

**APLICACIÓN DE LA CATEGORÍA “ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE PRODUCCIÓN” DE LA NORMA ISA 95 A UN CASO DE ESTUDIO**



**CARLOS EDUARDO FRANCO ORTIZ  
DAVID ALEJANDRO LÓPEZ GALÍNDEZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
GRUPO DE I+D EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL  
INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL  
POPAYÁN, 2008**

**APLICACIÓN DE LA CATEGORÍA “ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE PRODUCCIÓN” DE LA NORMA ISA 95 A UN CASO DE ESTUDIO**



**CARLOS EDUARDO FRANCO ORTIZ  
DAVID ALEJANDRO LÓPEZ GALÍNDEZ**

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

**Director  
MSc. OSCAR AMAURY ROJAS ALVARADO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
GRUPO DE I+D EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL  
INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL  
POPAYÁN, 2008**

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Popayán, Mayo de 2008

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores de este trabajo, manifiestan sus agradecimientos al grupo de investigación de I+D en Automática Industrial, y a sus compañeros de trabajo de tesis de administración de operaciones de calidad y de administración de operaciones de mantenimiento, quienes contribuyeron al desarrollo de este trabajo.

**Carlos Eduardo Franco Ortiz y David Alejandro López Galíndez**

## TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
1 GENERALIDADES DEL ESTÁNDAR ISA S95	19
1.1 DEFINICIONES	19
1.1.1 Empresa.	19
1.1.2 Sitio.	19
1.1.3 Área	19
1.1.4 Proceso	19
1.1.5 Proceso continuo	20
1.1.6 Proceso discreto	20
1.1.7 Proceso tipo tanda	20
1.1.8 B2MML ( <i>Business to Manufacturing Markup language</i> )	20
1.1.9 Niveles en la empresa de manufactura	20
1.2 ESTÁNDAR ISA S95 UNA SOLUCIÓN A LA INTEGRACIÓN EMPRESA-CONTROL.	22
1.2.1 Estructura del estándar ISA S95	24

1.3	ISA S95 PARTE 3. MODELOS DE ACTIVIDAD DE ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE MANUFACTURA	25
1.3.1	Modelo de administración de operaciones de manufactura	26
1.3.2	Intercambio de información entre los niveles de negocio y manufactura	27
1.3.3	Modelo de actividades	29
2	ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE PRODUCCIÓN	31
2.1	MODELO DE ACTIVIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE PRODUCCIÓN	31
2.1.1	Las reglas de producción específicas de proceso y equipo	32
2.1.2	Comandos operacionales	33
2.1.3	Respuestas operacionales	33
2.1.4	Dato específico de equipo y proceso	33
2.2	ADMINISTRACIÓN DE DEFINICIÓN DEL PRODUCTO	33
2.2.1	Funcionalidad de la administración de definición del producto	35
2.2.2	Flujos de información desde y hacia la administración de definición del producto	36
2.3	ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS DE PRODUCCIÓN	37
2.3.1	Funcionalidad de la administración de recursos de producción	39
2.3.2	Flujos de información desde y hacia la administración de recursos de producción	41

2.4	PROGRAMACIÓN DETALLADA DE PRODUCCIÓN	43
2.4.1	Funcionalidad de la programación detallada de producción	44
2.4.2	Flujos de información desde y hacia la programación detallada de producción	46
2.5	DESPACHO DE PRODUCCIÓN	47
2.5.1	Funcionalidad del despacho de producción	49
2.5.2	Flujos de información desde y hacia el despacho de producción	50
2.6	ADMINISTRACIÓN DE EJECUCIÓN DE PRODUCCIÓN	50
2.6.1	Funcionalidad de la administración de ejecución de producción	52
2.6.2	Flujos de información desde y hacia administración de ejecución de producción	53
2.7	RECOLECCIÓN DE DATOS DE PRODUCCIÓN	53
2.7.1	Funcionalidad de la recolección de datos de producción	54
2.7.2	Flujos de información desde y hacia la recolección de datos de producción	55
2.8	SEGUIMIENTO DE PRODUCCIÓN	55
2.8.1	Funcionalidad del seguimiento de producción	57
2.8.2	Flujos de información desde y hacia el seguimiento de producción	58
2.9	ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DE PRODUCCIÓN	58

2.9.1	Funcionalidad del análisis de desempeño de producción	60
2.9.2	Flujos de información desde y hacia el análisis de desempeño de producción	61
3	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ULTRAPASTEURIZACIÓN DE LECHE	62
3.1	ADECUACIÓN Y TRATAMIENTO PREVIO AL PROCESO UHT	62
3.1.1	Filtrado	62
3.1.2	Termización	62
3.1.3	Almacenamiento	62
3.1.4	Estandarización y clarificación	62
3.2	PROCESAMIENTO UHT Y EMPACADO	63
3.2.1	Recepción en el tanque de balance	64
3.2.2	Regeneración	64
3.2.3	Homogenización	64
3.2.4	Ultrapasterización - esterilización	64
3.2.5	Retención	64
3.2.6	Enfriamiento	64
3.2.7	Recepción en Tanque de Producto Terminado STERITANK	65



3.2.8	Empacado	65
4	APLICACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE PRODUCCIÓN A UN CASO DE ESTUDIO	66
4.1	PASOS PARA LLEVAR A CABO LA APLICACIÓN EN CASO DE ESTUDIO	66
4.2	ACTIVIDADES DEL NIVEL DE NEGOCIO	67
4.2.1	Investigación, desarrollo e ingeniería	67
4.2.2	Programación de producción	74
4.3	ACTIVIDADES DEL NIVEL DE MANUFACTURA	77
4.3.1	Administración de definición del producto	77
4.3.2	Administración de recursos de producción	83
4.3.3	Programación detallada de producción	91
4.3.4	Despacho de producción	99
4.3.5	Administración de ejecución de producción	102
4.3.6	Recolección de datos de producción	107
4.3.7	Seguimiento de producción	109
4.3.8	Análisis de desempeño de producción	114

5	GUÍA GENERAL DE IMPLEMENTACIÓN DE LA CATEGORÍA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE PRODUCCIÓN DEL ESTÁNDAR ISA S95 A UN CASO DE ESTUDIO	118
6	CONCLUSIONES	11822
	REFERENCIAS	124
	BIBLIOGRAFÍA	126

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Flujo de Información desde y hacia administración de definición del producto	36
Tabla 2. Flujo de Información desde y hacia administración de recursos de producción	41
Tabla 3. Flujo de Información desde y hacia programación detallada de producción	46
Tabla 4. Flujo de Información desde y hacia despacho de producción	50
Tabla 5. Flujo de Información desde y hacia administración de ejecución de producción	53
Tabla 6. Flujo de Información desde y hacia recolección de datos de producción	55
Tabla 7. Flujo de Información desde y hacia tracking de producción	58
Tabla 8. Flujo de Información desde y hacia análisis de desempeño de producción	61
Tabla 9. Flujos de Información de la empresa caso de estudio desde y hacia investigación, desarrollo e ingeniería	73
Tabla 10. Programa de producción de nivel de negocio	75
Tabla 11. Flujos de Información de la empresa caso de estudio desde y hacia programación producción	77
Tabla 12. Documentos de control de manufactura para el proceso UHT	81
Tabla 13. Flujos de Información de la empresa caso de estudio desde y hacia administración de definición del producto	82
Tabla 14. Flujos de Información de la empresa caso de estudio desde y hacia administración de recursos de producción	88

Tabla 15. Flujos de Información de la empresa caso de estudio desde y hacia programación detallada de producción	95
Tabla 16. Flujos de Información de la empresa caso de estudio desde y hacia despacho de producción	101
Tabla 17. Flujos de Información de la empresa caso de estudio desde y hacia administración de ejecución de producción	106
Tabla 18. Flujos de Información de la empresa caso de estudio desde y hacia recolección de datos de producción	108
Tabla 19. Flujos de Información de la empresa caso de estudio desde y hacia tracking de producción	113
Tabla 20. Flujos de Información de la empresa caso de estudio desde y hacia análisis de desempeño de producción	116

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Niveles en la empresa de manufactura	21
Figura 2. Escenario "Espagueti"	22
Figura 3. Escenario: Integración ISA S95	23
Figura 4. Modelo Jerárquico de equipo expandido	25
Figura 5. Centros de Trabajo y Unidades de Trabajo	26
Figura 6. Modelo de administración de las operaciones de manufactura	27
Figura 7. Intercambio de información para producción	28
Figura 8. Intercambio de información general	28
Figura 9. Modelo de actividades en el nivel 3	29
Figura 10. Modelo de actividad genérico de la administración de operaciones de manufactura	30
Figura 11. Modelo de actividad de la Administración de Operaciones de Producción	32
Figura 12. Interfaces del modelo de actividad administración de definición del producto	34
Figura 13. Sincronización nivel de negocio - manufactura	35
Figura 14. Interfaces del modelo de actividad de la administración de recurso de producción	38
Figura 15. Reporte de capacidad de la administración de recursos	40
Figura 16. Reporte de capacidad pasada	40

Figura 17. Factor de confianza de la capacidad futura	41
Figura 18. Interfaces del modelo de actividad de programación detallada de producción	43
Figura 19. División de un programa de producción en diferentes programas detallados de producción	44
Figura 20. Unión de diferentes programas de producción en un programa detallado de producción	45
Figura 21. Programa detallado de producción	45
Figura 22. Elementos de una orden de trabajo	46
Figura 23. Interfaces del modelo de actividad del despacho de la producción	48
Figura 24. Lista de despacho	49
Figura 25. Interfaces del modelo de actividad de administración de ejecución de producción	51
Figura 26. Ejecución de niveles 1 y 2	52
Figura 27. Las interfaces del modelo de actividad recolección de datos de producción	54
Figura 28. Interfaces del modelo de actividad del seguimiento de producción	56
Figura 29. La unión y separación de la información de seguimiento de producción	57
Figura 30. Interfaces del modelo de actividad del análisis de desempeño de producción	59
Figura 31. Esquema de la línea UHT de la empresa caso de estudio	63
Figura 32. Esquema Tanque de Almacenamiento Aséptico	65
Figura 33. Regla de producción para la fabricación de leche UHT en bolsa en el nivel de negocio	69
Figura 34. Modelo de definición de leche UHT en bolsa de 900cc en el nivel de negocio	70

Figura 35. Especificación de material para el segmento de producto de leche UHT	71
Figura 36. Información de producto generada en XML	72
Figura 37. Programa de producción de nivel negocio	75
Figura 38. Programa de producción de nivel de negocio generado en XML	76
Figura 39. Modelo de definición de la leche UHT en bolsa de 900cc en el nivel de manufactura	79
Figura 40. Regla de producción para la fabricación de leche UHT en bolsa en el nivel de manufactura	80
Figura 41. Modelo de capacidad de producción del área de producción para la fabricación de leche UHT en bolsa en el nivel de manufactura	84
Figura 42. Capacidad de producción de nivel de manufactura generada en XML	85
Figura 43. Modelo jerárquico de equipos de la empresa caso de estudio	86
Figura 44. Modelo de segmento de proceso para el proceso de fabricación de leche UHT en bolsa	86
Figura 45. Programa detallado de producción para el proceso de fabricación de leche UHT en bolsa de 900cc	93
Figura 46. Requerimiento de segmento de producción de leche UHT	94
Figura 47. Programa detallado de producción para el proceso de fabricación de leche UHT en bolsa en formato GRANTT	94
Figura 48. Lista de despacho del proceso de fabricación de leche UHT en bolsa	100
Figura 49. Lista de despacho del proceso de fabricación de leche UHT en bolsa de 900cc para el día miércoles	100
Figura 50. Comando operacional para el centro de trabajo UHT	103
Figura 51. Respuesta operacional del centro de trabajo UHT	105

Figura 52. Reporte del lote producido día miércoles	108
Figura 53. Elaboración del desempeño de producción del día miércoles	110
Figura 54. Desempeño de producción del día miércoles	110
Figura 55. Desempeño de producción	111
Figura 56. Desempeño de producción generado en XML	112
Figura 57. Reporte de indicadores de producción semanal a nivel de negocio	115



## INTRODUCCIÓN

Actualmente se están aprobando tratados comerciales a nivel mundial, cuyo fin es llegar a la globalización total del mercado, lo cual demanda productos de alta calidad, a bajos precios y con un corto tiempo de respuesta; esta tendencia obliga a las empresas a buscar nuevas formas de mejorar su producción con el objeto de fortalecerse y ser más competitivas para no desaparecer del mercado, lo cual implica que los procesos de producción deben tener una productividad igual o superior al 85% [1]. Teniendo en cuenta lo anterior y considerando las políticas económicas actuales a nivel nacional como son el ALCA (área de libre comercio de las Américas) y TLC (tratado de libre comercio) la industria nacional se ve en la necesidad de buscar nuevas alternativas de mejoramiento; entre éstas están los sistemas de manejo e integración de información a nivel de toda la empresa, en otras palabras se habla de sistemas de gestión de negocios (sistemas de planeación de recursos empresariales – ERP) [2], de control de manufactura (sistemas de ejecución de manufactura – MES) [3] y la integración entre ellos.

El flujo integrado de información entre todas las áreas de la empresa tiene tanta importancia para la rentabilidad de ésta como el propio proceso de producción y puede decirse que contribuye a incrementar la productividad y crear una empresa más competitiva.

El objetivo de la automatización en las empresas es llegar a la integración total de la información de toda la pirámide jerárquica de automatización la cual involucra la adquisición, control, gestión y manipulación de la información desde los niveles bajos del proceso, pasando por el nivel de control, hasta el nivel de gestión. En la mayoría de empresas los sistemas de gestión de negocios (nivel de negocio) y los de control de manufactura (nivel de manufactura) se encuentran separados debido a la diferencia entre terminología y metodología del manejo de la información desde las diferentes áreas de la empresa. La formación profesional y las diversas experiencias de las personas involucradas en el desarrollo de éstos sistemas hacen que unos estén familiarizados con los procesos administrativos tradicionales entre los cuales finanzas, contabilidad, recursos humanos, etcétera, mientras que los otros están orientados a la administración de datos en tiempo real que provienen directamente del proceso. Por lo tanto, algunos directivos prefieren mantener los sistemas de gestión y de control separados y utilizar otras interfaces para realizar el intercambio de información entre ellos.

Ante esta problemática, hace algunos años, la sociedad internacional para la medición y el control ISA (*Instrumentation, Systems and Automation Society*) [4], de acuerdo a su misión de contribuir con el desarrollo de tecnologías para el control de procesos y automatización, decidió crear el comité ISA SP95 con el objetivo de encontrar una solución; con la participación de firmas industriales muy prestigiosas, tales como

*Honeywell, Foxboro, Yokogawa, Fisher Rosemount y Chevron*, entre otras, se unieron diversas experiencias para hacer de este proyecto un éxito [5].

El comité llegó a la conclusión de que la mejor manera de abordar el problema era mediante la elaboración de un estándar que simplificara el trabajo de integrar la información entre los sistemas de gestión empresarial y los de manufactura. Por fortuna, no fue necesario comenzar el trabajo desde cero, ya que antes se había formado un comité enfocado a resolver los problemas de normalización de la planta a nivel de celda de manufactura [5]. Este trabajo previo se materializó en el estándar ISA S88.01 [6].

El estándar ISA S95 [7], el cual fue adoptado como el estándar internacional IEC-62264, se enfoca hacia la frontera entre los dominios de los sistemas empresariales (los de control y automatización característicos de la planta [5]) y el manejo de información a nivel de gestión de ejecución de manufactura independiente del tipo de procesos que se lleven a cabo en ella (tanda, discreto o continuo).

El estándar ISA S95 ha tenido gran acogida a nivel mundial como una referencia para la integración de sistemas de manufactura. A pesar de ello, en Colombia las empresas se han visto poco interesadas, tal vez debido a la falta de personal capacitado en esta área, o a la falta de soluciones que sirvan como punto de referencia para tomar la decisión de migrar a una tecnología que brinda tantos beneficios. Es necesario que las industrias en Colombia comiencen a implementar nuevas tecnologías con referencia al estándar ISA S95 que las fortalezcan y las vuelvan más competitivas a nivel nacional e internacional, debido al exigente panorama que se presenta actualmente.

El presente proyecto busca abarcar la parte 3 del estándar, la cual se basa en la estandarización del manejo de información en lo referente a la administración de operaciones de producción, calidad, mantenimiento e inventario. El alcance de este proyecto está enfocado solo a la aplicación de la categoría “administración de operaciones de producción” del estándar ISA S95 a un caso de estudio con el fin de permitir el intercambio de información de operaciones de producción en el nivel 3 de la pirámide jerárquica de automatización.

## 1 GENERALIDADES DEL ESTÁNDAR ISA S95

El estándar ISA S95 es un estándar internacional desarrollado por la sociedad internacional para la medición y el control (ISA), que provee los modelos y terminologías para la definición de interfaces entre el sistema de negocios y el sistema de control de manufactura, buscando una fácil integración de las operaciones durante todo el ciclo de producción sin tener en cuenta el grado de automatización actual del proceso. El estándar describe las funciones relevantes del nivel de negocios y del nivel de manufactura, y la información clave que se requiere compartir en esos dominios, estableciendo el alcance de las operaciones en los dos niveles, la jerarquía de los equipos de la empresa, las funciones específicas asociadas con la interfaz entre los dos niveles, así como las señales intercambiadas entre ellos [7].

Para una mejor comprensión del desarrollo del proyecto se hace necesario conocer algunos conceptos relevantes, luego brindar una visión general del estándar ISA S95 y posteriormente detallar la parte 3 del estándar ISA S95.

### 1.1 DEFINICIONES

**1.1.1 Empresa.** Es una colección de uno o más sitios y puede contener tanto sitios como áreas. La empresa es la encargada de determinar qué productos se van a fabricar, en cuáles sitios y cómo se los va a elaborar [8].

**1.1.2 Sitio.** Un sitio es un agrupamiento físico, geográfico o lógico determinado por la empresa. Este puede contener áreas, líneas de producción, células de proceso, unidades de producción y zonas de almacenamiento. La planeación y programación del sitio puede involucrar células, líneas, unidades o zonas dentro de las áreas [8].

**1.1.3 Área.** Un área es un agrupamiento físico, geográfico o lógico determinado por el sitio. Este puede contener células de proceso, unidades de producción, líneas de producción y zonas de almacenamiento [8].

**1.1.4 Proceso.** Secuencia de actividades químicas, físicas o biológicas para la conversión, transporte o almacenamiento de material o energía. Los procesos de la industria de manufactura pueden generalmente ser clasificados como continuos, discretos o tanda. La clasificación de un proceso depende de cómo aparece la salida en el proceso, si ésta aparece como flujo continuo (proceso continuo), en cantidades finitas de partes (proceso discreto), o en cantidades finitas de material (tanda) [6].

**1.1.5 Proceso continuo.** En un proceso continuo, los materiales de entrada y salida fluyen de manera continua a través de los equipos del proceso, alrededor de un estado estacionario de operación. No existe un tiempo predefinido de arranque y parada. Una vez se alcanza el estado estacionario, el proceso se vuelve independiente del tiempo, lo que significa que la naturaleza del producto no se ve influida por el tiempo que el proceso lleve operando [6].

**1.1.6 Proceso discreto.** En un proceso discreto, los productos son clasificados dentro de lotes de producción que se basan en materias primas, requerimientos de producción e históricos de producción comunes. En un proceso discreto, una cantidad específica de producto es movida como una unidad (grupo de partes) entre estaciones de trabajo, y cada parte mantiene una única identidad [6].

**1.1.7 Proceso tipo tanda.** Los procesos por tanda llevan a la producción de cantidades finitas de material sometiendo los materiales de entrada a un conjunto ordenado de actividades de proceso sobre un periodo finito de tiempo, usando uno o más equipos. Los procesos por batch son procesos discontinuos. Los procesos por lotes no son ni discretos ni continuos; sin embargo pueden tener características de ambos [6].

**1.1.8 B2MML (*Business to Manufacturing Markup language: lenguaje de mercado de negocio a manufactura*).** B2MML es una implementación en XML (*Extensible Markup Language*) de la familia de estándar ANSI/ISA S95, conocido como IEC/ISO 62264. B2MML consiste en un conjunto de esquemas XML escritos en el lenguaje de esquemas XML (XSD) del *World Wide Web Consortium* que implementa los modelos de objetos del estándar ISA S95. B2MML está diseñado para ser un formato de datos común para el enlace entre los ERP y el sistema de administración de la cadena de suministro con los sistemas de manufactura tales como los sistemas de control y los sistemas de ejecución de manufactura [9].

**1.1.9 Niveles en la empresa de manufactura.** En la empresa de manufactura se pueden determinar de manera general tres niveles principales los cuales llevan a cabo funciones en un área de acción específica conforme al tipo de responsabilidades establecidas; estos niveles se presentan en la Figura 1 y corresponden al nivel de negocio (nivel 4), nivel de manufactura (nivel 3) y nivel de proceso (niveles 2,1 y 0) [10].

**Figura 1. Niveles en la empresa de manufactura**



Fuente: Aplicación de la Norma ISA S95 a un Caso de Estudio. p. 21.

El sistema de negocios & logística, es el nivel superior (nivel de negocio) dentro de la estructura de la empresa donde actúan los sistemas de información ERP que llevan a cabo la planeación de recursos empresariales. De manera general se puede decir que el nivel de negocio es el encargado de la administración operativa de la empresa, garantizando rentabilidad del negocio, productividad, altos índices de calidad y satisfacción de las necesidades del cliente.

El nivel de administración de operaciones de manufactura es el encargado de administrar los procesos productivos, teniendo bajo su responsabilidad el coordinar la transformación de materias primas en productos terminados garantizando el cumplimiento de las políticas de producción de la empresa o de las necesidades del cliente. Dentro de este nivel operan los sistemas MES, los cuales gestionan todos los recursos involucrados en los procesos de producción, como son materiales, equipos y personal.

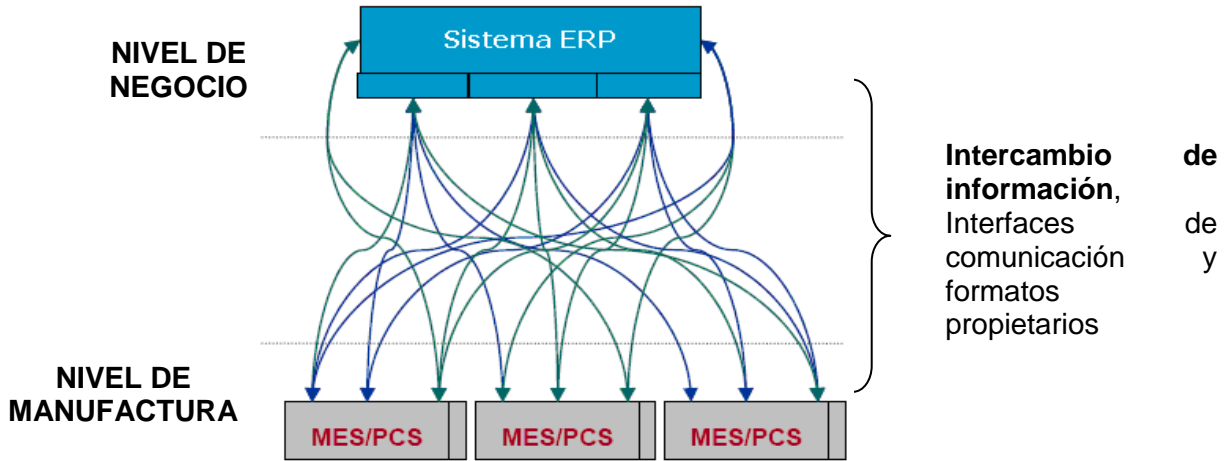
El nivel de proceso representa los procesos productivos y dentro de éste se lleva a cabo las tareas de supervisión, monitoreo y control de variables de proceso, incluyen todo los recursos necesarios para transformar materias primas en producto terminado tales como: sensores, actuadores, sistemas SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*), sistemas de control tanda, controladores lógicos programables (PLCs), etc.

## 1.2 ESTÁNDAR ISA S95 UNA SOLUCIÓN A LA INTEGRACIÓN EMPRESA-CONTROL.

A raíz de los múltiples inconvenientes que se han presentado en el desarrollo de proyectos de Integración, surgió la necesidad de unificar conceptos y generar un acercamiento estándar del problema que no sólo ofreciera la posibilidad de realizar una integración fácil y confiable, sino que además lograra reducción de costos, flexibilidad, independencia entre aplicaciones y un lenguaje común de comunicación. Es así como la ISA empezó a trabajar en este objetivo reuniendo a fabricantes, usuarios finales y personas involucradas en este ámbito. De esta manera a partir del año 2000 como resultado del trabajo y del consenso de dichos expertos, se han desarrollado y liberado las tres primeras partes de un estándar denominado “ISA S95: *Enterprise-Control Integration*” (ISA, 2000), estándar que ha sido ampliamente aceptado a nivel mundial y que ha correspondido a un avance significativo para la solución de problemas de integración empresarial. [10]

El estándar ISA S95 propone eliminar los escenarios ineficientes mostrados en la Figura 2, y que ha sido denominado “escenario espagueti” por lo complicado de su arquitectura, el cual tiene un intercambio de datos entre los sistemas MES y ERP a través de múltiples interfaces propietarias (formatos e interfaces de comunicación diferentes), generando todos los problemas de la integración empresa-control ya mencionados.

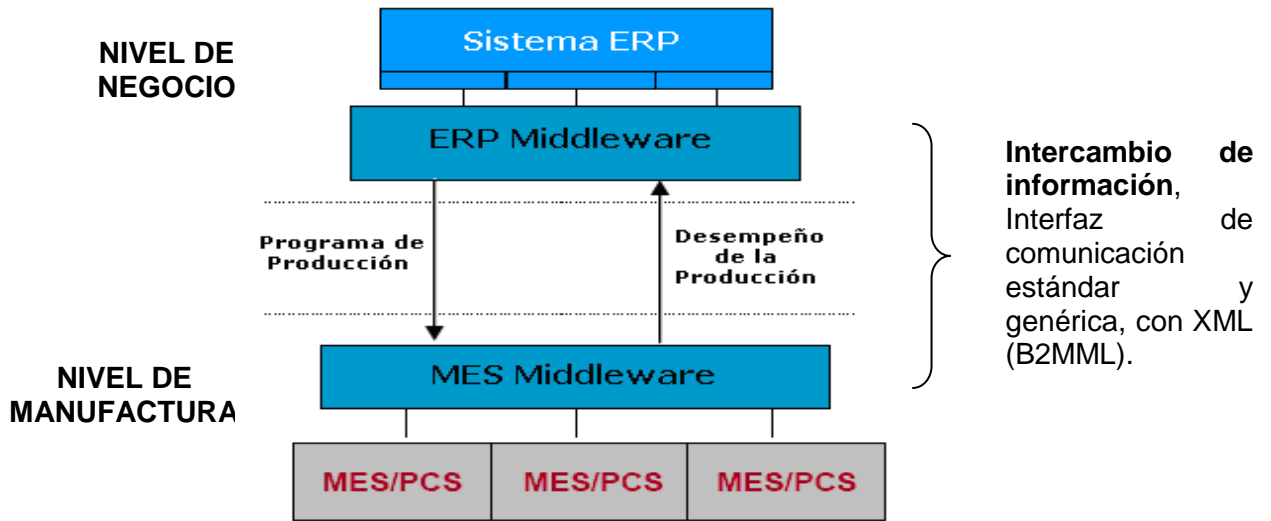
Figura 2. Escenario “Espagueti”



Fuente: *Ibid.*, p. 22

La solución de integración con base en el estándar ISA S95 se muestra en la Figura 3, donde se presenta un escenario en el cual existe sólo una interfaz estándar y además genérica, que es independiente de las arquitecturas de integración del proveedor de los sistemas MES Y ERP, lo cual facilita el alcance de todos los objetivos de la integración.

**Figura 3. Escenario: Integración ISA S95**



Fuente: *Ibid.*, p. 23.

Para dar solución a los problemas de la integración el estándar ISA S95:

- Separa claramente los procesos del nivel de negocios del nivel de manufactura, para que así las modificaciones en un nivel no produzcan cambios en el otro y causen gastos innecesarios.
- Suministrar una descripción clara de los tipos de informaciones y el contenido que debe intercambiarse, brindando una Interfaz empresa-control.
- Realiza una asignación clara de funciones y competencias, donde se define quién debe tomar ciertas decisiones y a qué componentes les corresponde realizar determinadas actividades, estableciendo los niveles de decisión y competencia dentro de los niveles. Especifica claramente las funciones que se involucran en las operaciones de manufactura y en el intercambio de datos, detallando cada uno de los componentes que desarrollan tareas comunes.
- El estándar ISA S95 realiza la definición de las funciones a nivel de manufactura y las describe a través de componentes funcionales que representan las actividades que deben ser realizadas dentro de la administración de las operaciones de manufactura. Además establece la forma como los componentes deben interactuar para lograr la eficiencia y seguridad en las actividades de administración de operaciones de producción, facilitando la integración de información entre los niveles de negocio y de manufactura de manera dinámica y eficaz.

- Define modelos en UML (*Unified Modeling Language*) para la descripción de los tipos de información intercambiada, lo que garantiza la independencia de los fabricantes.
- Con el desarrollo de B2MML propuesto por el WBF (*World Batch Forum*), el cual puede ser considerado como la implementación del estándar en XML, se provee una interfaz estándar a través del uso de documentos XML con estructuras definidas, garantizándose la independencia entre fabricantes.

**1.2.1 Estructura del estándar ISA S95.** El estándar ISA S95 está subdividido en seis partes las cuales se enumeran a continuación.

**Primera parte (S95.00.01).** Modelos y terminologías (aprobada el 15 Julio 2000): Define modelos y terminologías estándar en cuanto a la definición de las interfaces entre los sistemas comerciales de una empresa y sus sistemas de control en la producción [8].

**Segunda parte (S95.00.02).** Estructuras y atributos de los datos (aprobada el 17 Octubre 2001): En conjunto con la Parte 1 define el contenido de la interfaz entre las funciones de control en la producción y otras funciones de la empresa [11].

**Tercera parte (S95.00.03).** Modelos de actividad de administración de operaciones de manufactura (aprobada el 6 Junio 2005): Define las actividades para desarrollos de la información en la producción que permiten una integración sistémica entre el nivel de empresa y el de control de la producción [12].

**Cuarta parte (S95.00.04).** Modelos de objeto y atributos de la administración de operaciones de manufactura (en desarrollo): Provee los modelos de objetos y sus atributos de las actividades de la administración de operaciones de manufactura, los cuales describen más ampliamente las definiciones realizadas en la parte 3. Su objetivo es proporcionar la base para el diseño y la implementación de interfaces estándar dentro de la administración de operaciones de manufactura, dando soporte para lograr la interoperabilidad entre las funciones del nivel 3.

**Quinta parte (S95.00.05).** Transacciones entre sistemas de negocios y de manufactura (aprobada el 10 Enero 2007): Especifica la manera como debe realizarse el intercambio de la información definida en las partes 1 y 2 del estándar, teniendo en cuenta la forma en que ésta debe ser almacenada, recibida y transferida; estableciendo para ello la estructura del mensaje, más no el contenido.

**Sexta parte (S95.00.06).** Transacciones en la administración de operaciones de manufactura (en desarrollo): establece la manera como deben ser realizada las transacciones dentro de la administración de operaciones de manufactura.

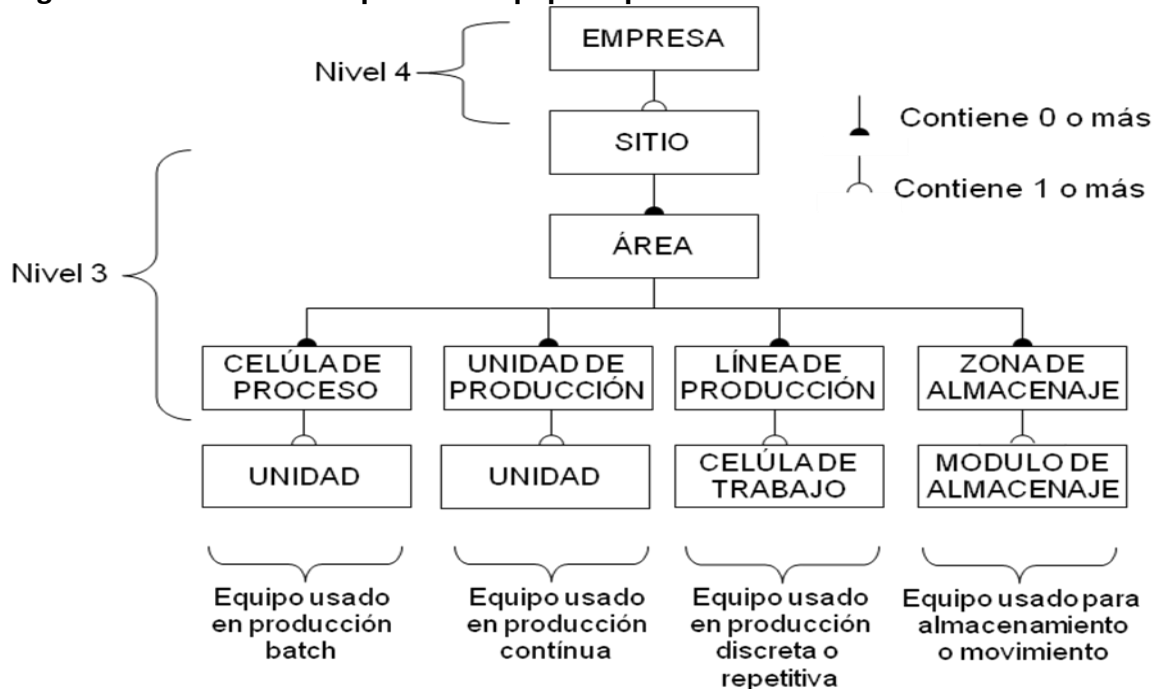


### 1.3 ISA S95 PARTE 3. MODELOS DE ACTIVIDAD DE ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE MANUFACTURA [12]

La parte 3 del estándar ISA S95 describe los modelos de actividad y el flujo de información a nivel de manufactura que permiten la integración de los sistemas empresa – control. Los modelos y terminología definidos en esta parte del estándar enfatizan en buenas prácticas de operaciones de manufactura, los cuales pueden ser usados para mejorar la existencia de sistemas de operaciones de manufactura y pueden ser aplicados sin tener en cuenta el grado de automatización de la empresa.

La parte 3 del estándar ISA S95 toma conceptos y terminología definidos en la parte 1 y 2 del estándar. Con base en esto la parte 3 del estándar extiende el modelo jerárquico de equipo definido en la parte 1, el cual es mostrado en la Figura 4. Esta extensión trae consigo ítems adicionales los cuales son las zonas de almacenamiento y unidades de almacenamiento utilizadas para la administración de operaciones de inventario y la administración de material.

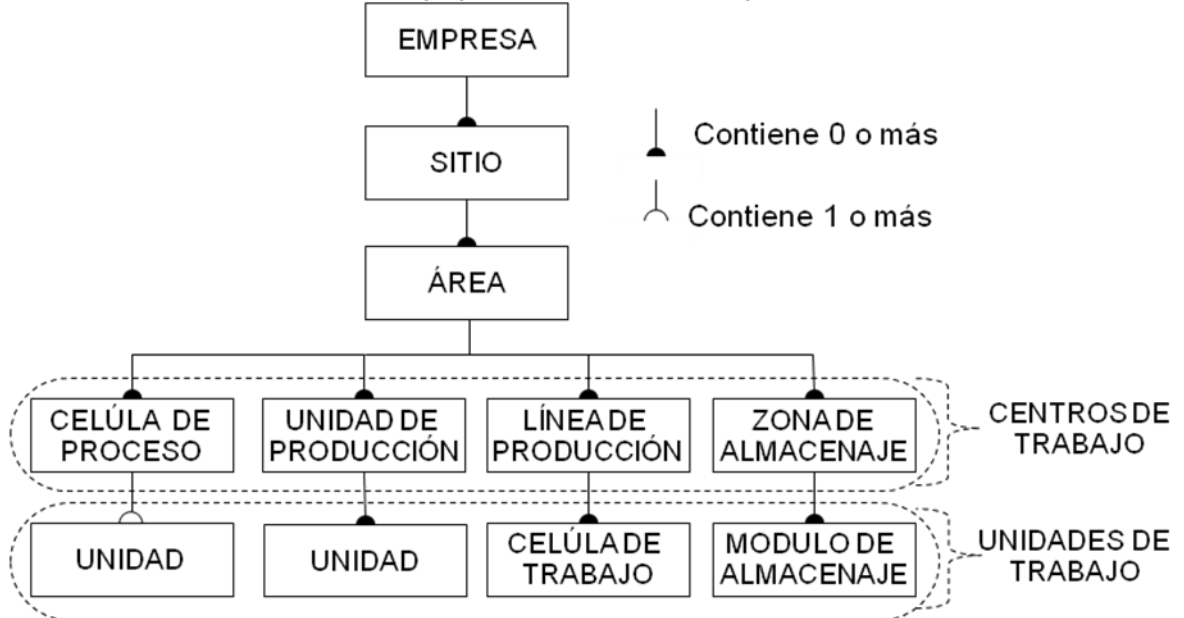
**Figura 4. Modelo Jerárquico de equipo expandido**



Fuente: *The Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA). ANSI/ISA S95.00.03-2005: Enterprise - Control System Integration Part 3 Activity Models of Manufacturing Operations Management, North Carolina, USA. 2005. p. 25.*

Debido a que el estándar está enfocado a cualquier tipo de proceso (tanda, discreto, continuo) se ha definido en esta parte una nueva terminología que agrupa los diferentes tipos de proceso, como se muestra en la Figura 5.

**Figura 5. Centros de Trabajo y Unidades de Trabajo**



Fuente: *Ibid.*, p. 26.

- *Centro de trabajo.* Un centro de trabajo puede ser definido como un elemento de la jerarquía de equipo bajo un área. Los centros de trabajo pueden ser utilizados cuando el tipo específico de elemento de equipo no es significativo para el propósito de la discusión. Un centro de trabajo puede ser una celda de proceso, unidad de producción, línea de producción, zona de almacenamiento o algún otro elemento de equipo subordinado a un área que puede ser definida por el usuario.

- *Unidad de trabajo.* Una unidad de trabajo puede ser definida como un elemento dentro de la jerarquía de equipo en un nivel inferior a un centro de trabajo. Las unidades de trabajo son típicamente los elementos programables más básicos para soportar las funciones del nivel 3.

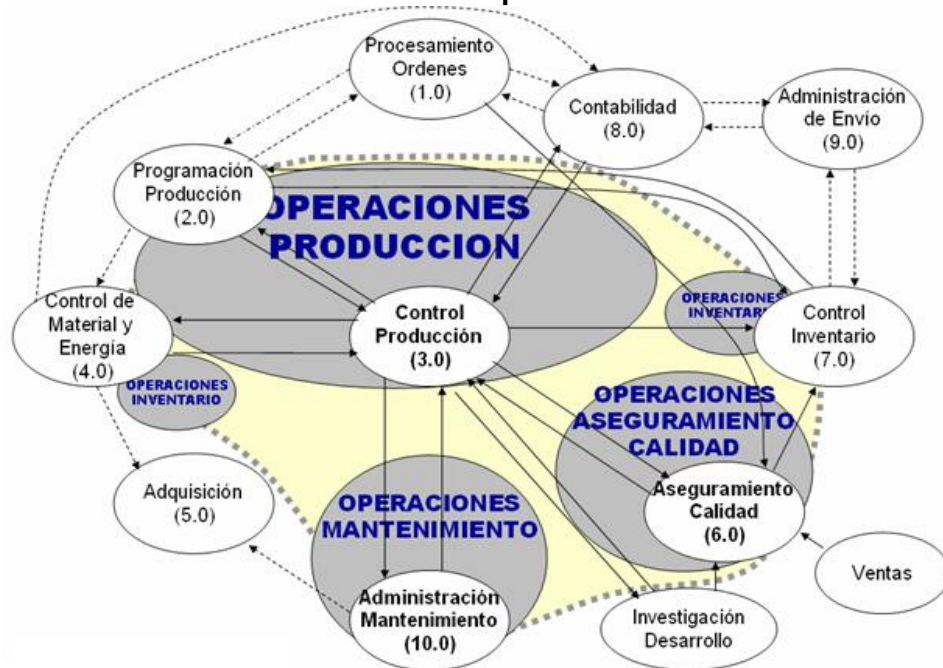
Para el desarrollo del proyecto y en busca de orientarlo hacia los objetivos del mismo se muestra cómo la parte 3 del estándar ISA S95 aborda la problemática de la administración de operaciones de manufactura, en donde el estándar presenta diferentes categorías para darle solución a esta problemática.

La parte 3 del estándar ISA S95 determina el modelo de administración de operaciones de manufactura con el cual establece el flujo de información entre el nivel de negocio y el nivel de manufactura y con base en esto determina el modelo de actividades que da como resultado el modelo de actividades genérico, como se describe a continuación.

**1.3.1 Modelo de administración de operaciones de manufactura.** La administración de operaciones de manufactura se encarga de coordinar el personal, equipos, materiales

y energía en la transformación de la materia prima en productos; además incluye actividades que pueden ser desempeñadas por equipos físicos, esfuerzo humano y sistemas de información. Estas actividades son mostradas en la Figura 6.

**Figura 6. Modelo de administración de las operaciones de manufactura**



Fuente: *Ibid.*, p. 27.

La administración de operaciones de manufactura está subdividida en cuatro categorías, que corresponden a la administración de operaciones de producción, administración de operaciones de mantenimiento, administración de operaciones de calidad, y administración de operaciones de inventario, como se muestra en las áreas sombreadas en la Figura 67. La estructura del modelo mostrado representa el modelo de actividades dentro de una empresa, pero no refleja su estructura organizacional de negocio.

**1.3.2 Intercambio de información entre los niveles de negocio y manufactura.** La parte 3 del estándar ISA S95 extiende el intercambio de información entre el sistema de planeación de negocio (Nivel 4) y el sistema de operaciones de manufactura (Nivel 3) definido en la parte 1 del estándar, dividiendo la información de producción en información de programa de producción e información de desempeño de producción, tal como se muestra en la Figura 7.

**Figura 7. Intercambio de información para producción**



Fuente: *Ibid.*, p. 28.

La estructura de la información de producción representada en la Figura 7 puede también ser aplicada a información de mantenimiento, información relacionada con los procesos de calidad, e información de inventario, como se ilustra en la Figura 8.

**Figura 8. Intercambio de información general**



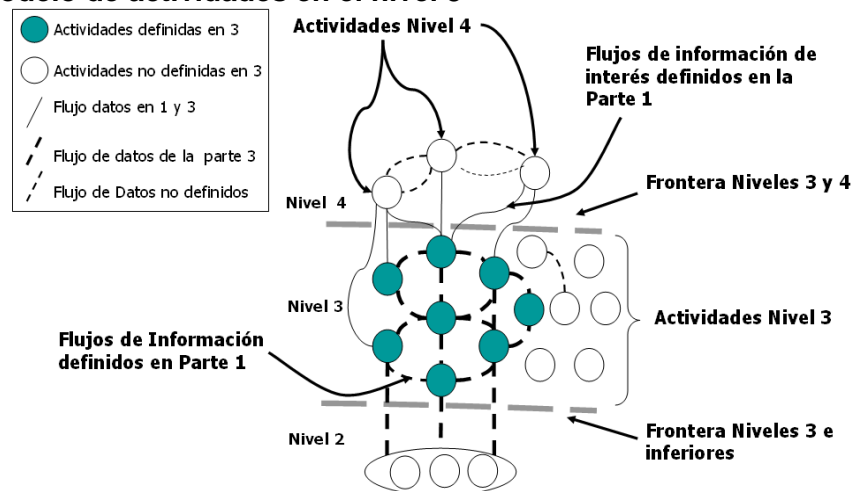
Fuente: *Ibid.*, p. 29.

En adición a las actividades de administración de operaciones de producción, mantenimiento, calidad e inventario que son detalladas en la parte 3 del estándar ISA S95, existen otras actividades que ocurren dentro de la administración de operaciones de manufactura, entre las cuales se encuentran:

- Administración de la seguridad dentro de las operaciones de manufactura.
- Administración de la información dentro de las operaciones de manufactura.
- Administración de configuraciones dentro de las operaciones de manufactura.
- Administración de documentos dentro de las operaciones de manufactura.
- Administración del funcionamiento regular dentro de las operaciones de manufactura.
- Administración de incidentes y desviaciones

**1.3.3 Modelo de actividades.** En la Figura 9 se ilustra cómo la parte 3 del estándar determina cuáles actividades pertenecen al nivel de negocio, nivel de manufactura y nivel de proceso, en donde las que se encuentran con círculos verdes son las actividades de nivel de manufactura detalladas en esta parte del estándar.

**Figura 9. Modelo de actividades en el nivel 3**

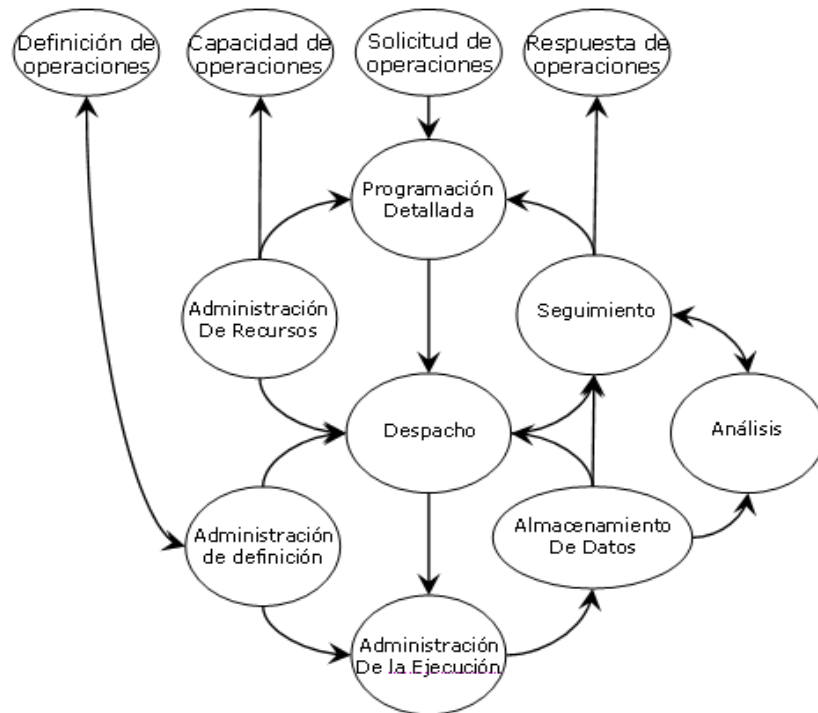


Fuente: *Ibid.*, p. 30.

La parte 3 del estándar ISA S95 detalla las actividades de nivel de manufactura y define un modelo de actividad genérico de administración de operaciones de manufactura el cual es mostrado en la Figura 10. El modelo de actividad genérico es utilizado como base para definir los modelos de actividad de administración de operaciones de producción,

administración de operaciones de mantenimiento, administración de operaciones de calidad y administración de operaciones de inventario.

**Figura 10. Modelo de actividad genérico de la administración de operaciones de manufactura**



Fuente: *Ibid.*, p. 31.

El modelo de actividad genérico define un ciclo de solicitud – respuesta que inicia con solicitudes o programación, las convierte en un programa detallado, despacha trabajo acorde al programa detallado, dirige la ejecución del trabajo, almacena datos y convierte los datos almacenados nuevamente en respuestas. El ciclo de solicitud – respuesta está soportado con:

- Análisis del trabajo realizado para mejoras o correcciones.
- Administración de los recursos usados en la ejecución del trabajo realizado.
- Administración de las definiciones del trabajo realizado.

El modelo de actividad genérico y los modelo específicos no están intentado representar una implementación actual de los sistemas de información de manufactura. Sin embargo, ellos proveen una consistente estructura para tales sistemas.

Para el desarrollo del proyecto se profundiza solo en la categoría de administración de operaciones de producción, con la cual se realiza la aplicación al caso de estudio.

## **2 ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE PRODUCCIÓN**

En este capítulo se presenta una descripción del modelo de actividad de la administración de operaciones de producción definida en la parte 3 del estándar ISA S95. Por lo tanto, se presentan los conceptos, las actividades, las principales tareas y el intercambio de información que se requiere para especificar el sistema de producción dentro del sistema de ejecución de manufactura.

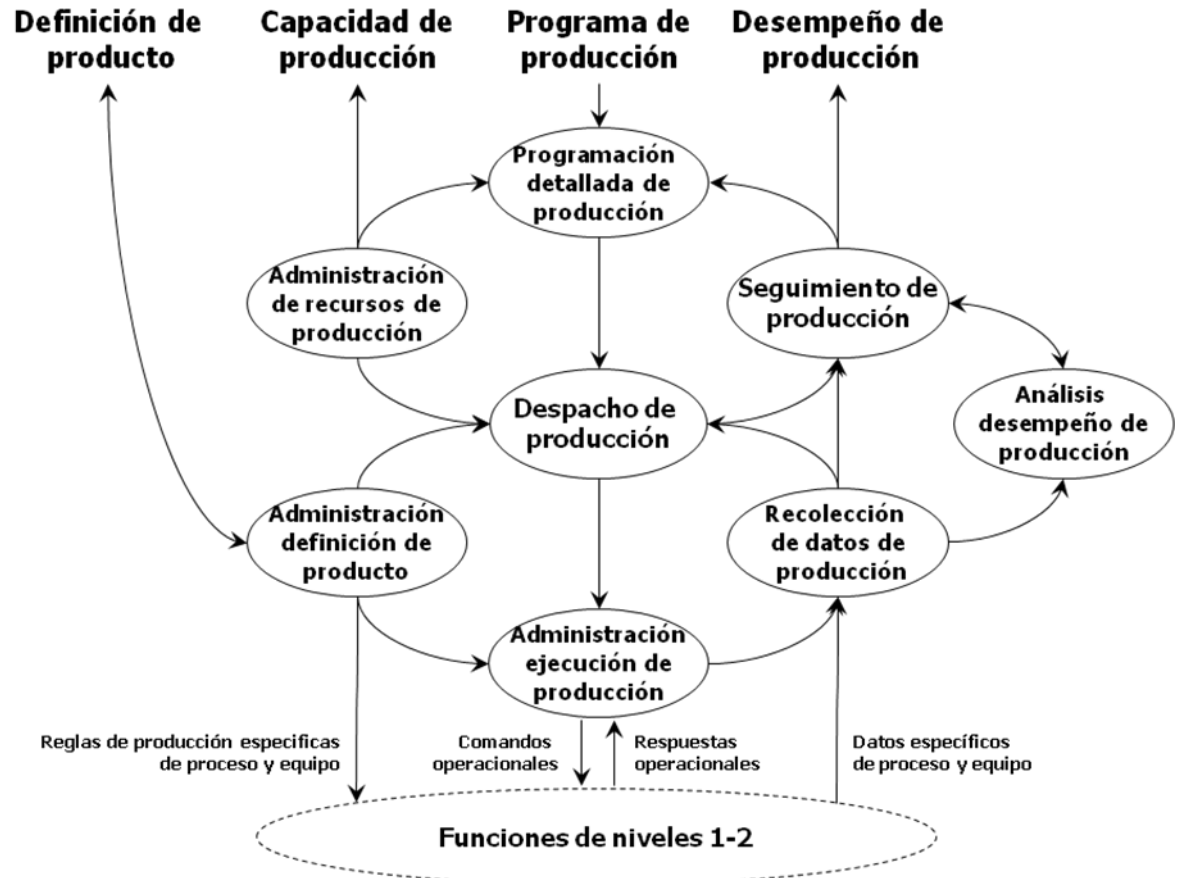
### **2.1 MODELO DE ACTIVIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE PRODUCCIÓN**

El modelo de la administración de operaciones de producción está más detallado en la Figura 11, en donde los cuatro flujos de información definición de producto, capacidad de producción, programa de producción y desempeño de producción corresponden al intercambio de información entre el nivel de negocio y el nivel de manufactura.

El modelo de actividad no insinúa una estructura organizacional ya que éste es utilizado para ayudar a identificar actividades y roles asociados a éstas, que pueden ser desempeñadas a nivel de manufactura.

No todas las solicitudes y respuestas de producción cruzan la frontera hacia los sistemas de negocios. En tanto las operaciones de producción pueden ser manejadas por programas de producción puede haber solicitudes y respuestas de producción usadas internamente dentro de la administración de operaciones de manufactura.

**Figura 11. Modelo de actividad de la Administración de Operaciones de Producción**



Fuente: *The Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA), ANSI/ISA—95.00.03—2005, Enterprise Control System Integration Part 3: Activity Models of Manufacturing Operations Management, North Carolina, 2005, ISA. p.33.*

Cabe aclarar que no todos los flujos de información correspondientes a la administración de operaciones de producción están representados en la Figura 11. En alguna implementación específica, la información de alguna actividad puede ser requerida por alguna otra actividad.

A continuación se describen los flujos de información entre el nivel de manufactura con los niveles 1 y 2.

**2.1.1 Las reglas de producción específicas de proceso y equipo.** Las reglas de producción específicas de proceso y equipo se definen como las instrucciones específicas enviadas a nivel 2 las cuales están basadas en las tareas específicas.



**2.1.2 Comandos operacionales.** Los comandos operacionales son definidos como las solicitudes de información mandadas hacia el nivel 2. Estos son utilizados para inicializar o finalizar los elementos de una orden de trabajo. Esta información también puede referirse a los procedimientos de operación estándar (SOPs) que son mostrados o entregados a operarios, como procedimientos para la configuración o limpieza de máquinas.

**2.1.3 Respuestas operacionales.** Las respuestas operacionales son definidas como la información recibida desde el nivel 2 como respuesta a los comandos operacionales. Éstas corresponden a la finalización o estado de los elementos de las órdenes de trabajo.

**2.1.4 Dato específico de equipo y proceso.** El dato específico de equipo y proceso se define como la información recibida debido al monitoreo de nivel 2. Éste contiene información sobre el proceso que es llevado a cabo y los recursos involucrados en él.

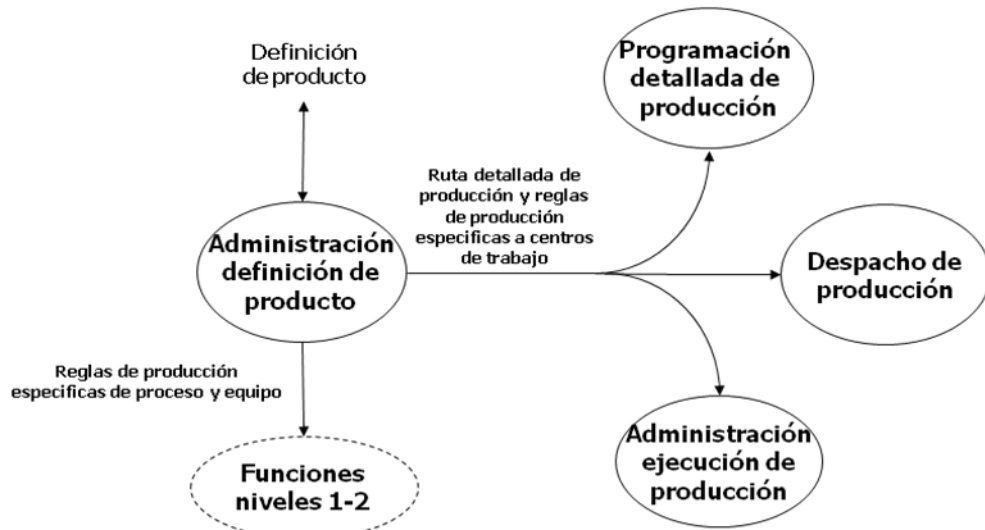
## **2.2 ADMINISTRACIÓN DE DEFINICIÓN DEL PRODUCTO**

La administración de definición del producto corresponde al conjunto de actividades que maneja toda la información del nivel de manufactura acerca del producto la cual es requerida para la fabricación, incluyendo las reglas de producción del producto.

La información de definición del producto se comparte o es intercambiada entre las reglas de producción del producto, lista de materiales y lista de recursos. En donde, las reglas de producción del producto representan los procedimientos de cómo se elabora un producto o subproducto de producto (lógica de cómo se elabora) los cuales son utilizados para ordenar una operación de manufactura como fabricar un producto. La regla puede ser llamada una receta general, sitio o maestra, procedimiento de la operación estándar (SOP), condiciones de operación estándar (SOC), rutina o pasos de montaje la cual se basa en la estrategia de producción utilizada. La información de definición del producto se pone a disposición para su utilización en otras funciones de niveles 3 y 2.

En la Figura 12 se puede observar algunas de las interfaces de la administración de la definición del producto.

**Figura 12. Interfaces del modelo de actividad de administración de definición del producto**



Fuente: *Ibid.*, p.35

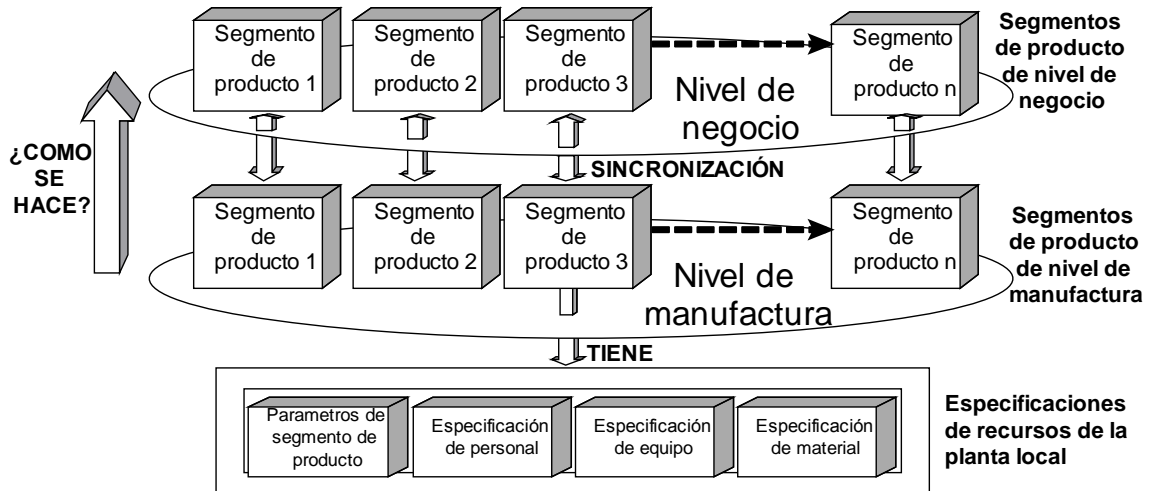
La administración de definición del producto puede incluir:

- a) Manejar documentos tales como instrucciones de fabricación, recetas, diagramas de la estructura del producto, lista de manufactura y definiciones en las modificaciones del producto.
- b) Manejar definiciones para un nuevo producto.
- c) Manejar los cambios de definiciones del producto, puede incluir la habilidad para cambiar la ruta de diseño y cambiar la lista de materiales de fabricación a través de un proceso de aprobación, manejo de versiones, seguimiento de modificaciones y control de seguridad de la información.
- d) Proporcionar reglas de producción del producto a personas u otras actividades.
- e) Mantener las rutas detalladas de producción accesibles para los productos.
- f) Proporcionar la ruta del segmento de producto a las operaciones de manufactura en el nivel de detalle requerido por las operaciones de manufactura.
- g) Manejar el intercambio de la información de definición del producto con las funciones de nivel 4 en el nivel de detalle requerido por las operaciones de negocio.
- h) Optimizar las reglas de producción del producto basándose en el análisis del proceso y análisis de desempeño de producción.

- i) Generar y mantener el conjunto de reglas de producción locales que no están directamente relacionadas con el producto, tales como limpieza y puesta en marcha.
- j) Manejar las definiciones del indicador clave de desempeño (KPI) asociado con los productos y la producción.

**2.2.1 Funcionalidad de la administración de definición del producto.** Las definiciones del producto para el nivel de manufactura son desarrolladas en investigación, desarrollo e ingeniería (R&D). Con base en estas definiciones en cada sitio o planta de producción específica se realiza una traducción y ampliación en definiciones específicas de sitio utilizando recursos (material, equipo y personal) de producción existentes en la planta. En el nivel de negocio se tiene información de definición del producto de sitio en lo referente a cuáles son los productos intermedios o segmentos de producto que se manejan en la empresa, esto con el fin de que haya una sincronización con el nivel de manufactura y así saber como se hace un producto (reglas de producción de producto específicas de sitio) y con qué se puede hacerlo (especificaciones de recursos de producción por segmento de producto) en un sitio específico, lo cual involucra que en este nivel se manejen los mismos conceptos de segmentos de producto. En la Figura 13 se ilustra esta sincronización. Bajo estos conceptos se determina la definición de producto específica de sitio teniendo en cuenta los recursos de producción de la planta local.

**Figura 13. Sincronización nivel de negocio - manufactura**



Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

Los indicadores claves de desempeño de producción son definidos en el nivel de negocio con el fin de cuantificar los objetivos o metas de la empresa; para ello se define el tipo de indicador de producción que medir y su valor estimado (por ejemplo, Tiempo estándar del ciclo de manufactura para un producto típico con un valor estimado de 2 horas). La administración de definición del producto realiza la recepción de estos KPIs para administrarlos a nivel de manufactura. Esta administración es con el objeto de suministrar

los KPIs a otras actividades de manufactura para mejorar u optimizar la definición del producto específica de sitio lo cual puede involucrar cambios en los procesos, procedimientos y la producción.

A nivel de manufactura se definen las reglas de producción específicas de proceso y equipo (instrucciones específicas las cuales están basadas en las tareas asignadas) para poder llevar a cabo los elementos de cada orden de trabajo.

El conjunto de reglas de producción local que no están directamente relacionadas con el producto, tal como limpieza y puesta en marcha, también es generada y mantenida por la administración de definición del producto. Y en adición a esto puede incluir el manejo de otra información del producto en combinación con la información de manufactura como:

- Requerimientos de clientes, diseño y especificaciones de prueba del producto.
- Diseño y simulación de proceso.
- Publicaciones técnicas y materiales de servicio.
- Regular la Información de requerimientos.

### 2.2.2 Flujos de información desde y hacia la administración de definición del producto

**Tabla 1. Flujo de Información desde y hacia administración de definición del producto**

Interfaz		Contenido de datos		
Administración de definición del producto	→	Investigación, desarrollo e ingeniería. Nivel 4	Definición del producto específica de sitio.	<b>N I V E L  4</b>
	←		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definición del producto de sitio.</li> <li>- Definiciones de los indicadores claves de producción (KPIs).</li> </ul>	
Administración de definición del producto	→	Programación detallada de producción	La definición del producto de sitio específico; puede incluir <ul style="list-style-type: none"> <li>- Las especificaciones de los recursos de producción y los parámetros de producción por cada segmento de producto.</li> <li>- Reglas de producción del producto.</li> <li>- Ruta detallada de producción.</li> </ul>	<b>N I V E L  3</b>

Interfaz		Contenido de datos		
		Despacho de producción	- Reglas de producción del producto. - Ruta detallada de producción.	<b>N I V E L</b>
	→	Administración de ejecución de producción.	- Reglas de producción del producto. - Ruta detallada de producción.	
	→	Análisis de desempeño de producción.	Definiciones de KPIs	
	←		- Cambios identificados para proceso, procedimientos y producción.	
	→	Niveles 1 y 2.	Reglas de producción específicas de proceso y equipo	<b>N I V E L</b>
				<b>1-2</b>

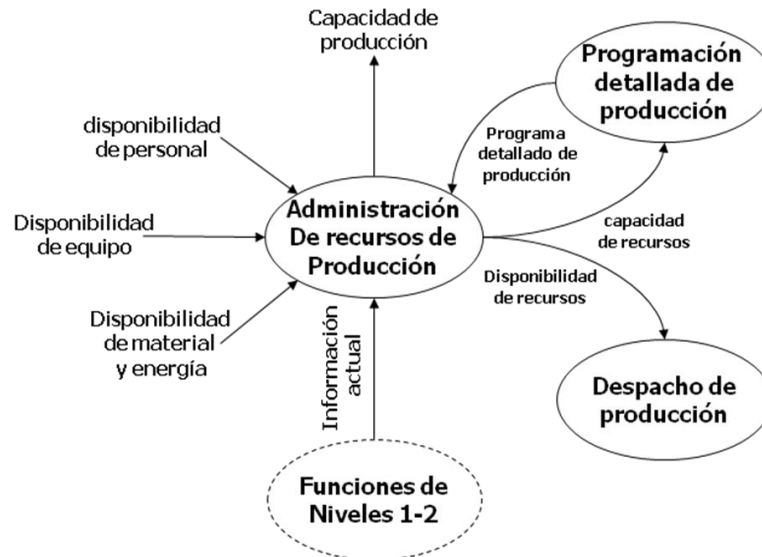
Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

### 2.3 ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS DE PRODUCCIÓN

La administración de recursos de producción corresponde al conjunto de actividades que administra la información sobre los recursos requeridos por las operaciones de producción. Los recursos incluyen máquinas, herramientas, trabajo (con conjuntos de habilidades específicas), materiales y energía. Además administra información acerca de los segmentos de proceso. Esta administración de información del recurso de producción puede ser manejada por sistemas computarizados, o también en parte o enteramente por procesos manuales.

En la Figura 14 se muestra algunas de las interfaces de la administración de recurso de producción.

**Figura 14. Interfaces del modelo de actividad de la administración de recurso de producción**



Fuente: *The Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA), ANSI/ISA—95.00.03—2005, Enterprise Control System Integration Part 3: Activity Models of Manufacturing Operations Management, North Carolina, 2005, ISA. p. 39.*

La administración de recurso de producción puede incluir:

- a) Proporcionar las definiciones de los recursos personal, material y equipo.
- b) Proporcionar información sobre la capacidad (comprometida, disponible o inalcanzable) del recurso (material, equipo o personal) de producción. La información está basada en los estados actuales, reservaciones futuras y necesidades futuras (como se define en el plan de producción y en el programa detallado de producción) y está especificada por recursos, lapsos de tiempo definidos y segmentos de proceso. Ésta puede incluir información sobre balance y pérdidas actuales de costo del producto.
- c) Asegurar que se hayan iniciado las solicitudes de adquisición de recursos para encontrar la capacidad operacional futura.
- d) Asegurar que el equipo esté disponible para las tareas asignadas y que las especificaciones de trabajo y el entrenamiento del personal sean los correctos.
- e) Proporcionar información de la localización y asignación de los recursos a las áreas de producción.
- f) Coordinar la administración de recursos de producción con la administración de recursos de mantenimiento y calidad.

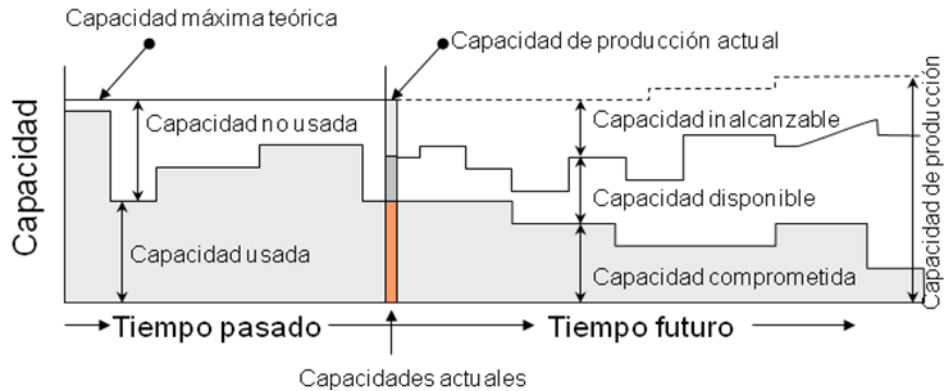
- g) Recolectar información del estado actual de los recursos personal, equipo y material, y de la capacidad de los recursos.
- h) Recolectar las necesidades futuras como las dadas por el programa de producción, la producción actual, los programas de mantenimiento o los programas de vacaciones.
- i) Mantener información del resultado de la prueba de calidad del personal y de la capacidad del equipo.
- j) Administrar las reservaciones para el uso futuro de los recursos.

**2.3.1 Funcionalidad de la administración de recursos de producción.** Cada empresa tiene establecido los tiempos de trabajo (qué horas del día, qué días del mes y qué meses del año se trabaja) tanto en el área administrativa como en el área de producción. En el área de producción la administración de recursos de producción define el tiempo específico de trabajo de cada recurso de producción (puede ser flexible dependiendo del recurso). Para definir el tiempo de trabajo la administración de recursos de producción se basa en las horas de trabajo, regulación de trabajo, calendario de festivos, descansos, cierre de planta y programas de turno. Con la definición de tiempo de trabajo se determina cuándo se puede hacer uso de los recursos de producción, con el objeto de realizar la administración de cada recurso de producción, en donde esta actividad lo ubica como inalcanzable, comprometido o en su defecto disponible.

Por medio de las necesidades futuras que vienen en el programa de vacaciones y en el programa de mantenimiento la administración de recursos de producción actualiza el estado de cada recurso de producción ubicándolo como inalcanzable, junto con la razón del porqué de su estado y en un periodo de tiempo definido por los programas. Para establecer los recursos de producción que comprometer en un periodo específico de tiempo se tiene en cuenta las necesidades futuras de producción, las cuales son dadas en el programa detallado de producción. Además de comprometer los recursos de producción se necesita determinar cuándo liberarlos (ponerlos como disponibles); esta parte se lleva a cabo basándose en el trabajo de producción completado (liberar recursos comprometidos o en ejecución), la finalización del mantenimiento preventivo, correctivo, basado en condiciones o proactivo de los equipo (liberar recursos inalcanzables) y el término de las vacaciones o permisos del personal.

Teniendo toda la información de los recursos de producción (personal, equipo, material y segmento de proceso) la administración de recursos de producción maneja y realiza reportes del comportamiento de cada recurso de producción (capacidad comprometida, disponible e inalcanzable), como se indica en la Figura 15.

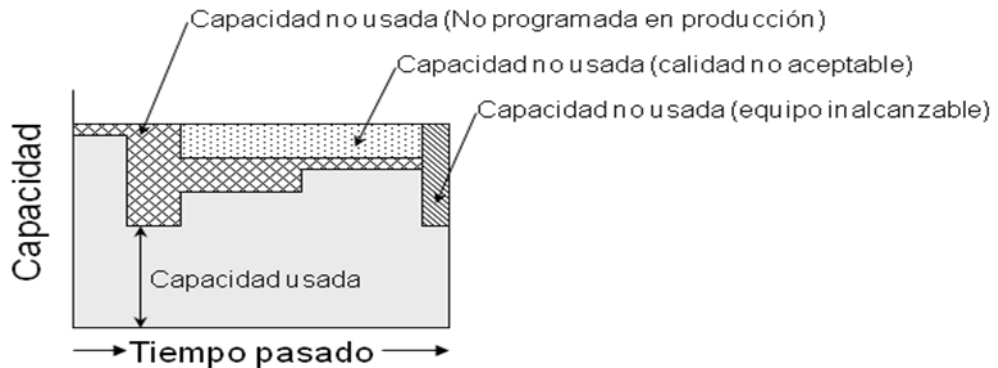
**Figura 15. Reporte de capacidad de la administración de recursos**



Fuente: *Ibid.*, p. 41

El reporte presenta un histórico del comportamiento de los recursos en forma de capacidad usada y no usada junto con la razón del porqué de su estado. En donde la capacidad usada es la capacidad que realmente se utilizó y la capacidad no usada es aquella que no se utilizó ya sea porque no fue programada en producción, presentó una calidad no aceptable o el equipo estaba inalcanzable, como se muestra en la Figura 16.

**Figura 16. Reporte de capacidad pasada**



Fuente: *The Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA), ANSI/ISA—95.00.04— Draft, Enterprise Control System Integration Part 4: Object Models and Attributes of Manufacturing Operations Management, Draft 3, North Carolina, January 2005, ISA. p. 41.*

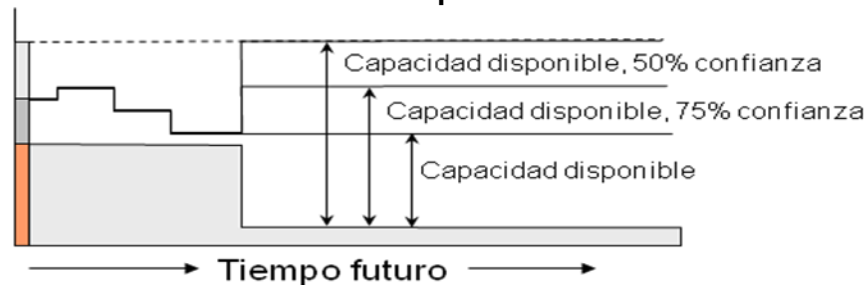
Este reporte de capacidad pasada puede ser utilizado por la categoría administración de operaciones de mantenimiento para que realice un análisis sobre el uso y rendimiento de cada equipo con el cual predecir futuros daños que se pueden solucionar anticipadamente para disminuir costo, mejorar el rendimiento y la vida útil de cada equipo, es decir, realizar un mantenimiento proactivo. Este reporte también puede ser utilizado por la actividad de recursos humanos para que realice un análisis del comportamiento del recurso personal.

Además la administración de recursos de producción también maneja la capacidad prevista o pronosticada que puede darse en forma de capacidad disponible,



comprometida e inalcanzable. Para los recursos personal y material se tiene en cuenta el estado de disponibilidad y para el recurso equipo se tiene en cuenta su condición (estado de disponibilidad) y su utilización (porcentaje de capacidad utilizada). Las capacidades pueden tener un factor de confianza como se muestra en la Figura 17, el cual puede ser utilizado para la planeación o programación de producción.

**Figura 17. Factor de confianza de la capacidad futura**



Fuente: *Ibid.*, p. 42

Estos reportes son proporcionados a otras actividades tanto de manufactura como de negocio para facilitar la asignación óptima de los recursos que generen mejores resultados de desempeño (asignar los recursos de producción en el segmento adecuado). Por ejemplo, estos reportes pueden ser utilizados a nivel de negocio para la elaboración del programa de producción para un periodo de largo plazo y a nivel de manufactura para periodos de mediano o corto plazo.

Otra función que puede realizar la administración de recursos de producción es manejar sistemas de reserva o reservar recursos adicionales para suplir a cada recurso de producción crítico. Por ejemplo, si un operario que es indispensable para la producción se enferma o tiene un accidente se hace necesario reemplazarlo por otro para que no haya un paro de planta y así poder continuar la producción.

### 2.3.2 Flujos de información desde y hacia la administración de recursos de producción

**Tabla 2. Flujo de Información desde y hacia administración de recursos de producción**

Interfaz		Contenido de datos	
Administración de recursos de producción	←	Recursos humanos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necesidades actuales y futuras del recurso personal de producción; puede incluir: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Programa de vacaciones</li> <li>○ Incapacidades del personal</li> <li>○ Permisos del personal</li> </ul> </li> <li>- Información del recurso personal necesaria para producción.</li> </ul>

NIVEL 4

Interfaz		Contenido de datos		
	→	Nivel 4	<p>Capacidad de producción, puede incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Todos los recursos de producción existentes actualmente en la planta.</li> <li>- Disponibilidad y capacidades o características de uso de cada recurso de producción</li> <li>- Especificaciones de cada segmento de proceso</li> </ul>	
	←	Administración de operaciones de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necesidades actuales y futuras de mantenimiento.</li> <li>- Información del recurso equipo necesaria para producción.</li> </ul>	N I V E L  3
	←	Administración de operaciones de inventario	Información del recurso material necesaria para producción.	
	→	Análisis de desempeño de producción	Disponibilidad de recursos de producción.	
	→	Programación detallada de producción	<p>Capacidad de recursos de producción; puede incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponibilidad y capacidades o características de uso de cada recurso de producción</li> <li>- Especificaciones de cada segmento de proceso</li> </ul>	
	←		Programa detallado de producción para un periodo de mediano o corto plazo (Recursos que comprometer).	
	→	Despacho de producción	<p>Disponibilidad de recursos de producción; puede incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponibilidad y capacidades o características de uso de cada recurso de producción.</li> <li>- Especificaciones de cada segmento de proceso</li> </ul>	
	←	Seguimiento de producción	Trabajo de producción completado en tiempo real.	
	←	Niveles 1 y 2	<p>Información actual de los recursos de producción en la planta, puede incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Todos los recursos de producción existentes actualmente en la planta.</li> <li>- Capacidad (propiedades) de funcionamiento actual de cada recurso de producción.</li> </ul>	N I V E L  1-2

Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

## 2.4 PROGRAMACIÓN DETALLADA DE PRODUCCIÓN

La programación detallada de producción corresponde al conjunto de actividades que recibe el programa de producción y determina el uso óptimo de los recursos locales para encontrar los requerimientos del programa de producción. Éste puede incluir ordenar las solicitudes para la configuración o limpieza del equipo, unir las para el uso óptimo del equipo y dividir las cuando se requiera debido al tamaño o límites de las tasas de producción de cada centro de trabajo.

Algunas interfaces de la programación detallada de producción son mostradas en la siguiente Figura.

**Figura 18. Interfaces del modelo de actividad de la programación detallada de producción**



Fuente: *The Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA), ANSI/ISA—95.00.03—2005, Enterprise Control System Integration Part 3: Activity Models of Manufacturing Operations Management, North Carolina, 2005, ISA. p. 45.*

La programación detallada de producción puede incluir:

- Crear y mantener un programa detallado de producción.
- Comparar la producción real con la planificada.
- Determinar la capacidad comprometida de cada recurso para que sea usada por la administración de recursos de producción.

- d) Obtener información de la administración de operaciones de mantenimiento, calidad e inventario.
- e) Ejecutar simulaciones que pueden incluir actividades como calcular el tiempo de acción de producción o tiempo de finalización para cada solicitud de producción proporcionada por las funciones de nivel 4, determinar el cuello de botella de los recursos por cada periodo y asegurar el tiempo de disponibilidad.

**2.4.1 Funcionalidad de la programación detallada de producción.** La programación detallada de producción se encarga de elaborar el programa detallado de producción para periodos de corto o mediano plazo basándose en el programa de producción del nivel de negocio, la capacidad de los recursos de producción y la definición del producto. Además esta actividad puede determinar los requerimientos de segmentos que no han sido tenidos en cuenta en el programa de producción de nivel de negocio.

**Figura 19. División de un programa de producción en diferentes programas detallados de producción**



Fuente: *Ibid.*, p. 46.

Hay que tener en cuenta que además de dividir un programa de producción de nivel de negocio en varios programas detallados de producción de nivel de manufactura, también se puede crear un simple programa detallado de producción desde la combinación de los elementos de múltiples programas de producción con el objeto de reducir el tiempo de configuración y optimizar la producción, como se ilustra en la Figura 20.

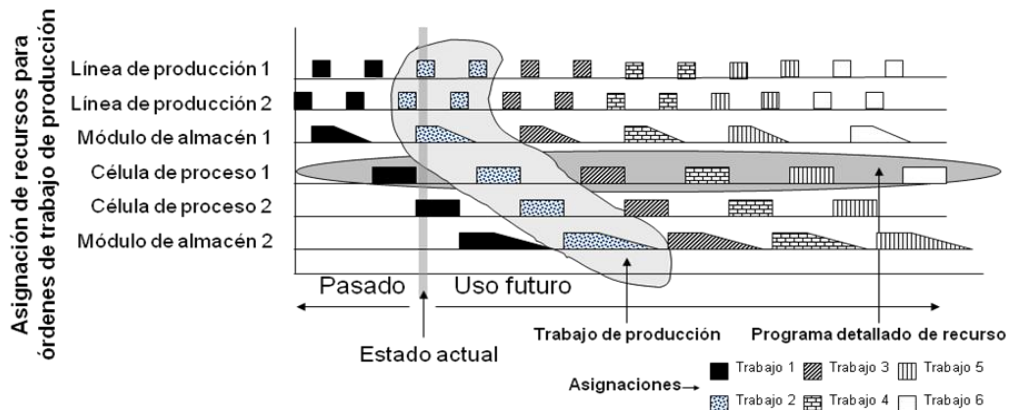
**Figura 20. Unión de diferentes programas de producción en un programa detallado de producción**



Fuente: *Ibid.*, p. 47

Cada programa detallado de producción está compuesto de uno o más órdenes de trabajo junto con su secuencia y prioridades para un periodo de mediano o corto plazo. Estas órdenes están relacionadas en una o más solicitudes de producción y tienen asignados unos recursos de producción, como se observa en la Figura 21.

**Figura 21. Programa detallado de producción**

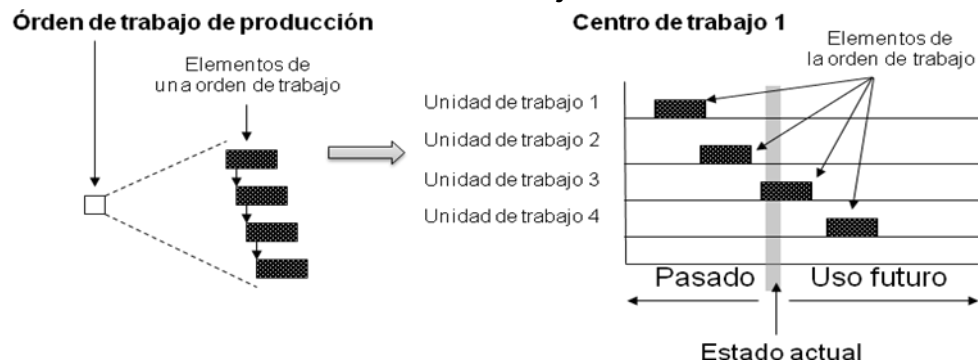


Fuente: *Ibid.*, p. 47.

Las órdenes de trabajo de producción se componen de uno o más elementos de la orden de trabajo. Los elementos son identificados teniendo en cuenta la información suministrada por la administración de definición del producto acerca de las reglas de

producción y la ruta detallada de producción. Estos elementos son llevados a cabo dentro los centros de trabajo como se muestra en la Figura 22.

**Figura 22. Elementos de una orden de trabajo**



Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

Al tener todas las órdenes programadas la programación detallada de producción envía la información de los recursos requeridos para la producción a la administración de recursos de producción, con el objeto de que se asegure que los recursos estén disponibles para cuando realmente se los necesite.

Además la programación detallada de producción por medio del desempeño de producción de un periodo de mediano o corto plazo compara la producción real con la planificada, con el objeto de determinar el cumplimiento o no de las solicitudes de nivel de negocio para llevar a cabo las acciones correspondientes, como re-calcular el programa detallado de producción debido a eventos no anticipados.

#### 2.4.2 Flujos de información desde y hacia la programación detallada de producción

**Tabla 3. Flujo de Información desde y hacia programación detallada de producción**

Interfaz		Contenido de datos	
Programación detallada de producción	←	Nivel 4	Programa de producción para un periodo de largo plazo.
	N I V E L 4		

Interfaz		Contenido de datos		N I V E L  3
→	Administración de recursos de producción	Programa detallado de producción para un periodo de mediano a corto plazo (recursos a comprometer).		
←		Capacidad de recursos de producción; puede incluir: - Disponibilidad y capacidades o características de uso de cada recurso de producción - Especificaciones de cada segmento de proceso.		
←	Administración de definición del producto	La definición del producto específica de sitio ; puede incluir: - Las especificaciones de los recursos de producción y los parámetros de producción por cada segmento de producto. - Reglas de producción del producto. - Ruta detallada de producción.		
→	Despacho de producción	Programa detallado de producción para un periodo de mediano o corto plazo.		
←	Seguimiento de producción	Reportes sobre WIP (trabajo en proceso) y trabajo completado.		

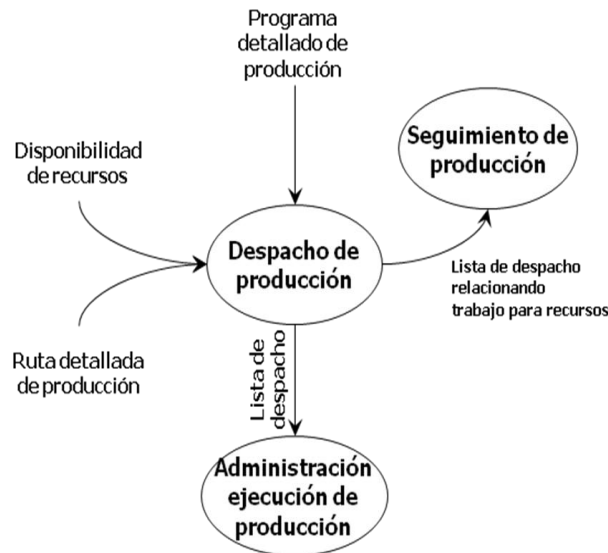
Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

## 2.5 DESPACHO DE PRODUCCIÓN

El despacho de producción corresponde al conjunto de actividades que maneja el flujo de producción el cual es enviado hacia el equipo y personal de producción. El despacho de producción puede programar las ejecuciones para el inicio de los centros de trabajo, enviar las órdenes de trabajo a centros de trabajo y publicar órdenes de trabajo para operaciones manuales.

El modelo de actividad con algunas de las interfaces del despacho de producción es mostrado en la siguiente Figura.

**Figura 23. Interfaces del modelo de actividad del despacho de la producción**



Fuente: *The Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA), ANSI/ISA—95.00.03—2005, Enterprise Control System Integration Part 3: Activity Models of Manufacturing Operations Management, North Carolina, 2005, ISA. p. 50.*

El despacho de producción puede incluir:

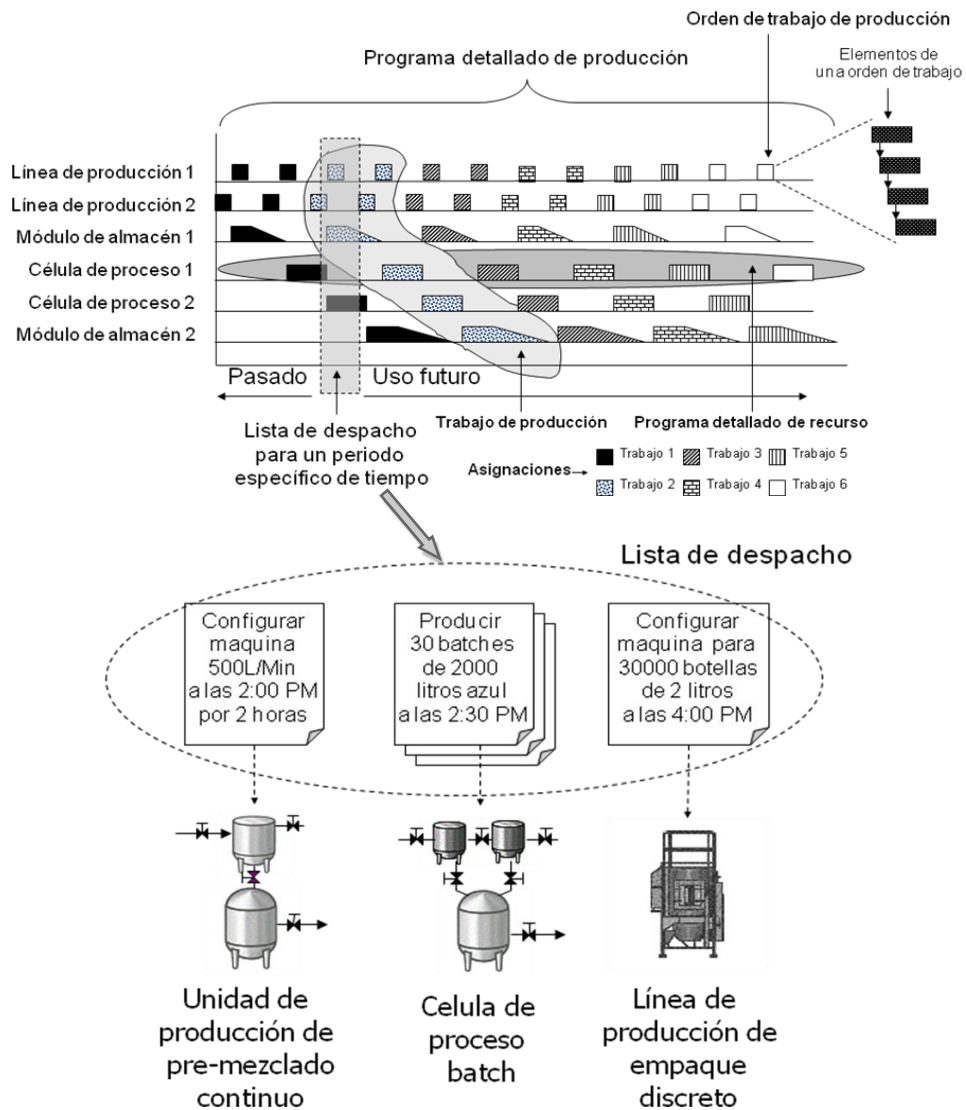
- a) Publicar órdenes de trabajo de producción como se identificaron en el programa detallado de producción.
- b) Asignar los recursos locales a la producción, donde éstos no son identificados como parte del programa detallado de producción.
- c) Publicar los recursos locales para dar inicio a las órdenes de trabajo.
- d) Manejar condiciones no anticipadas en el programa detallado de producción.
- e) Mantener el estado de las órdenes de trabajo.
- f) Asegurar que las restricciones del proceso y el ordenamiento bajo el nivel de detalle del programa detallado sean conocidas en producción.
- g) Informar a la programación detallada de producción cuando resultan eventos no anticipados debido a que se es incapaz de alcanzar los requerimientos del programa.
- h) Recibir información desde la administración de operaciones de calidad que indican condiciones no anticipadas que pueden relacionarse con eventos programados.
- i) Recibir información desde la administración de recursos de producción acerca de la disponibilidad de recurso no tenida en cuenta que puede relacionarse con eventos programados.



- j) Enviar o poner a disposición la lista de despacho de producción que especifica las actividades de producción para ser realizadas.

**2.5.1 Funcionalidad del despacho de producción.** El despacho de producción recibe el programa detallado de producción donde se especifican todas las órdenes de trabajo de producción junto con la secuencia, indicando qué recursos de producción (equipo, personal y material) deben participar en el proceso. Con base en este programa detallado se realiza la lista de despacho de producción, la cual está formada de un conjunto de órdenes listas para ser ejecutadas en un periodo específico de tiempo en los diferentes centros y unidades de trabajo como se muestra en la Figura 24.

**Figura 24. Lista de despacho**



Fuente: *Ibid.*, p. 52.

Además el despacho de producción incluye la capacidad para controlar la cantidad de trabajo en proceso a través de la retroalimentación de información sobre los estados reales de equipo y proceso. También tiene la capacidad para cancelar o reducir el trabajo asignado (Aprobado, fijado, en proceso o cancelado).

### 2.5.2 Flujos de información desde y hacia el despacho de producción

**Tabla 4. Flujo de Información desde y hacia despacho de producción**

Interfaz		Contenido de datos		N I V E L  3
Despacho de producción	←	Programación detallada de producción	Programa detallado de producción para un periodo de mediano o corto plazo.	
	←	Administración de recursos de producción	Disponibilidad de recursos de producción; puede incluir: - Disponibilidad y capacidades o características de uso de cada recurso de producción. - Especificaciones de cada segmento de proceso.	
	←	Administración de definición del producto	- Reglas de producción del producto. - Ruta detallada de producción.	
	→	Administración de ejecución de producción	Lista de despacho de producción.	
	→	Seguimiento de producción	Lista de despacho de producción relacionando trabajo para el recurso.	
	←	Recolección de datos de producción	Estado real de producción y equipo.	

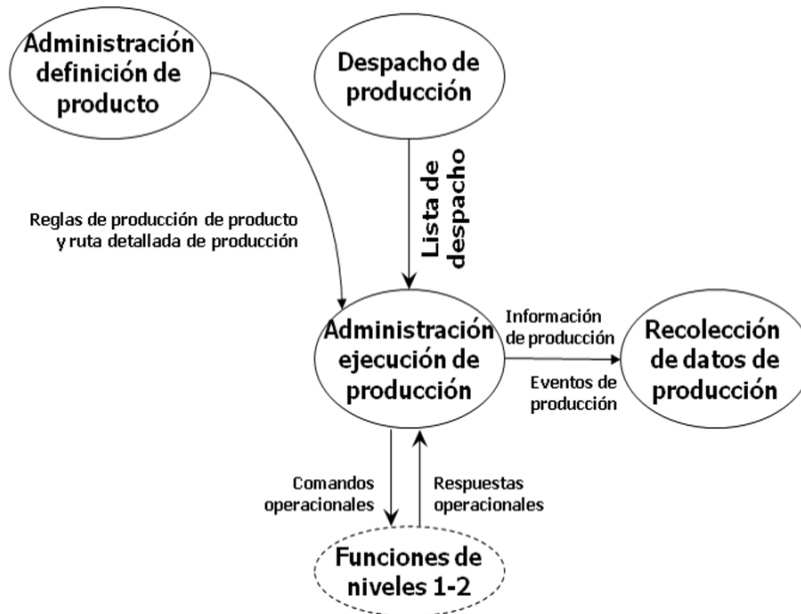
Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

### 2.6 ADMINISTRACIÓN DE EJECUCIÓN DE PRODUCCIÓN

La administración de ejecución de producción corresponde al conjunto de actividades que dirige el desempeño del trabajo, como se especifica en los contenidos de los elementos de la lista de despacho de producción. Esta actividad puede usar información previa a la ejecución de producción, capturada en el seguimiento de producción, con el objeto de mejorar el desempeño local e incrementar la eficiencia.

En la Figura 25 se observa algunas de las interfaces de la administración de ejecución de producción.

**Figura 25. Interfaces del modelo de actividad de administración de ejecución de producción**



Fuente: *Ibid.*, p. 54.

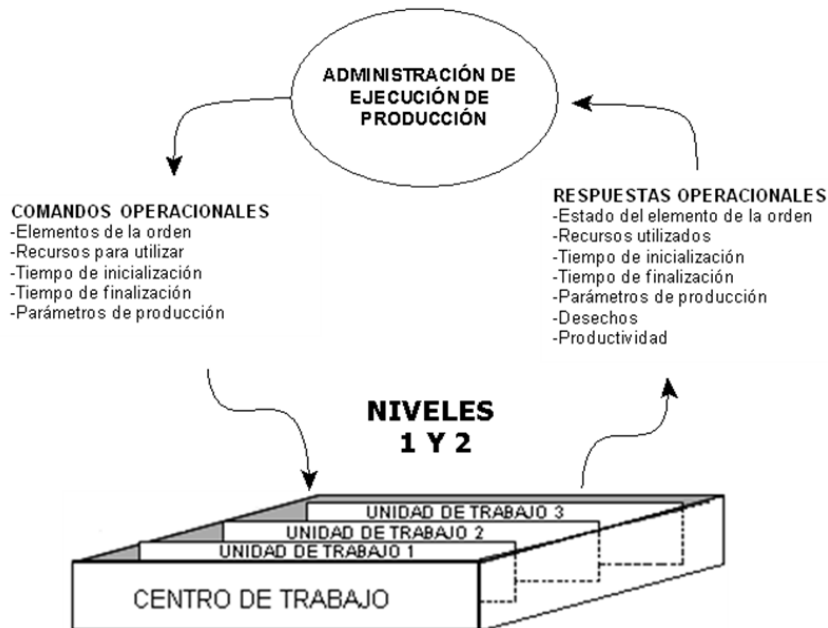
La administración de ejecución de producción puede incluir:

- a) Dirigir el desempeño del trabajo e iniciar las actividades de nivel 2.
- b) Garantizar que los recursos de producción sean usados correctamente en producción.
- c) Confirmar que el trabajo es desempeñado según los estándares de calidad adoptados por la empresa.
- d) Asegurar que los recursos son válidos para las tareas por desempeñar.
- e) Informar a otras actividades cuando el resultado de los eventos es incapaz de encontrar los requerimientos de trabajo.
- f) Recibir información desde la administración de recursos de producción acerca de la disponibilidad de recursos no programados.
- g) Proporcionar la información de producción y eventos de producción, como cronometraje, rendimiento, trabajo y material usado, comienzo de ejecución y finalización de ejecución.

**2.6.1 Funcionalidad de la administración de ejecución de producción.** La selección, puesta en marcha y movimiento de cada uno de los centros de trabajo que son identificadas dentro de una empresa de manufactura son responsabilidad de la administración de ejecución de producción con el objeto de brindar una secuencia apropiada de operaciones para elaborar físicamente un producto, lo cual ayuda con el cumplimiento de los requerimientos de producción, tal como se especifican en los contenidos de los elementos de la lista de despacho de producción. Esto es logrado a través de los comandos operacionales los cuales contienen la información del elemento de la orden trabajo por ser ejecutada en el instante actual junto con los recursos necesarios para cumplir dicho elemento. Los comandos son enviados a los niveles 1 y 2 donde físicamente se realiza el producto.

Una vez inicializadas las labores de niveles 1 y 2, la administración de ejecución de producción se centra en el trabajo terminado o estado de los elementos de las órdenes de trabajo mediante las respuestas operacionales y además se centra en el cumplimiento o no de los estándares de calidad adoptados en la empresa acerca del desempeño del trabajo llevado a cabo actualmente. Teniendo en cuenta lo anterior esta actividad genera datos de producción sobre información de producción y eventos de producción, los cuales contienen la información recolectada de cada elemento ejecutado.

**Figura 26. Ejecución de niveles 1 y 2**



Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

## 2.6.2 Flujos de información desde y hacia la administración de ejecución de producción

**Tabla 5. Flujo de Información desde y hacia administración de ejecución de producción**

Interfaz		Contenido de datos		
Administración de ejecución de producción	←	Despacho de producción	Lista de despacho de producción.	<b>N I V E L 3</b>
	←	Administración de definición del producto	- Reglas de producción del producto. - Ruta detallada de producción.	
	→	Recolección de datos de producción	- Información de producción - Eventos de producción.	
	→	Niveles 1 y 2	Comandos operacionales; puede incluir: - Elemento de la orden de trabajo - Recursos por utilizar - Tiempo de inicialización y finalización. - Parámetros de producción	<b>N I V E L 1-2</b>
	←		Respuestas operacionales; puede incluir: - Estado del elemento de la orden de trabajo - Recursos y parámetros de producción utilizados - Tiempo de inicialización y finalización - Desechos y Productividad	

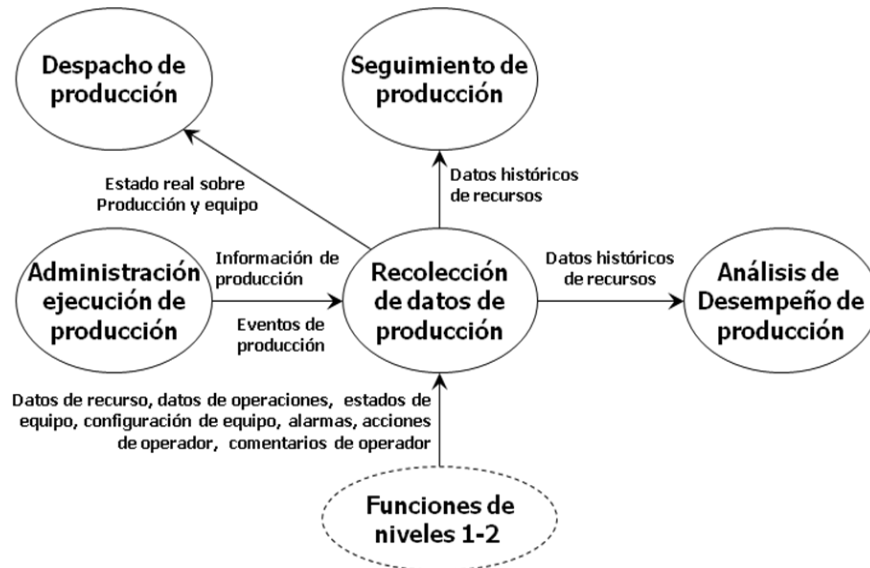
Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

## 2.7 RECOLECCIÓN DE DATOS DE PRODUCCIÓN

La recolección de datos de producción corresponde al conjunto de actividades que reúne, recopila y maneja los datos de producción para los procesos de trabajo o las solicitudes de producción específicas. La información puede incluir lectura de sensores, estados de equipo, datos de evento, datos de entrada por el operador, datos de transacción, acciones de operador, mensajes, el cálculo de resultados desde los modelos y otros datos de importancia en la elaboración del producto. La recolección de datos está esencialmente basada en tiempo o evento.

En la Figura 27 se muestra algunas de las interfaces para la recolección de datos de producción.

**Figura 27. Las interfaces del modelo de actividad recolección de datos de producción**



Fuente: *The Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA), ANSI/ISA—95.00.03—2005, Enterprise Control System Integration Part 3: Activity Models of Manufacturing Operations Management, North Carolina, 2005, ISA. p. 57.*

La recolección de datos de producción puede incluir:

- a) Recolectar, recuperar y archivar la información relacionada con la ejecución de solicitudes de producción, el uso de equipo y la información entregada por el personal de producción.
- b) Proporcionar reportes sobre los datos de producción.
- c) Mantener información para el proceso local, análisis de producción y para reportar a sistemas logísticos de nivel de negocio.
- d) Mantener información para el seguimiento del producto permitiendo realizar el seguimiento y rastreo, como el rastreo de productos con el cual se especifica los lotes de material, el equipo y / o los operadores.
- e) Proporcionar la funcionalidad de administración de alarma y monitoreo oportuno (registro y secuencia de eventos).
- f) Proporcionar información de calidad del producto recolectada para su posterior comparación con las especificaciones.

**2.7.1 Funcionalidad de la recolección de datos de producción.** La recolección de datos de producción proporciona una interfaz a los sistemas de control, de administración

de información de laboratorio y de administración de producción para la recolección y almacenamiento de la información de producción relacionada con las ejecuciones de solicitudes de producción, el uso de equipo y la información entregada por el personal de producción.

Con la información recolectada la recolección de datos de producción genera un histórico de todos los datos de producción. Este histórico mantiene la información de los recursos de producción que se encuentran o estuvieron en ejecución, con el objeto de que sea utilizado para que se realice el desempeño de producción y el análisis de producción.

### 2.7.2 Flujos de información desde y hacia la recolección de datos de producción

**Tabla 6. Flujo de Información desde y hacia recolección de datos de producción**

	Interfaz		Contenido de datos	
Recolección de Datos de Producción	←	Administración de ejecución de producción	- Información de producción - Eventos de producción.	N I V E L  3
	→	Análisis de desempeño de producción	Datos históricos de recursos; puede incluir: - Datos de operación - Estado de equipos - Uso de recursos.	
	→	Despacho de producción	Estado real de producción y equipo.	
	→	Seguimiento de producción	Datos históricos de recursos de producción.	
	←	Administración de operaciones de Calidad	Datos de calidad.	
	←	Niveles 1 y 2	Datos de recurso, datos de operación, estado de los equipos, configuración de los equipos, alarmas, acciones de operador, comentarios de operador.	N I V E L  1- 2

Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

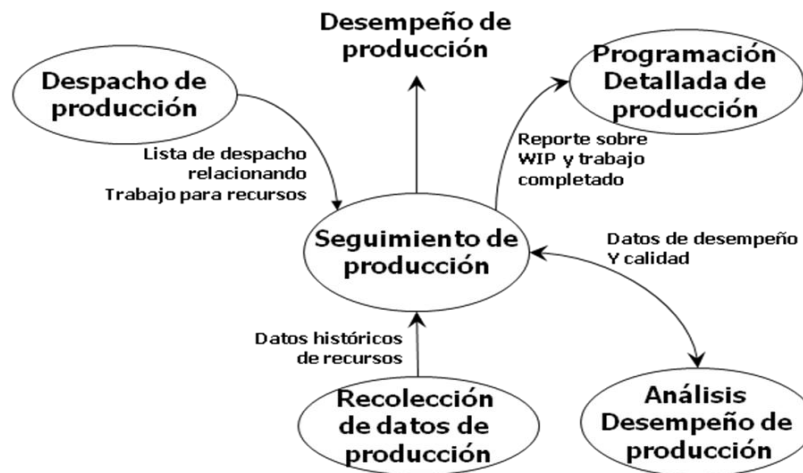
### 2.8 SEGUIMIENTO DE PRODUCCIÓN

El seguimiento de producción corresponde al conjunto de actividades que prepara la respuesta de producción para el nivel de negocio. El seguimiento de producción resume y reporta información acerca del material consumido, personal y equipo realmente usado en la fabricación de un producto, así como también otros datos de producción relevantes

acerca de los costos y los resultados del análisis de desempeño. Esta actividad suministra información a la programación detallada de producción y a las actividades de programación del nivel de negocio con el fin de que los programas puedan ser actualizados teniendo en cuenta las condiciones actuales.

El modelo de actividad con algunas de las interfaces del seguimiento de producción es mostrada en la siguiente Figura.

**Figura 28. Interfaces del modelo de actividad del seguimiento de producción**



Fuente: *Ibid.*, p. 59.

El seguimiento de producción puede incluir:

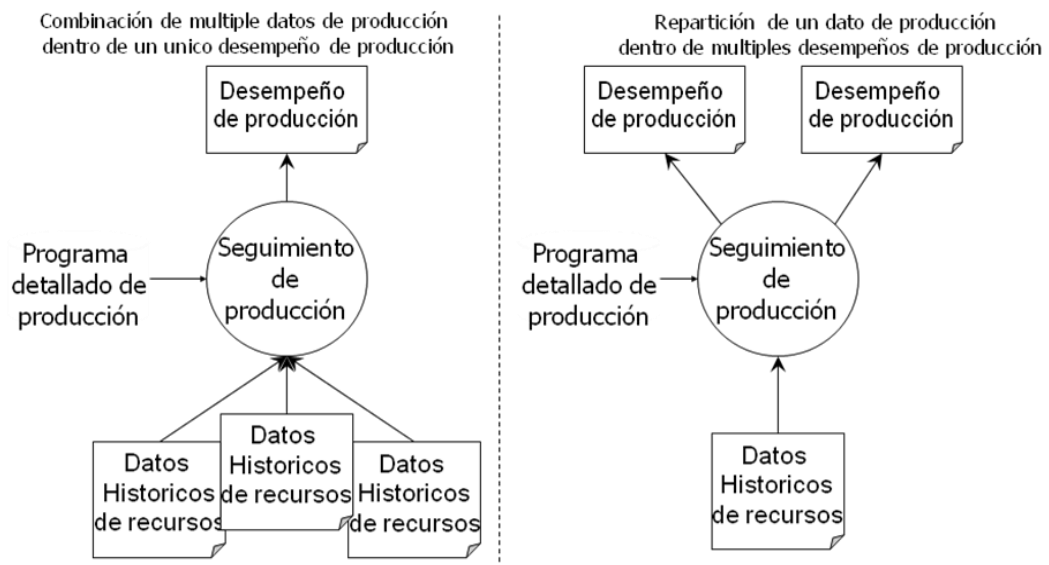
- a) Seguir el movimiento del material a través de todos los centros de trabajo de una planta de producción para mantener una descripción de lo que se utilizó en cada centro de trabajo en un tiempo específico y rastrear la ruta de todos los materiales dentro del dominio de producción.
- b) Registrar el inicio y la finalización de los movimientos y recolectar actualizaciones de las cantidades y localizaciones del lote y sub-lote.
- c) Recibir información de la recolección de datos de producción y análisis de producción.
- d) Traducir eventos del proceso en información del producto.
- e) Proporcionar información para el seguimiento y rastreo.
- f) Generar información en forma de respuestas de producción y desempeño de producción.



- g) Generar registros relacionados con el proceso de producción. Esto puede incluir registros necesarios para propósitos de administración regulatoria o de calidad.

**2.8.1 Funcionalidad del seguimiento de producción.** El seguimiento de producción tiene en cuenta la lista de despacho de producción la cual relaciona el trabajo por desempeñar con los recursos que se van a utilizar, con el fin de enlazar cada solicitud de producción con su respectiva respuesta de producción. Para generar esta respuesta la actividad tiene en cuenta los históricos de cada recurso y realiza un resumen de esta información para posteriormente enlazarla a una solicitud de producción. Cabe aclarar que un desempeño de producción está compuesto de una o más respuestas de producción, en donde el desempeño de producción puede surgir de diferentes datos históricos de recursos o desde un dato histórico de recursos pueden surgir varios desempeños de producción, como se muestra en la Figura 29. El desempeño de producción también contiene información acerca de los costos y los resultados del análisis de desempeño.

**Figura 29. La unión y separación de la información de seguimiento de producción**



Fuente: *Ibid.*, p. 59.

Hay desempeños de producción de largo plazo que son reportados a nivel de negocio y desempeños de producción de mediano o corto plazo que son analizados a nivel de manufactura para comparar lo realizado con lo planeado y también puede ser utilizado para hacer un análisis de trazabilidad de los recursos de producción.

También el seguimiento de producción puede reportar información a nivel de manufactura acerca de los recursos de producción que estaban en ejecución y han terminado su

trabajo programado con el fin de que se ubiquen como disponibles y puedan ser utilizados nuevamente.

### 2.8.2 Flujos de información desde y hacia el seguimiento de producción

**Tabla 7. Flujo de Información desde y hacia seguimiento de producción**

Interfaz		Contenido de datos		
Seguimiento de producción	→	Nivel 4	Desempeño de la producción para un periodo de largo plazo.	NIVEL 4
	←	Recolección de datos de producción	Datos históricos de recursos.	NIVEL 3
	→	Análisis de desempeño de producción	Datos de desempeño y calidad.	
	←		Datos de desempeño y calidad.	
	→	Programación detallada de producción	Reportes sobre WIP (trabajo en proceso) y trabajo completado.	
	←	Despacho de producción	Lista de despacho de producción relacionando trabajo para recursos.	
	→	Administración de recursos de producción	Trabajo de producción completado en tiempo real.	

Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

### 2.9 ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DE PRODUCCIÓN

El análisis del desempeño de producción corresponde al conjunto de actividades que analiza y reporta la información de desempeño de producción a los sistemas de negocio, la cual está relacionada con los tiempos utilizados en cada centro de trabajo, la utilización de recursos de producción, el desempeño de equipo, la eficiencia con respecto al procedimiento utilizado y la variabilidad de la producción. Este proceso de análisis de desempeño de producción es continuo, ya que reexaminan regularmente el rendimiento del proceso y las políticas con respecto a las condiciones actuales y esperadas para maximizar el rendimiento del proceso de fabricación dentro de las diferentes áreas de producción.

A continuación en la Figura 30 se observa algunas de las interfaces para el análisis de desempeño de producción.

**Figura 30. Interfaces del modelo de actividad del análisis de desempeño de producción**



Fuente: *Ibid.*, p. 62.

El análisis de desempeño de producción puede incluir:

- a) Elaborar reportes de desempeño y costo.
- b) Evaluar restricciones para capacidad y calidad.
- c) Ejecutar pruebas de desempeño en donde es necesario determinar la capacidad.
- d) Comparar diferentes centros de trabajo y crear ejecuciones promedio u objetivos.
- e) Comparar y confrontar una ejecución con otra.
- f) Comparar las ejecuciones de producción para identificar las ejecuciones “doradas”.
- g) Determinar por que las mejoras ejecuciones son excepcionales.
- h) Comparar las ejecuciones con las mejores ejecuciones definidas.
- i) Suministrar cambios para el proceso y procedimientos basado en los resultados del análisis para el mejoramiento continuo del proceso.
- j) Pronosticar los resultados de una ejecución de producción, basados en el desempeño actual y pasado.
- k) Correlacionar los segmentos del producto con las condiciones de proceso en tiempo de producción.

**2.9.1 Funcionalidad del análisis de desempeño de producción.** El análisis de desempeño de producción tiene en cuenta los indicadores claves de desempeño de producción los cuales son los objetivos o metas de manufactura que se deben alcanzar. Esta información contiene el tipo de indicador de producción y el valor del mismo definido en el nivel de negocio. De cada ejecución de producción realizada surgen o se generan diferentes valores de indicadores de producción. Para determinar los valores de los indicadores de producción esta actividad tiene en cuenta los datos de operación, estado de equipos y uso de recursos. En el caso de que no se hayan definido los valores de los KPIs se comparan y confrontan los indicadores de producción de las diferentes ejecuciones para identificar las mejores ejecuciones, las cuales describen las condiciones óptimas de funcionamiento.

El análisis de desempeño de producción realiza un análisis de proceso en el cual los indicadores de producción de diferentes ejecuciones de producción son comparados con los KPIs de producción para determinar una nueva ejecución “dorada” o una ejecución defectuosa. Una vez determinado cualquiera de estos dos casos se realiza un análisis de trazabilidad de los recursos para conocer qué actividad sucedió, cómo sucedió, dónde sucedió, cuándo sucedió, y quién lo realizó. Para llevar a cabo este análisis de trazabilidad el análisis de desempeño de producción se basa en la información de datos de desempeño para establecer qué recursos estuvieron involucrados en la producción y por medio del histórico del uso de los recursos se puede analizar el comportamiento de cada uno de los recursos involucrados durante el tiempo de ejecución. Estos análisis dan como resultado la identificación de cambios en el proceso, procedimiento y producción. Cuando se encuentra una ejecución “dorada” puede involucrar el cambio de los valores de los actuales KPIs por los valores de los indicadores de producción de esta ejecución. Los indicadores de producción son reportados a nivel de negocio para su posterior análisis.

Además el análisis de desempeño de producción puede realizar una simulación del proceso basándose en la disponibilidad de los recursos de producción, para modelar cómo un material se desplaza a través de la planta y evaluar cómo el proceso responde a los cambios. Esta simulación puede ser utilizada para predecir las propiedades de los materiales y pronosticar los resultados de una ejecución de producción.

**2.9.2 Flujos de información desde y hacia el análisis de desempeño de producción**

**Tabla 8. Flujo de Información desde y hacia análisis de desempeño de producción**

Interfaz		Contenido de datos		
Análisis de desempeño de producción	→	Nivel 4	- Indicadores de producción.	N I V E L  4
	←		Administración de políticas y modelos.	
	→	Administración de definición del producto	Cambios identificados para proceso, procedimientos y producción.	N I V E L  3
	←		Definiciones de KPIs de producción.	
	←	Recolección de datos de producción	Datos históricos de recursos. Puede incluir: - Datos de operación - Estado de equipos - Uso de recursos.	
	→	Seguimiento de producción	Datos de desempeño y calidad.	
	←		Datos de desempeño y calidad.	
	←	Administración de recursos de producción	Disponibilidad de recursos de producción.	

Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

### **3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ULTRAPASTEURIZACIÓN DE LECHE (UHT)**

En este capítulo se realiza la descripción del proceso llevado a cabo en la empresa caso de estudio relacionado con la fabricación de leche UHT en bolsa utilizado para la aplicación de la categoría “administración de operaciones de producción” del estándar ISA S95, en el cual se detallan las diferentes etapas de proceso involucradas en la fabricación de leche UHT en bolsa.

A continuación se presenta el proceso de ultrapasteurización de leche que inicia con la etapa de proceso de adecuación y tratamiento previo al proceso de UHT y finalmente con la etapa de proceso de UHT y empaquetado del producto.

#### **3.1 ADECUACIÓN Y TRATAMIENTO PREVIO AL PROCESO UHT [10]**

La adecuación y tratamiento esta compuesta de las siguientes operaciones de proceso:

**3.1.1 Filtrado.** Mediante un filtro de placas se realiza un filtrado con el fin de evitar el paso de partículas no deseadas o contaminantes.

**3.1.2 Termización.** La leche cruda es llevada a una temperatura de inhibición bacteriana de 4°C para evitar deterioro mientras se procesa o durante el almacenamiento. Se realiza en el intercambiador de placas que utiliza un sistema de enfriamiento con agua fría re-circulada proveniente de un banco de hielo.

**3.1.3 Almacenamiento.** La leche es transportada hacia los silos y tanques de almacenamiento con la ayuda de una motobomba y a través de tuberías de acero inoxidable; finalmente la leche es almacenada y debe mantener la temperatura de 4 °C antes de pasar al proceso productivo. Posterior al almacenamiento se realiza una prueba de análisis fisicoquímico con el fin de verificar ciertas características de la leche como la materia grasa y la densidad.

**3.1.4 Estandarización y clarificación.** El objetivo es garantizar los porcentajes de grasa y sólidos totales, y demás características acordes a las especificaciones del producto. En la estandarización, intervienen dos áreas de la empresa, el laboratorio de calidad y producción. Según los resultados de laboratorio y las especificaciones de la leche para UHT, el flujo de leche descremada y un porcentaje específico de crema deben ser recombinados. De igual manera si el porcentaje de sólidos totales son bajos se adiciona lactosa y micro ingredientes, y si es alto se adiciona agua.

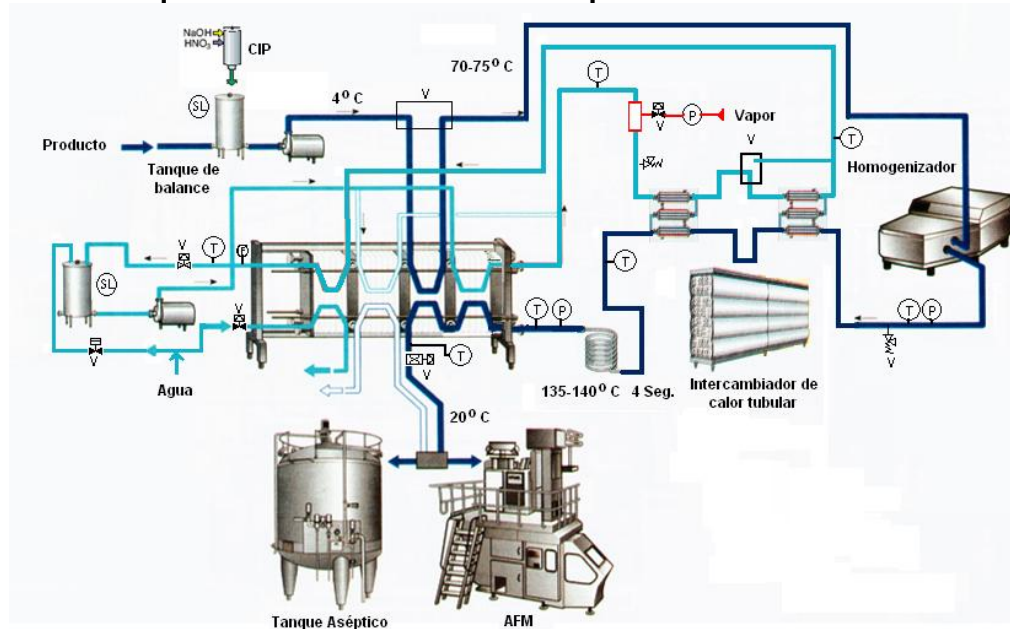
Este proceso se realiza en el equipo de rehidratación y estandarización. El equipo está compuesto por un tanque, una tolva, un mezclador triblender y un juego de válvulas. En este equipo se realiza la formulación de la leche entera UHT. Luego de la adecuación, almacenamiento y estandarización de la materia prima, la leche es impulsada con motobombas por tuberías de acero inoxidable hacia los equipos de la línea de Ultrapasteurización.

### 3.2 PROCESAMIENTO UHT Y EMPACADO [10]

El proceso UHT es una técnica aplicada para la conservación de productos alimenticios líquidos, en este caso a la leche, cuyo objetivo, no sólo es lograr la esterilidad del producto, sino también la conservación de la mayor parte de las propiedades de la leche en cuanto al sabor, el color, el contenido en vitaminas, la distribución de las materias nitrogenadas y los equilibrios salinos; en general podemos decir que el producto conservará las características nutricionales y sensoriales de manera inalterables durante su vida útil.

El tratamiento UHT es un proceso que consta de un equipo de calentamiento sumado al equipo apropiado de envasado. Este proceso consta de varias etapas las cuales realizan una tarea específica que garantizan la mejor calidad del producto terminado. La Figura 31 indica el esquema del proceso de leche UHT caso de estudio.

**Figura 31. Esquema de la línea UHT de la empresa caso de estudio**



Fuente: Aplicación de la Norma ISA S95 a un Caso de Estudio. p. 66.

**3.2.1 Recepción en el tanque de balance.** La leche que ya ha sido adecuada y estandarizada es conducida a través de una tubería de acero inoxidable, impulsada por una motobomba hasta el tanque de balance de la línea UHT. El propósito de este tanque es el de garantizar un flujo constante de leche hacia el proceso.

**3.2.2 Regeneración.** Llamada también precalentamiento, el objetivo de esta etapa es acondicionar el fluido en proceso antes de la etapa de calentamiento. La leche que ingresa a una temperatura de 4°C es elevada a una temperatura de 70 a 75 °C, temperatura a la cual el producto es correctamente homogenizado. Este subproceso se lleva a cabo en intercambiador de calor, que hace parte del equipo de ultrapasterización (STERITHERM), donde se realiza una transferencia térmica desde la leche caliente ya procesada, que fluye desde la otra sección del STERITHERM hacia la leche cruda que ingresa al proceso de UHT.

**3.2.3 Homogenización.** El proceso de homogenización consiste en la dispersión del glóbulo graso de la leche, al punto de no permitir su separación de la leche tras un período prolongado en reposo. En este proceso se reduce el tamaño de los glóbulos grasos que tienen un diámetro de 1-5µm a diámetro uniforme de 0.5-1µm, impidiendo así que estos se unan, asciendan y formen la capa de nata. La reducción del diámetro de los glóbulos grasos se logra aplicando fricción a alta presión.

**3.2.4 Ultrapasteurización - esterilización.** El tratamiento de esterilización UHT es un proceso continuo donde al producto se lo calienta hasta llegar a la temperatura de esterilización (135° C a 140°C), la cual se mantiene durante un corto de tiempo (2 a 4 segundos). El propósito del tratamiento UHT es lograr esterilidad comercial en el producto.

En la empresa caso de estudio, la esterilización de la leche se lleva a cabo en el STERITHERM a través de un tratamiento térmico en el intercambiador de calor tubular. El elemento de calentamiento es vapor saturado proveniente de la caldera.

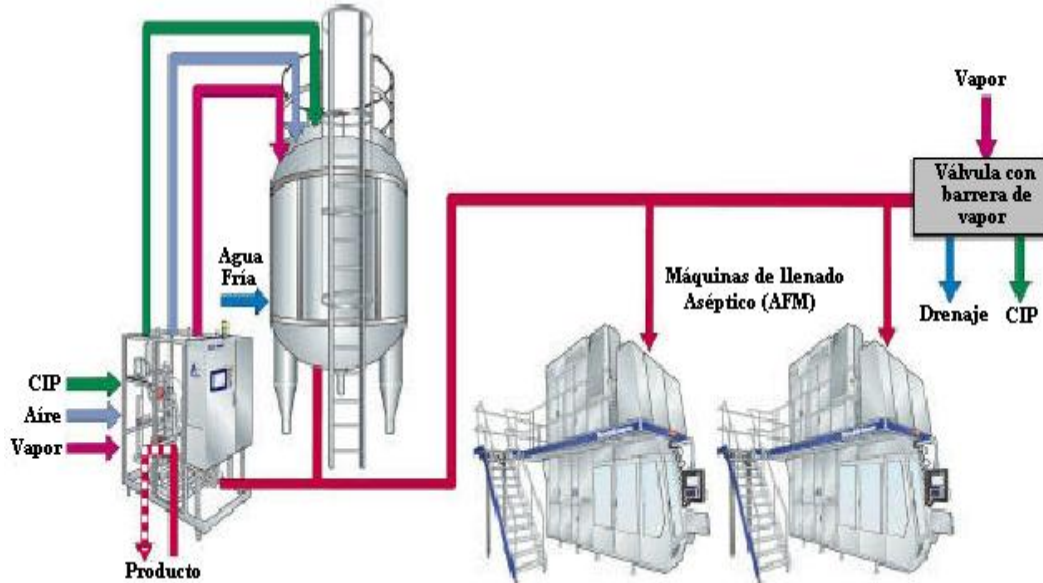
**3.2.5 Retención.** A la temperatura de ultrapasteurización y bajo presión, la leche caliente atraviesa el tubo de sostenimiento o serpentín donde permanece por aproximadamente 4 segundos, garantizando el tiempo de sostenimiento de la temperatura de ultrapasteurización, según las especificaciones del proceso UHT.

**3.2.6 Enfriamiento.** Se realiza un choque térmico bajando la temperatura del fluido en proceso a temperatura ambiente 20 °C, mediante el intercambio de calor entre el fluido en proceso caliente y agua fría a temperatura de 1 °C proveniente del banco de frío.



**3.2.7 Recepción en Tanque de Producto Terminado STERITANK.** Una vez que la leche es sometida al tratamiento UHT debe ser almacenada de manera aséptica como paso intermedio entre el tratamiento UHT y el envasado o empaque del producto. Este almacenamiento intermedio se realiza en un tanque refrigerado que garantiza la asepsia del producto mientras éste espera para ser empacado, como se observa en la Figura 32.

**Figura 32. Esquema Tanque de Almacenamiento Aséptico**



Fuente: *Ibid.*, p. 68.

**3.2.8 Empacado.** Se envasa el producto en recipientes previamente esterilizados que una vez llenados y cerrados garantizan unas condiciones asépticas de conservación. La operación de empacado de leche UHT en bolsa se realiza en la máquina ELECSTER.

## **4 APLICACIÓN DE LA ADMINISTRACION DE OPERACIONES DE PRODUCCIÓN A UN CASO DE ESTUDIO**

Una aplicación del estándar ISA S95 ayuda a obtener información detallada de las funciones y el intercambio de información dentro de una empresa. El estándar puede ser aplicado a diferentes ambientes industriales en los cuales se contemplan procesos de producción tipo tanda, discreto y continuo.

Para la aplicación del modelo de actividad de la categoría administración de operaciones de producción de la parte 3 del estándar ISA S95, se tiene como caso de estudio una empresa dedicada a la producción y comercialización de productos lácteos, la cual maneja los diferentes tipos de procesos de producción.

La empresa caso de estudio maneja diferentes plantas de producción a nivel nacional e internacional, en donde la aplicación es llevada a cabo en una de las plantas que fabrica leche UHT en bolsa (200cc, 450cc y 900cc) y leche pasteurizada en bolsa (1000cc). La aplicación se centra en la producción de leche UHT en bolsa de 900cc que se fabrica en la planta de producción estudiada.

A continuación se describe la metodología llevada a cabo para la aplicación de la administración de operaciones de producción a la empresa caso de estudio. Posteriormente se detalla las funcionalidades que realizan las actividades de nivel de negocio como programación de producción e investigación, desarrollo e ingeniería con el objeto de abarcar mejor la ejecución de manufactura de la empresa caso de estudio. Y finalmente se realiza una descripción detallada de cómo se lleva a cabo en la empresa caso de estudio cada una de las actividades de la administración de operaciones de producción, qué flujos de información contempla y cómo son definidos.

### **4.1 PASOS PARA LLEVAR A CABO LA APLICACIÓN EN CASO DE ESTUDIO**

Para llevar a cabo la aplicación se recolecta información acerca del proceso de fabricación de leche UHT e información sobre la programación, ejecución y seguimiento de producción en la planta de producción de la empresa caso de estudio. Con base en esta información se identifica cada una de las actividades del modelo de la categoría administración de operaciones de producción y los flujos de información intercambiados entre estas actividades. Lo anterior con el propósito de analizar el cumplimiento de la empresa caso de estudio con respecto a lo definido en el estándar ISA S95 en lo referente a la administración de operaciones de producción.

Los pasos por seguir para la aplicación de la categoría de la administración de operaciones de producción es la siguiente:

1. **Recolectar y estructurar la información de producción de la empresa caso de estudio.** Recolección y organización de la información relacionada con la fabricación de leche UHT y la programación, ejecución y seguimiento de producción. Esto se realiza por medio de entrevistas al personal de producción.
2. **Identificar la dinámica de funcionamiento del proceso de producción.** Análisis de las operaciones de producción que se realizan en el área de producción en lo referente a la fabricación de leche UHT dentro de la empresa caso de estudio.
3. **Modelar las actividades de producción de la empresa caso de estudio.** Identificación de las actividades de administración de operaciones de producción en el área de producción de la empresa caso de estudio mediante el modelo de actividad de la categoría administración de operaciones de producción.
4. **Identificar el flujo de información entre las actividades.** Identificación de los flujos de información entre las actividades de administración de operaciones de producción en la empresa caso de estudio mediante el modelo de actividad de la categoría administración de operaciones de producción.
5. **Modelar la información intercambiada entre el nivel de negocio y de manufactura para la empresa caso de estudio.** Se modela la definición de producto, capacidad de producción, programa de producción y desempeño de producción dentro de la empresa caso de estudio
6. **Desarrollar los documentos B2MML de intercambio de información entre el nivel de negocio y de manufactura para la empresa caso de estudio.** Se desarrollan los documentos B2MML de la definición de producto, programa de producción, capacidad de producción y desempeño de producción de la empresa caso de estudio.

## **4.2 ACTIVIDADES DEL NIVEL DE NEGOCIO**

Para abarcar todo el ciclo de manufactura o la dinámica de la administración de operaciones de producción durante la ejecución de fabricación de un determinado volumen de producción dentro de la empresa caso de estudio se tiene en cuenta dos actividades de nivel de negocio las cuales son programación de producción e investigación, desarrollo e ingeniería. Con la identificación de cómo se desempeñan estas dos actividades dentro de la empresa caso de estudio se puede establecer el nivel de responsabilidad que la empresa maneja correspondiente a la administración de operaciones de producción.

**4.2.1 Investigación, desarrollo e ingeniería.** A nivel corporativo y nacional existe el área de investigación, desarrollo e ingeniería la cual esta ubicada en Bogotá. El personal de metrología, mantenimiento, desarrollo y calidad de esta área realiza visitas a cada planta para mirar el desarrollo del producto y observar las eficiencias de los equipos.

Además el área R&D diseña nuevos por mes, para lo cual realiza una cantidad de ensayos una vez se encuentre en etapa de desarrollo hasta establecer las especificaciones de los productos nuevos y dependiendo de los resultados que se obtengan se analiza la viabilidad para definir si se llevan a cabo o no y en donde se va a realizar la fabricación. Cada producto desarrollado tiene un aval de la corporación y una patente, los cuales son codificados de manera diferente y enviados a cada planta de producción.

Antes de sacar un producto al mercado o de hacer maquila con una empresa en particular, el área de R&D verifica el sistema de gestión de calidad en donde este debe estar bien estructurado, lo cual es una política de la empresa.

En la empresa caso de estudio se maneja una variedad de productos los cuales son fabricados en las diferentes plantas de producción a nivel nacional e internacional, en donde algunas realizan los mismos productos pero en diferentes zonas geográficas. Para un producto que se fabrica en varias plantas se tiene el mismo código pero con versiones diferentes, lo cual puede depender por ejemplo del sellado de la bolsa.

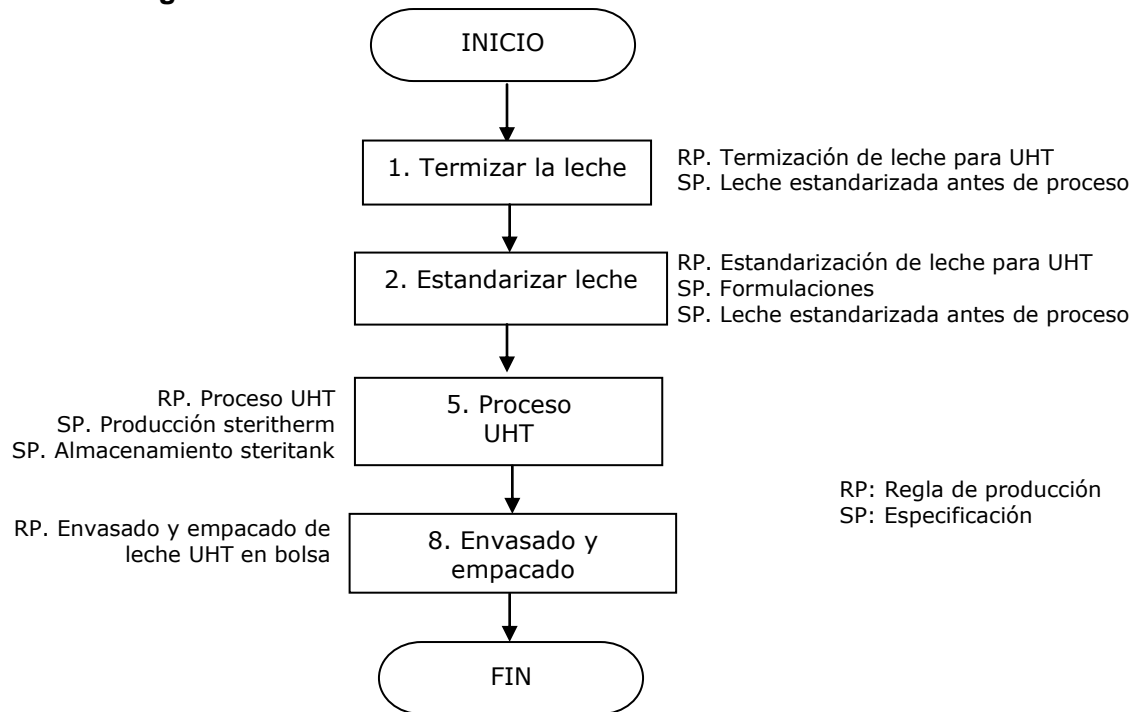
En la fabricación de un producto las reglas de producción que se utilizan deben ser las mismas en cada planta de producción para garantizar que el producto que se obtenga de cada una de ellas sea el mismo, para lo cual la empresa caso de estudio debe asegurar que los estándares de calidad sean los mismos en cuanto al proceso, estandarización y producto, independiente del equipo y personal que se maneje en cada planta de producción.

La empresa caso de estudio esta avalada por la ISO 9001:2000 y las normas técnicas legales tanto de materias primas, productos en proceso, productos terminados y medio ambiente.

Como se ha mencionado el área de R&D es la encargada de desarrollar los nuevos productos, para lo cual establece una parte de la definición del producto ya que define las reglas de producción, las rutas de producción y los segmentos de producto con sus respectivas especificaciones de material. A continuación se muestra la definición del producto establecida para la leche UHT en bolsa de 900cc.

Para la fabricación de leche UHT en bolsa el área R&D de la empresa caso de estudio define una regla de producción que muestra de forma general la producción de leche UHT en bolsa y contiene especificaciones de operación y reglas de producción mas detalladas, como se muestra en la Figura 33.

**Figura 33. Regla de producción para la fabricación de leche UHT en bolsa en el nivel de negocio**

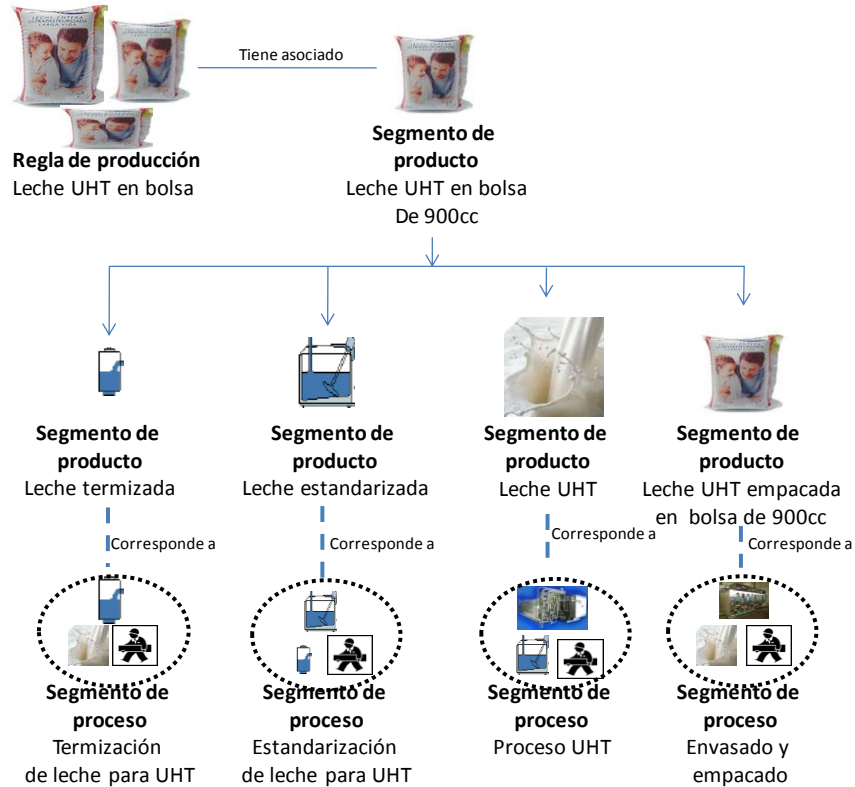


Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

Las reglas de producción detalladas llamadas instrucciones de trabajo (WI) dentro de la planta y las especificaciones de operación son detalladas en el Anexo A.

Los segmentos de producto están relacionados con el procedimiento de la regla de producción de la fabricación de leche UHT en bolsa. Los segmentos definidos en el área de R&D para la leche UHT en bolsa de 900cc son los mostrados a continuación.

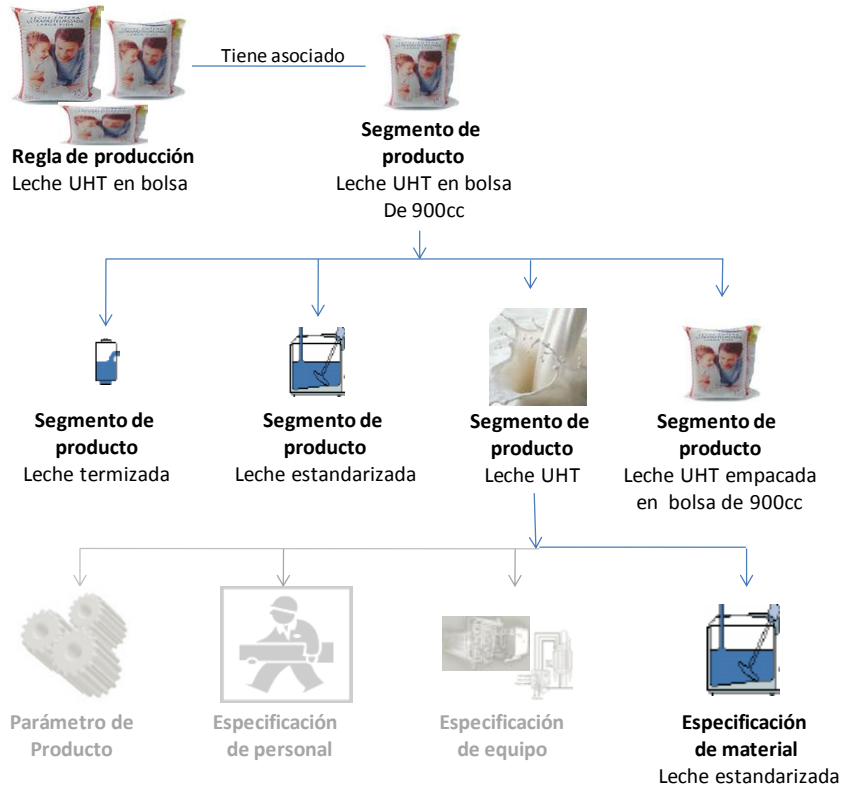
**Figura 34. Modelo de definición de la leche UHT en bolsa de 900cc en el nivel de negocio**



Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

Las especificaciones del recurso material para cada segmento de producto se definen a nivel de negocio por el área R&D, como se muestra en la Figura 35. Cabe aclarar que sólo se detalla el segmento de producto de leche UHT del segmento de producto de leche UHT en bolsa de 900cc ya que no es el objetivo del proyecto detallar toda esta información. En lo referente a las especificaciones de los recursos equipo y personal para cada segmento de producto se realiza internamente a nivel de manufactura en cada planta; esta parte se profundiza más adelante.

**Figura 35. Especificación de material para el segmento de producto de leche UHT**



Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

La definición del producto para la fabricación de leche UHT en bolsa es enviada por el área de R&D a cada planta de producción que la produce; esta información es presentada a continuación en formato B2MML realizado con la herramienta XMLSPY.

**Figura 36. Información de producto generada en XML**

XML	
Comment	edited with XML Spy v4.2 U ( <a href="http://www.xmlspy.com">http://www.xmlspy.com</a> ) by Ba-k (ZonaWarez.com)
Comment	edited with XMLSpy ( <a href="http://www.altova.com">http://www.altova.com</a> ) by Carlos Franco - David Lopez (Automation R+D Group Unicauca)
ProductInformation	
xmlns	<a href="http://www.wbf.org/xml/b2mml-v0300">http://www.wbf.org/xml/b2mml-v0300</a>
xmlns:Extended	<a href="http://www.wbf.org/xml/b2mml-v0300-extensions">http://www.wbf.org/xml/b2mml-v0300-extensions</a>
xmlns:xsi	<a href="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance</a>
xsi:schemaLoca...	<a href="http://www.wbf.org/xml/b2mml-v0300">http://www.wbf.org/xml/b2mml-v0300</a> D:\B2MML-V0300\B2MML-V0300-ProductDefinition.xsd
ID	IP01
Description	Contiene la información de los segmentos de producto para la fabricación de leche UHT en bolsa.
Location	
PublishedDate	2008-01-04T14:00:00
ProductDefinition	
ProductDefinition	
ProductDefinition	
Comment	Elemento que contiene la información de definición de producto para leche UHT en bolsa de 900 cc.
Comment	Código de la definición de producto
ID	D_UHT_900
Description	Contiene la información de definición de producto que establece la forma de elaboración de leche UHT en bolsa de 900cc.
Comment	la localización es utilizada para indicar que la información de producto corresponde a información asociada a los centros de trabajo de fabricación de leche UHT dentro del área de producción.
Location	
EquipmentID	Area_PD
EquipmentElem...	Area
Comment	ID de la regla de producción es externa
ProductProducti...	RPROD_UHT
Comment	ID de la lista de materiales asociada a la fabricación de leche UHT en bolsa de 900cc.
BillOfMaterialsID	LM_UHT_900
Comment	ID lista de recursos necesarios para la elaboración de leche UHT en bolsa de 900cc
BillOfResourcesID	LR_UHT_900
ManufacturingBill	(5)
Comment	SEGMENTO DE PRODUCTO LECHE UHT
ProductSegment	

Fuente: Elaboración propia en la herramienta XML SPY, marzo 28 de 2008

El documento B2MML llamado ProductDefinitionUHT.xml que representa la instancia de la definición del producto para la leche UHT en bolsa en B2MML se anexa como archivo digital. Se sugiere que para el análisis de los documentos XML se utilice la herramienta software Altova XMLSPY que puede ser obtenido en el sitio web [www.altova.com](http://www.altova.com) y además para la comprobación de estos documentos XML con los esquemas B2MML la ubicación de la carpeta con los esquemas B2MML-V0300 que se anexa como archivo digital debe ser D:\B2MML-V0300. La explicación de la estructura del formato B2MML no es el objetivo del proyecto; para información sobre esta parte referenciarse a los documentos de los esquemas B2MML que pueden ser obtenidos en el sitio [www.wbf.org](http://www.wbf.org).

Por otro lado el área R&D se encargada de definir los indicadores claves de desempeño que son iguales para cada una de las plantas de producción; también son llamados indicadores macros que ayudan a medir los logros alcanzados en la empresa. El indicador que maneja la empresa a este nivel es la eficiencia de producción. En el Anexo A se describe con detalle los KPIs que maneja la empresa.



A continuación se muestran los flujos de información existentes en la empresa caso de estudio correspondiente a la actividad investigación, desarrollo e ingeniería.

**Tabla 9. Flujos de Información de la empresa caso de estudio desde y hacia investigación, desarrollo e ingeniería**

Interfaz		Contenido de datos	Caso de estudio
Investigación, desarrollo e ingeniería (R&D) Nivel 4	→  Administración de definición del producto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definición del producto de sitio.</li> <li>- Definiciones de los indicadores claves de producción (KPIs).</li> </ul>	<p>A nivel corporativo y nacional existe el área de investigación, desarrollo e ingeniería ubicada en Bogotá, encargado de realizar las definiciones de producto; cada producto tiene un código y es enviado a cada planta, para quedar a disposición de control de calidad y producción.</p> <p>Esta área desarrolla una parte de la definición del producto, en donde define:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Las reglas de producción, definidas en la empresa como WI</li> <li>- Las rutas de producción, definidas en la empresa como la secuencia de producción dadas por WI</li> <li>- Las especificaciones de materiales para cada segmento de producto, definidas en la empresa como las especificaciones de materias primas y materiales.</li> </ul> <p>Además define los indicadores claves de desempeño de producción, los cuales son similares para todas las plantas y tienen que ver con,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eficiencias de producción</li> </ul>

**N I V E L 3**

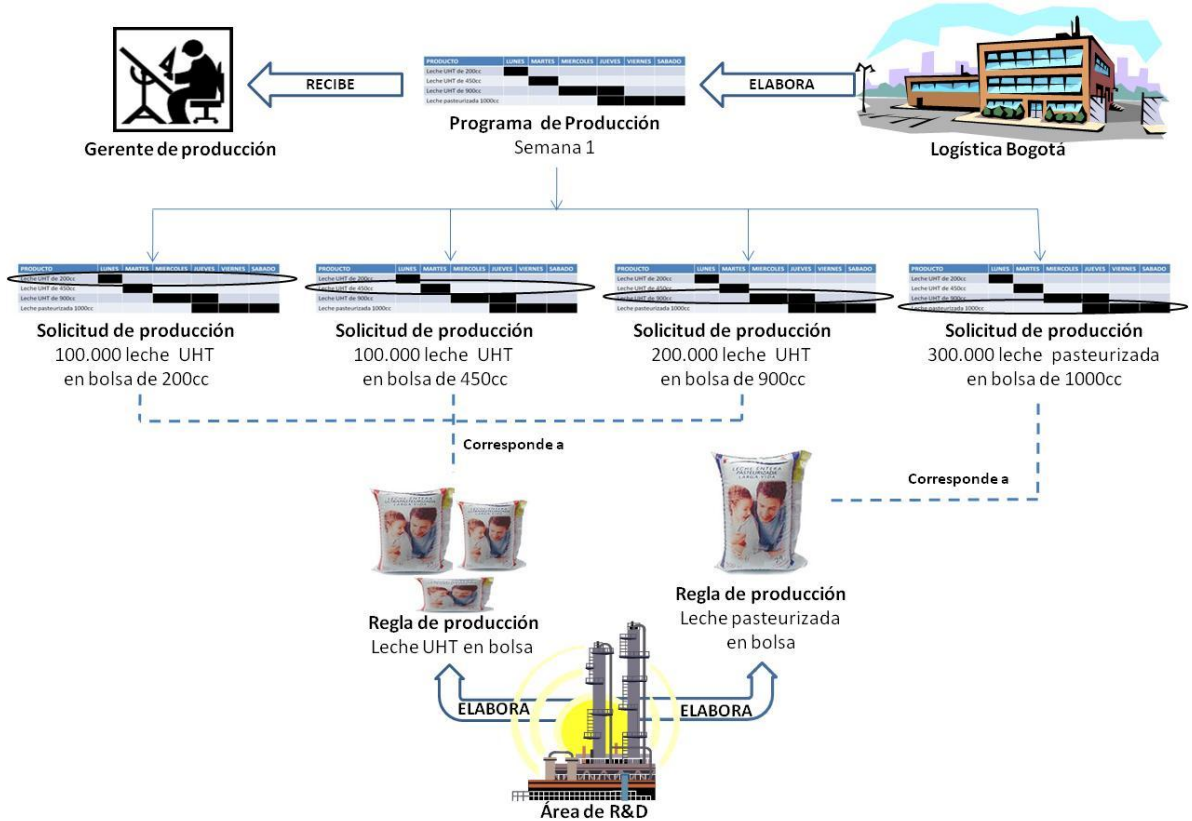
Interfaz		Contenido de datos	Caso de estudio	N I V E L  3
			- Cumplimiento al programa de producción  Estos KPIs son administrados por el gerente de producción en cada planta.	
	←	Definición del producto de sitio – específico.	No se evidencio dentro de la empresa caso de estudio.	

Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

**4.2.2 Programación de producción.** El programa de producción es elaborado en el área de logística en Bogotá, la cual esta encargada de hacer toda la programación de producción a las diferentes plantas; para ello tiene las necesidades y toda la información concerniente a esto. Básicamente para la determinación del programa de producción de nivel de negocio la empresa tiene en cuenta las capacidades de producción de las plantas (cantidad de producto terminado por unidad de tiempo), las solicitudes del área de ventas y el inventario de producto terminado. Con base en esta información se determina la cantidad de producto terminado que se encuentra en inventario y se compara con la solicitud del área de venta para establecer la cantidad de productos por producir. El programa de producción está compuesto de la solicitud de cantidad de producto para una fecha determinada (fecha de inicio y entrega).

A continuación se presenta el programa de producción de nivel de negocio tenido en cuenta para la aplicación de la administración de operaciones de producción dentro de la empresa caso de estudio.

**Figura 37. Programa de producción de nivel negocio**



Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

**Tabla 10. Programa de producción de nivel de negocio**

PRODUCTO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
Leche UHT de 200cc	100.000					
Leche UHT de 450cc		100.000				
Leche UHT de 900cc			100.000	100.000		
Leche pasteurizada 1000cc				100.000	100.000	100.000

Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

En la empresa caso de estudio se realiza un programa de producción semanal discriminado diariamente el cual es enviado desde el área de logística en Bogotá al gerente de producción de cada planta. Este programa de producción de nivel de negocio se muestra a continuación en formato B2MML realizado con la herramienta XMLSPY.

**Figura 38. Programa de producción de nivel de negocio generado en XML**

XML	
	Comment edited with XML Spy v4.2 U ( <a href="http://www.xmlspy.com">http://www.xmlspy.com</a> ) by Ba-k (ZonaWarez.com)
	Comment edited with XMLSpy ( <a href="http://www.altova.com">http://www.altova.com</a> ) by Carlos Franco - David Lopez (Automation R+D Group Unicauca)
<b>ProductionSchedule</b>	
	<b>xmlns</b> http://www.wbf.org/xml/b2mml-v0300
	<b>xmlns:Exten...</b> http://www.wbf.org/xml/b2mml-v0300-extensions
	<b>xmlns:cc</b> urn:un:unece:uncefact:data:documentation:CoreComponentTypeSchemaModule:1.0
	<b>xmlns:xsi</b> http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance
	<b>xsi:schemaL...</b> http://www.wbf.org/xml/b2mml-v0300 D:\B2MML-V0300\B2MML-V0300-ProductionSchedule.xsd
	<b>ID</b> PP01
	<b>Description</b> Este documento contiene la información del programa de producción establecido para los centros de trabajo para la fabricación de leche UHTy Pasteurizada donde se indica las diferentes presentaciones y sus cantidades que se deben elaborar en las fechas especificadas
<b>Location</b>	
	<b>PublishedDate</b> 2008-02-01T14:00:00
	Comment Se especifica el lapaso de tiempo en el cual el sistema de negocios espera que todo el programa de produccion sea ejecutado en la semana.
	<b>StartTime</b> 2008-02-04T06:00:00
	<b>EndTime</b> 2008-02-09T22:00:00
<b>ProductionRequest</b>	
<b>ProductionRequest</b>	
<b>ProductionRequest</b>	
	Comment Identificador de la solicitud de producción
	<b>ID</b> SP03
	<b>Description</b> Solicitud para que se fabriquen 200.000 unidades de Leche UHT en bolsa de 900cc.
	Comment Especifica el Id de la regla de produccion que define como se debe elaborar el producto
	<b>ProductProducti...</b> RPROD_UHT
	Comment Tiempo en que el sistema de Negocios espera que se inicie y finalice la ejecución de esta solicitud de producción
	<b>StartTime</b> 2008-02-06T06:00:00
	<b>EndTime</b> 2008-02-07T22:00:00
	Comment Prioridad que se le debe dar a la solicitud de producción, (1-5). 5 máxima prioridad, esta prioridad es determinada por las políticas de la empresa
	<b>Priority</b> 5
<b>SegmentRequirement</b>	
<b>ProductionRequest</b>	

Fuente: Elaboración Propia en la herramienta XML SPY, marzo 28 de 2008.

El documento B2MML llamado ProductionScheduleUHT.xml se anexa como archivo digital.

En la planta analizada el programa de producción de nivel de negocio es enviado vía mail al gerente de producción con copia a los encargados de organizar los turnos y los recursos de producción como el jefe de producción, jefe de mantenimiento, jefe de calidad, el supervisor de los centros de trabajo de fabricación de leche UHT y el supervisor de los centros de trabajo de fabricación de leche pasteurizada. Cada jefe de área con base al programa establece los trabajos que tienen que ver con sus respectivas áreas.

El área de logística en Bogotá también tiene una base de datos de los stocks de cada producto terminado por cada región para determinar el cumplimiento de los programas y las ventas.

A continuación se muestran los flujos de información existentes en la empresa caso de estudio correspondiente a la actividad programación de producción.

**Tabla 11. Flujos de Información de la empresa caso de estudio desde y hacia programación producción**

Interfaz		Contenido de datos	Caso de estudio	N I V E L  3
Programación de producción	→	Programa de producción para un periodo de largo plazo.	<p>Desde logística (Bogotá) se envía el programa de producción para un periodo de una semana; este envío es realizado vía mail cada viernes de semana a todas las plantas de producción del suroccidente colombiano. Este consta de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Solicitudes de producción, definidas en la empresa como las cantidades por producir de un producto para una fecha determinada (fecha de inicio y entrega)</li> </ul> <p>Este programa viene discriminado diariamente, es decir, solicitudes de producción para cada día.</p>	

Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

### 4.3 ACTIVIDADES DEL NIVEL DE MANUFACTURA

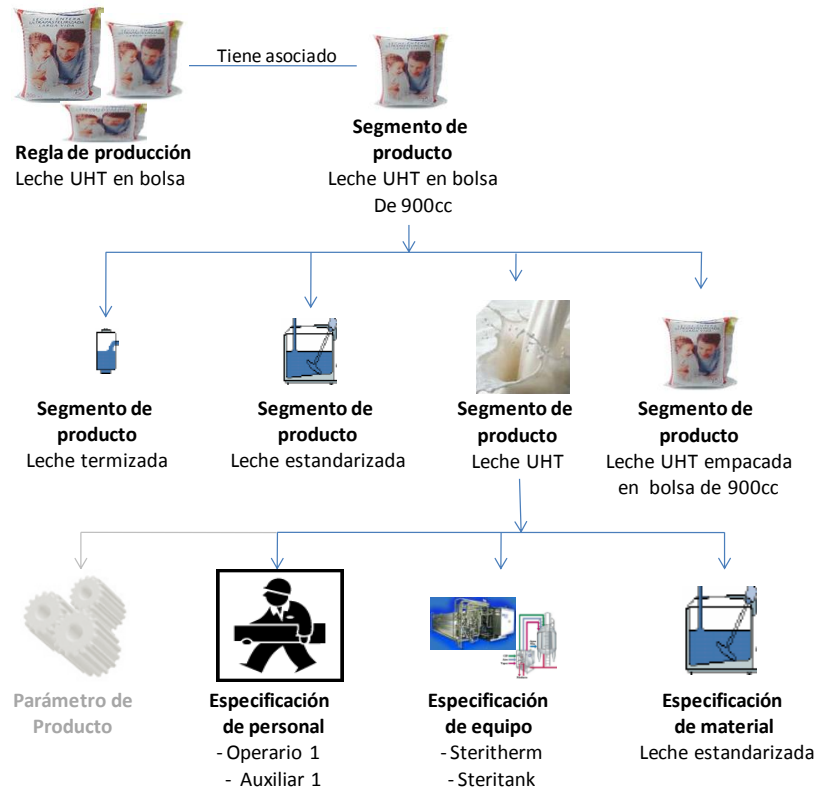
**4.3.1 Administración de definición del producto.** Como se indicó anteriormente las definiciones del producto de sitio de la empresa caso de estudio son desarrolladas en el área de R&D pero no en su totalidad. En cada planta de producción de la empresa, la administración de definición del producto es la encargada de ampliar estas definiciones en definiciones específicas de sitio basándose en los recursos de producción como el

personal, equipo y material ubicados en la planta local, lo cual es elaborado por el jefe de calidad y el gerente de producción con sus respectivos colaboradores como los supervisores de los centros de trabajo y el jefe de mantenimiento.

Las ampliaciones que surgen al nivel de manufactura son debidas a que el personal y equipo que se maneja en cada planta de producción son diferentes, y además debido a nuevos procesos relacionados con la limpieza y puesta en marcha que difieren en cada planta, como por ejemplo los lavados, esterilizaciones y arranque. Las ampliaciones de la definición del producto están orientadas a las especificaciones de los segmentos de producto no definidos en el área de R&D y las reglas de producción relacionadas con la limpieza y puesta en marcha. Para llevar a cabo estas ampliaciones dentro de la planta de producción estudiada el jefe de calidad y gerente de producción tienen como base la información acerca de los segmentos de producto y reglas de producción definidas en el área R&D, lo cual no conlleva a que se generen nuevos segmentos de producto ya que las modificaciones están más relacionadas con el como llevar a cabo el proceso de fabricación que con el producto.

Los supervisores y el jefe de mantenimiento se encargan de definir las especificaciones de personal y equipo respectivamente para cada segmento de producto las cuales no fueron determinadas en el área de R&D. Como ya se mencionó, sólo se hace un estudio a la fabricación de leche UHT en bolsa de 900cc. Para lo cual las especificaciones de los recursos equipo y personal para el segmento de producto leche UHT son definidas como se muestra en la Figura 39.

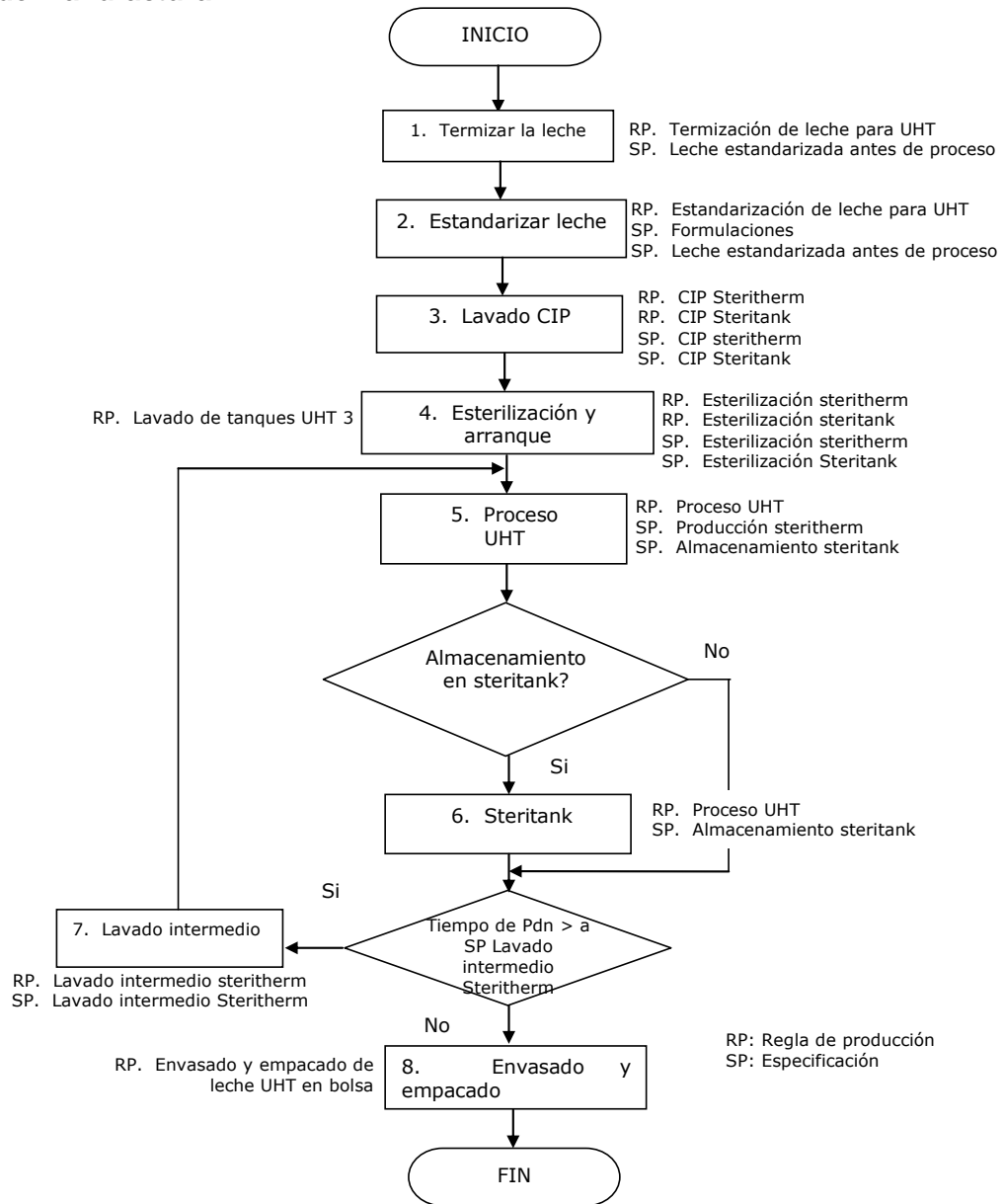
**Figura 39. Modelo de definición de la leche UHT en bolsa de 900cc en el nivel de manufactura**



Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

La regla de producción del proceso de fabricación de leche UHT en bolsa definida en el nivel de negocio es ampliada a la regla de producción mostrada en la Figura 40. Esta ampliación es realizada por el área de calidad dentro de la planta de producción estudiada.

**Figura 40. Regla de producción para la fabricación de leche UHT en bolsa en el nivel de manufactura**



Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

En la ampliación de la regla de producción para la fabricación de leche UHT en bolsa se definen nuevas reglas de producción, las cuales no están directamente relacionadas con la producción del producto como,

- Regla de producción para el lavado del tanque UHT.



- Regla de producción para el lavado CIP (*Cleaning In Place*) del Stheritherm.
- Regla de producción para el lavado CIP del Steritank.
- Regla de producción para la esterilización y arranque del Stheritherm.
- Regla de producción para la esterilización y arranque del Steritank.
- Regla de producción para el Lavado intermedio steritherm.

En el Anexo A se describe con detalle estas reglas de producción.

En la planta de producción estudiada también se definen y manejan las especificaciones que deben cumplir los servicios de energía, vapor, aire y gas, como por ejemplo, aguas duras, aire seco y vapor con un menor condensado lo cual es especificado por el fabricante de los equipos involucrados con estos servicios; esto es con el objeto de garantizar un correcto funcionamiento. También se tiene en cuenta a nivel de manufactura por medio del área de logística dentro de la planta analizada los requerimientos del cliente que son definidos dependiendo de lo que necesita, dónde lo necesita, tiempos de entrega y las cantidades por entregar.

Además de las ampliaciones que se le realizan para la definición del producto también se definen en la planta de producción estudiada las reglas específicas de proceso y equipo que hace referencia a los manuales de equipo donde se describe el funcionamiento (forma de lavado y esterilización), las especificaciones y como se operan los equipos de producción para la fabricación de leche UHT en bolsa, los cuales ya vienen definidos por los fabricantes de cada equipo. Adicionalmente a esto, existen diferentes documentos de control de manufactura en donde se definen varios ítems, los cuales contienen una especificación y un rango en el que se puede mover para garantizar la eficiencia del proceso. Estos documentos son definidos en esta actividad por control de calidad y producción, cada uno de estos documentos tiene asignado un código y son ubicados en el área correspondiente a su análisis. Los documentos de control de manufactura para la fabricación de leche UHT en bolsa son los descritos en la Tabla 12.

**Tabla 12. Documentos de control de manufactura para el proceso UHT**

<b>Código</b>	<b>Nombre Documento</b>	<b>Ubicación Archivo</b>
<b>DC 0801</b>	Condiciones de operación Steritherm	Oficina UHT
<b>DC 0802</b>	Control de turno diario UHT	Oficina UHT
<b>DC 2343</b>	Control físico-químico de leche antes de proceso	Laboratorio
<b>DC 2376</b>	Control lavado de equipos UHT	Oficina UHT
<b>DC 0401</b>	Solicitud de mercancía	Almacén
<b>DC 0406</b>	Solicitud de materia prima UHT	Almacén

Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

En el Anexo A se describe con detalle el documento de control de manufactura de condiciones de operación STERITHERM que es el que está relacionado con el segmento de producto de leche UHT.

Por otra parte a cada planta de producción de la empresa caso de estudio son enviados los KPIs desde el departamento de R&D los cuales son manejados por el gerente de producción en cada una de ellas. El gerente de producción de la planta analizada realiza el control de todos los indicadores con ayuda del jefe de planta, los supervisores y los encargados del control de calidad. El gerente de producción y el jefe de planta realizan un estudio sobre los KPIs y definen nuevos KPIs a nivel de producción con el fin de medir el comportamiento de la planta de producción internamente. Para determinar los nuevos KPIs se establece qué indicadores y qué valores se van a manejar basándose en los registros históricos, a los cuales se les realizan unas propuestas o estrategias para lograr los objetivos generando una meta y un tiempo para cumplirla. Los indicadores internos manejados en la planta de producción seleccionada son:

- Capacidad de utilización.
- Pérdidas de material de empaque.
- Porcentaje fuera de especificación.
- Cumplimiento del plan de calidad leche larga vida en bolsa.

En el Anexo A se describe con detalle los indicadores de producción que se manejan internamente en la planta de producción analizada.

A continuación se muestran los flujos de información existentes en la empresa caso de estudio correspondiente a la actividad administración de definición del producto.

**Tabla 13. Flujos de Información de la empresa caso de estudio desde y hacia administración de definición del producto**

Interfaz		Contenido de datos	Caso de estudio		
Programación de producción	➔	Programación detallada de producción	Programa de producción para un periodo de largo plazo.	Desde logística (Bogotá) se envía el programa de producción para un periodo de una semana; este envío es realizado vía mail cada viernes de semana a todas las plantas de producción del suroccidente colombiano. Este consta de:	<b>N I V E L  3</b>

				<p>- Solicitudes de producción, definidas en la empresa como las cantidades por producir de un producto para una fecha determinada (fecha de inicio y entrega)</p> <p>Este programa viene discriminado diariamente, es decir, solicitudes de producción para cada día.</p>	<p><b>N I V E L</b></p> <p><b>3</b></p>
--	--	--	--	--	---

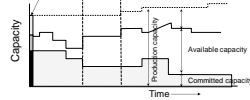
Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

**4.3.2 Administración de recursos de producción.** Como se mencionó anteriormente la empresa caso de estudio tiene diferentes plantas de producción las cuales determinan internamente sus capacidades. En la planta de producción estudiada la administración de recursos de producción es realizada por el jefe de planta con ayuda del área de recursos humanos, el área de materiales, área de recibo de leche, mantenimiento y los supervisores de los diferentes centros de trabajo. El personal involucrado con esta actividad se encarga de determinar la capacidad de producción de la planta específica basándose en los históricos y capacidades reales de producción, es decir, cuánto se es capaz de producir de cada producto, cuál es el tiempo en el que hay producción neta, y qué cantidades de equipos, personal y material se tienen; esto es evaluado internamente y esta enlazado con los costos de producción.

La capacidad de producción en la planta estudiada se establece por debajo de la real, debido a que se deben tener en cuenta los imprevistos o eventos inesperados que surjan durante la ejecución de una producción. Para controlar estos imprevistos existe dentro de la planta el manejo de recurso crítico que ayuda a prevenir problemas lo cual es hecho por el supervisor de recibo de leche cuando hace falta leche, recursos humanos cuando un operario o auxiliar se enferma o lo incapacitan entonces se reemplaza por otro que cumpla con las especificaciones del segmento de proceso y producto, y mantenimiento cuando se daña un equipo lo cual es crítico ya que los repuestos no se consiguen a nivel nacional, esta parte se maneja con un stock o teniendo una alternativa de proceso.

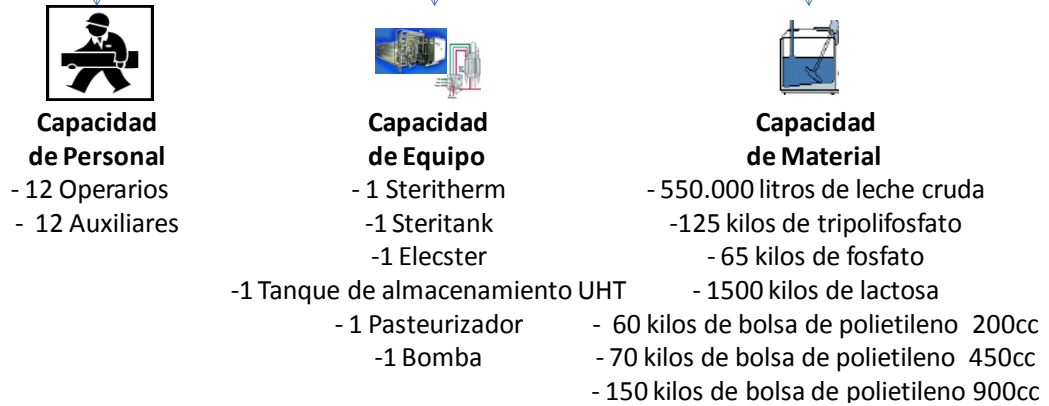
La capacidad de producción es reportada por el gerente de producción a Bogotá en donde necesitan conocer las capacidades de todas las plantas de producción con el fin de realizar la programación y la distribución de las solicitudes de producción a las diferentes plantas de producción dependiendo de la proyección de ventas que se tenga en el momento. En la Figura 41 se muestra el modelo de capacidad de producción del área de producción para la fabricación de leche UHT en bolsa y en la Figura 42 la capacidad de producción del área de producción para la fabricación de leche UHT en formato B2MML realizado con la herramienta XML SPY.

**Figura 41. Modelo de capacidad de producción del área de producción para la fabricación de leche UHT en bolsa en el nivel de manufactura**



**Capacidad de producción**

La capacidad de los centros de trabajo para la fabricación de leche UHT semana 1



Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

**Figura 42. Capacidad de producción de nivel de manufactura generada en XML**

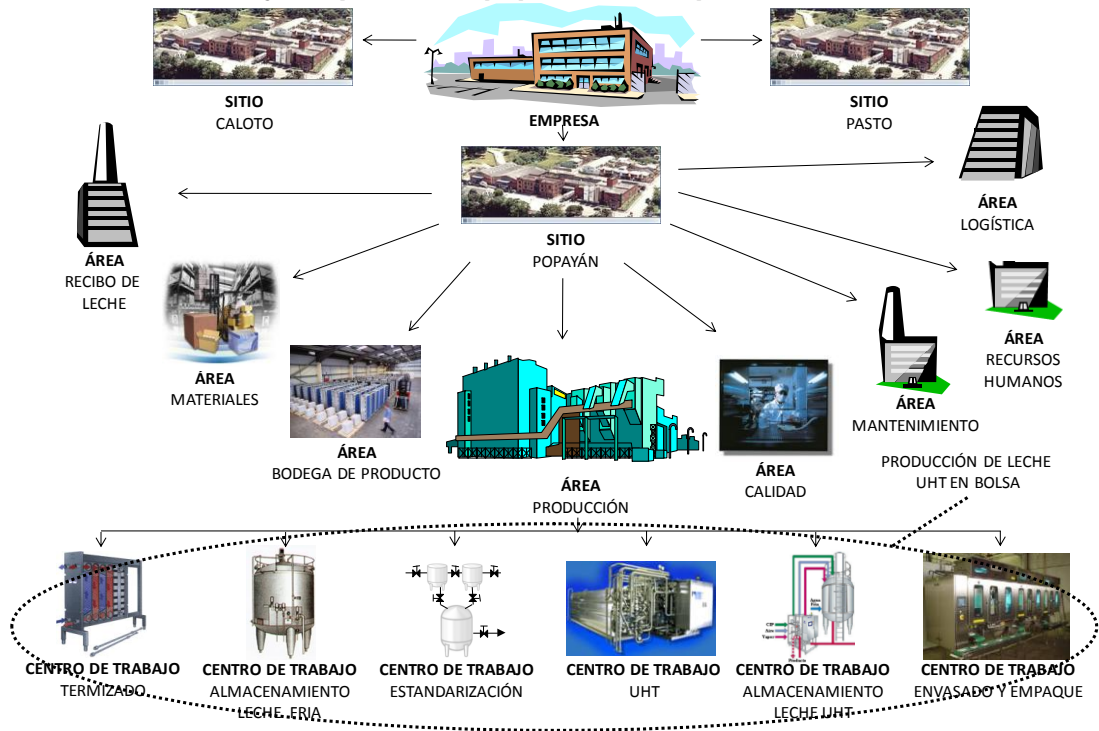
XML					
Comment	edited with XML Spy v4.2 U ( <a href="http://www.xmlspy.com">http://www.xmlspy.com</a> ) by Ba-k (ZonaVarez.com)				
Comment	edited with XMLSpy ( <a href="http://www.altova.com">http://www.altova.com</a> ) by Carlos Franco - David Lopez (Automation R+D Group Unicauca)				
ProductionCapability					
xmlns	<a href="http://www.wbf.org/xml/b2mml-v0300">http://www.wbf.org/xml/b2mml-v0300</a>				
xmlns:Extended	<a href="http://www.wbf.org/xml/b2mml-v0300-extensions">http://www.wbf.org/xml/b2mml-v0300-extensions</a>				
xmlns:cc	urn:un:unece:uncefact:data:documentation:CoreComponentTypeSchemaModule:1.0				
xmlns:xsi	<a href="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance</a>				
xsi:schemaLo...	<a href="http://www.wbf.org/xml/b2mml-v0300">http://www.wbf.org/xml/b2mml-v0300</a> D:\B2MML-V0300\B2MML-V0300-ProductionCapability.xsd				
ID	CP01				
Description	Contiene la información de los recursos de producción con que cuenta el area de producción para la fabricación de leche UHT en bolsa en la semana 1.				
Location					
PublishedDate	2008-02-01T07:00:00				
CapabilityType	Available				
Reason	No estan programados para producción				
StartTime	2008-02-04T06:00:00				
EndTime	2008-02-09T22:00:00				
PersonnelCapability (2)					
	PersonnelClassID	Description	CapabilityType	Quantity	
	1	OPUHT	Operadores para procesar leche UHT	Available	Quantity
	2	AXUHT	Auxiliares para procesar leche UHT	Available	Quantity
EquipmentCapability (6)					
	EquipmentClassID	Description	CapabilityType	Quantity	
	1	STM	Steritherm	Available	Quantity
	2	STK	Steritank	Available	Quantity
	3	ELR	Elecster	Available	Quantity
	4	TA	Tanque de almacenamiento de leche	Available	Quantity
	5	PST	Pasteurizador	Available	Quantity
	6	BMB	Bomba	Available	Quantity
MaterialCapability (7)					
	MaterialDefinitionID	Description	CapabilityType	Quantity	
	1	LCE	Leche cruda	Available	Quantity
	2	TRPF	Tripolfosfato	Available	Quantity
	3	FT	Fosfato	Available	Quantity
	4	LT	Lactosa	Available	Quantity
	5	PTUHT200	Polietileno para envasar leche UHT en bolsa de 200cc	Available	Quantity
	6	PTUHT450	Polietileno para envasar leche UHT en bolsa de 450cc	Available	Quantity
	7	PTUHT900	Polietileno para envasar leche UHT en bolsa de 900cc	Available	Quantity

Fuente: Elaboración Propia en la herramienta XML SPY, marzo 28 de 2008.

El documento B2MML llamado ProductionCapabilityUHT.xml se anexa como archivo digital.

La administración de recursos de producción en la planta estudiada se realiza en el área de producción que tiene centros de trabajo para el proceso de fabricación de leche UHT en bolsa y otros para el proceso de fabricación de leche pasteurizada en bolsa. A continuación se muestra el modelo jerárquico de equipo de la empresa caso de estudio.

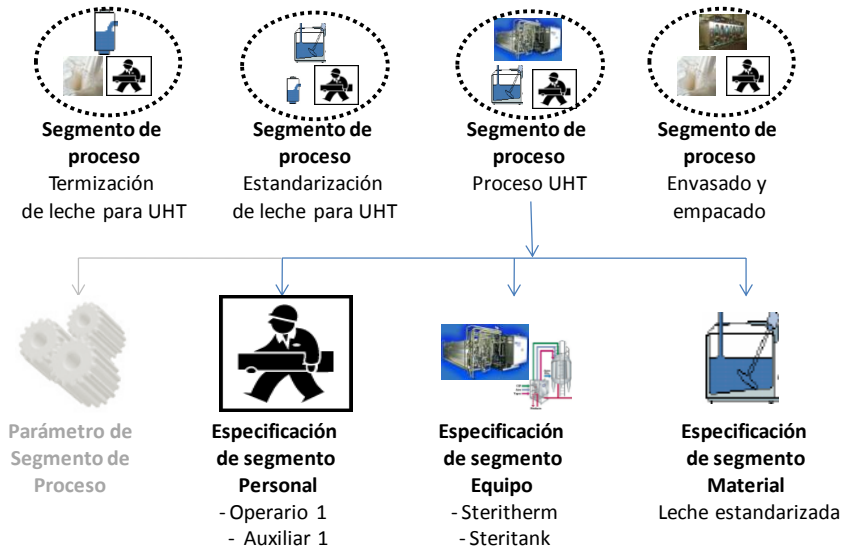
**Figura 43. Modelo jerárquico de equipos de la empresa caso de estudio**



Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

Los segmentos de proceso que se manejan en la planta para la fabricación de leche UHT en bolsa son mostrados en la Figura 44.

**Figura 44. Modelo de segmento de proceso para el proceso de fabricación de leche UHT en bolsa**



Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

Para llevar a cabo la administración de recursos de producción se debe tener establecido el tiempo de trabajo, con el objeto de conocer el tiempo en el cual los recursos de producción serán utilizados. La planta de producción trabaja de lunes a sábado y tiene establecido 3 turnos de trabajo para llevar a cabo sus actividades de producción, los cuales son:

- Turno 1: 22:00 a 06:00 con descanso de 30 minutos 4:00 a 4:30.
- Turno 2: 06:00 a 14:00 con descanso de 30 minutos 10:30 a 11:00.
- Turno 3: 14:00 a 22:00 con descanso de 30 minutos 16:30 a 17:00.

Como ya se mencionó, el área de recursos humanos, los supervisores, mantenimiento, materiales y recibo de leche ayudan al jefe de planta a hallar la capacidad de producción; a continuación se mencionan las actividades de cada uno de estos actores.

El área de recursos humanos es el encargado del personal de la planta; éste realiza las selecciones y evaluaciones de personal, para lo cual hace una consulta de la necesidad de personal a los supervisores de los diferentes centros de trabajo en el área de producción en cuanto a las especificaciones (los requerimientos, estudios, habilidades y características) que debe cumplir el personal para que realice un buen desempeño en el puesto de trabajo. Por ejemplo, se debe tener conocimiento en el manejo del sistema OPM-11, para lo cual el supervisor de cada uno de los centros de trabajo sugiere que el personal maneje una serie de códigos, productos y una cantidad de movimientos que se tiene que tener en cuenta en el sistema para que no se coloquen cosas donde no deben ir.

Los supervisores son los encargados de controlar el tiempo de disponibilidad del personal. Este control se hace gracias al manejo de los documentos de control de horas extras y recargos, en donde éstos son enviados a recursos humanos con el propósito de valorizar el trabajo realizado por el personal de producción, para lo cual se tiene en cuenta los sueldos estandarizados de cada cargo en la empresa. El personal puede estar comprometido dependiendo de las necesidades de producción establecidas para un periodo específico o puede estar como inalcanzable debido a que está en vacaciones, permiso o incapacitado; para determinar esta última circunstancia los supervisores se comunican con recursos humanos.

Mantenimiento es el responsable de los equipos de producción; éste determina las capacidades máximas y mínimas de operación de cada equipo y las especificaciones del funcionamiento, como presiones de vapor y aire, caudales de agua, voltajes y frecuencias. Con base en esto los supervisores de producción definen las capacidades y las necesidades de equipo para llevar a cabo el proceso de fabricación en los diferentes centros de trabajo. El área de mantenimiento debe optimizar los servicios que se tienen,

como gas, energía y agua, para lo cual realiza acciones para bajar los costos de servicios. Esta parte es reportada mensualmente, lo cual va intrínseco al costo de producto.

El área de materiales se encarga de administrar el recurso material; éste recibe del jefe de planta las solicitudes de materiales o necesidades de producción, lo cual es realizado vía mail. Por ejemplo, para uno de los centros de trabajo de la fabricación de leche UHT en bolsa, sea el caso del centro de trabajo UHT el cual necesita cierta cantidad de material para la producción del día siguiente, la persona encargada se basa de históricos y analiza en el sistema cuánto tiene y para cuántos días de producción le alcanza; con esta información cuando sea el caso genera requerimientos de materiales al proveedor. Hay que destacar que en la planta estudiada se diferencia los materiales de la materia prima, en donde la materia prima es la leche y materiales son el material de empaque, los insumos y todos los ingredientes para el desarrollo del producto a diferencia de la leche. El área de recibo de leche es la encargada de administrar la materia prima.

La comunicación del área de producción con el área de materiales es prácticamente a diario. Cuando se necesita material y no se tiene o resulta algún inconveniente por lo cual producción llega a incumplir, es responsabilidad del área de materiales; producción justifica la razón de su incumplimiento y esto trae consigo problemas para el encargado de materiales.

A continuación se muestran los flujos de información existentes en la empresa caso de estudio correspondiente a la actividad Administración de Recursos de Producción.

**Tabla 14. Flujos de Información de la empresa caso de estudio desde y hacia administración de recursos de producción**

Interfaz		Contenido de datos	Caso de estudio	
Administración de recursos de producción	←	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necesidades actuales y futuras del recurso personal de producción</li> <li>- Información del recurso personal necesaria para producción.</li> </ul>	<p>Recursos humanos es el encargado del personal; realiza las selecciones y evaluaciones de personal; ellos hacen la consulta de la necesidad de personal a producción en cuanto a los requerimientos, estudios, habilidades, características de personal, para asegurar un buen desempeño en el puesto de trabajo. También envía el plan de vacaciones e incapacidades. Esta información queda a disposición del jefe de planta.</p>	<b>N I V E L  4</b>



Interfaz		Contenido de datos	Caso de estudio	
	→	Nivel 4	<p>Capacidad de producción.</p> <p>La capacidad de la planta es determinada por el gerente de producción con ayuda de sus colaboradores. La capacidad es enviada al área de logística en Bogotá encargada de hacer la programación y la distribución de las producciones; estas capacidades son manejadas en cada una de las plantas, las cuales están compuestas de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad de producción, definida en la empresa como la cantidad de producto que es capaz de producir cada planta y cuales son las horas de producción neta.</li> </ul> <p>Esta capacidad se establece por debajo de la real, debido a que se deben tener en cuenta imprevistos o eventos inesperados.</p>	N I V E L  4
	←	Administración de operaciones de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necesidades actuales y futuras de mantenimiento.</li> <li>- Información del recurso equipo necesaria para producción.</li> </ul> <p>Mantenimiento es el encargado de los equipos con sus respectivas propiedades y funcionamientos. Y además define el programa de mantenimiento.</p> <p>Esta información es utilizada por el jefe de planta.</p>	N I V E L  3
	←	Administración de operaciones de inventario	<p>Información del recurso material necesaria para producción.</p> <p>El área de materiales es el encargado de las propiedades y el inventario de los materiales. El área de recibo es el encargado de las propiedades y el inventario de la materia prima.</p> <p>La comunicación del área de materiales y recibo con el área de producción es vía mail, en donde los requerimientos son</p>	

Interfaz		Contenido de datos	Caso de estudio
			<p>prácticamente a diario.</p> <p>Esta información queda a disposición del jefe de planta.</p>
	→	Capacidad de recursos de producción.	<p>La capacidad de producción para manejo interno de la planta es determinada por el jefe de planta con ayuda de sus colaboradores. Esta capacidad está compuesta de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad de producción, definida en la empresa como la cantidad de producto que es capaz de producir cada planta y cuales son las horas de producción neta.</li> <li>- Capacidad de personal, definida en la empresa como la cantidad de personal de producción existente actualmente en la planta.</li> <li>- Capacidad de equipo, definida en la empresa como la cantidad de equipo de producción existente actualmente en la planta.</li> <li>- Capacidad de material, definida en la empresa como la cantidad de materia prima y materiales de producción existentes actualmente en la planta.</li> <li>- Capacidad de segmento de proceso, definida en la empresa como las especificaciones de los recursos de producción para cada segmento de proceso.</li> </ul> <p>Esta información es manejada por el jefe de planta y enviada al gerente de producción.</p>

N  
I  
V  
E  
L  
3

Interfaz		Contenido de datos	Caso de estudio		
	←		Programa detallado de producción para un periodo de mediano o corto plazo (Recursos por comprometer).	El gerente de producción envía el programa detallado de producción al jefe de planta, con el objeto de tener disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo la producción.	N I V E L  3
	→	Despacho de producción	Disponibilidad de recursos de producción.	No se evidencio dentro de la empresa caso de estudio.	
	←	Seguimiento de producción	Trabajo de producción completado en tiempo real.	No se evidencio dentro de la empresa caso de estudio.	
	→	Análisis de desempeño de producción	Disponibilidad de recursos de producción.	No se evidencio dentro de la empresa caso de estudio.	
	←	Niveles 1 y 2	Información actual de los recursos de producción en la planta.	Los supervisores están constantemente rondando los diferentes centros de trabajo para la fabricación leche UHT en bolsa y la fabricación de leche pasteurizada en bolsa, con lo cual adquieren información actual de los recursos en producción.	N I V E L  1-2

Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

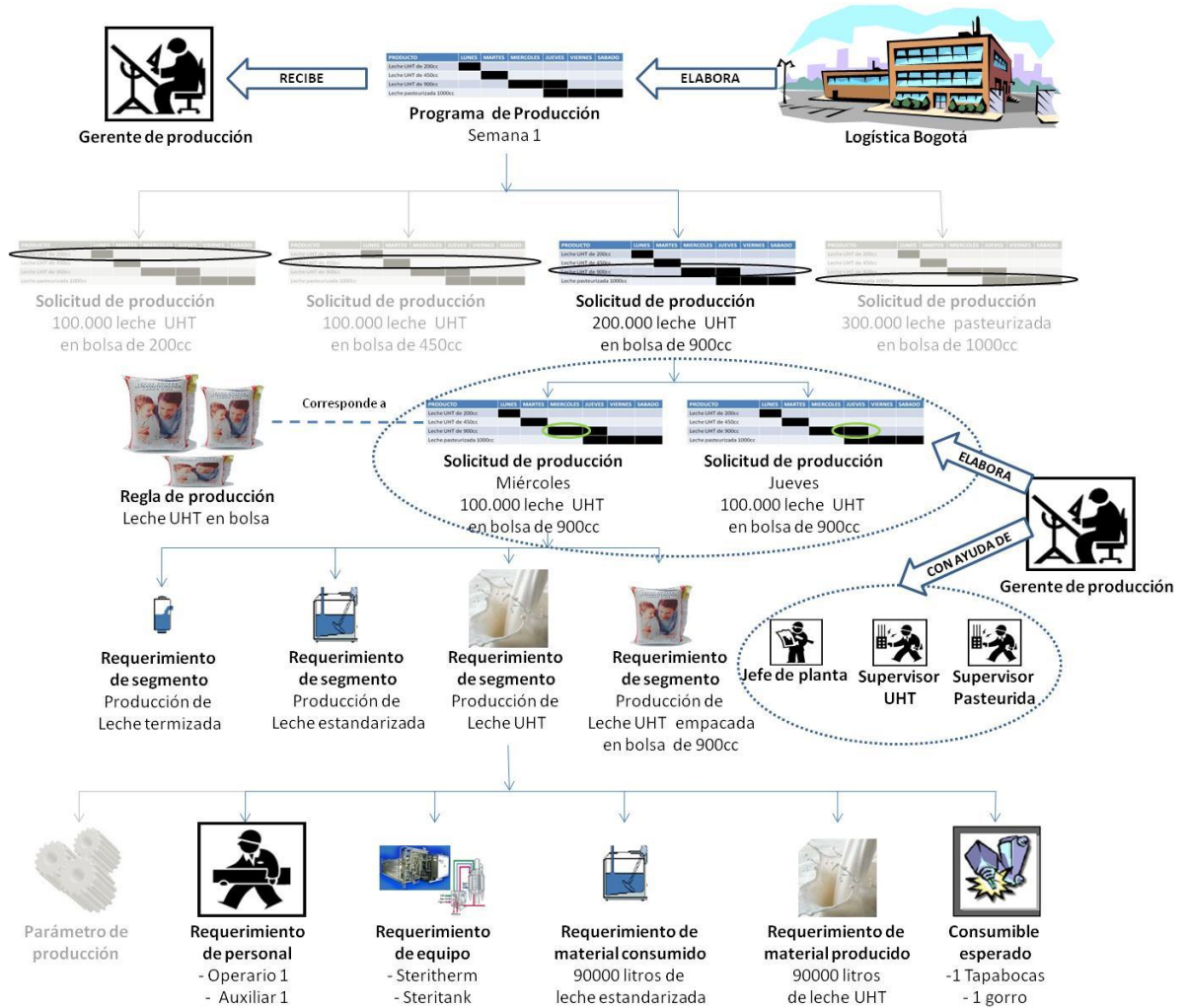
**4.3.3 Programación detallada de producción.** En la planta de producción estudiada la programación detallada de producción es llevada a cabo por el gerente de producción con ayuda del jefe de producción y los supervisores de los diferentes centros de trabajo. El gerente de producción recibe el programa de producción de nivel de negocio desde Bogotá vía mail cada viernes de cada semana. Como ya se mencionó, el programa de producción de nivel de negocio está compuesto de las solicitudes de producción en forma de cantidades de producto terminado para una semana específica, pero no qué personal, material o equipo utilizar ya que esto es definido internamente a nivel de manufactura en cada planta de producción.

En la planta de producción estudiada con base en el programa de producción de nivel de negocio se realiza un programa detallado de producción para cada día de la semana determinando las necesidades de materia prima, personal y equipo. Para llevar a cabo lo anterior, primero se establece la materia prima que se necesita, para lo cual se determina el lote o los lotes que se van a realizar. En donde un lote es la cantidad en unidades que

se piden diariamente en el programa de producción el cual tiene asignado un código (un lote por producto). Prácticamente los lotes vienen diseñados en el sistema OPM-11, el cual entrega teóricamente las cantidades de materias primas que se necesitan para llevar a cabo un lote en particular basándose en la definición del producto. Las solicitudes de producción entregadas en el programa son ingresados en forma de lotes al sistema OPM-11, el cual entrega un código, la cantidad de materia prima y la cantidad de materiales (no incluye el material de envase) que se necesita para cumplir esta solicitud. Para establecer el material de envase se tiene en cuenta que en cierta cantidad (kilos) de material de envase se empaacan determinadas unidades lo cual se utiliza como base para asignar cuánto se necesita de material de envase para cierta producción. Esto se realiza de esta manera debido a que el material de envase viene en forma de rollos que contienen las bolsas para 200cc, 450cc y 900cc, los cuales sólo permiten determinar cuántas bolsas hay por medio de su peso. En cuanto al personal y el equipo, cada supervisor de producción es el encargado de determinar los requerimientos de personal y equipo para sus respectivos centros de trabajo.

En la Figura 45 se presenta el programa detallado de producción de la empresa caso de estudio para la fabricación de leche UHT en bolsa de 900cc.

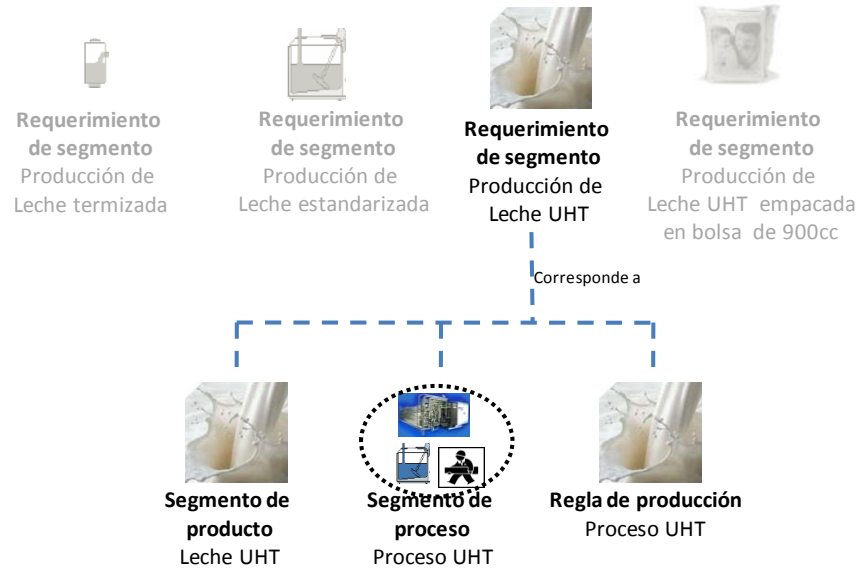
**Figura 45. Programa detallado de producción para el proceso de fabricación de leche UHT en bolsa de 900cc**



Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

Cada requerimiento de segmento esta referenciado a un segmento de producto, de proceso y una regla de producción los cuales son mostrados en la Figura 46.

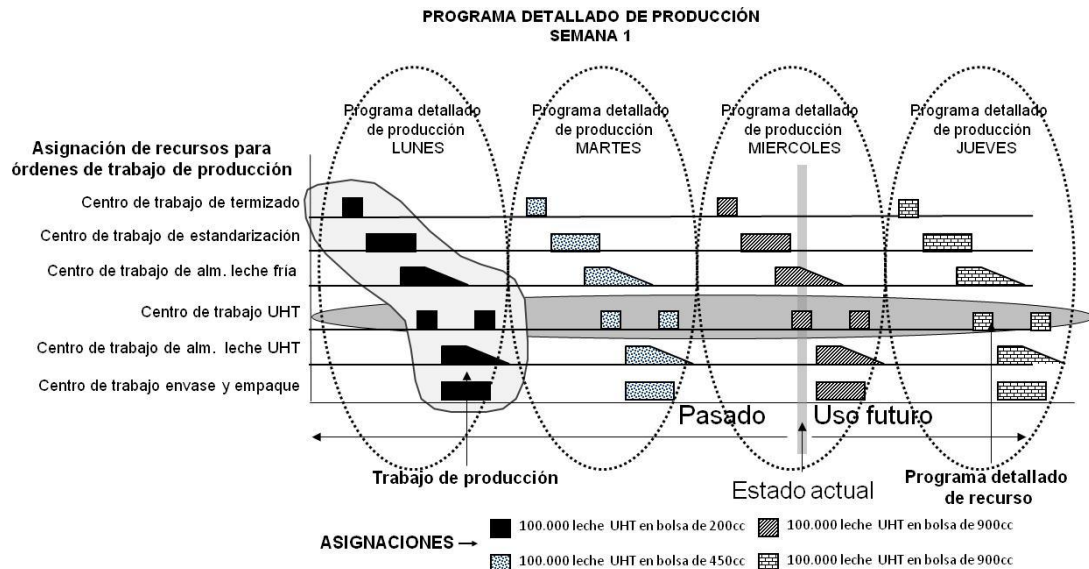
**Figura 46. Requerimiento de segmento de producción de leche UHT**



Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

El programa detallado de producción contiene las órdenes de trabajo de producción que se van a llevar a cabo en cada centro de trabajo. Para la producción de leche UHT en bolsa se tienen las órdenes para sus respectivos centros de trabajo mostradas en la Figura 47. Para este proceso no se tienen elementos de la orden de trabajo.

**Figura 47. Programa detallado de producción para el proceso de fabricación de leche UHT en bolsa en formato GRANTT**



Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

El gerente de producción envía el programa detallado de producción al jefe de planta. Y además éste por medio de lo que se encuentra registrado en el sistema OPM-11 verifica diariamente la producción realizada con la planificada para determinar el cumplimiento del programa.

Por otra parte, hay ocasiones en donde se puede cambiar el orden del programa, lo cual depende de la prioridad que se tenga o de que surja algún problema que puede involucrar adelantar o atrasar una producción o realizar una reprogramación; esta decisión es tomada por el gerente de producción. Cabe aclarar que en la planta de producción estudiada se puede alterar el orden más no las cantidades que se tienen que producir en una semana determinada, ya que al final del mes se debe tener un inventario físico y otro en el sistema los cuales deben coincidir para poder hacer el cierre mensual.

A continuación se muestran los flujos de información existentes en la empresa caso de estudio correspondiente a la actividad Programación detallada de producción.

**Tabla 15. Flujos de Información de la empresa caso de estudio desde y hacia programación detallada de producción**

Interfaz		Contenido de datos	Caso de estudio	N I V E L  4
Programación detallada de producción	←	Programa de producción para un periodo de largo plazo.	<p>Desde logística (Bogotá) se envía el programa de producción para un periodo de una semana; este envío es realizado vía mail cada viernes de semana a todas las plantas de producción del suroccidente colombiano. Este consta de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Solicitudes de producción, definidas en la empresa como las cantidades por producir de un producto para una fecha determinada (fecha de inicio y entrega)</li> </ul> <p>Este programa viene discriminado diariamente, es decir, solicitudes de producción para cada día.</p>	

Interfaz		Contenido de datos	Caso de estudio
	→	Programa detallado de producción para un periodo de mediano a corto plazo (Recursos por comprometer).	El gerente de producción envía el programa detallado de producción al jefe de planta, con el objeto de tener disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo la producción.
	←	Capacidad de recursos de producción.	<p>La capacidad de producción para manejo interno de la planta es determinada por el jefe de planta con ayuda de sus colaboradores. Esta capacidad está compuestas de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad de producción, definida en la empresa como la cantidad de producto que es capaz de producir cada planta y cuales son las horas de producción neta.</li> <li>- Capacidad de personal, definida en la empresa como la cantidad de personal de producción existente actualmente en la planta.</li> <li>- Capacidad de equipo, definida en la empresa como la cantidad de equipo de producción existente actualmente en la planta.</li> <li>- Capacidad de material, definida en la empresa como la cantidad de materia prima y materiales de producción existentes actualmente en la planta.</li> </ul>
Administración de recursos de producción			<b>N I V E L  3</b>



Interfaz		Contenido de datos	Caso de estudio	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad de segmento de proceso, definida en la empresa como las especificaciones de los recursos de producción para cada segmento de proceso.</li> </ul> <p>Esta información es manejada por el jefe de planta y enviada al gerente de producción.</p>	
	←	Administración de definición del producto	<p>La definición del producto de sitio específico.</p> <p>El jefe de calidad y el gerente de producción realizan la definición del producto, la cual esta constituida por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reglas de producción, definidas en la empresa como WI relacionadas directamente con la producción del producto y WI no relacionadas directamente con la producción del producto</li> <li>- Rutas detalladas de producción, definidas en la empresa como la secuencia de producción dadas por WI</li> <li>- Especificaciones de material por segmento de producto, definidas en la empresa como las especificaciones de materias primas y materiales.</li> <li>- Especificaciones de equipo por segmento de producto, definidas en la empresa</li> </ul>	<b>N I V E L 3</b>

Interfaz		Contenido de datos	Caso de estudio
			<p>como los equipos necesarios para la fabricación de un segmento de producto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Especificaciones de personal por segmento de producto, definidas en la empresa como el personal necesario para la fabricación de un segmento de producto.</li> <li>- Parámetros de producción, definidos en la empresa como los datos de producción necesarios para diferenciar un producto de otro que contengan la misma fórmula.</li> </ul> <p>Logística (Popayán) se encarga de definir los requerimientos del cliente para saber cómo se necesita el producto, dónde, tiempos de entrega y las cantidades de entrega.</p> <p>Toda esta información la utiliza el gerente de producción para realizar el programa detallado de producción.</p>
	→	Despacho de producción	<p>Programa detallado de producción para un periodo de mediano o corto plazo.</p> <p>El programa detallado de producción es realizado por el gerente de producción con ayuda de sus colaboradores, el cual esta constituido de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Solicitudes de producción, definidas en la empresa como las cantidades a producir de un producto</li> </ul>

N I V E L 3

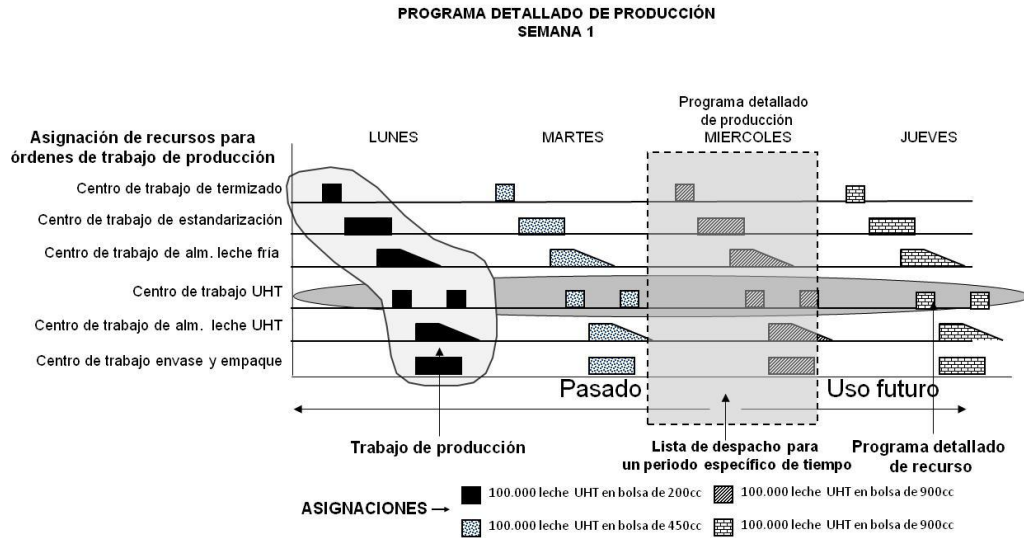
Interfaz		Contenido de datos	Caso de estudio	N I V E L  3
			<p>para una fecha determinada (fecha de inicio y entrega)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Requerimientos de segmento, definidos en la empresa como las necesidades de materias primas, materiales, personal, equipo y consumibles para la fabricación de un lote de producto terminado.</li> </ul> <p>El programa es utilizado por jefe de planta para realizar la lista de despacho de trabajo de producción.</p>	
	←	Seguimiento de producción	<p>Reportes sobre WIP (trabajo en proceso) y trabajo completado.</p> <p>El jefe de planta realiza el reporte del trabajo completado al gerente de producción con el objeto de que él compare lo realizado con lo planificado.</p>	

Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

**4.3.4 Despacho de producción.** En la planta analizada el despacho de producción es llevado a cabo por el jefe de planta. El jefe de planta se basa en el programa detallado de producción para determinar la lista de despacho de producción que se va a ejecutar en el día.

Continuando la secuencia de la aplicación se tiene en cuenta la programación detallada del día miércoles del programa detallado de producción mostrado en la Figura 47. El jefe de planta recibe el programa detallado de producción del día miércoles y con base en éste elabora la lista de despacho de producción para la fabricación de leche UHT en bolsa de 900cc. Cabe aclarar que se realiza una lista de despacho al día por producto terminado en la planta de producción analizada, como se indica en la Figura 48.

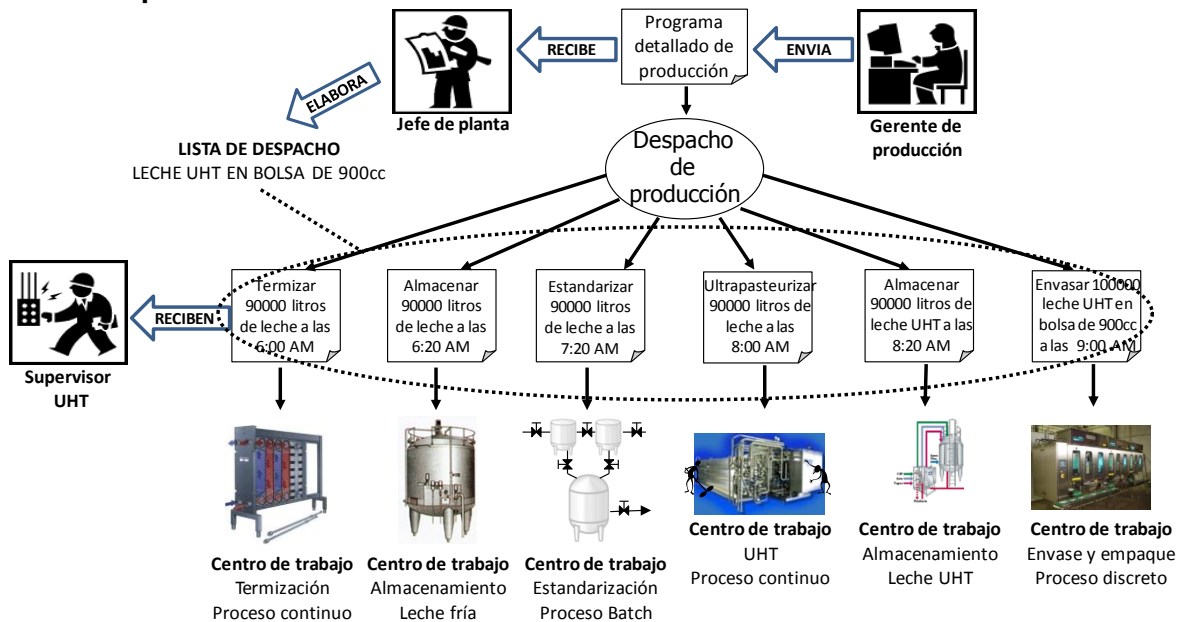
**Figura 48. Lista de despacho del proceso de fabricación de leche UHT en bolsa**



Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

La lista de despacho del día miércoles es enviada al supervisor de producción de UHT para que lleve a cabo la ejecución de la lista, como se ilustra en la Figura 49.

**Figura 49. Lista de despacho del proceso de fabricación de leche UHT en bolsa de 900cc para el día miércoles**



Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

El jefe de planta también controla la cantidad de trabajo en proceso de los diferentes centros de trabajo cancelando o reduciendo el trabajo asignado.

A continuación se muestran los flujos de información existentes en la empresa caso de estudio correspondiente a la actividad Despacho de producción.

**Tabla 16. Flujos de Información de la empresa caso de estudio desde y hacia despacho de producción**

Interfaz		Contenido de datos	Caso de estudio	N I V E L  3
Despacho de Producción	←	Programación detallada de producción	<p>Programa detallado de producción para un periodo de mediano o corto plazo.</p> <p>El programa detallado de producción es realizado por el gerente de producción con ayuda de sus colaboradores, el cual está constituido de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Solicitudes de producción, definidas en la empresa como las cantidades por producir de un producto para una fecha determinada (fecha de inicio y entrega)</li> <li>- Requerimientos de segmento, definidos en la empresa como las necesidades de materias primas, materiales, personal, equipo y consumibles para la fabricación de un lote de producto terminado.</li> </ul> <p>El programa es utilizado por jefe de planta para realizar la lista de despacho de trabajo de producción.</p>	
	←	Administración de recursos de producción	<p>Disponibilidad de recursos de producción</p> <p>No se evidencio dentro de la empresa caso de estudio.</p>	
	←	Administración de definición del producto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reglas de producción del producto.</li> <li>- Ruta detallada de producción.</li> </ul> <p>El jefe de calidad y el gerente de producción elaboran las reglas de producción y rutas detalladas de producción, en donde:</p>	

Interfaz		Contenido de datos	Caso de estudio
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reglas de producción, definidas en la empresa como WI relacionadas directamente con la producción del producto y WI no relacionadas directamente con la producción del producto</li> <li>- Rutas detalladas de producción, definidas en la empresa como la secuencia de producción dadas por WI</li> </ul> <p>Toda esta información la utiliza el jefe de planta para realizar la lista de despacho de cada día.</p>
→	Administración de ejecución de producción	Lista de despacho de producción.	El jefe de planta envía a cada uno de los supervisores la lista de despacho correspondiente a sus centros de trabajo asignados; esta lista contiene las órdenes por ejecutarse en cada centro de trabajo para un periodo específico de un día.
→	Seguimiento de producción	Lista de despacho de producción relacionando trabajo para recurso.	El jefe de planta utiliza la lista de despacho para vincular cada respuesta a su correspondiente solicitud.
←	Recolección de datos de producción	Estado real de producción y equipo.	Los datos recolectados de producción y equipo por los supervisores son enviados al jefe de planta para que realice el control de la lista de órdenes.

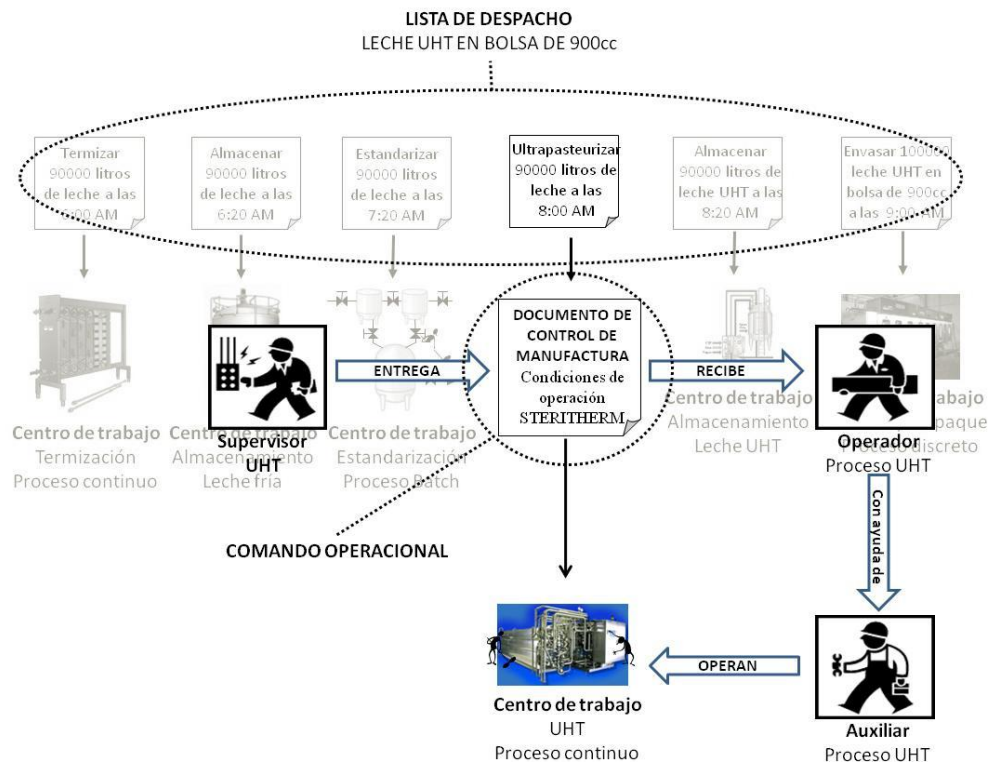
N I V E L 3

Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

**4.3.5 Administración de ejecución de producción.** En la planta analizada la administración de ejecución de producción es realizada por los supervisores de producción de los centros de trabajo. Los encargados de esta parte llenan el formato de las órdenes de trabajo de producción tenidas en cuenta en la lista de despacho.

Para la ejecución de la lista de despacho del día miércoles el supervisor de los centros de trabajos de la fabricación de leche UHT en bolsa llena los diferentes formatos o documentos de control de manufactura para darle inicio a las órdenes de trabajo en cada centro de trabajo entregando estos documentos a cada operador de estos centros, como se muestra en la Figura 50. Las órdenes de trabajo básicamente contienen la fecha de expedición, la fecha de vencimiento, el número del lote, las cantidades por producir, la presentación del producto y el responsable.

**Figura 50. Comando operacional para el centro de trabajo UHT**



Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

A cada operador y auxiliar se le entrega tanto el documento de control de manufactura como los requerimientos de materiales, materias primas y equipo que necesita para llevar a cabo sus actividades, es decir, los comandos operacionales. Para llevar a cabo la ejecución de los comandos operacionales los operarios y auxiliares reciben inicialmente una capacitación por medio de los supervisores acerca de las reglas de producción y documentos de control de manufactura que se deben conocer. Una vez capacitados y recibidos los comandos operacionales los operadores y auxiliares comienzan a ejecutar sus actividades en sus respectivas áreas de trabajo. En ocasiones los supervisores pueden decirle al personal a cargo qué hacer y cómo realizarlo, pero los encargados realmente de la ejecución son los operarios y auxiliares.

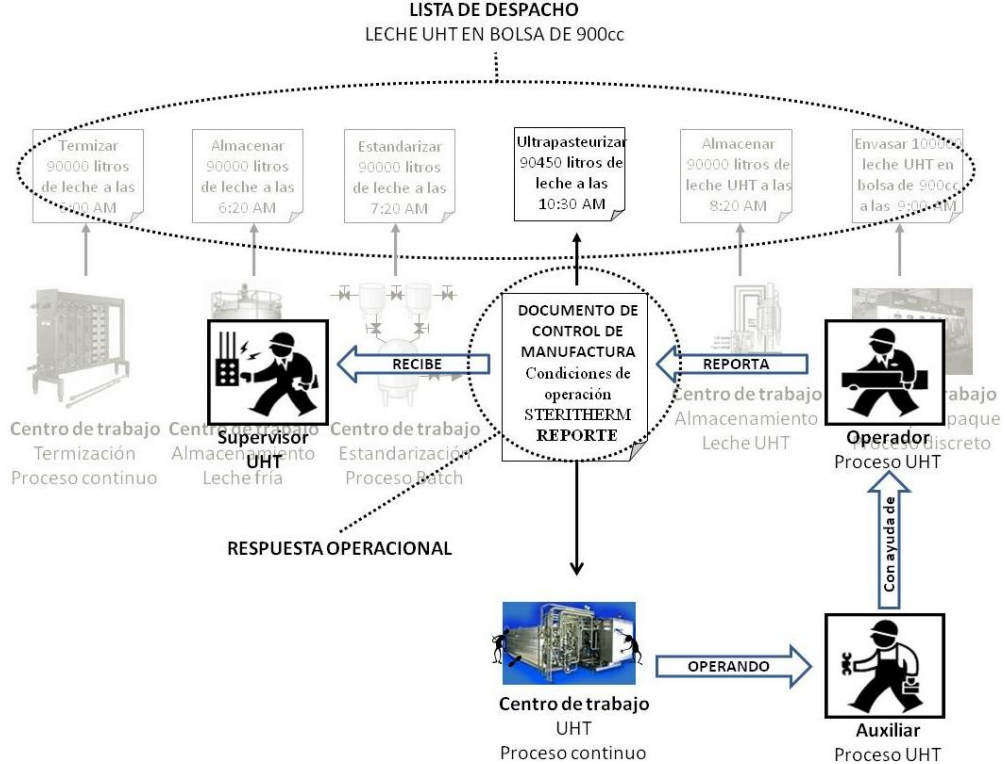
Los operarios y auxiliares son los encargados de controlar el proceso que se está ejecutando y cuando surge algún inconveniente el operador debe estar en la capacidad de identificarlo y darlo a conocer al auxiliar de producción para que realice los comentarios pertinentes. Si él no puede solucionar el problema debe informar inmediatamente al supervisor de producción que está en capacidad de resolver los problemas que se presentan. En el caso de que el supervisor no sea capaz de solucionar el problema se localiza a la persona idónea que sea capaz de hacerlo. El supervisor de producción básicamente se encarga de monitorear y controlar lo que se está haciendo en sus respectivos centros de trabajo, lo cual involucra analizar el cumplimiento de las cantidades programadas y obviamente controlar todos los procesos durante la producción, como por ejemplo el empaque de cada producto.

Los operarios en cada centro de trabajo llenan los documentos de control dependiendo de lo que se haya realizado durante cada turno de trabajo, como por ejemplo hora de inicio de lavado, de esterilización, de producción y de empaque, las temperaturas, presiones, concentraciones y todo lo que se haya realizado y esté descrito en el documento de control de manufactura. Los supervisores recogen estos documentos de los procesos de lavados, esterilizaciones, preparaciones, producción y empaque una vez se haya terminado la producción de un lote. Esta recolección de los documentos de control de manufactura hace referencia a las repuestas operacionales.

Retomando la aplicación la respuesta operacional que resulta de la ejecución de la orden de trabajo de ultrapasteurizar 90000 litros de leche en el centro de trabajo UHT se muestra en la siguiente Figura.



**Figura 51. Respuesta operacional del centro de trabajo UHT**



Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

Las respuestas operacionales en la empresa contienen la información y eventos de producción que son enviados al encargado de la recolección de datos de producción. Esta información está relacionada con el control de variables (verificación de temperaturas), tiempos de proceso (hora inicio envasado, hora de finalización), cantidades producidas y observaciones que se hayan presentado durante la producción; todos estos datos son digitados en los documentos de control de manufactura.

A continuación se muestran los flujos de información existentes en la empresa caso de estudio correspondiente a la actividad Administración de ejecución de producción.

**Tabla 17. Flujos de Información de la empresa caso de estudio desde y hacia administración de ejecución de producción**

Interfaz		Contenido de datos	Caso de estudio
Administración de ejecución de producción	←	Despacho de producción	Lista de despacho de producción. El jefe de planta envía a cada uno de los supervisores la lista de despacho correspondiente a sus centros de trabajo asignados, esta lista contiene las órdenes por ejecutarse en cada centro de trabajo para un periodo específico de un día.
	←	Administración de definición del producto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reglas de producción del producto.</li> <li>- Ruta detallada de producción.</li> </ul> El jefe de calidad y el gerente de producción elaboran las reglas de producción y rutas detalladas de producción. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reglas de producción, definidas en la empresa como WI relacionadas directamente con la producción del producto y WI no relacionadas directamente con la producción del producto</li> <li>- Rutas detalladas de producción, definidas en la empresa como la secuencia de producción dadas por WI</li> </ul> Además definen especificaciones operativas y documentos de control de manufactura debido a que se relacionan con las reglas de producción.  Toda esta información la utilizan los supervisores de los centros de trabajo para llevar a cabo la ejecución de producción.
	→	Recolección de datos de producción	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Información de producción</li> <li>- Eventos de</li> </ul> La información y eventos de producción es capturada en los documentos de control de

**N  
I  
V  
E  
L  
3**

Interfaz		Contenido de datos	Caso de estudio	
		producción.	manufactura llenados por los operarios y auxiliares los cuales son utilizados por el supervisor	
	→	Comandos operacionales	El supervisor coloca el número del lote y las cantidades al documento de control de manufactura y se le entrega al operador, para que realice la ejecución.	N I V E L 1-2
	←	- Respuestas operacionales	Los operarios y auxiliares realizan un registro en el documento de control de manufactura de la evolución de la orden asignada, el cual es entregado al supervisor que está a cargo.	

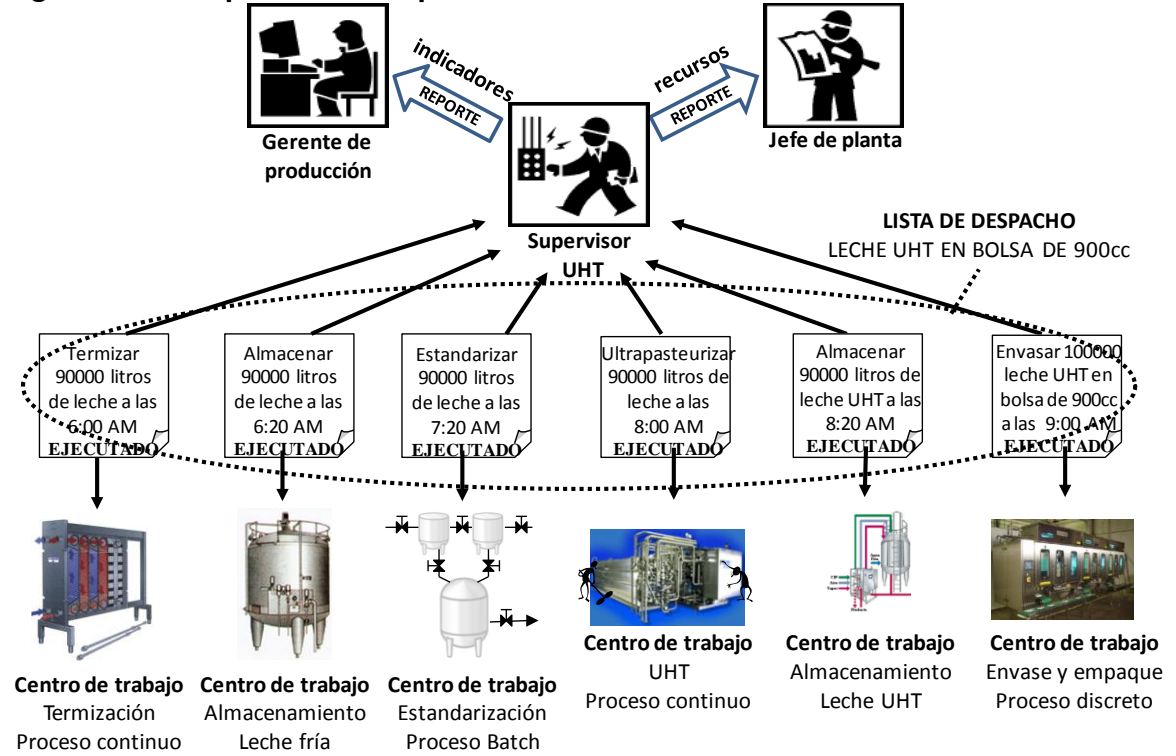
Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

**4.3.6 Recolección de datos de producción.** En la planta estudiada, la recolección de datos de producción se realiza a diario y es llevada a cabo por los supervisores de los centros de trabajo quienes también realizan la ejecución de producción. Los supervisores van llevando un registro de los documentos de control de manufactura a medida que los estén recolectando. El registro es almacenado junto con los documentos en su correspondiente archivador, como se observa en Tabla 12.

La recolección de información del estado real de la producción y de los equipos se conoce por medio de los auxiliares, los operadores y el jefe de mantenimiento. El auxiliar de producción lleva a cabo un conteo físico de la cantidad de producto que se lleva, el operario hace una tentativa de horas de finalización y el jefe de mantenimiento realiza rondas por los centros de trabajo para analizar el estado de los equipos. Toda esta información es conocida por el supervisor quien está a cargo de los centros de trabajo de la fabricación de leche UHT en bolsa, el cual almacena la información.

Toda la información almacenada en esta actividad es utilizada por cada supervisor para realizar un reporte del lote producido con los recursos de producción utilizados (un histórico del uso de los recursos) y otro con los indicadores de producción calculados. El primer reporte es entregado al jefe de planta quien es el encargado del seguimiento de producción y el segundo al gerente de producción, como se observa en la Figura 52.

**Figura 52. Reporte del lote producido día miércoles**



Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

A continuación se muestran los flujos de información existentes en la empresa caso de estudio correspondiente a la actividad recolección de datos de producción.

**Tabla 18. Flujos de Información de la empresa caso de estudio desde y hacia recolección de datos de producción**

Interfaz		Contenido de datos	Caso de estudio
Recolección de datos de producción (PDC)	←	Administración de ejecución de producción	- Información de producción - Eventos de producción.
	→	Despacho de producción	Estado real de producción y equipo. La información y eventos de producción es capturada en los documentos de control de manufactura llenados por los operarios y auxiliares los cuales son utilizados por el supervisor Los datos recolectados de producción y equipo por los supervisores son enviados al jefe de planta para que realice el control de la lista de órdenes.

**N  
I  
V  
E  
L  
3**

Interfaz		Contenido de datos	Caso de estudio		
	→	Seguimiento de producción	Datos históricos de recursos de producción.	El supervisor realiza un reporte con la información del lote fabricado, en donde está consignado lo que se utilizó, cuánto se utilizó, quiénes estaban a cargo y cuánto se fabricó. Esta información queda a disposición del jefe de planta.	<b>N I V E L 3</b>
	→	Análisis de desempeño de producción	Datos históricos de recursos.	El supervisor realiza un reporte con los indicadores de producción calculados, el cual es enviado al gerente de producción.	
	←	Administración de operaciones de calidad	Datos de calidad.	La calidad del producto es recolectada por cada operario a cargo de la ejecución de las órdenes	
	←	Niveles 1 y 2	Datos de recurso, datos de operación, estado de los equipos, configuración de los equipos, alarmas, acciones de operador, comentarios de operador.	La información de niveles 1 y 2 en la empresa es capturada en los documentos de control de manufactura y el estado de los equipos es realizado por el jefe de mantenimiento.  Toda esta información queda a disposición del supervisor a cargo.	<b>N I V E L 1-2</b>

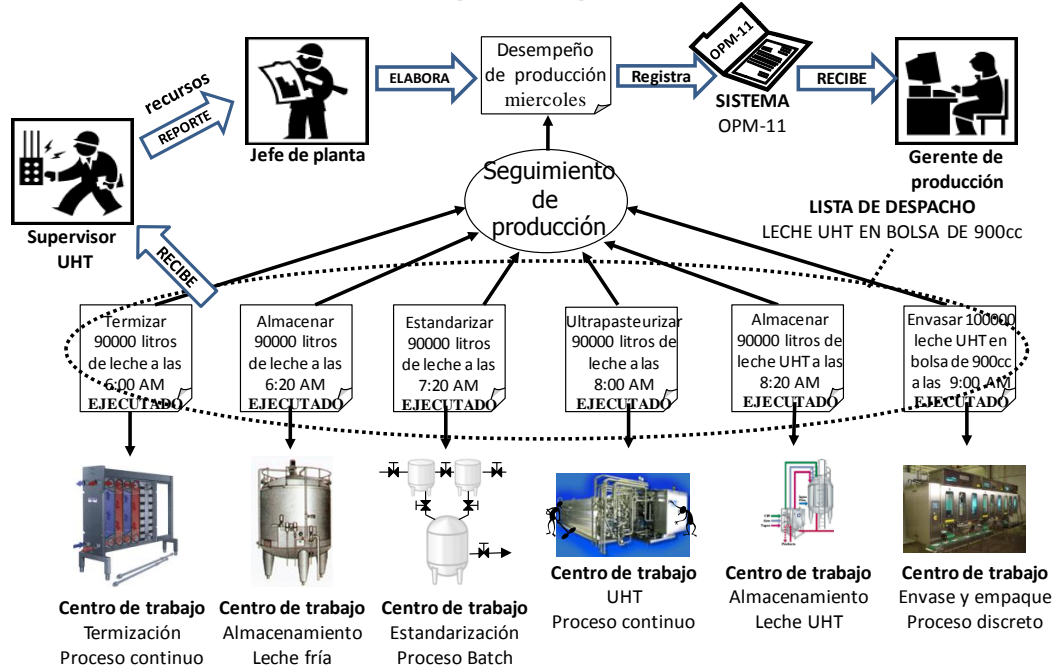
Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

**4.3.7 Seguimiento de producción.** En la planta de producción estudiada la actividad seguimiento de producción es responsabilidad del jefe de planta con ayuda de los supervisores de producción de los diferentes centros de trabajo.

Los supervisores de producción evalúan el desempeño en planta, analizando los desempeños de cada persona para determinar quién se desempeña mejor, quién realiza mejor su trabajo con el propósito de llegar a todo el personal al mismo nivel. Además cada supervisor hace seguimiento al producto en sus respectivos centros de trabajo pero el jefe de planta se encarga de hacer el seguimiento a toda el área de producción.

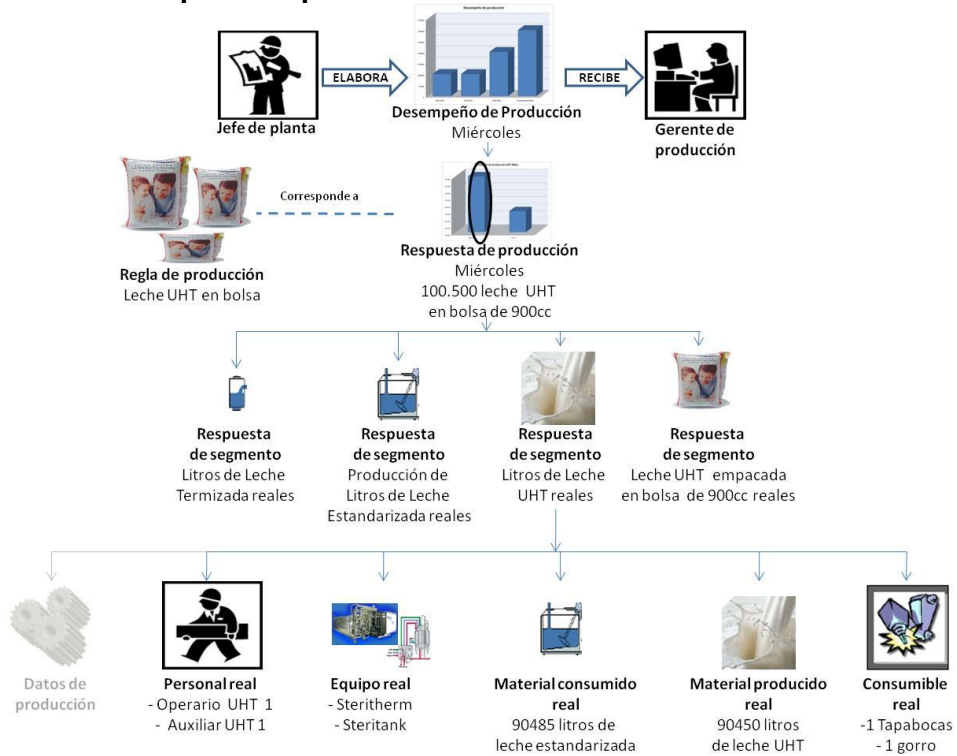
Diariamente al final de cada lote el jefe de planta realiza un informe del trabajo completado con lo producido y lo que se utilizó. El informe se registra en el sistema OPM-11 para que sea revisado por el gerente de producción, como se observa en la Figura 53 en donde el jefe de planta genera un informe de desempeño de producción del día miércoles (Figura 54) para luego enviarlo al gerente de producción.

**Figura 53. Elaboración del desempeño de producción del día miércoles**



Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

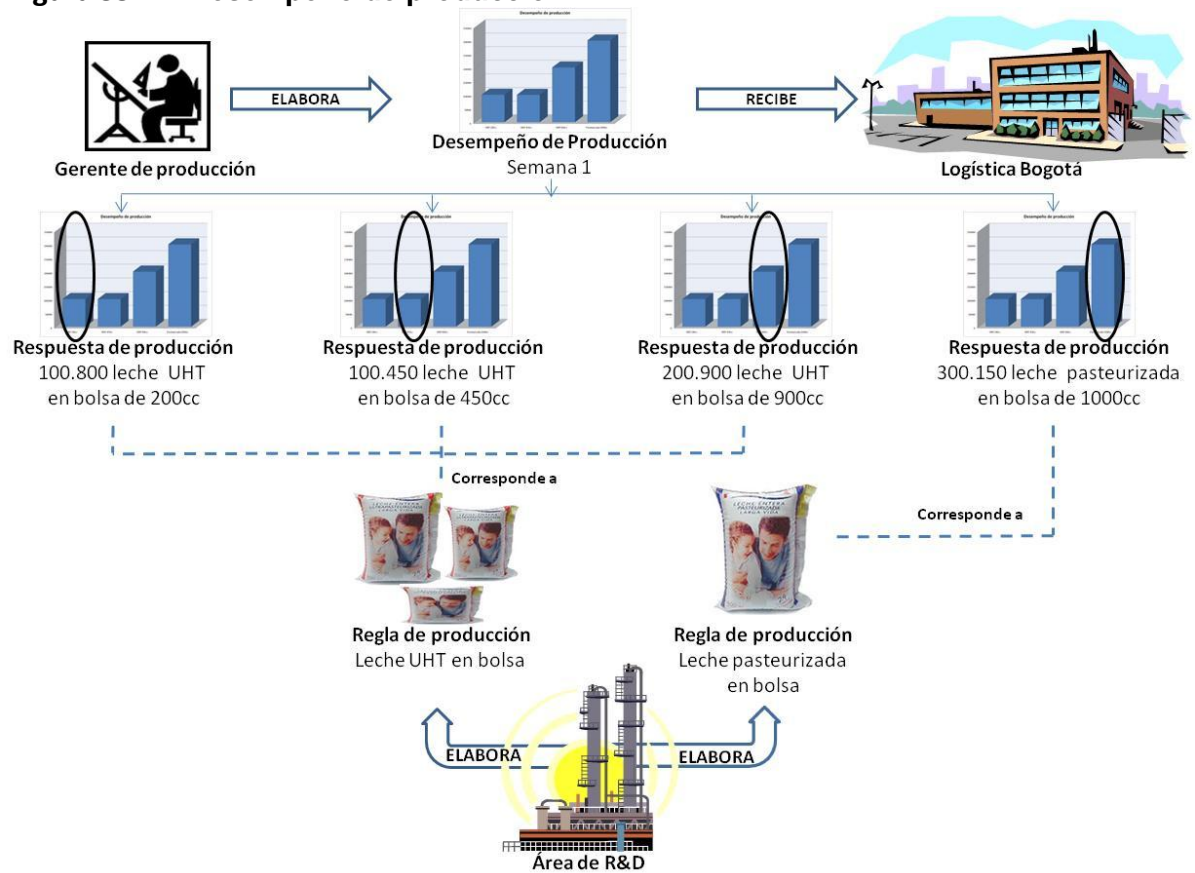
**Figura 54. Desempeño de producción del día miércoles**



Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

El gerente de producción al finalizar la producción de la semana programada realiza un reporte de la producción en donde se analiza día a día el desempeño de la producción, el cual es enviado vía mail al área de logística en Bogotá para su posterior análisis, como se ilustra en la siguiente Figura.

**Figura 55. Desempeño de producción**



Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

El desempeño de producción que corresponde a la secuencia de la aplicación tenida en cuenta se muestra a continuación en formato B2MML realizado con la herramienta XMLSPY.

Figura 56. Desempeño de producción generado en XML

XML			
Co...	edited with XML Spy v4.2 U (http://www.xmlspy.com) by Ba-k (ZonaWarez.com)		
Co...	edited with XMLSpy (http://www.altova.com) by Carlos Franco - David Lopez (Automation R+D Group Unicauca)		
ProductionPerformance			
xmlns	http://www.wbf.org/xml/b2mml-v0300		
xmlns:Extended	http://www.wbf.org/xml/b2mml-v0300-extensions		
xmlns:xsi	http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance		
xsi:schemaLocat...	http://www.wbf.org/xml/b2mml-v0300 D:\B2MML-V0300\B2MML-V0300-ProductionPerformance.xsd		
ID	DP01		
Description	Este documento contiene la información del desempeño de la producción establecido para los centros de trabajo de la fabricación de leche UHT y Pasteurizada donde se indica las diferentes presentaciones y sus cantidades que se deben elaborar en las fechas especificadas.		
Comment	Indica que el programa de producción hace referencia al desempeño de los procesos ejecutados en la localización especificada		
Location			
PublishedDate	2008-02-10T07:00:00		
Comment	ID del programa de producción que fue enviado desde el nivel de negocios.		
ProductionSched...	PP01		
Comment	Tiempo que tomo la ejecución del programa de producción		
StartTime	2008-02-04T06:00:00		
EndTime	2008-02-09T21:45:00		
ProductionResponse			
ProductionResponse			
ProductionResponse			
Comment	ID de la respuesta de producción		
ID	RP03		
Comment	ID de la solicitud de producción para la cual se le esta especificando el desempeño		
ProductionRequestID	SP03		
Comment	ID de la regla de producción que indica la regla de producción que fue tomada en cuenta para ejecutar la solicitud de producción		
ProductProductionR...	RPROD_UHT		
Comment	Tiempo que tomo la ejecución de la solicitud de producción		
StartTime	2008-02-06T06:00:00		
EndTime	2008-02-07T21:54:00		
Comment	Especificación del desempeño		
SegmentResponse			
ID	SLUHT900		
ProductSegmentID	L_UHT_900		
Description	Informe sobre los recursos que realmente se utilizaron en la fabricación de leche UHT en bolsa de 900cc.		
ActualStartTime	2008-02-06T06:00:00		
ActualEndTime	2008-02-07T21:54:00		
ProductionData			
MaterialProducedActual			
MaterialDefinitionID	UHT_900		
MaterialLotID	UHT900_147N		
Description	Leche UHT en bolsa de 900cc		
Quantity			
Quantity...	200900		
Data Type	nonNegativeInteger		
UnitOfM...	Unidades		
MaterialConsumedActual (5)			
MaterialDefinitionID	Material...	Descri...	Quantity
1	LCE	LCE03	Leche Cruda entera
2	TRPF	TP045	TRIPOLIFOSFATO
3	FT	FT050	FOSFATO
4	LT	LT35	LACTOSA
5	PTUHT900	PTUHT71	Poliuretano Leche UHT en bolsa de 900cc

Fuente: Elaboración Propia en la herramienta XML SPY, marzo 28 de 2008.



El documento B2MML llamado ProductionPerformanceUHT.xml se anexa como archivo digital.

A continuación se muestran los flujos de información existentes en la empresa caso de estudio correspondiente a la actividad seguimiento de producción.

**Tabla 19. Flujos de Información de la empresa caso de estudio desde y hacia seguimiento de producción**

Interfaz		Contenido de datos	Caso de estudio		
Seguimiento de producción	→	Nivel 4	<p>Desempeño de la producción para un periodo de largo plazo.</p> <p>Los reportes acerca del cumplimiento del programa de producción son hechos en el sistema (OPM-11), al final de cada lote; este informe contiene el desempeño de la producción, con lo producido y lo que se utilizó; esto se registra en el sistema para que sea monitoreado desde Bogotá; lo anterior se lleva a cabo todos los días y es responsabilidad del jefe de planta.</p> <p>El gerente de producción al finalizar la producción de la semana programada realiza un reporte de la producción en donde se analiza día a día el desempeño de la producción; este es enviado vía mail a Bogotá y esta compuesto de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Respuesta de producción, definido en la empresa como la cantidad real de producto terminado.</li> </ul>	<b>N I V E L 4</b>	
	←	Despacho de producción	Lista de despacho de producción relacionando trabajo para recursos.	El jefe de planta utiliza la lista de despacho para vincular cada respuesta a su correspondiente solicitud.	<b>N I V E L</b>
	←	Recolección de datos de	Datos históricos de recursos.	El supervisor realiza un reporte con la información del	<b>3</b>

Interfaz		Contenido de datos	Caso de estudio
		producción	lote fabricado, en donde está consignado lo que se utilizó, cuánto se utilizó, quiénes estaban a cargo y cuanto se fabricó. Esta información queda a disposición del jefe de planta.
	→	Análisis de desempeño de producción	Datos de desempeño y calidad. El jefe de planta realiza los desempeños de producción diarios que se ejecutan durante el mes, los cuales son utilizados por el gerente de producción.
	←		Datos de desempeño y calidad. No se evidencio dentro de la empresa caso de estudio.
	→	Programación detallada de producción	Reportes sobre WIP (trabajo en proceso) y trabajo completado. El jefe de planta realiza el reporte del trabajo completado al gerente de producción con el objeto de que él compare lo realizado con lo planificado.
	→	Administración de recursos de producción	Trabajo de producción completado en tiempo real. No se evidencio dentro de la empresa caso de estudio.

N  
I  
V  
E  
L  
3

Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

**4.3.8 Análisis de desempeño de producción.** En la planta de la empresa caso de estudio, el análisis de desempeño de producción es realizado por el gerente de producción con la ayuda del jefe de planta, los supervisores y los operarios. Los encargados de esta actividad se centran en el comportamiento de los indicadores de producción.

Cada indicador tiene un responsable el cual tiene que ver con el área operativa: puede ser un supervisor, operador (operadores dependen del supervisor) o el jefe de planta, en donde éste le hace un seguimiento y realiza su trabajo dependiendo de las estrategias que se vayan a utilizar, por ejemplo trabajar con mantenimiento en la parte preventiva. El seguimiento de los indicadores de producción sirve para conocer, por ejemplo, cómo se ha manejado el presupuesto que fue asignado a la planta, este seguimiento tiene que ver mucho con las cantidades producidas versus el tiempo trabajado.

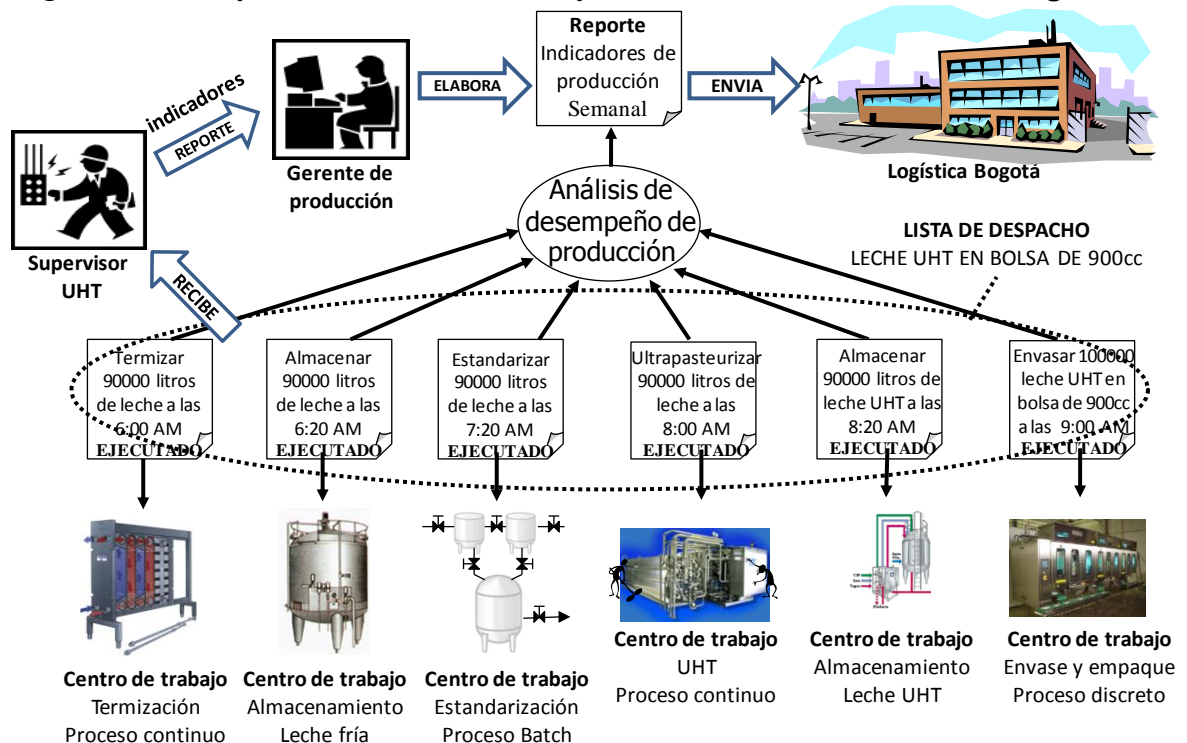
El gerente de producción dirige todos los indicadores y tiene un grupo de colaboradores. Éste se encarga de llevar el control de todos los indicadores que son enviados a nivel de producción, junto con el jefe de planta, supervisores y encargados del control de calidad; mensualmente se hace una reunión para analizar los resultados de todos los indicadores

y tomar decisiones de mejora, es decir, se realiza un análisis de proceso en el cual los indicadores de producción de las diferentes ejecuciones de producción de cada centro de trabajo son comparados con los KPIs de producción para analizar la meta alcanzada y mirar si cumple o no con lo propuesto, con lo cual puede surgir una decisión de mejora que lleva a realizar un análisis de trazabilidad de los recursos para conocer qué actividad sucedió, cómo sucedió, dónde sucedió, cuándo sucedió, y quién lo realizó. Para llevar a cabo el análisis de trazabilidad en la empresa tienen en cuenta los desempeños de producción diarios que se han ejecutado durante todo el mes.

Para tomar la decisión de mejorar o modificar un proceso en la planta estudiada se tiene que estar muy seguro de esta decisión debido a que un equipo o una maquina no va a funcionar siempre de la misma manera y además se tiene que tener unas variables controladas y en algunas ocasiones esos valores se pueden salir de control, por lo cual se debe dar un margen para ello.

El gerente de producción es el encargado de analizar el mejoramiento del proceso. Si se toma una acción para mejorar el proceso el gerente de producción la revisa y se reúne con el grupo de colaboradores que deben conocer todo el proceso, todos los indicadores, todas las posibles causas de lo que haya pasado de acuerdo al indicador para poder tomar decisiones sobre una mejora. Los indicadores de producción reportados al nivel de negocio son las eficiencias de producción las cuales se reportan semanalmente. En la Figura 57 se observa cómo se realiza el reporte semanal de los indicadores de producción al área de logística en Bogotá.

**Figura 57. Reporte de indicadores de producción semanal a nivel de negocio**



Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

A continuación se muestran los flujos de información existentes en la empresa caso de estudio correspondiente a la actividad análisis de desempeño de producción.

**Tabla 20. Flujos de Información de la empresa caso de estudio desde y hacia análisis de desempeño de producción**

Interfaz		Contenido de datos	Caso de estudio		
Análisis de desempeño de producción	→	Nivel 4	- Indicadores de producción.	El gerente de producción al finalizar la producción de la semana programada realiza un reporte acerca de los indicadores de producción al área de logística en Bogotá los cuales tienen que ver con: - Eficiencias de producción - Cumplimiento con el programa de producción	N I V E L 4
	←		Administración de políticas y modelos.	No se evidencio dentro de la empresa caso de estudio.	
	→	Administración de definición del producto	Cambios identificados para proceso, procedimientos y producción.	El gerente de producción es el encargado de los indicadores y mensualmente realiza una reunión para analizar los resultados de todos los indicadores y hacer mejoras.  Las circunstancias que pueden generar un cambio en el proceso o en los procedimientos de los productos son por lo general cuando se va a realizar una ampliación, cuando hay un cambio de programación o cuando hay una adecuación.	N I V E L 3
	←		Definiciones de KPIs de producción.	Los indicadores específicos de la planta son definidos internamente por el gerente de producción con el objetivo de medir las metas establecidas. Los KPIs manejados son:  - Eficiencia de producción.	

Interfaz		Contenido de datos	Caso de estudio
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cumplimiento al programa de producción.</li> <li>- Capacidad de utilización.</li> <li>- Pérdida de material de empaque.</li> <li>- No conformes de producto en proceso y manufactura.</li> </ul> <p>Porcentaje fuera de especificación.</p>
←	Recolección de datos de producción	Datos históricos de recursos.	El supervisor realiza un reporte con los indicadores de producción calculados, el cual es enviado al gerente de producción.
→	Seguimiento de producción	Datos de desempeño y calidad.	No se evidencio dentro de la empresa caso de estudio.
←		Datos de desempeño y calidad.	El jefe de planta realiza los desempeños de producción diarios que se ejecutan durante el mes, los cuales son utilizados por el gerente de producción.
←	Administración de recursos de producción	Disponibilidad de recursos de producción.	No se evidencio dentro de la empresa caso de estudio.

N I V E L 3

Fuente: Propia, marzo 28 de 2008

## **5 Guía general de implementación de la categoría Administración de operaciones de producción del estándar ISA S95 a un caso de estudio.**

Esta guía pretende ayudar en el proceso de aplicación de la categoría Administración de operaciones de producción del estándar ISA S95 a un caso de estudio. Esta aproximación llevara a obtener una definición y una estructura de cómo abordar una aplicación del estándar ISA S95 en su parte 3 a un caso de estudio. Esta guía es la primera referencia que se tiene de cómo hacer el acercamiento del modelo de actividad administración de operaciones de producción al caso de estudio, debido a que el estándar ISA S95 solo presenta conceptos, terminologías y modelos pero no como estos son aplicados a un caso particular.

Los pasos generales de aplicación de la categoría administración de operaciones de producción del estándar ISA S95 a un caso de estudio, constituyen la base a partir de la cual se llevarán a cabo las distintas fases de desarrollo del proyecto de automatización.

Los pasos a seguir se detallan en las siguientes fases:

### **Fase 1. Recolección y estructuración de información**

En proyectos donde se trabaja el acercamiento de una herramienta de integración a empresa caso de estudio, se debe tener en cuenta para el levantamiento de la información lo siguiente:

- Realizar visitas a la empresa
- Realizar levantamiento de información del proceso físico: conocer como se fabrica leche UHT en bolsa.
- Realizar levantamiento de información de administración de producción: conocer como se administran las diferentes operaciones de producción.
- Establecer los flujos de comunicación existentes dentro de las operaciones de producción en la empresa caso de estudio.
- Establecer la dinámica de funcionamiento del proceso de producción.

El resultado de esta fase consiste en establecer los contenidos de información de los procesos de la empresa caso de estudio.

## **Fase 2. Adecuación del modelo de actividad administración de operaciones de producción**

En esta fase se identifica cada una de las actividades del modelo de actividad administración de operaciones de producción que son llevadas a cabo en la empresa caso de estudio, después se procede a identificar cada uno de los flujos de información intercambiados por las actividades del nivel 3.

A partir de ahí pueden deducirse funcionalmente las medidas restantes que deben adoptarse en cuanto a modificaciones de organización y realizaciones técnicas. Esta fase comprende:

- Aplicación de la categoría administración de operaciones de producción del estándar ISA S95 a un caso de estudio: para llevarse a cabo esta etapa deben seguirse los siguientes pasos:
  - Modelar las actividades de producción de la empresa caso de estudio.
  - Identificar el flujo de información entre las actividades.
  - Modelar la información intercambiada entre el nivel de negocio y de manufactura para la empresa caso de estudio.
  - Organizar la información resultante de la aplicación del modelo en los documentos B2MML. Se recomienda utilizar la herramienta XMLSPY para desarrollar los diferentes documentos.

## **Fase 3. Identificación de cambios dentro de la organización**

De la comparación entre los procesos llevados a cabo dentro de la empresa caso de estudio y la aplicación de la categoría de administración de operaciones de producción, puede resultar la necesidad de introducir determinados cambios.

El cometido de esta fase consiste en planificar dichos cambios teniendo en cuenta las condiciones marginales, y determinar su puesta en práctica.

Para ello es necesario:

- Conocer todos los procesos de la empresa.
- Organizar los procesos de la empresa como estructuras dinámicas de información.
- Clasificar en actividades las operaciones de producción de la empresa caso de estudio.
- Comparar lo establecido en la empresa caso de estudio con lo reflejado en la aplicación de la categoría de administración de operaciones de producción, analizando la eficiencia en los dos casos.

- Identificar las falencias y determinar los cambios a realizar dentro de la empresa caso de estudio para luego llevarlos a la ejecución.

#### **Fase 4. Implementación**

Una vez desarrolladas las fases anteriores, se procede a analizar la ejecución dentro de la empresa caso de estudio, es necesario que los requisitos funcionales obtenidos se hagan realidad planificando una serie de sistemas técnicos concretos.

Para la fase de ejecución se proponen pasos para llevarse a cabo, sin embargo, es importante tener en cuenta que durante la fase de ejecución ha de mantenerse la capacidad de funcionamiento de la empresa. Esta fase comprende actividades que no tienen precedente alguno con proyectos de automatización de la información, por ello se sugieren algunos pasos, considerando que no existe referencia alguna para hacerlo, es claro aclarar que el estándar ISA S95 presenta terminologías, conceptos y modelos pero no su implementación en un caso de estudio. A continuación se presentan los pasos:

1. Como primera medida se deben establecer las condiciones mínimas para llevar a cabo la ejecución dentro de la empresa caso de estudio. Para lo cual se sugiere que dentro de la empresa caso de estudio se tengan bien definidos los procesos de producción con su respectiva documentación.
2. Una vez teniendo el conocimiento en detalle del manejo de los procesos dentro de la empresa caso de estudio, se procede a realizar con los responsables de los procesos una capacitación con respecto al estándar ISA S95, en donde se busca presentar que es el estándar, sus beneficios y lograr obtener una cultura en términos del estándar.
3. Una vez realizados los pasos anteriores se procede a estudiar los diferentes sistemas con los cuales la empresa caso de estudio cuenta, con el objeto de analizar que sistemas dentro de la empresa caso de estudio son de utilidad para la ejecución de la categoría administración de operaciones de producción.
4. Del paso anterior se obtiene un listado con los diferentes sistemas existentes dentro de la empresa caso de estudio, de los cual si estos no soportan las funcionalidades del modelo de actividad de administración de operaciones de producción, se realiza un estudio de las diferentes plataformas que soportan las funcionalidades del estándar ISA S95 referente a la administración de operaciones de producción. En este paso se pueden sugerir las siguientes plataformas existentes en el mercado que manejan la terminología, conceptos y modelos definidos en el estándar ISA S95:



- FactoryTalk - Rockwell Automation's
  - SIMATIC IT- Siemens
  - INTRACK – Wonderware
5. Dependiendo de las necesidades y el nivel económico de la empresa se prosigue a determinar cuál de los software sugeridos se ajustan más a las condiciones de la empresa caso de estudio.

## 6 CONCLUSIONES

En el proyecto se ha presentado la aplicación de la categoría de administración de operaciones de producción definida en la parte 3 del estándar ISA S95 a un caso de estudio, con el fin de permitir el intercambio de información en el nivel 3 de la pirámide jerárquica de automatización.

Los resultados obtenidos en el desarrollo del proyecto han permitido obtener una base de conocimiento con referencia al modelo de actividad de administración de operaciones de producción definida en la parte 3 del estándar ISA S95.

Con el objetivo de llevar a cabo la aplicación de la categoría de Administración de operaciones de producción es necesario identificar los diferentes flujos de información definidos por el modelo de actividad de la administración de operaciones de producción en la parte 3 del estándar ISA S95, para de esta manera especificar completamente el intercambio de información de esta categoría en el nivel de ejecución de manufactura.

En la aplicación de la categoría de Administración de operaciones de producción se ha mostrado cómo el modelo de actividad de administración de operaciones de producción identifica las principales actividades y la información intercambiada entre estas actividades, siendo importante concebir que su aplicación no restringe la forma como las actividades deben ser realizadas en una empresa específica.

Los resultados del proyecto permiten evidenciar que la aplicación del modelo de actividad de la categoría Administración de operaciones de producción no requiere que las funciones que el estándar propone para cada actividad se cumplan a cabalidad en el caso de estudio. Es así como, cada actividad dentro del caso de estudio puede cumplir una o más de las funciones o pueden encontrarse funciones que el estándar no especifica.

La aplicación de la categoría Administración de operaciones de producción ha permitido validar uno de los principales objetivos del estándar ISA S95, el cual no restringe el nivel de automatización de una empresa para especificar las actividades y los flujos de información del modelo de actividad de administración de operaciones de producción. Por lo tanto, las actividades del modelo de actividad de administración de operaciones de producción pueden ser realizadas por software especializado o por el recurso humano de la empresa.

El modelo de actividad de administración de operaciones de producción definido en el estándar ISA S95 no restringe su aplicación con respecto a que cada actividad sea

realizada por personas o aplicaciones software independientes. Es así como en su aplicación en el caso de estudio se muestra cómo la mayoría de las actividades son desarrolladas por el jefe de producción de la empresa caso de estudio.

De igual manera, el modelo de actividad de administración de operaciones de producción definido en el estándar ISA S95 tampoco restringe la clase de intercambio de información de una actividad a otra dentro del modelo. Este intercambio puede corresponder a un documento físico, digital o de forma oral, como se presenta en la empresa caso de estudio.

En el estudio y aplicación de la parte 3 del estándar ISA S95 se puede observar y analizar la manera en que se están realizando las actividades del nivel de administración de operaciones de manufactura dentro de la empresa, así como los flujos de información que se intercambian entre las mismas y entre otras categorías, para posteriormente realizar una instanciación en los esquemas B2MML definidos por el WBF y poder realizar un intercambio de esta información con el nivel de negocio.

Un aspecto importante abordado en la parte 3 del estándar ISA S95 corresponde a la inclusión de los términos de centros de trabajo y unidades de trabajo para referirse a los diferentes procesos de manufactura, sin especificar si es un proceso por tandas, continuo o discreto, haciendo énfasis en que la aplicación del estándar ISA S95 se puede realizar para cualquier empresa de manufactura sin importar el tipo de proceso o el nivel de automatización del mismo.

Debido que no es fácil realizar una aplicación de la categoría Administración de operaciones de producción, este proyecto es una ayuda fundamental en futuras aplicaciones de integración empresarial.

Los resultados obtenidos sirven de guía a las personas interesadas en el desarrollo de proyectos en las funciones relacionadas con la administración de operaciones de producción bajo el estándar ISA S95 en su parte 3.

## REFERENCIAS

- [1] LÓPEZ, Miguel F. Estrategia de mejora del proceso de fabricación. [En línea]. 2006. (Consulta: 15 mayo de 2007). <<http://mundolacteo.com/colaboracionFicha.asp?idColaboracion=25>>
- [2] HERNÁNDEZ, Fernando. ERP: ¿Qué es?, Beneficios e impactos en las Compañías. [Tesis de maestría]. Monterrey: ITESM. Departamento de administración de tecnologías de información.
- [3] MESA International, MES Functionalities and MRP to MES Data Flow Possibilities - *White Paper Number 2 (1994)*
- [4] ISA. Sobre ISA. [En línea]. (Consulta: 15 mayo de 2007). <<http://www.isa.org>>
- [5] VÁSQUEZ, Modesto. Automatización: Un dilema de convivencia. [En línea]. 2003. (Consulta: 10 mayo de 2007). <<http://www.manufacturaweb.com>>
- [6] ANSI/ISA-88. 01, Control Batch, parte 1: Modelos y terminologías. 1995. ISBN: 1-55617-562-0.
- [7] ISA-95, Tecnología ISA-95. [En línea]. (Consulta: 30 abril de 2007). <<http://www.isa-95.com/subpages/technology/isa95.hp?PHPSESSID=56d97592f3206c30f0151abe31e358dc>>
- [8] The Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA). ANSI/ISA-95. 00. 01-2000: Enterprise - Control System Integration Part 1 Models and Terminology. North Carolina, USA, 2000.
- [9] World Batch Forum. B2MML (Business to Manufacturing Version). [En línea]. (Consulta: 19 mayo de 2007). <[http://www.wbf.org/Content/NavigationMenu/General\\_Information/Partners\\_and\\_Affiliates/WBF/Working\\_Groups2/XML\\_Working\\_Group/B2MML/B2MML.htm](http://www.wbf.org/Content/NavigationMenu/General_Information/Partners_and_Affiliates/WBF/Working_Groups2/XML_Working_Group/B2MML/B2MML.htm)>
- [10] VIDAL, Fabian Yesid; MUÑOZ, Libardo Steven. Implementación ISA S95 en un Caso de Estudio. Universidad del Cauca, Popayán (Colombia), Enero de 2007.

[11] The Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA). ANSI/ISA-95. 00. 02-2001: Enterprise - Control System Integration Part 2 Object Model Attributes. North Carolina, USA, 2001.

[12] The Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA). ANSI/ISA S95.00.03-2005: Enterprise - Control System Integration Part 3 Activity Models of Manufacturing Operations Management, North Carolina, USA. 2005.

## **BIBLIOGRAFÍA**

ISA S95.00.01. Enterprise - Control System Integration Part 1: Models and Terminology”, International Society for Measurement and Control. 2000.

ISA S95.00.02. Enterprise - Control System Integration Part 2: “Object Model Attributes”, International Society for Measurement and Control. 2001.

ISA S95.00.03. Enterprise - Control System Integration Part 3: “Activity Models of Manufacturing Operations Management”, International Society for Measurement and Control. 2005.

SCHOLTEN, Bianca. The road to integration, A guide to applying the ISA-95 standard in manufacturing, 2007.