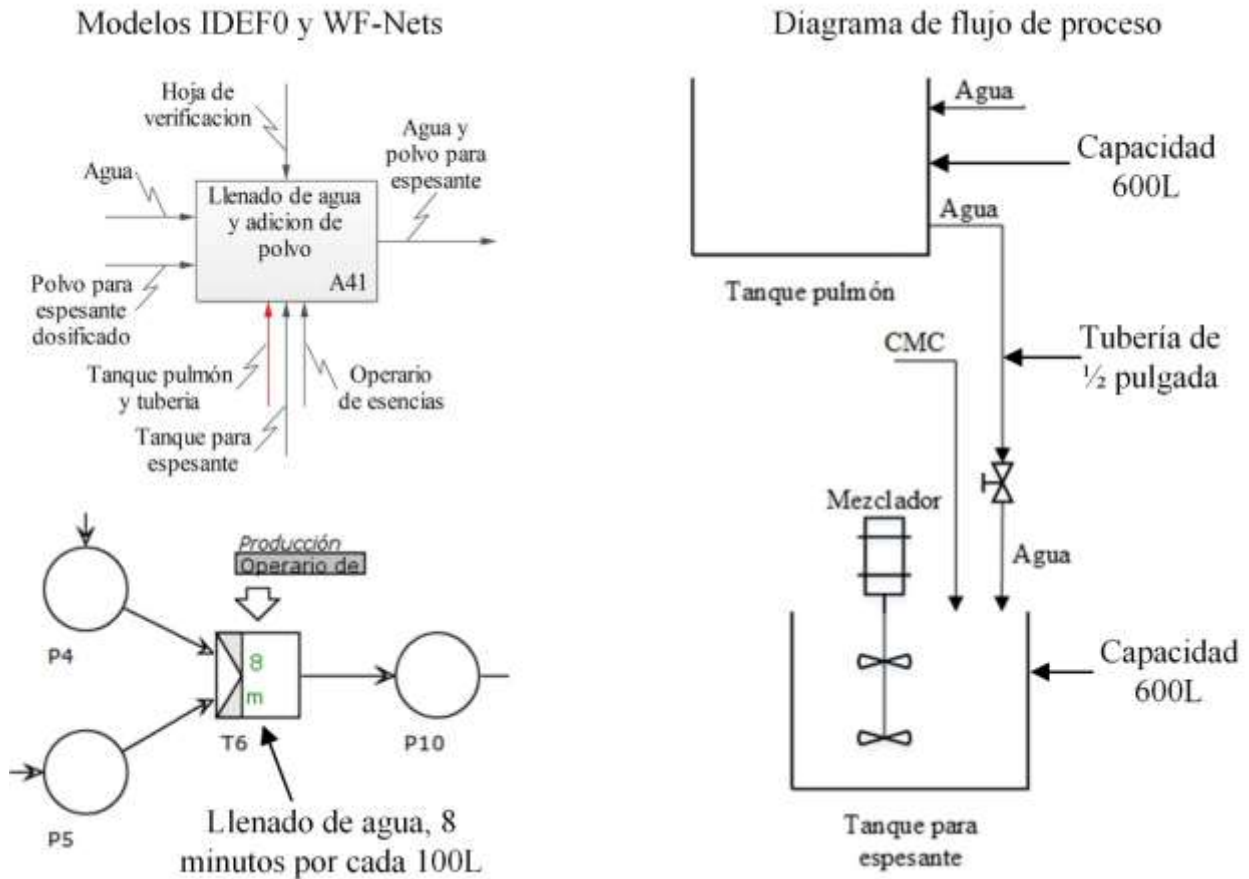
4. Ejecutar acciones asociadas.

Una vez definidas las acciones asociadas, se procedió a ejecutarlas dentro del proceso de esencias; para ello, el 13 de abril de 2017, teniendo en cuenta: la aprobación del Jefe de planta, las condiciones de la empresa y si esta aprueba o no los diferentes cambios; se realizó la ejecución del proceso siguiendo las pautas y recomendaciones especificadas a continuación.

- **Mejorar, calibrar o reemplazar los recursos de manufactura (Acción operativa 2):**

- **Mejorar el sistema de suministro de agua:** uno de los principales problemas, que se pueden corroborar por medio de los tiempos promedio suministrados por la empresa, es los altos tiempos de llenado de agua en el tanque para espesante, en la actividad de Disolución de espesante como se puede observar en la Figura 108, lo anterior podría solucionarse realizando cambios y mejoras en el sistema de suministro de agua, como son cambio de tubería por una de mayor diámetro, adición de un tanque pulmón, entre otros. pero esta acción no pudo ser realizada debido a los altos costos y dificultades que puede traer su implementación, lo que impidió a la empresa acoger esta acción por el momento.

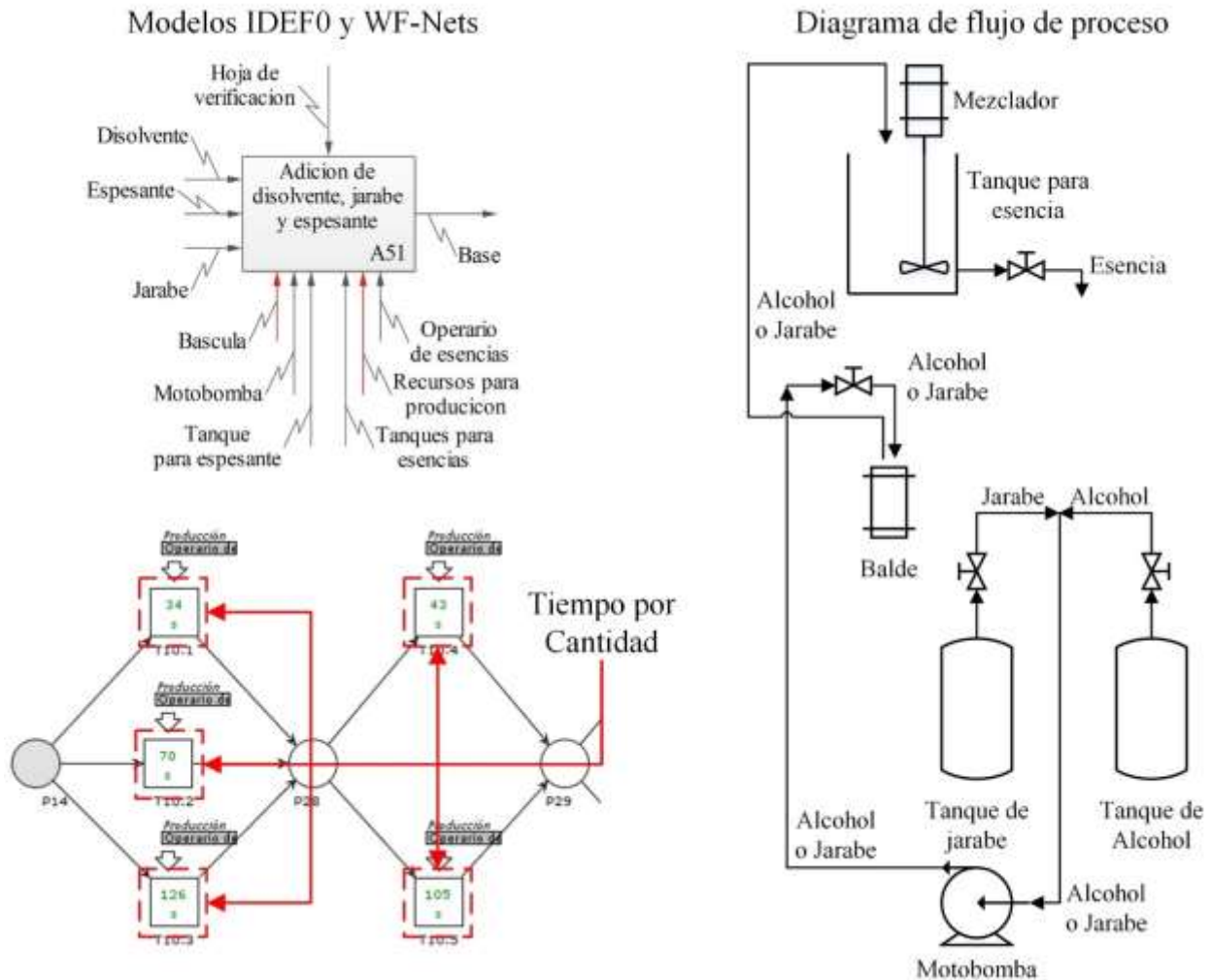
Figura 108. Diagramas de la actividad Llenado de agua y adición de polvo



Fuente: elaboración propia.

- **Mejorar el sistema de pesaje de disolvente y jarabe:** de igual forma, el pesaje de disolvente y jarabe durante la actividad de Mezclado final y control de proceso como lo muestran los tiempos promedio suministrados por la empresa, requieren de mucho tiempo y es una tarea tediosa, es por esto que se propone a la empresa cambiar este sistema actual de Bascula y Balde como se muestra en el modelo IDEF0 de la Figura 109, por uno automatizado y más preciso, como es la implementación de un sistema de bombeo con PLC u otro tipo de controlador, pero esta acción no pudo ser realizada debido los altos costos y dificultades que puede traer su implementación, lo que impidió a la empresa acoger esta acción por el momento.

Figura 109. Diagramas de la actividad Adición de disolvente y jarabe




Fuente: elaboración propia.

- **Revisión de los procedimientos y programas (Acción operativa 1) y Rediseñar sistemas y aplicar arquitecturas (Acción operativa 3):**

Para realizar las acciones asociadas de asignación de actividades durante el tiempo inactivo, re organización actividades del proceso y asignación de otras actividades durante el tiempo libre del operario, primero se debe determinar cuando debería tardar el proceso según la ejecución actual como se muestra en el modelos WF-Nets del proceso de esencias de la Figura 76, para esto se procede a determinar el tiempo planeado para la hoja de verificación “H.V. Mejora” generada el 13 de abril de 2017 (Figura 110) y realizar su cronograma de ejecución expuesto en la Figura 111.

Figura 110. H.V. Mejora – 13 de abril de 2017

	C.I. INDUSTRIAS FRUSABOR S.A.											F.P.P. 01-01	
	AREA DE PRODUCCION												
	HOJA DE VERIFICACION ESENCIAS											Version 6	

OPERARIO: LOTE: No. OP: Fecha:

	SABOR 1		1	SABOR 2		1	SABOR 3		1	SABOR 4		1	SABOR 5		1	SABOR 6		1	SABOR 7		1
CANT PROG	0,000		OK	0,000		OK	0,000		OK	0,000		OK	0,000		OK	0,000		OK	0,000		OK
ALCOHOL	>30	Kg		>30	Kg		>30	Kg		<=30	Kg		>30	Kg		>30	Kg		<=30	Kg	
JARABE	>20	Kg		>20	Kg		>20	Kg		<=20	Kg		>20	Kg		>20	Kg		>20	Kg	
ESPELANTE	>60	L		>60	L		>60	L		<=60	L		>60	L		>60	L		<=60	L	
	SABOR 1			SABOR 2			SABOR 3			SABOR 4			SABOR 5			SABOR 6			SABOR 7		
	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL	PROG.	TAMAÑO	REAL
	52	3785mL		52	3785mL		52	3785mL		20	3785mL		20	3785mL		52	3785mL		40	3785mL	
		500mL			500mL			500mL			500mL			500mL			500mL			500mL	
		60mL			60mL			60mL			60mL			60mL			60mL			60mL	
		20L			20L			20L			20L			20L			20L			20L	
	ALCOHOL			JARABE AZUCAR			PROPILENGLICOL			Z-0000			AGUA EN TANQU			OBSERVACIONES			PB		
	Lote:			Lote:			Lote:			Lote:			TOTAL LITROS:								
OPERARIO	Total Kg:	0,000		Total Kg:	0,000		Total Kg:	0,000		Total Kg:	0,000		638,085						PT		

Fuente: tomada y modificada de Hoja de verificación Frusabor S.A. 13 de abril de 2017.

Tabla 87. Tiempo planeado Llenado de agua y adición de polvo – H.V. Mejora

Tiempo de llenado	Cantidad (L)	\bar{x} (s) por cada 100 L	σ (s) por cada 100 L
		638,1	502,8	$\pm 29,5$
Total actividad	Promedio = 3208,5s = 53min:28s		Desviación = $\pm 188,3s = \pm 03min:08s$

Fuente: elaboración propia.

Tabla 88. Tiempo planeado Dosificación de disolvente y jarabe – H.V. Mejora

No. de lote	Disolvente			Jarabe		
	Cantidad	\bar{x} (s)	σ (s)	Cantidad	\bar{x} (s)	σ (s)
1	>30 Kg	126,2	± 9,9	>20 Kg	105,0	± 6,4
2	>30 Kg	126,2	± 9,9	>20 Kg	105,0	± 6,4
3	>30 Kg	126,2	± 9,9	>20 Kg	105,0	± 6,4
4	≤30 Kg	70,2	± 5,2	≤20 Kg	43,0	± 5,0
5	>30 Kg	126,2	± 9,9	>20 Kg	105,0	± 6,4
6	>30 Kg	126,2	± 9,9	>20 Kg	105,0	± 6,4
7	≤30 Kg	70,2	± 5,2	>20 Kg	105,0	± 6,4
Suma		771,2	± 59,7		673,0	± 43,3
Total Actividad	Promedio = 1444,2s = 24min:04s			Desviación = ± 103,0s = ±01min:43s		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 89. Tiempo planeado Mezclado final y control de proceso – H.V. Mejora

No. de lote	Espesante			Tiempo de mezcla	
	Cantidad	\bar{x} (s)	σ (s)	\bar{x} (s)	σ (s)
1	>60 L	86,3	± 3,3	246,7	± 21,4
2	>60 L	86,3	± 3,3	246,7	± 21,4
3	>60 L	86,3	± 3,3	246,7	± 21,4
4	≤60 L	45,0	± 5,6	246,7	± 21,4
5	>60 L	86,3	± 3,3	246,7	± 21,4
6	>60 L	86,3	± 3,3	246,7	± 21,4
7	≤60 L	45,0	± 5,6	246,7	± 21,4
Suma		521,7	± 27,8	1726,7	± 149,6
Total Actividad	Promedio = 2248,3s = 37min:28s			Desviación = ± 177,4s = ± 02min:57s	

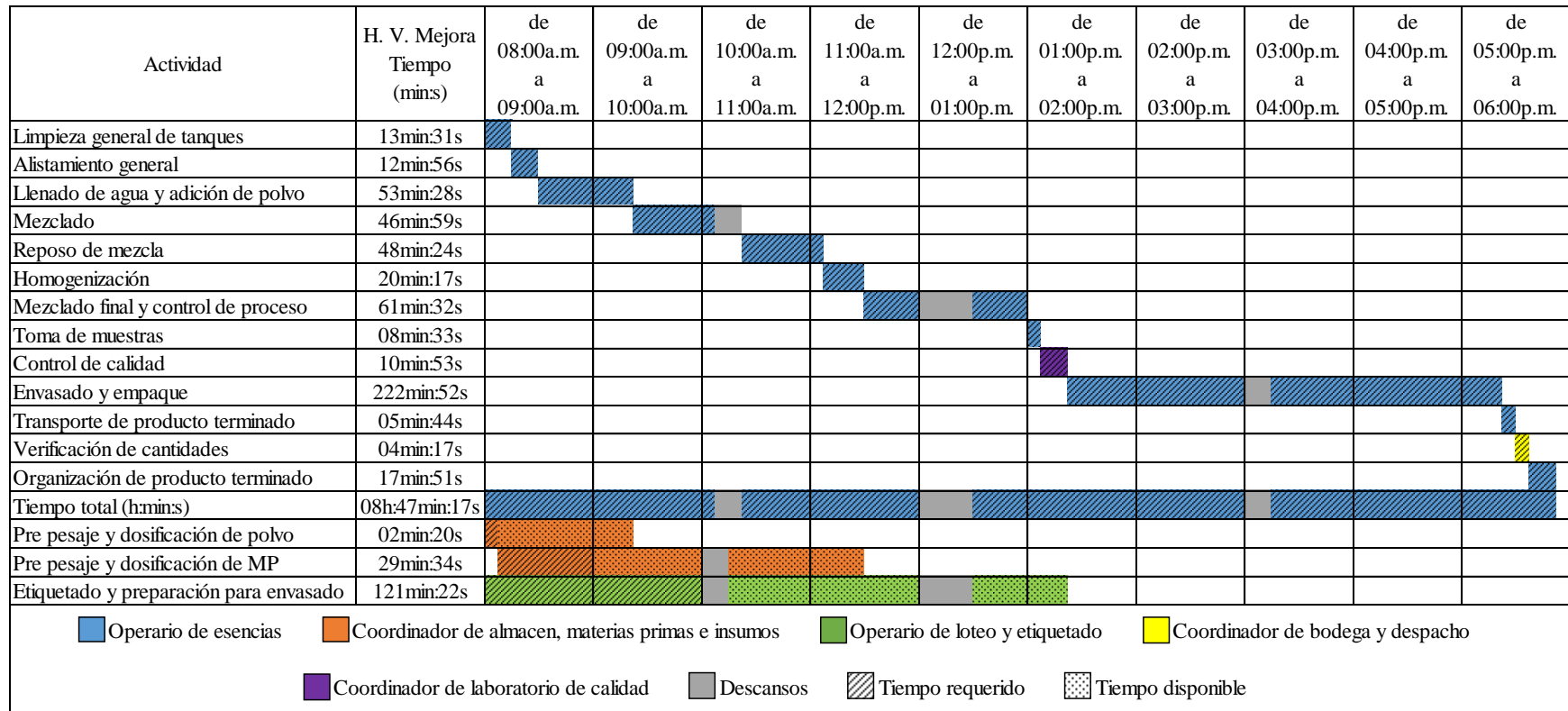
Fuente: elaboración propia.

Tabla 90. Tiempo planeado Envasado y empaque – H.V. Mejora

No. de lote	Cantidad de productos	Presentación	\bar{x} Alistamiento (s)	σ Alistamiento (s)	\bar{x} envase (s)	σ envase (s)	\bar{x} total (s)	σ total (s)
1	52	3785mL	268,2	± 10,5	1543,4	± 194,4	1811,5	± 204,9
2	52	3785mL	268,2	± 10,5	1543,4	± 194,4	1811,5	± 204,9
3	52	3785mL	268,2	± 10,5	1543,4	± 194,4	1811,5	± 204,9
4	20	3785mL	268,2	± 10,5	593,6	± 74,8	861,8	± 85,3
5	20	3785mL	268,2	± 10,5	593,6	± 74,8	861,8	± 85,3
	120	500mL	311,8	± 27,4	1291,0	± 76,5	1602,8	± 104,0
6	52	3785mL	268,2	± 10,5	1543,4	± 194,4	1811,5	± 204,9
7	40	3785mL	268,2	± 10,5	1187,2	± 149,5	1455,4	± 160,0
	96	500mL	311,8	± 27,4	1032,8	± 61,2	1344,6	± 88,6
Total Actividad	Promedio = 13372,5s = 222min:52s				Desviación = ± 1343,6s = ± 22min:23s			

Fuente: elaboración propia.

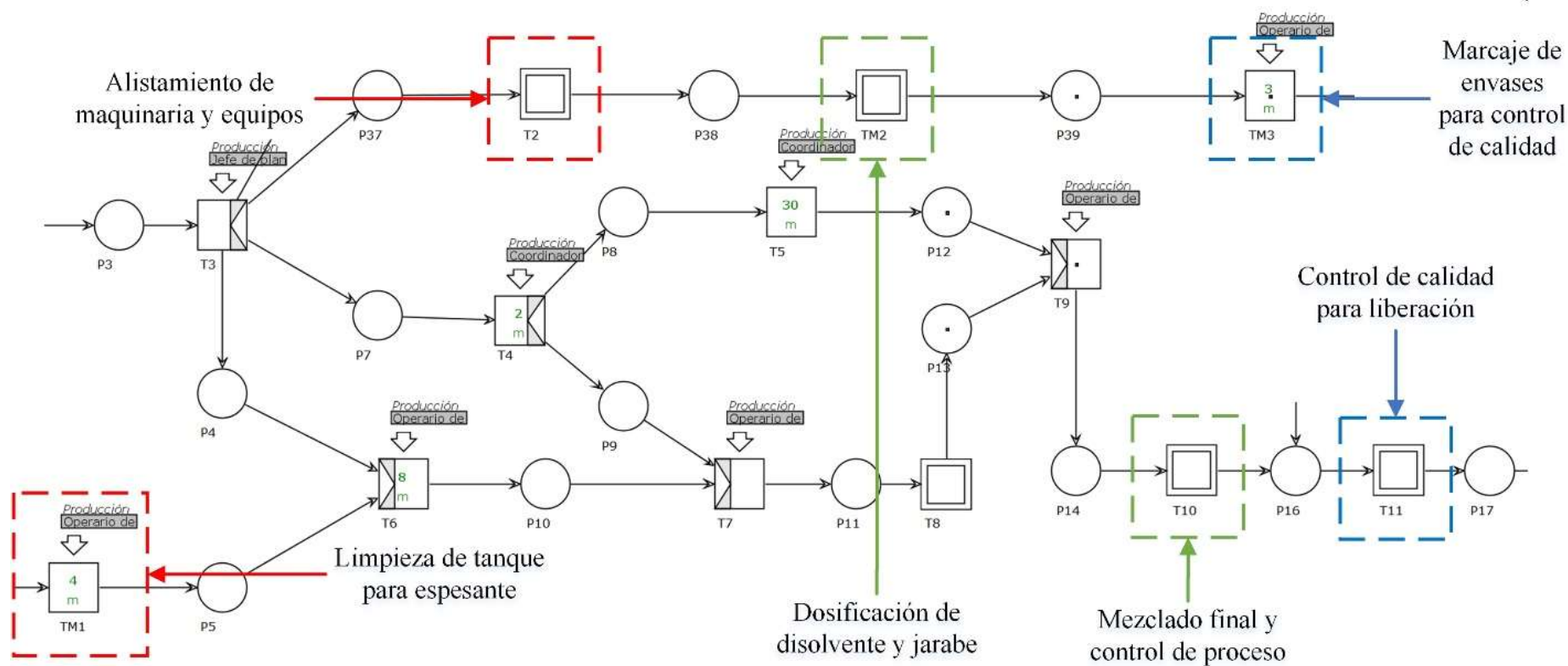
Figura 111. Cronograma de actividades proceso de esencias – Ejecución habitual



Fuente: elaboración propia.

Cómo se puede observar en el cronograma de la Figura 111, para la hoja de verificación “H. V. Mejora”, el proceso está planeado para realizarse en 08h:47min:17s, lo que significaría 47min:17s adicionales a las 8 horas laborales diarias de la empresa. Esto implica pagar horas extras, requerir los servicios de otro operario para agilizar las tareas o lo que usualmente sucede, terminar el proceso el día siguiente, generando retrasos en las demás ordenes de producción y exigiendo más trabajo del operario. Es por esto, que a continuación, basado en el modelo WF-Nets de la Figura 76, se propone un nuevo modelo que asigna, reorganiza y distribuye mejor las tareas del proceso de esencias durante el tiempo libre del operario como se muestra en el modelo WF-Nets de la Figura 112 y la Tabla 91.

Figura 112. Modificaciones modelo WF-Nets proceso de esencias



Fuente: elaboración propia.

Tabla 91. Actividades modificadas y redistribuidas

Habitual			Propuesta		
Transición Modelo WF-Nets	Actividad	H. V. Mejora Tiempo (min:s)	Transición Modelo WF-Nets	Actividad	H. V. Mejora Tiempo (min:s)
T2.1	Limpieza general de tanques	13min:31s	TM1	Limpieza de tanque para espesante	04min:00s
			T2.1	Limpieza general de tanques	09min:31s
T2.2	Alistamiento general	12min:56s	T2.2	Alistamiento general	12min:56s
T10	Mezclado final y control de proceso	61min:32s	TM2	Dosificación de disolvente y jarabe	24min:04s
			T10	Mezclado final y control de proceso	37min:28s
T11.1	Toma de muestras	08min:33s	TM3	Marcaje de envases para control de calidad	03min:00s
			T11.1	Toma de muestras	05min:33s
T11.2	Control de calidad	10min:53s	T11.2	Control de calidad	10min:53s

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la Figura 112 y la Tabla 91, se realizaron 3 modificaciones presentadas en color rojo, verde y azul.

La primera en color rojo corresponde a la separación de la actividad “Limpieza de tanque para espesante” de la actividad “Limpieza general de tanques” perteneciente a la actividad “Alistamiento de maquinaria y equipos”, esto con el fin de realizar la limpieza del tanque para espesante al inicio de la jornada laboral, permitiendo adelantar la actividad “Llenado de agua y adición de polvo”, las cual usualmente tiene un tiempo de ejecución alto. De igual forma, ya que la actividad “Llenado de agua y adición de polvo” no requiere presencia continua del operario, se propone realizar durante este proceso las demás actividades pertenecientes a la actividad “Alistamiento de maquinaria y equipos” (Limpieza general de tanques y Alistamiento general), como se muestra en la Figura 112 y en el cronograma de la Figura 113.

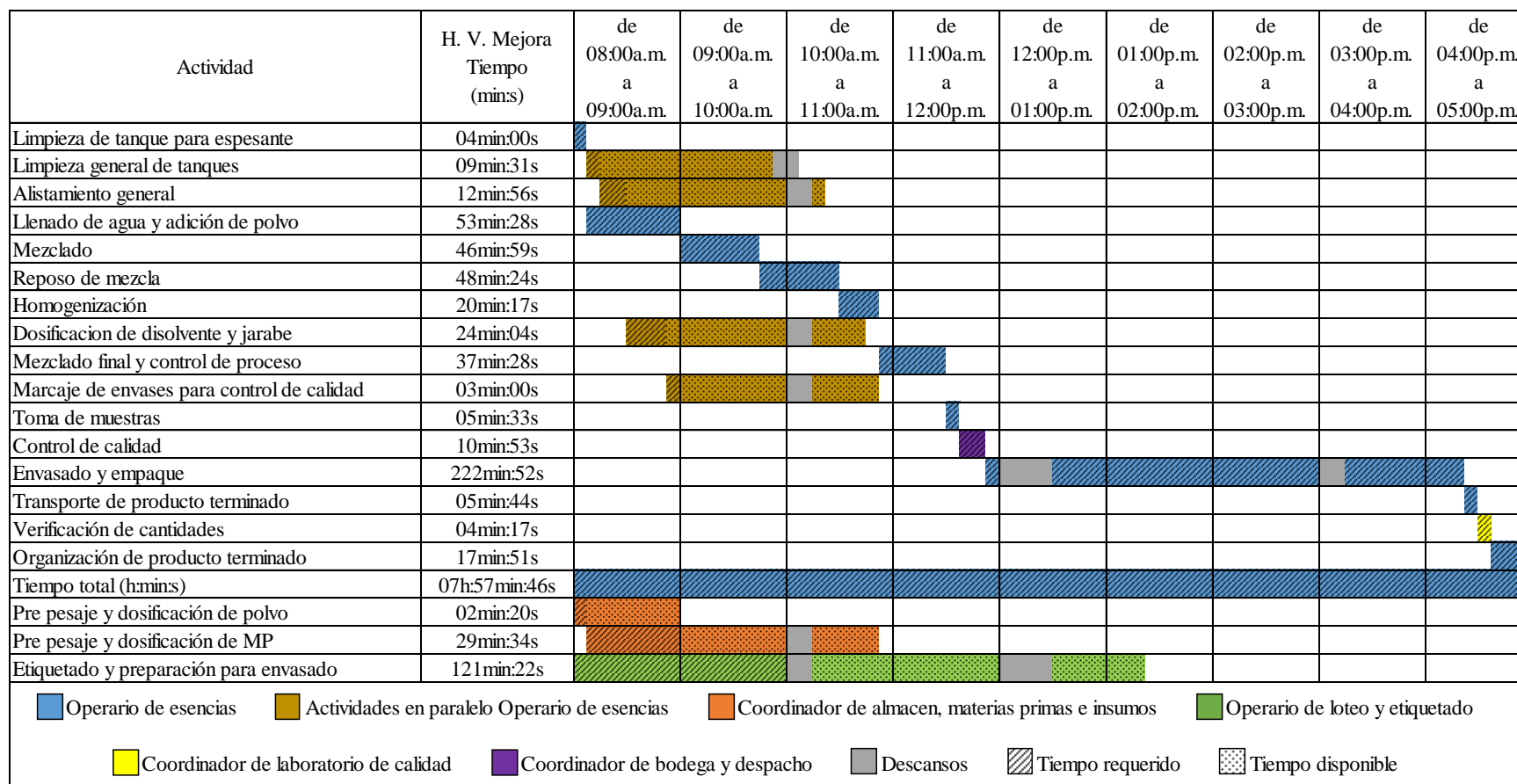
La segunda en color verde separa la actividad “Dosificación de disolvente y jarabe” de la actividad “Mezclado final y control de proceso”, con el fin de agilizar la dosificación de disolvente y jarabe realizándola posterior a la actividad “Alistamiento de maquinaria y equipos” durante las actividades “Llenado de agua y adición de polvo”, “Mezclado”, “Reposo de mezcla” y/u “Homogenización” que como se muestra en la Figura 112 y en el cronograma de la Figura 113 no requieren presencia continua del operario y sus tiempos de ejecución son extensos.

La tercera en color azul corresponde a la separación de la actividad “Marcaje de envases para control de calidad” de la actividad “Toma de muestras” perteneciente a la actividad “Control de calidad para liberación”, esto con el fin de adelantar el marcado de los envases durante las actividades “Llenado de agua y adición de polvo”, “Mezclado”, “Reposo de mezcla” y/u “Homogenización”, que como se muestra en la Figura 112 y en el cronograma de la Figura 113 no requieren presencia continua del operario y sus tiempos de ejecución son extensos. lo anterior permitirá realizar a tiempo la toma de muestras y suministrarlas al Coordinador de laboratorio de calidad, quien las revisará para poder continuar con la actividad “Envasado y empaque”.

La totalidad de los modelos WF-Nets realizados como propuesta para mejorar la ejecución del proceso, junto con sus lugares y transiciones se presentan a continuación.

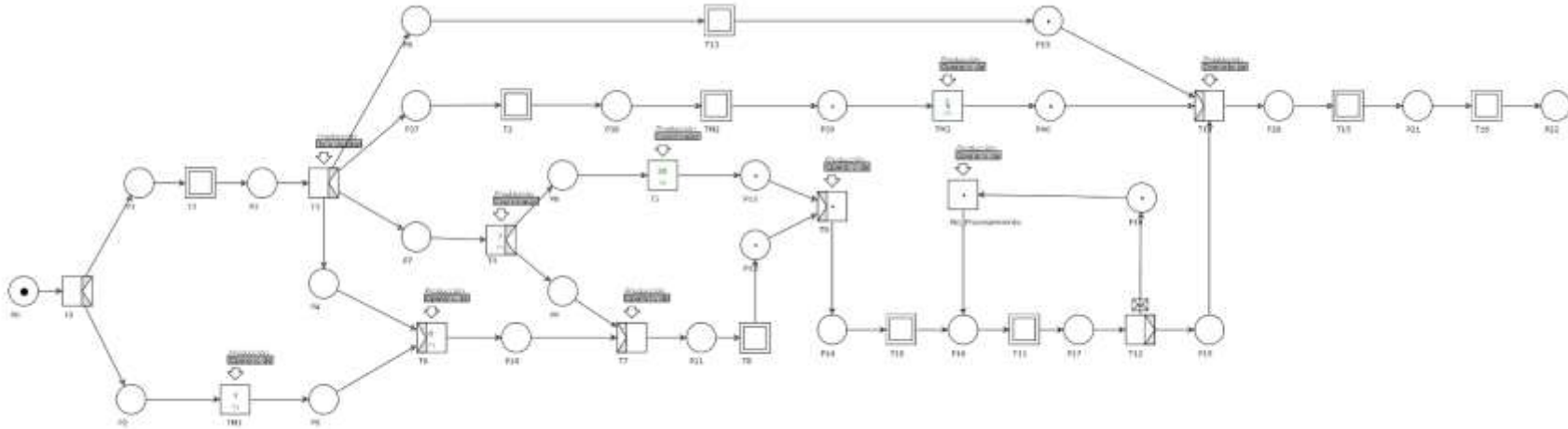
Nota: la separación de las actividades, como se muestra en la Tabla 91 no afecta los tiempos de ejecución suministrados por la empresa. Para el caso de las actividades “Limpieza de tanque para espesante” y “Marcaje de envases para control de calidad”, los tiempos se repartieron de acuerdo al criterio del Jefe de planta y el Operario de esencias quienes conocen el proceso en su totalidad. Esto se realiza debido a la dificultad que presenta la realización de un estudio de tiempos, además de requerir de personal calificado.

Figura 113. Cronograma de actividades proceso de esencias – Propuesta de ejecución



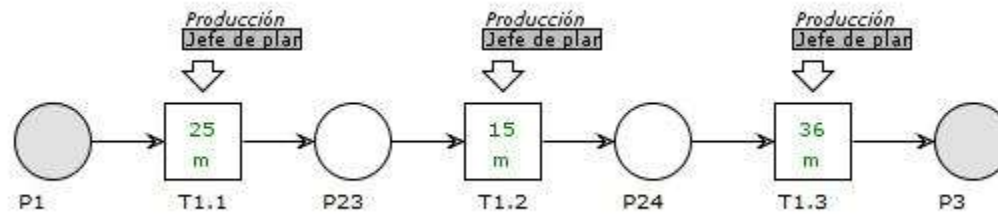
Fuente: elaboración propia.

Figura 114. Modelado dinámico en WF-Nets resultante, del proceso productivo de esencias



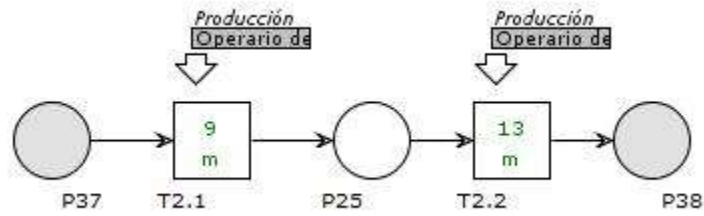
Fuente: elaboración propia.

Figura 115. Modelado Programa de Producción



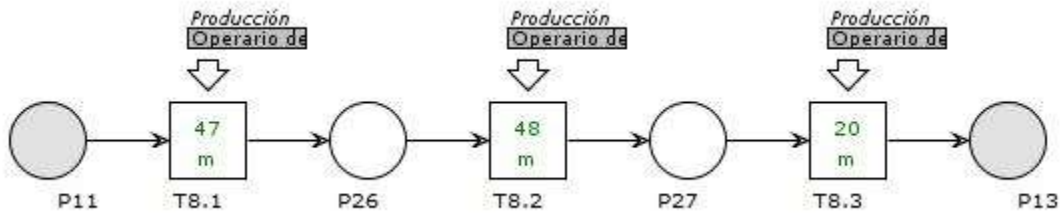
Fuente: elaboración propia.

Figura 116. Modelado Alistamiento de Maquinaria y Equipos



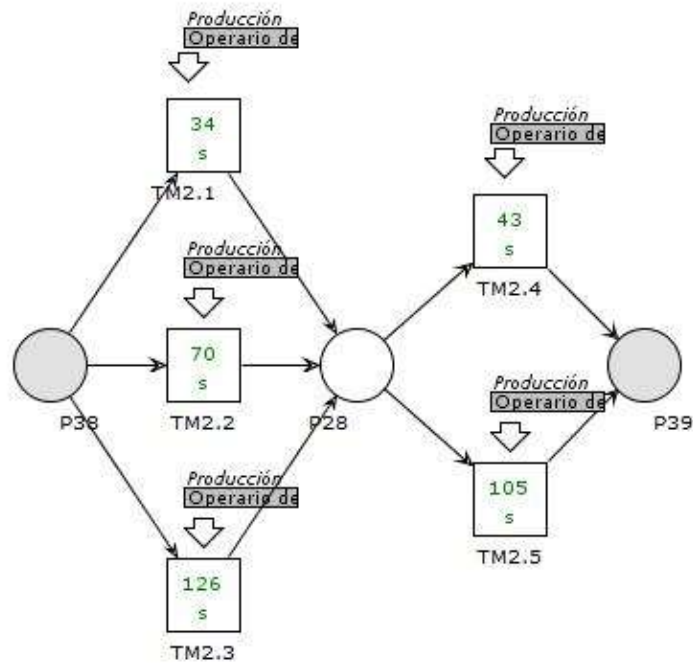
Fuente: elaboración propia.

Figura 117. Modelado Disolución Espesante



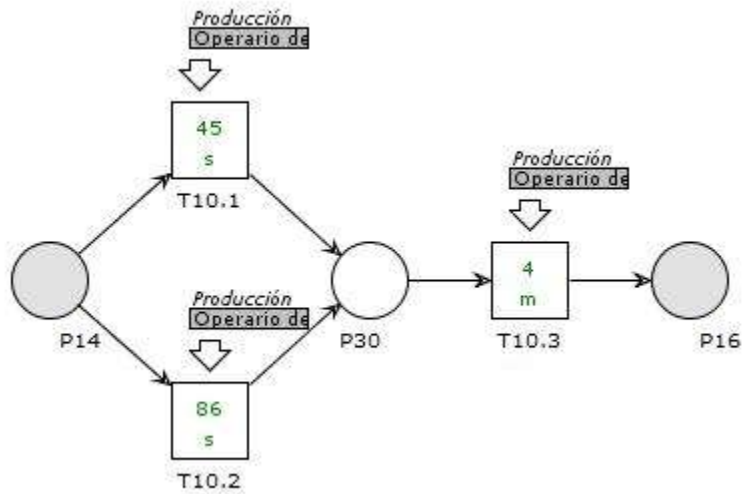
Fuente: elaboración propia.

Figura 118. Modelado Dosificación de Disolvente y Jarabe



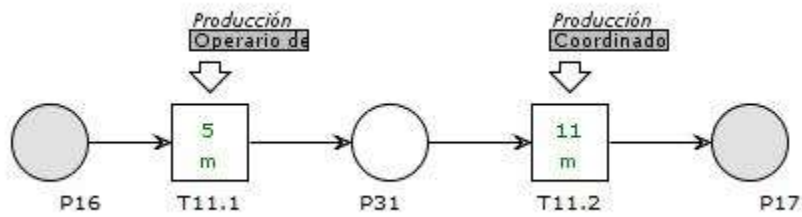
Fuente: elaboración propia.

Figura 119. Modelado Mezclado Final y Control de Proceso



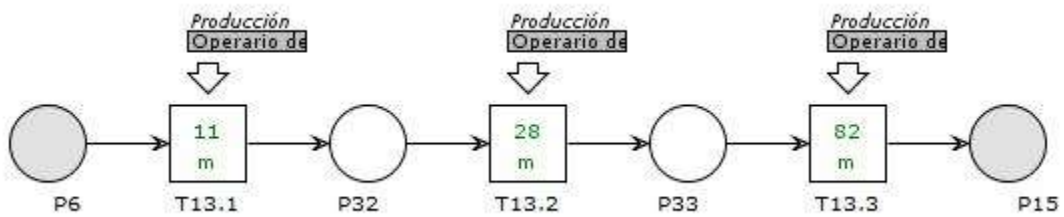
Fuente: elaboración propia.

Figura 120. Modelado Control de Calidad



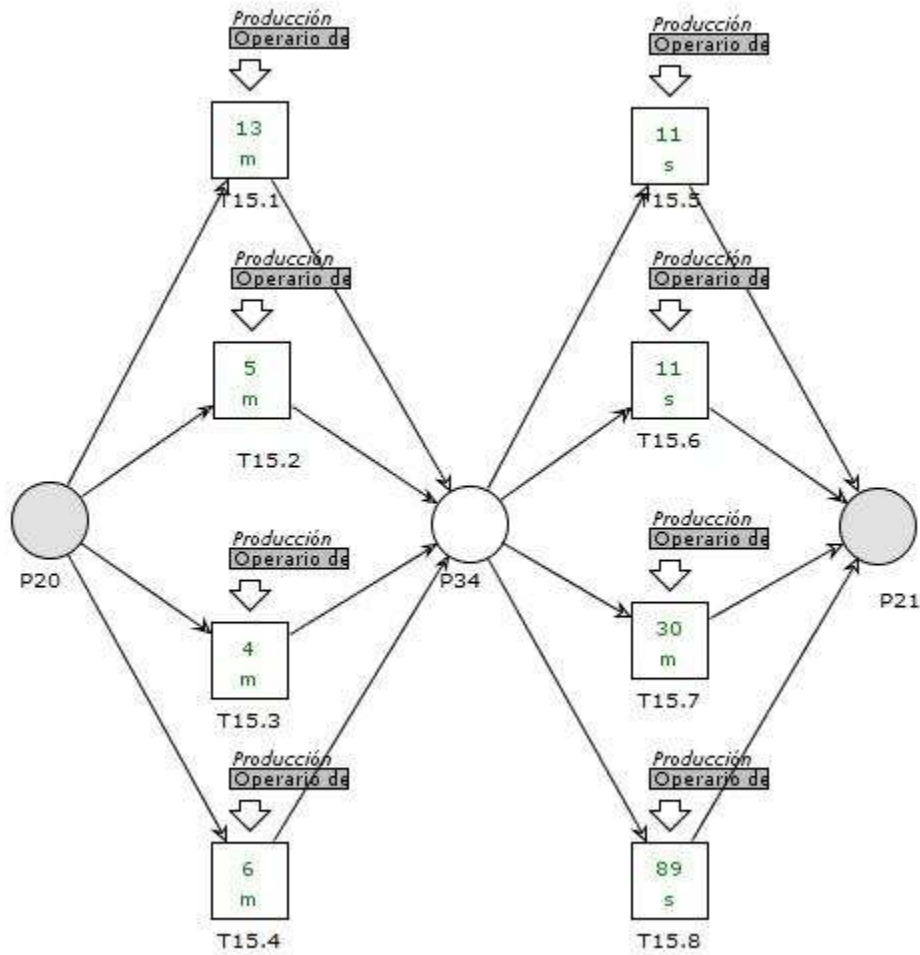
Fuente: elaboración propia.

Figura 121. Modelado Etiquetado y Preparación para el Envasado



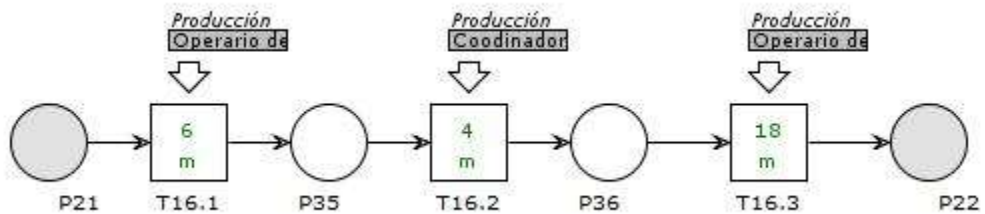
Fuente: elaboración propia.

Figura 122. Modelado Envasado y Empaque



Fuente: elaboración propia.

Figura 123. Modelado Almacenamiento



Fuente: elaboración propia.

Tabla 92. Transiciones del modelado en WF-Nets resultante.

Transiciones del modelado dinámico en WF-Nets para el proceso de esencias			
Transición	Actividad	Transición subproceso	Subactividad
T0			
T1	Programa de producción	T1.1	Revisión y transcripción de pedidos
		T1.2	Revisión e identificación de productos disponibles en bodega
		T1.3	Elaboración e impresión de hoja de verificación
TM1	Limpieza de tanque para espesante		
T2	Alistamiento de maquinaria y equipos	T2.1	Limpieza general de tanques
		T2.2	Alistamiento general
T3	Envío hoja de verificación		
T4	Pre pesaje y dosificación de polvo		
T5	Prepesaje y dosificación de MP		
T6	Llenado de agua		
T7	Adición de polvo		
T8	Disolución de espesante	T8.1	Mezclado
		T8.2	Reposo de mezcla
		T8.3	Homogenización
T9	Recepción de pre mezclas y espesante		
TM2	Dosificación de disolvente y jarabe	TM2.1	Adición de disolvente
		TM2.2	Adición de jarabe
T10	Mezclado final y control de proceso	T10.1	Adición de espesante
		T10.2	Adición de pre mezclas y mezclado
TM3	Marcaje de envases para control de calidad		

Continuación Tabla 92

Transiciones del modelado dinámico en WF-Nets para el proceso de esencias			
Transición	Actividad	Transición subprocesso	Subactividad
T11	Control de calidad para liberación	T11.1	Toma de muestras
		T11.2	Control de calidad
T12	Liberación o reprocesamiento		
T13	Etiquetado y preparación para envasado	T13.1	Alistamiento de area de etiquetado
		T13.2	Impresión de etiquetas
		T13.3	Etiquetado y alistamiento de envases
T14	Recepción de envases y esencias		
T15	Envasado y empaque	T15.1	Alistamiento de insumos y equipos
		T15.2	Envase y empaque
T16	Almacenamiento	T16.1	Transporte de producto terminado
		T16.2	Verificación de cantidades
		T16.3	Organización de producto terminado.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 93. Lugares del modelado en WF-Nets resultantes.

Lugares del modelado dinámico en WF-Nets para el proceso de esencias			
Lugar	Descripción	Lugar	Descripción
P0	Inicio	P20	Esencias listas y envases recibidos
P1	Inicio programa de producción	P21	Esencias envasadas y empacadas
P2	Inicio de alistamiento de maquinaria y equipos	P22	Esencias almacenadas
P3	Programa de producción realizado	P23	Revisión y transcripción de pedidos terminada
P4	Hoja de verificación recibida	P24	Revisión e identificación de productos terminada
P5	Tanque para espesante limpio	P25	Limpieza de tanques de esencias realizada
P6	Hoja de verificación recibida	P26	Mezclado realizado
P7	Hoja de verificación recibida	P27	Reposo de mezcla realizado
P8	Polvo pre pesado y dosificado	P28	Adición de disolvente realizada
P9	Polvo pre pesado y dosificado	P30	Adición de espesante realizada
P10	Tanque lleno	P31	Muestras tomadas para control de calidad
P11	polvo adicionado	P32	Alistamiento area de eqtiquetado realizado
P12	Mp pre presadas y dosificadas	P33	Impresión de etiquetas realizada
P13	Espesante listo	P34	Alistamiento de insumos y equipos para envasado realizado
P14	Pre mezclas y espesante recibido	P35	Organización y transporte a bodega realizado
P15	Etiquetado y alistamiento de envases realizado	P36	Verificación de cantidades y firma realizada
P16	mezclado final y control de proceso realizado	P37	Hoja de verificación recibida
P17	Control de calidad para liberación realizado	P38	Alistamiento de maquinaria y equipos realizado
P18	Iniciar reprocesamiento	P39	Adición de disolvente y jarabe realizada
P19	Esencias listas	P40	Marcaje de envases realizado

Fuente: elaboración propia.

Anexo D

Clasificación sistemática

Las clasificaciones sistemáticas son investigaciones científicas en las cuales la unidad de análisis son los estudios originales primarios. Constituyen una herramienta esencial para sintetizar la información científica disponible, incrementar la validez de las conclusiones de estudios individuales e identificar áreas de incertidumbre donde sea necesario realizar investigación.

Su procedimiento consiste en definir preguntas de investigación con el fin de fragmentar el objetivo general en secciones y obtener información relevante, en un menor tiempo, luego seleccionar buscadores académicos y de acuerdo a las preguntas, realizar búsquedas por títulos de documentos (TITLE), palabras clave y resumen (TAK), esto permite obtener documentos filtrados por medio de restricciones con las cuales se descartan los de poca relevancia. Finalmente se analiza el contenido de cada documento y se clasifica teniendo en cuenta las preguntas de investigación que satisface.

Según lo anterior, la clasificación sistemática consta de los siguientes pasos:

1. Definición de preguntas de investigación.
2. Búsqueda en bases de datos de publicaciones científicas.
3. Selección de artículos.
4. Extracción de datos.
5. Análisis y clasificación de artículos.

A continuación, se ejecuta cada uno de los pasos, con el fin de obtener la información necesaria para dar cumplimiento al objetivo general del proyecto “Método para la aplicación de indicadores clave de desempeño de producción basado en el estándar ISO22400, evaluado en un caso de estudio”.

1. Definición de preguntas de investigación.

Se plantean las siguientes preguntas con el fin de abarcar la mayor cantidad de información relevante alrededor del tema tratado:

- RQ1: ¿Cuáles son los aportes de las investigaciones relacionadas con Métodos para aplicación de KPIs?
- RQ2: ¿Cómo se clasifican los aportes aplicados en un caso de estudio?
- RQ3: ¿Qué aportes relevantes están relacionados con el estándar ISO 22400?

2. Búsqueda en bases de datos de publicaciones científicas.

La búsqueda de los diferentes tipos de publicaciones se realizó en las siguientes fuentes de información:

- IEEE (<http://ieeexplore.ieee.org>): IEEE Xplore es una base de datos de investigación académica en donde se exponen artículos y trabajos relacionados con ciencias de la computación, ingeniería eléctrica y electrónica. La base de datos abarca principalmente material del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) y el Instituto de Ingeniería y Tecnología [IET] (2017).
- ScienceDirect (<http://www.sciencedirect.com/>): Es un sitio web operado por la editorial anglo-holandesa Elsevier. Se trata de una plataforma para el acceso de cerca de 2.500 publicaciones académicas y más de 26.000 libros electrónicos. Las revistas se agrupan en cuatro secciones principales: Ciencias Físicas e Ingeniería, Ciencias de la Vida, Ciencias de la Salud y Ciencias Sociales y Humanidades (2017).
- Google Académico (<https://scholar.google.es/>): Este buscador posee una gran base de datos disponible en internet que incluye artículos de revistas científicas y un amplio conjunto de trabajos de investigación científica de diferentes áreas y formatos de publicación (Google Académico, 2017).

Para estos tres casos se hizo búsqueda en modo avanzado basado en título (TITLE), resumen y palabras clave (TAK), teniendo en cuenta únicamente publicaciones con una ventana de tiempo de 10 años.

3. Selección de artículos

La exclusión de artículos para la clasificación sistemática se hace en base a los siguientes criterios:

- I. Documento no disponible para descargar en formato digital.
- II. Artículos publicados en idiomas diferentes al inglés y al español.
- III. Trabajos publicados antes del año 2007.

4. Extracción de datos

Considerando el enfoque de la investigación y los criterios de exclusión, se realizó la búsqueda, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 94. Resultados cadena de búsqueda TITLE

Cadena de búsqueda (TITLE)	IEEExplore	Science Direct	Google Scholar
Method AND KPI	4	1	32
Application AND KPI	4	3	38
KPI AND Study case	1	2	15
KPI AND ISO22400	1	0	0
Method AND Application AND KPI	1	0	2
Method AND Application AND KPI AND Study case	0	0	1
Method AND Application AND KPI AND Study case AND ISO22400	0	0	0

Fuente: elaboración propia.

Tabla 95. Resultados cadena de búsqueda TITULO

Cadena de búsqueda (TITULO)	Google Scholar
Método AND KPI	0
Aplicación AND KPI	4
KPI AND Caso de estudio	0
KPI AND ISO22400	0
Método AND Aplicación AND KPI	0
Método AND Aplicación AND KPI AND Caso de estudio	0
Método AND Aplicación AND KPI AND Caso de estudio AND ISO 22400	0

Fuente: elaboración propia.

Tabla 96. Resultados cadena de búsqueda TAK

Cadena de búsqueda (TAK)	IEEExplore	Science Direct	Google Scholar
Method AND KPI	87	175	21300
Application AND KPI	58	114	17300
KPI AND Study case	28	122	18500
KPI AND ISO22400	0	0	123
Method AND Application AND KPI	13	35	17200
Method AND Application AND KPI AND Study case	0	10	17400
Method AND Application AND KPI AND Study case AND ISO 22400	0	0	91

Fuente: elaboración propia.

Tabla 97. Resultados cadena de búsqueda TAK en español

Cadena de búsqueda (TAK)	Google Scholar
Método AND KPI	3890
Aplicación AND KPI	3990
KPI AND Caso de estudio	3920
KPI AND ISO22400	2
Método AND Aplicación AND KPI	3510
Método AND Aplicación AND KPI AND Caso de estudio	3010
Método AND Aplicación AND KPI AND Caso de estudio AND ISO 22400	4

Fuente: elaboración propia.

Ya que la información recolectada es amplia, se descarta cadenas de búsqueda debido a la alta cantidad de información con poca utilidad y la baja proporción entre la cantidad total de resultados y la cantidad de documentos útiles. Los resultados finales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 98. Cadenas de búsqueda seleccionadas

Cadena de búsqueda	IEEEExplore	Science Direct	Google Scholar
Method AND Application AND KPI	1	0	2
Method AND Application AND KPI AND Study case	0	0	1
Aplicación AND KPI	0	0	4
Method AND Application AND KPI AND Study case AND ISO 22400	0	0	91
Método AND Aplicación AND KPI AND Caso de estudio AND ISO 22400	0	0	4

Fuente: elaboración propia.

Una vez reducido el número de documentos que tienen mayor posibilidad de ser útiles para investigación, se procede a seleccionar la información útil, leyendo una amplia cantidad de ellos y analizando su contribución a la respuesta de las preguntas de investigación planteadas. Como resultado final, se obtienen 14 documentos (artículos, tesis y estándares) que se tendrán en cuenta para el desarrollo del proyecto.

5. Análisis y clasificación de artículos

Con lo anterior, usando los artículos seleccionados, se procede a dar respuesta a las preguntas de investigación:

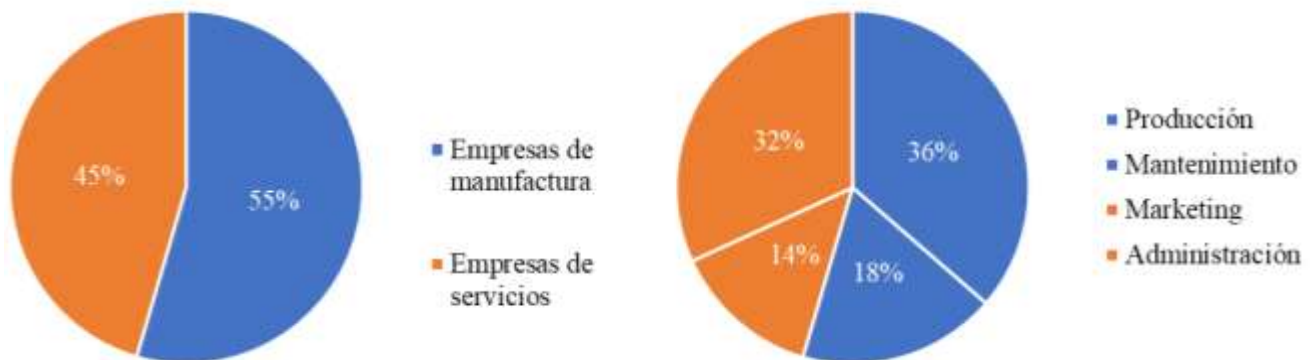
- RQ1: ¿Cuáles son los aportes de las investigaciones relacionadas con Métodos para aplicación de KPIs?

Los documentos obtenidos, evidencian como principal aporte la propuesta de procedimientos o pasos para la aplicación de KPIs, que van desde la determinación y medición de KPIs, hasta la determinación y ejecución de acciones correctivas, Adicional a esto, permiten apreciar que los KPIs son una herramienta de mejora continua, ya que miden el desempeño de los procesos, ayudando en la toma de decisiones, lo que generó mejoras significativas en los procesos de cada uno de los casos presentados en los documentos.

- RQ2: ¿Cómo se clasifican los aportes aplicados en un caso de estudio?

Los aportes obtenidos, evidencian 2 tipos de casos de estudio, empresas de manufactura con un 55% y empresas de servicios con un 45%, esto permite concluir que los KPIs no están exclusivamente destinados a procesos de manufactura, sino que pueden ser aplicados en diferentes escenarios, permitiendo su mejora continua. Esto corrobora la utilidad de los KPIs en todas las áreas de las empresas como: Producción, Mantenimiento, Marketing y Administración.

Figura 124. Clasificación de los aportes aplicados en un caso de estudio

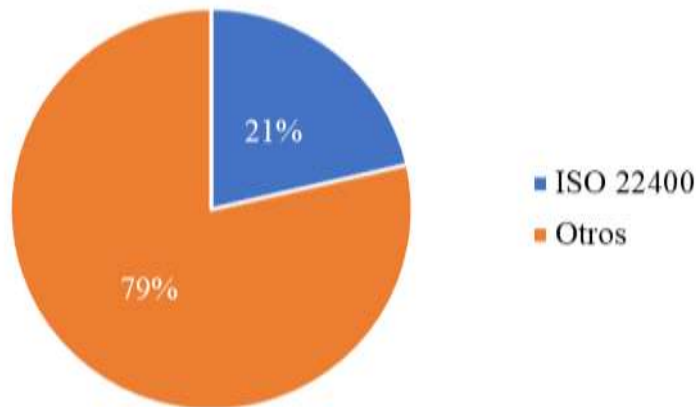


Fuente: elaboración propia.

- RQ3: ¿Qué aportes relevantes están relacionados con el estándar ISO 22400?

Como se puede observar en la Figura 125, son mínimos los aportes que tienen como base los lineamientos del estándar ISO22400 equivalen al 21%, los demás establecen pasos o procedimientos con lineamientos y metodologías propias o sin especificar. Lo que permite concluir que la aplicación de KPIs con base en el estándar ISO22400 es todavía un campo sin explorar detalladamente.

Figura 125. Aportes relevantes relacionados con el estándar ISO22400



Fuente: elaboración propia.