

# MODELADO DE LOS PROCESOS DE GESTIÓN PARA LABORATORIO DE METROLOGÍA DEL SECTOR ENERGÉTICO



## MODELING OF MANAGEMENT PROCESSES FOR A METROLOGY LABORATORY ENERGY SECTOR

### AUTOR

ERMILSO DÍAZ BENACHI  
Magister (c) en Automatización  
\*Universidad del Cauca  
Docente  
Facultad de Ingeniería  
Electrónica y Telecomunicaciones  
ediaz@unicauca.edu.co  
COLOMBIA

### AUTOR

CRISTIAN CAMILO RIVERA MUÑOZ  
Ingeniería en Automática Industrial  
\*Universidad del Cauca  
Estudiante  
Facultad de Ingeniería  
Electrónica y Telecomunicaciones  
Cristian91@unicauca.edu.co  
COLOMBIA

### AUTOR

SARA ISABEL ESCOBAR RODRÍGUEZ  
Ingeniería en Automática Industrial  
\*Universidad del Cauca  
Estudiante  
Facultad de Ingeniería  
Electrónica y Telecomunicaciones  
saritaescobar@unicauca.edu.co  
COLOMBIA

### AUTOR

OSCAR AMAURY ROJAS ALVARADO  
Doctor (c) en ciencias aplicadas  
\*Universidad del Cauca  
Docente tiempo completo  
Facultad de Ingeniería  
Electrónica y Telecomunicaciones  
orojas@unicauca.edu.co  
COLOMBIA

### \* INSTITUCIÓN

Universidad del Cauca  
UNICAUCA  
Universidad Pública  
Calle 5 No. 4-70  
rectoria@unicauca.edu.co  
COLOMBIA

**INFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN O DEL PROYECTO:** Proyecto de investigación y desarrollo en el modelado de procesos de gestión. El proyecto tiene como fin la obtención de modelos estructurales y dinámicos que muestren el comportamiento e interacción entre los procesos de gestión para un laboratorio de metrología del sector eléctrico, los cuales una vez realizados permitirán apoyar diagnósticos organizacionales en cualquier laboratorio de metrología regido por la Norma Técnica Colombiana NTC 17025.

**RECEPCIÓN:** Diciembre 20 de 2013

**ACEPTACIÓN:** Febrero 24 de 2014

**TEMÁTICA:** Gestión de Calidad de Proyectos y Procesos en General

**TIPO DE ARTÍCULO:** Artículo de Investigación Científica e Innovación

**Forma de citar:** Díaz Benachi, E., Rivera Muñoz, C. C., Escobar Rodríguez, S. I., & Rojas Alvarado, O. A. (2014). Modelado de los procesos de gestión para laboratorio de metrología del sector energético. En R, Llamosa Villalba (Ed.). Revista Gerencia Tecnológica Informática, 13(35), 79-94. ISSN 1657-8236.

**RESUMEN ANALÍTICO**

Este artículo presenta una metodología de trabajo con el fin de obtener el conocimiento estructural y dinámico de los flujos de información que se generan en un laboratorio de metrología filial de una empresa del sector energético, que le permitan a futuro la mejora, reestructuración y reingeniería de sus procesos de gestión. Se parte desde la investigación y análisis de conceptos base para el proyecto tales como procesos de negocio, su clasificación y la definición de los criterios de evaluación de la diferentes herramientas de modelado tanto estructurales como dinámicas. Posteriormente se establece la técnica de recopilación de información aplicada en la empresa caso de estudio y finalmente la construcción y análisis de los modelos estructurales y dinámicos, los resultados obtenidos del trabajo, aportan bases para la selección de herramientas para la presentación de modelos de este tipo, un procedimiento de recolección de información a través del modelo de cadena de valor, y el modelo empresarial representado en IDEF0 y Workflow Nets que le permitan a la empresa ver su funcionamiento a modo de diagnóstico. Se logra además la integración de diferentes modelos de procesos para caracterizar el funcionamiento de todo el sistema a pesar de su tamaño.

**PALABRAS CLAVES:** Modelado, IDEF0, Procesos, WorkFlowNets, Estructural, Dinámico.

**ANALYTICAL SUMMARY**

This paper presents a methodology of work in order to obtain the knowledge of structural and dynamic information flows generated in a metrology laboratory subsidiary of a company in the energy sector, that enable future improvement, restructuring and reengineering management processes. It starts from the research and analysis for the project based concepts such as business processes, classification and definition of the criteria for evaluation of different modeling tools both structural and dynamic. Compilation technique later applied information is set business case study and finally the construction and analysis of structural and dynamic models, the results of the work, provide a basis for the selection of tools for presenting models of this type, a process of gathering information through the model value chain and business model represented in IDEF0 and Workflow Nets to enable the company to see its operation as a diagnosis. It also achieves the integration of different process models to characterize the operation of the whole system despite its size.

**KEYWORDS:** Modeling, IDEF0, Processes, WorkFlowNets, Structure, Dynamics.

**INTRODUCCIÓN.**

Factores como la competitividad de las empresas por satisfacer las necesidades de sus clientes con la creación de nuevos bienes y servicios, cambios en su entorno organizacional y la globalización de mercados, obliga a las organizaciones a buscar e implementar nuevas estrategias para aumentar su desempeño y crear una verdadera ventaja competitiva. Esto se logra a través de la definición, análisis, integración y rediseño de los procesos de negocio [1] junto con la gestión de la información intercambiada como un recurso diferenciador de las empresas. Una de las metodologías por las cuales la organización puede mejorar la efectividad de su negocio es por medio del control y administración de sus procesos, a través de la visión centrada e integración de funcionalidades, lo que permite controlar y modificar los flujos de trabajo.

Para que directivos o gerentes puedan llegar a esas medidas es necesario un conocimiento específico de la organización dado por, la dinámica y estructura de los procesos, así como las funciones, flujos de información, complejidad del proceso, entre otros; el cual se obtiene a través de la implementación de modelos que permiten visualizar la realidad de la empresa y son capaces de soportar procesos de toma de decisiones [2].

El modelado de procesos de negocio es el corazón del diseño organizacional y el desarrollo de sistemas de información, que según su aplicación varía entre el soporte para reingeniería, simulación o desarrollo de sistemas de automatización [3], por lo que existen muchas técnicas de modelado, unas más aptas que otras según el objetivo que se plantea para la empresa. Tal como se muestra en trabajos como "

Rediseño del Sistema de Gestión de Operaciones para Optimizar la Atención de Clientes de ELIQSA” [4], en el que se presentan modelos IDEF0 que representan las operaciones de una empresa del sector eléctrico para optimizar atención al clientes cuando se generan interrupciones del suministro de energía a partir del rediseño de procesos; En la tesis de grado realizada en la Escuela Superior Politécnica del Litoral de Guayaquil[5], se realizan modelos en IDEF0 para una empresa del sector público, con el objetivo de mejorar el proceso de cobros, identificando actividades críticas a partir de los modelos como base de información; En [6] W.V. Aalst, se dedica al manejo de las WFNETs y al uso de las redes de Petri dentro de las notaciones de Workflow, siendo esta la herramienta de modelado y base de información para implementar los WFMS realizando actividades de seguimiento y simulación para procesos; En [30] se presenta el modelado dinámico a través de redes de Petri para el modelo de integración empresarial “Actor-Empresa” de la Universidad del Cauca, con el fin de tener el comportamiento global del sistema y poder evaluar potenciales situaciones de bloqueo que pueda tener para posteriormente realizar sugerencias de optimización del modelo; En [31] se muestra la aplicación de las redes de Petri en el modelado de los flujos de trabajo y actividades del procesos de tratamiento de experiencias operativas en la parte industrial de una empresa, con el fin de ayudar a la mejora continua y aprendizaje de la organización.

La literatura acerca del modelado de procesos de negocios demuestra que los casos más comunes de estudio se centran en un tipo de modelado estructural o dinámico [33], pero no soporta y desarrolla una metodología de complementación entre dos técnicas de modelado de diferentes tipos integrando sus elementos y actores de las herramientas como: procesos, procedimientos, actividades, tareas, flujos de información, datos e interacciones. Además cabe resaltar los resultados previos obtenidos por los objetivos y particularidad del caso de estudio entre estos la definición de proceso de negocio, aplicación de cadena de valor en un servicio con características de un proceso de manufactura, definición de criterios de técnicas de modelado y aplicación.

Para llegar al modelado de procesos es necesario el desarrollo de una serie de pasos que inician con la definición del alcance y objetivo de modelado, el cual en este proyecto es el diagnóstico de los procesos de gestión para el Laboratorio de Metrología del sector energético, que es una organización dedicada a proveer servicios de calibración a medidores de energía, en busca de la acreditación por la norma técnica colombiana NTC-ISO/IEC 17025 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayos y calibración” [7], el último paso es la obtención de los modelos estructurales y

dinámicos que describan el objeto de estudio para su posterior análisis.

La obtención de los modelos se alcanza tras realizar un estudio analítico del laboratorio tomado como caso de estudio. Trabajos como [27] y [28], reflejan la importancia del diseño de modelos que permitan una visión general de la empresa, presentando la existencia de una gran cantidad de técnicas de modelado que se eligen según la evaluación de criterios de selección y los objetivos que pretende la organización alcanzar con los modelos empresariales a realizar. Adicional a esto, en [29] se expone una clasificación de diferentes técnicas de modelado para procesos de negocio exponiendo las ventajas que pueden tras su implementación, pero de igual forma, mostrando las desventajas de algunas técnicas al no poder usarse los modelos obtenidos para la realización de análisis profundos respecto a la organización y actividades de optimización.

Otros modelados empresariales se pueden implementar para la obtención de bases de información que permitan el análisis de la empresa según su objetivo [32]. Enfoques dirigidos a la implementación y puesta en marcha de nuevas tecnologías para la organización o modelos que buscan representar las estructuras jerárquicas y de funcionamiento de las organizaciones son casos de diferentes enfoques de modelado empresarial. Sin embargo es el modelado enfocado a procesos de negocio el que permite abordar el problema debido a la estructura y actividad que realiza la empresa caso de estudio.

## DESARROLLO.

Para el desarrollo de este trabajo se siguieron las siguientes etapas:

1. Revisión de la literatura y Conceptualización: Donde se realiza el marco conceptual para el trabajo, relacionado con la teoría de procesos de negocio y el modelado empresarial.
2. Técnica de Recopilación: Descripción de las técnicas y elementos para la obtención de la información en la empresa caso de estudio.
3. Clasificación de los procesos de negocio: se investiga sobre las clasificaciones de los procesos de negocio y la implementación de la cadena de valor para los procesos del caso de estudio.
4. Criterios de modelado: Se investigan diversas técnicas de modelado en el estado del arte y se adoptan los criterios para la evaluación y selección de las mismas.
5. Modelado estructural y dinámico: Los modelos obtenidos para los procesos identificados en el caso de estudio.

## 1. CONCEPTUALIZACIÓN.

Antes de abordar las temáticas referentes al modelado empresarial, es necesario contextualizar algunos conceptos que van a permitir definir el alcance y los objetivos de modelado dentro del caso de estudio. Esto, para definir los objetos a modelar y su respectiva clasificación.

### 1.1 PROCESOS DE NEGOCIO.

La definición de procesos de negocio varía según la autoría o tecnología empresarial predominante de la época histórica por las que han pasado, como se muestra, donde la industria se enfoca en diferentes aspectos de la producción. Jacobs [8] describe un proceso de negocio como actividades internas que trabajan en conjunto desempeñadas por el servidor al cliente; Biederlo [8] define como conjunto de actividades ordenadas parcialmente con la intención de alcanzar una meta; Autores como Michael Hammer y James Champy [9] enuncian que un proceso de negocio son actividades agrupadas que impulsadas por eventos y ejecutándolas en una cierta secuencia crean valor para un cliente. Davenport [10] define proceso de negocio como un conjunto de tareas relacionadas lógicamente dentro de un espacio y tiempo definido, las cuales llevan a cabo un resultado del proceso de negocio para un cliente en particular.

Teniendo en consideración las definiciones anteriores realizadas por diferentes autores y la influencia

de filosofías y tecnologías empresariales [11], se determina un proceso de negocio como un conjunto de actividades relacionadas entre sí de forma lógica, dentro de los limitantes tiempo y espacio. Las actividades transforman entradas en salidas consumidas por clientes y son desempeñadas en coordinación en un ambiente organizacional y/o técnico a través del uso de recursos con el fin de cumplir con la meta de negocio [12].

## 2. TÉCNICA DE RECOPIACIÓN.

Entre las técnicas de recolección de datos se encuentran: el cuestionario, la encuesta, fichaje, el test, la observación y la entrevista. Esta última técnica fue la implementada en el presente trabajo por sus cualidades como la flexibilidad, y permitir un amplio espectro de temas, además de la interacción entre el entrevistador y el entrevistado.

Con el objetivo de tener éxito en las entrevistas lo cual depende fuertemente de la fluidez y manejo del tema del entrevistador, junto el tipo de entrevista a realizar que es de tipo semiestructural, se conformó el proceso de recopilación como una serie de actividades ejecutadas de forma secuencial como se muestra en la figura 1. Iniciando con la definición del objetivo de entrevista que es: Obtener la información necesaria para diseñar los modelos dinámicos y estructurales de los procesos de gestión que se ejecutan en el laboratorio de metrología.

FIGURA 1. Fases de la Entrevista.



Seguido se encuentra la lectura y análisis de la documentación correspondiente a la Norma Técnica Colombiana NTC ISO 17025 [7], procedimientos, instructivos, manuales, registros y formatos resultado del proceso del Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) implementado en el laboratorio, siendo estos la base de conocimiento, obteniendo así las personas que debían ser entrevistadas y la formulación de las guías clasificadas de la siguiente forma según su naturaleza:

- Recursos humanos (RRHH)
- Calidad
- Compras
- Gestión de la producción
- Producción, esta categoría esta fuera del alcance de este proyecto

La definición de las personas que debían ser entrevistadas permitió realizar las entrevistas de forma

individual y presencial usando como herramienta de registro grabaciones de tipo audio, finalizando con la recopilación de la información obtenida, posteriormente esta es analizada y organizada según los requerimientos del proyecto.

Recopilada la información necesaria de la organización, es necesario hacer la identificación y clasificación de la misma a partir de los conceptos de los procesos de negocio.

## 3. CLASIFICACIÓN DE PROCESOS DE NEGOCIO.

La clasificación de los procesos de negocio es realizada a partir de su evaluación en diferentes dimensiones o aspectos como su grado de automatización, de interacción con otros procesos de negocio (inter organizacionales o coreográficos), grado de repetición, de estructuración [12] y según su ubicación dentro

de los niveles de la empresa. Este último es el tipo de clasificación de interés dentro del trabajo en desarrollo, donde los tipos de procesos de negocio y su respectiva clasificación varían según el autor o grupos de autores que la realiza.

Para la identificación y clasificación de los procesos de negocio para el laboratorio, se toma la definición propuesta por el autor Michael Porter [11] el cual clasifica las actividades de negocio como actividades primarias, directamente relacionados con la creación y envío de productos o servicios; de soporte, que son las actividades requeridas para soportar las actividades primarias de la compañía.

Esta definición está realizada a partir del establecimiento de la cadena de valor la cual identifica a cada una de las actividades primarias y de soporte como procesos.

### 3.1 CADENA DE VALOR.

El término cadena de valor introducido por Michael Porter en su libro "Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance" [13], define cadena de valor como la descripción de las actividades que desempeña la organización dentro y en su entorno, donde cada una se relaciona con un análisis de fuerza. Su principal característica es la evaluación de valor de cada una de las actividades desarrolladas y como estas aportan a los productos y servicios de la organización, a través de su capacidad de interacción creando un beneficio para la organización, que es conocido como Margen. El Margen es la diferencia entre el valor total y el costo colectivo de desempeñar las actividades de valor.

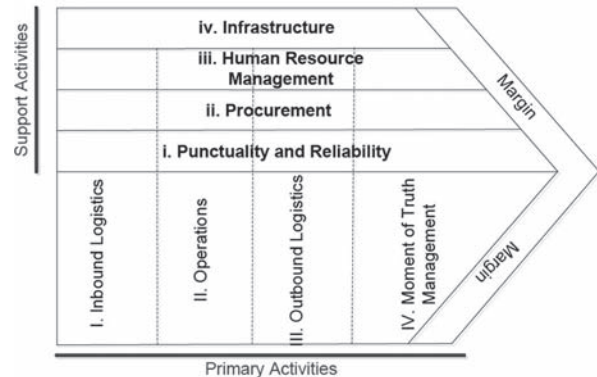
Teniendo en cuenta que la cadena de valor propuesta por Porter esta modelada para el sector de la manufactura, se debe obtener la cadena de valor para servicios la cual es propuesta en el artículo [14], donde se resalta el valor que aporta cada una de las actividades de la cadena de valor con el producto final que será un servicio entregado.

Es necesario abordar la cadena de valor para servicios debido a la naturaleza del laboratorio del caso de estudio, ya que tiene como objetivo la prestación del servicio de calibración para medidores de energía a partir de actividades y trabajos que se pueden catalogar como actividades de una empresa de manufactura.

Para realizar la clasificación de los procesos de negocio en el caso de estudio es necesario lograr un híbrido entre la cadena de valor para manufactura y la de servicios. Para esto, se hace la integración de las actividades y/o atributos de las dos cadenas de valor de tal forma que satisfaga las necesidades y represente el

comportamiento y naturaleza de la organización caso de estudio. Se obtuvo como resultado la cadena de valor expuesta en la figura 2.

**FIGURA 2.** Cadena de valor para el laboratorio.



Las actividades primarias I, II y III y las actividades de soporte ii, iii, iv son tomadas de la cadena de valor para manufactura y las actividades primarias tanto como las de soporte sobrantes son tomadas de la cadena de valor para servicios.

De esta manera se estructura una nueva cadena de valor que represente el comportamiento y organización de los procesos de negocio que se identifiquen para el laboratorio con su comportamiento típico entre organización prestadora de servicios y de manufactura.

Las actividades primarias, que concierne a la creación y envío de productos o a la prestación de servicios, enfocados al caso de estudio, corresponde a todas las actividades que se realizan en el laboratorio que van ligadas directamente a la calibración de los medidores y a la obtención de los certificados.

Por otra parte las actividades secundarias, que son las actividades que se encargan de la logística necesaria para la ejecución de las tareas primarias, para el caso de estudio corresponden a las tareas de RRHH, gestión de compras y control de la producción entre otras.

La identificación y clasificación de los procesos de negocio existentes en el caso de estudio permite obtener una cadena de valor para todos los procesos que ejecutan. Las Figuras 4, 5 y 6 muestran la organización de las tareas de los diferentes procesos de gestión del laboratorio, en las cuatro actividades de soporte de la cadena de valor de la Figura 2, actividades necesarias para mantener de forma adecuada la parte de producción dentro de las instalaciones.

Se tiene como objetivo el modelado empresarial solamente de los procesos y actividades de gestión del

laboratorio, por lo que todos los procesos de negocio identificados dentro de las actividades primarias no serán tomados en cuenta para el modelado.

Sin embargo algunas de las actividades de soporte no serán tomadas en cuenta para el modelado debido a

que no son realizadas directamente por el laboratorio sino por la empresa de energía a la cual hace parte y presta principalmente sus servicios. Las actividades que son en cuenta para el modelado estructural y dinámico son las resaltadas en negrita de las figuras 3, 4, 5 y 6.

FIGURA 3. iv. Infrastructure.



FIGURA 4. iii. Human Resource Management.

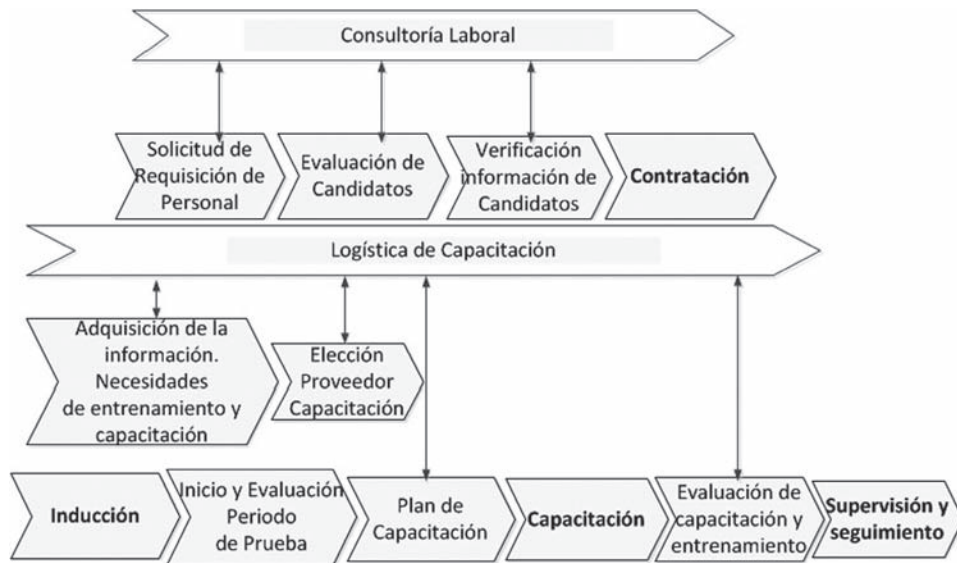


FIGURA 5. ii. Procurement.



FIGURA 6. i. Punctuality and Reliability.



Los procesos a modelar del caso de estudio se exponen en resumen en la tabla 1, con su respectiva correspondencia a las actividades de soporte para la cadena de valor aplicada.

**TABLA 1.** Procesos a modelar del caso de estudio.

Proceso	Actividades de la cadena de valor
Gestión de la producción	<b>Fig 6. Puntualidad y fiabilidad</b> Gestión de control de la producción Gestión de aseguramiento metrológico Gestión de inventario
Gestión de Compras	<b>Fig 5. Adquisiciones</b> Gestión de compras Gestión de proveedores
Gestión de RRHH	<b>Fig 4. Gestión de recurso humano</b> Gestión de selección y contratación de personal. Inducción, capacitación entrenamiento y desarrollo. Supervisión y seguimiento.
Gestión de la calidad	<b>Fig 5. Infraestructura</b> Gestión de la calidad

Una vez identificados los procesos de negocio que serán los objetos a modelar dentro del proyecto y la cadena de valor, es necesario centrarse en las técnicas de modelado y utilizar las que mejor se acomoden al objetivo del proyecto.

## 4. MODELADO EMPRESARIAL.

El modelado empresarial tiene como objetivo mostrar de manera estructural y dinámica como está dispuesta la organización y conseguir esquemas que permitan visualizarla, asegurando que los procesos implementados se realizan de manera adecuada y permitan tener bases sólidas de información para el proceso de toma de decisiones.

### 4.1 TIPOS DE MODELADO.

#### 4.1.1 Modelado Estructural.

Los modelos estructurales entregan una visión estática de un sistema dinámico, mostrando las interacciones y posibles flujos de información con otros objetos a través del sistema sin la capacidad de establecer una variación en el tiempo o evolución del mismo, además

determina que recursos y elementos son necesarios y/o usados durante la ejecución del proceso [15]. Entre las herramientas de modelado estructural se encuentran los modelos de objetos, modelos de clases que son vistas de UML [16] y modelos IDEF0 [17].

#### 4.1.2 Modelado Dinámico.

Los modelos dinámicos representan y describen el comportamiento de un sistema y su respuesta a través del tiempo en diferentes condiciones y/o estados de funcionamiento [15], además permite analizar, verificar y validar las condiciones de operación, bloqueo y seguridad de los procesos de negocio [18]. Las herramientas de modelado dinámico más populares se encuentran las Redes de Petri [19], redes de Workflow [6], IDEF3 [20], diagramas de flujo [21], GRAFCET [22], diagramas de secuencia [23], colaboración y estados [16].

### 4.2 CRITERIOS DE MODELADO.

La selección de la técnica de modelado se realizó a partir de la evaluación del cumplimiento de criterios definidos a partir de dos tipos de requerimientos:

- Requerimientos de técnicas de modelado según la meta de modelado presentado en [24].
- Requerimientos Futuros para el Sector Industrial presentados en [26].

Realizando un análisis de cada uno de los requerimientos de técnicas de modelado según la meta de modelado junto con los requerimientos futuros para el sector industrial a partir de su concepto teórico y campo de aplicación, se determinaron los siguientes criterios para las técnicas de modelado:

**Criterio 1: Capacidad de integración.** La capacidad de soportar la unión de diferentes procesos, como el intercambio y transmisión de datos y/o información entre personas, departamentos, organizaciones, servicios y sistemas de información.

**Criterio 2: Cooperación.** Interacción de forma cooperativa entre los elementos de la herramienta de modelado, aportando ayuda por medio del trabajo en conjunto.

**Criterio 3: Explicitación de los recursos.** Expone de forma clara el uso de los recursos dentro de los procesos de negocio modelados y su respectivo estado, la representación de roles y asignación de tareas.

**Criterio 4: Reconfiguración.** La agilidad de adaptación a cambios en los modelos respecto a la rapidez, facilidad y viabilidad.

**Criterio 5: Usabilidad de la herramienta.** Grado de facilidad con que se usa e implementa la herramienta para la generación de modelos de forma clara y eficaz.

**Criterio 6: Expresividad.** Capacidad de modelar la complejidad de los procesos de negocio tanto en su comportamiento, como en asignación de recursos, roles, ejecución de actividades paralelas y disyuntas, entre otras.

**Criterio 7: Interoperabilidad.** Habilidad de intercambiar información entre distintas herramientas software sobre los modelos obtenidos, con el fin de que se pueda utilizar, entender y manipular los datos, conocimiento e información intercambiados en varias plataformas.

**Criterio 8: Comprensibilidad y comunicatividad del modelo.** Hace referencia a la capacidad de realizar modelos que permitan la transmisión de la información de valor para los usuarios a través de las notaciones gráficas de los modelos sin importar que sean o no expertos en el tema de modelado.

**Criterio 9: Reusabilidad.** Es la capacidad de obtener modelos capaces de extenderse o no tener cambios significativos ante cambios en los procesos de negocio.

**Criterio 10: Soporte Tecnológico.** Capacidad de implementar, controlar, modificar, monitorear y gestionar los modelos obtenidos sobre plataformas software.

**Criterio 11: Aporte en la automatización de procesos.** Implica la capacidad de obtener modelos que sirvan como base de información, toma de decisiones e implementación de mejoras en los procesos, para aumentar el rendimiento del sistema sobre el cual se aplican.

**Criterio 12: Herramientas de Simulación.** Es la existencia de aplicaciones o herramientas software que permitan la simulación y monitoreo del sistema en ambientes controlados y obtener todos los posibles estados que puede tomar el sistema comprobando que este correctamente en desarrollo.

**Criterio 13: Soporte para documentación.** Este criterio se refiere a la capacidad de consignar información relevante a los modelos creados en formatos para transmisión de información y almacenamiento de la misma.

A partir de la definición de los criterios de evaluación para las técnicas de modelado, se realiza una lista de chequeo correspondiente a la Tabla 2, donde:

- La "X" representa el cumplimiento de un criterio por parte de una de las herramientas.

- La ausencia de "X", es decir, el espacio en blanco representa el NO cumplimiento de un criterio por parte de una de las herramientas

La herramienta de modelado con la mayor cantidad de criterios cumplidos fueron las seleccionadas obteniendo así:

- La técnica de modelado adecuada para el modelado estructural IDEF0.
- La técnica de modelado adecuada para el modelado dinámico Workflow Nets.

Para el modelado estructural tanto la técnica de modelado UML como IDEF0 cumplen con igual número de criterios, sin embargo, es elegida IDEF0 debido a que cumple con el criterio de usabilidad, el cual representa la facilidad para usar y entender dicha técnica, implicando tiempos de implementación más cortos para el proyecto.

**TABLA 2.** Evaluación de las Técnicas de Modelado.

CRITERIOS	IDEFO	UML	BPMN	WFNets	IDEF3
Capacidad de integración	X	X	X	X	X
Cooperación	X	X		X	X
Explicitación	X	X	X	X	X
Capacidad de Reconfiguración		X		X	
Usabilidad	X		X	X	X
Expresividad	X	X	X	X	X
Interoperabilidad	X		X	X	X
Comprensibilidad, comunicatividad	X	X	X	X	
Reusabilidad				X	
Soporte Tecnológico	X	X	X	X	X
Aporte en automatización	X	X		X	
Herramientas de simulación	X	X	X	X	X
Soporte para documentación		X			

### 4.3 TECNICAS SELECCIONADAS.

#### 4.3.1 IDEF0.

Es un lenguaje de modelado e integración basado en SADT el cual comprende una notación gráfica y una clara metodología para la realización de modelos. Están conformados por cajas que representan las funciones, procesos o actividades modeladas a las



cuales se unen líneas y flechas de cuatro tipos distinto: Como *Inputs* que son las entradas de materia prima o elementos básicos requeridos para el desarrollo del proceso; *Control*, que representan los lineamientos y restricciones para el desempeño de la actividad; *Mechanism*, que indican los recurso tanto humanos como físicos necesarios para la realización de la actividad; y *Outputs* que son las salidas o resultados obtenidos del desarrollo de las actividades.

Una de sus principales ventajas es la aplicación a procesos con cualquier grado de automatización, permitiendo ser usado como herramienta para la definición de requerimientos y funciones en sus primeras etapas, para luego dar soporte en la implementación de los sistemas informáticos con sus respectivas características y funcionalidades. También para etapas más avanzadas y modelos con alto grado de abstracción, permite el análisis del sistema para la reestructuración y reingeniería [15].

#### 4.3.2 WORKFLOW NETS.

Workflow Nets es una combinación de dos técnicas, las redes de Petri y Workflow, para modelado de procesos. Los flujos de trabajo hacen referencia a la automatización de un proceso de negocio, en su totalidad o en parte,

durante el cual los documentos, información o tareas pasan de un participante a otro, de acuerdo a un conjunto de reglas de procedimiento según WMC [26]. Las Redes de Petri son herramientas de modelado gráfico y matemático, que es extensible a un gran número de sistemas, entre ellas la representación de flujos de trabajo y la interacción entre distintos sistemas.

De esta forma se obtiene una combinación de características propias para el modelamiento y automatización de procesos de negocio.

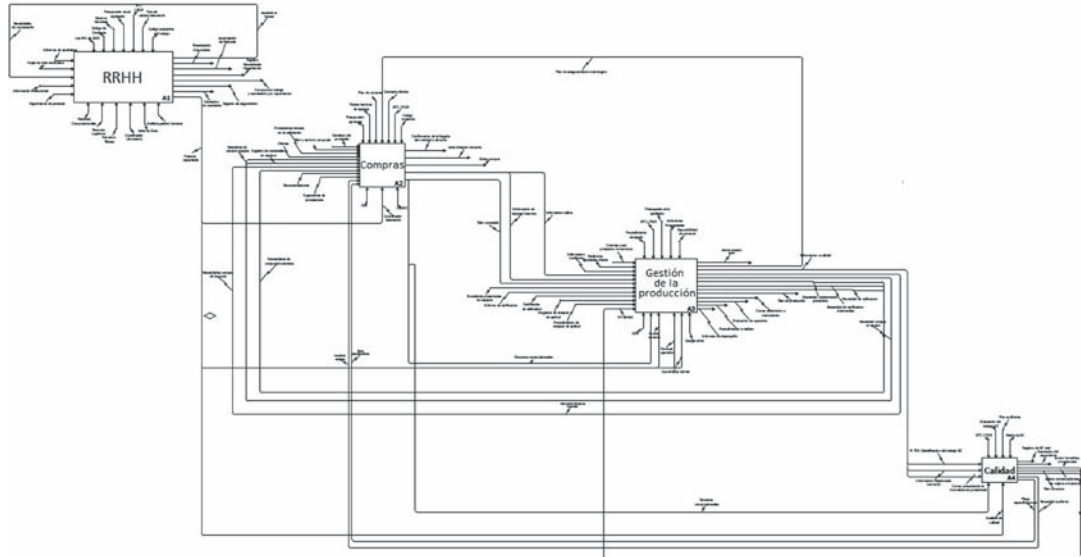
## 5. MODELADO DE LOS PROCESOS DE GESTION.

### 5.1 MODELADO ESTRUCTURAL.

Los modelos estructurales de los procesos de gestión del laboratorio de metrología de la empresa de energía se realizan con la técnica de modelado IDEF0.

Entregan conocimiento acerca de: Como son llevados a cabo los procesos dentro de la organización a través de las funciones, bienes e información que los compone; La interacción entre los clientes y proveedores internos y/o externos; Las fuentes y sumideros de la información que fluye en la organización.

FIGURA 7. Modelo A0 Procesos de Gestión.



El desarrollo de los modelos IDEF0 para el caso de estudio da como resultado 22 diagramas que representan la estructura de los procesos de gestión del laboratorio, obteniendo un total de 68 cajas que describen cada uno de los procesos, procedimientos, actividades o tareas según corresponda su ubicación y la jerarquía de los dentro de cada modelo.

- Procesos que conforman el objeto de estudio: A0
- Proceso: Ax, donde x varía entre 1 y 4.
- Procedimiento: Axy, donde x varía entre 1 y 4, y entre 1 y 5.
- Actividad: Axyz, donde x varía entre 1 y 4, y entre 1 y 5 y z entre 1 y 7.

- Tarea: Axyzw, donde x varía entre 1 y 4, y entre 1 y 5, z entre 1 y 7 y w entre 1 y 3.

Para la realización de los modelos estructurales se utiliza el software de libre distribución DIA, el cual permite diseñar modelos bajo diferentes técnicas, entre ellas IDEF0/SADT. El modelo A0 de la Figura 7, contiene los flujos de información entre los procesos de gestión definidos en la Tabla 1.

Los procesos de RRHH, Figura 8, y compras Figura 9, son los proveedores de recursos a los otros procesos del laboratorio, es decir las entradas *mechanism* de los procesos de gestión de la producción y de calidad corresponden a *outputs* de RRHH y compras, donde una *output* de RRHH es la persona que ha pasado por los procesos de contratación, inducción y capacitación representando el personal del laboratorio. La *output* de compras corresponde a los bienes físicos.

FIGURA 8. RRHH.

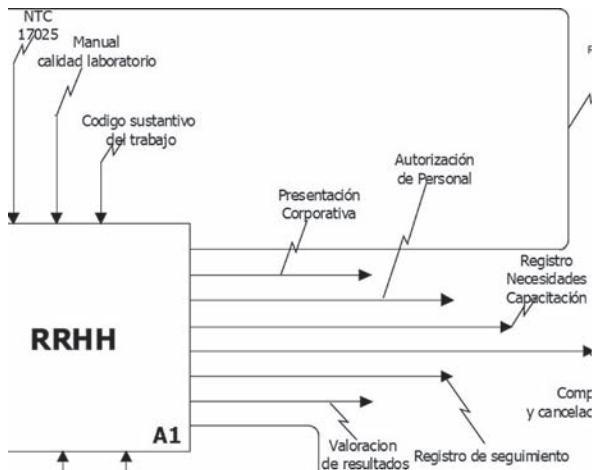


FIGURA 9. Compras.

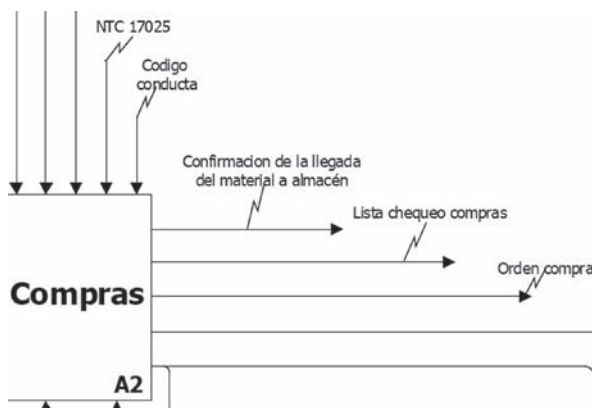
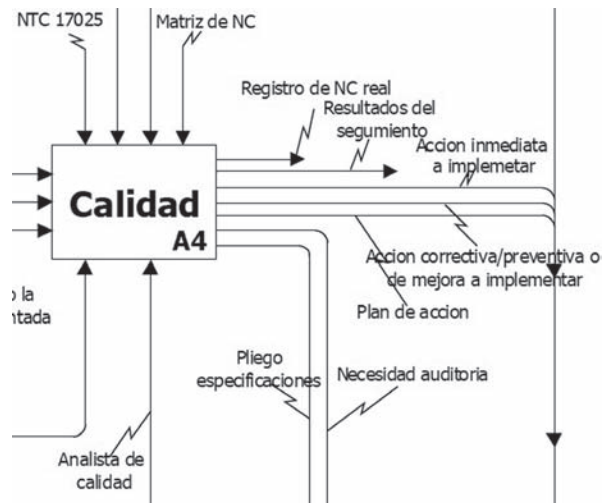


FIGURA 10. Calidad.



Estas dos salidas son los recursos necesarios para la ejecución de los procesos de gestión dentro del laboratorio.

Las *outputs* de procesos como gestión de la producción representan *inputs* y control para el proceso de compras en forma de necesidades de adquisición de un bien o servicio y los requerimientos que debe cumplir esta necesidad.

Las actividades que conforman el proceso de gestión de la producción son los únicos en el modelo que sus *outputs* son *inputs* a calidad de igual manera sus salidas son realimentadas al mismo proceso para la evaluación del rendimiento en el área de producción del laboratorio.

### 5.1.1 Análisis del Modelo: Control de la Producción.

El proceso de gestión de la producción es conformado por tres procedimientos que son: inventario, aseguramiento metrológico y control de la producción. Estos procedimientos están agrupados en la caja 3 como se muestra en la Figura 11(a), (b) del modelo A0, nombrando la agrupación de estas tareas como el proceso de gestión de la producción.

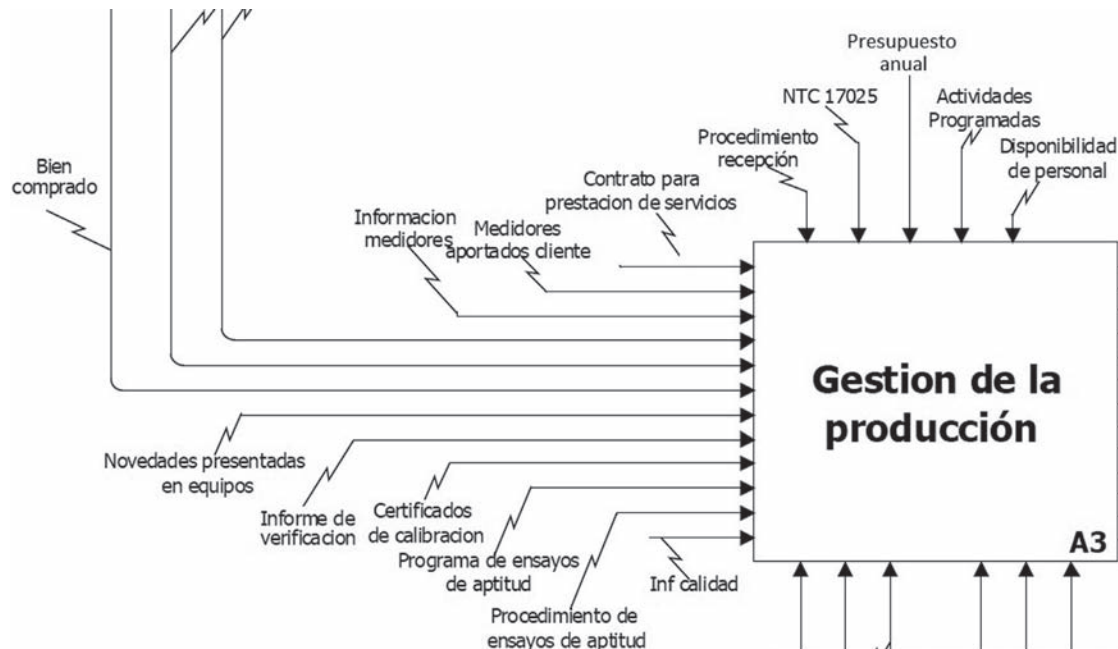
La agrupación de estas actividades está acorde con la definición de la gestión de las operaciones de manufactura del estándar ISA 95.03 y con las actividades del modelo funcional empresa control [34] que en él se presenta, clasificándolas en cuatro categorías que son:

- Gestión de las operaciones de inventario
- Gestión de las operaciones de mantenimiento
- Gestión de las operaciones de calidad
- Gestión de las operaciones de producción

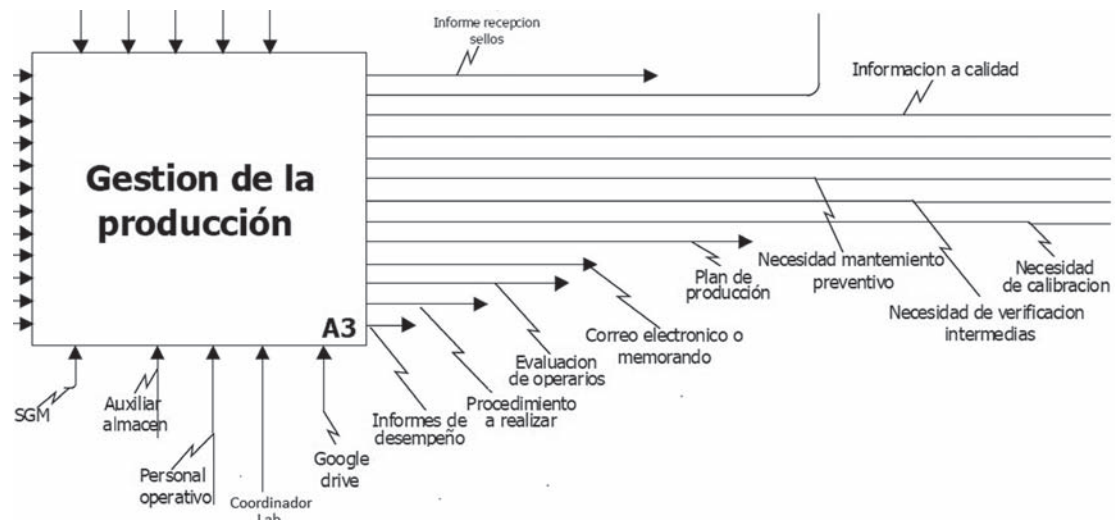
Se aclara que las actividades de gestión de las operaciones de calidad para el caso de estudio se realizan dentro de la actividad de aseguramiento

metrológico y el proceso de compras, por lo cual no es considerado como otro procedimiento del proceso de control de la producción.

**FIGURA 11. (a)** Proceso de Gestión de la Producción: Inputs y Control.



**FIGURA 11. (b)** Proceso de Gestión de la Producción: Outputs y Mechanism.



### 5.1.2 Análisis del Modelo: Capacitaciones.

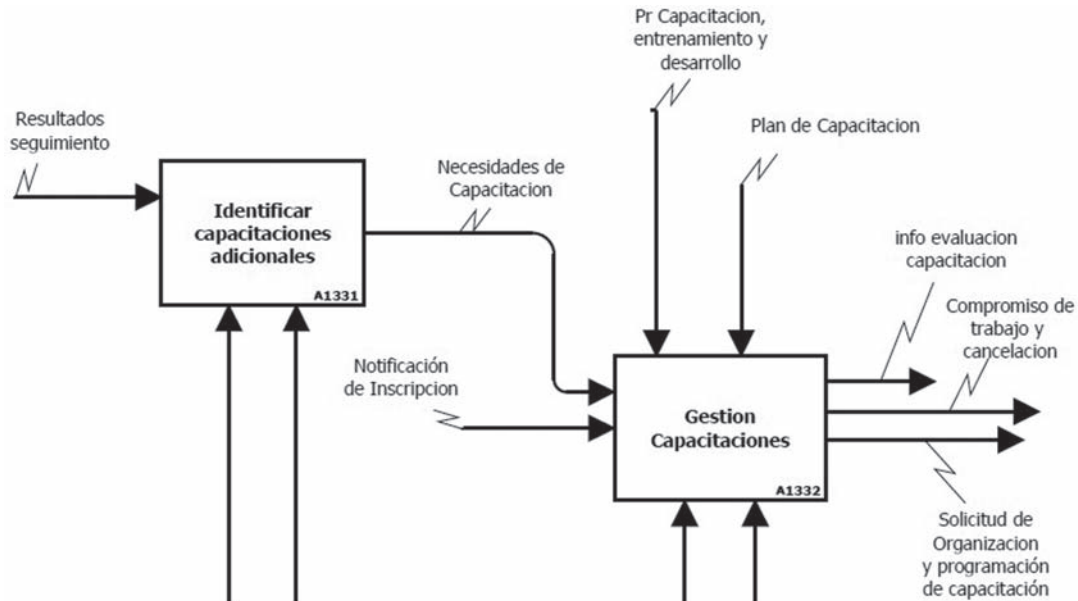
El modelo presentado en la figura 12 corresponde a las tareas que componen las actividades de capacitaciones, correspondientes al proceso de RRHH del caso de estudio. Las tareas que en esta actividad se realizan, corresponden a las acciones del nivel jerárquico más bajo de los modelos IDEF0 obtenidos.

Ya que la parte de capacitaciones hace parte de las actividades de apoyo definidas en la cadena de valor para el laboratorio, se encarga de toda la parte de gestión y coordinación de las capacitaciones necesarias para el personal del laboratorio.

Todas las actividades de capacitación se realizan respecto a la NTC 17025, que determina los pasos necesarios para que la capacitación se realice con

los estándares necesarios de acreditación para el laboratorio.

FIGURA 12. Capacitación.



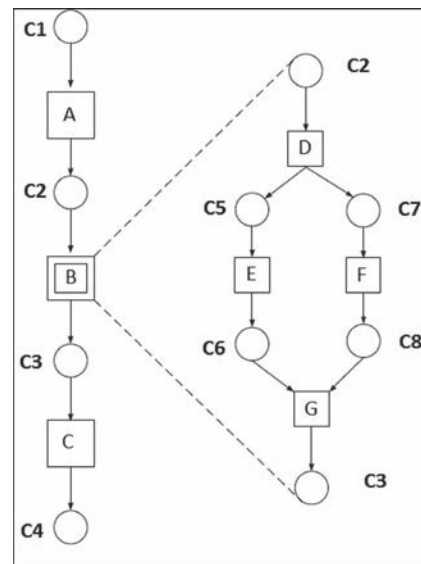
## 5.2 MODELADO DINAMICO.

El objetivo de WFNets es el modelado de tareas para lograr la solución de un caso en específico, mas sin embargo para efectos del proyecto, también se modelaron los procedimientos que contienen estas actividades y posteriormente los procesos generales identificados a partir de la información obtenida, para así obtener un modelo general dinámico de comportamiento en los procesos de gestión del laboratorio.

Los modelos de mayor jerarquía serán los modelos de procesos, los cuales dan paso a los modelos de procedimientos para llegar a modelos más específicos de actividades y tareas.

Debido a que el objetivo del proyecto es hacer un modelo de comportamiento de los procesos de un sistema de manera integrada, es necesario que estén unidos de manera dinámica y que se pueda acceder a cualquier nivel jerárquico desde una misma aplicación. La conformación de un modelo de comportamiento general para el caso de estudio de manera sencilla es posible debido al uso de WFNets de alto nivel, aplicando los conceptos de jerarquías, asociados a las redes de Petri y permitiendo crear subprocesos dentro de modelos de mayor rango, logrando unir varios modelos en una misma aplicación así como se muestra en la figura 13.

FIGURA 13. Jerarquía en WFNets.



Para el desarrollo de los modelos de comportamiento en los procesos de gestión se utiliza la herramienta de modelado WoPed, este es un software de libre distribución que permite el diseño de redes de Workflow con todas las características que presenta esta técnica de modelado.

Adicionalmente es posible realizar los análisis de bloqueos y alcance de cada uno de los ítems dentro de los modelos obtenidos, esto a partir de la simulación de todas las redes diseñadas y los subprocesos dentro de ellas establecidos.

La figura 10 es el resultado de modelar los procesos de gestión del laboratorio de Metrología, donde se muestra la unión de los procesos identificados a partir de la información obtenida representando el comportamiento general de todo el laboratorio según todas las actividades que desarrollan.

Los círculos representan condiciones o estados en los que se encuentra el proceso en un determinado instante durante el modelo, los estados P3, P4 y P2, representan los estados de finalización de los procesos de RRHH, Compras y Gestión de la producción respectivamente. La aparición de "tokens" en estos estados indica que el proceso anterior ha sido completado, y el sistema está listo para empezar a ejecutar otro proceso.

Los procesos son modelados a través de cuadros, y representan las tareas que se ejecutan del sistema.

En la figura 14 se presentan cuadros dobles, los cuales representan una estructura de subproceso en su interior, que debe ser ejecutada antes de dar por concluido el proceso. Es en estos subprocesos donde

están modeladas las actividades y tareas con un grado de detalle mayor.

Por otra parte, el hecho de que la ejecución de estos procesos no sea estrictamente secuencial, no implica que existan casos en los que deban serlo. Los procesos se pueden ver secuenciales en su totalidad o por tramos, es decir, Se ejecutan todos los procesos del modelo en orden como aparecen, o se podrían ejecutar de manera secuencial en pares o ternas.

Todas estas posibilidades de comportamiento, se deben tener en cuenta para la realización de los modelos, y lograr que el modelo represente el comportamiento del sistema en cualquier momento.

La ejecución dinámica de estos modelos es posible a través del uso de WorkFlow Management Systems, las cuales además de brindar soporte para la creación de modelos de comportamiento, permiten la ejecución y seguimiento de los flujos de trabajo diseñados, permitiendo su evaluación y control en todo momento.

De la etapa de modelado dinámico se obtiene como resultado un total de 34 modelos de comportamiento, que representa el funcionamiento y desarrollo de cada uno de los procesos y procedimientos modelados en la parte estructural.

FIGURA 14. Procesos de Gestión en WFNETS.

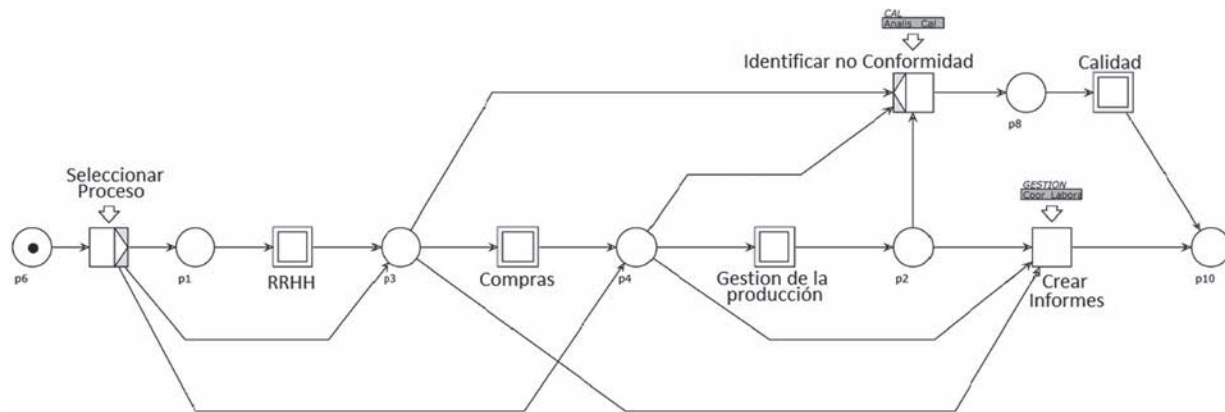
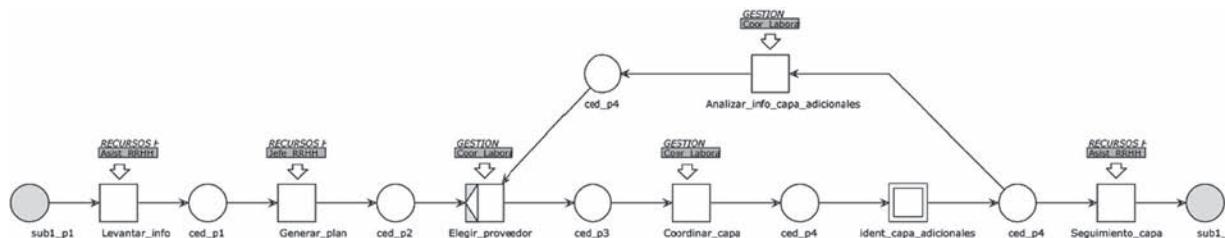


FIGURA 15. Dinámico – Capacitación.



### 5.2.1 Análisis modelo dinámico: Capacitación.

El modelo dinámico de la figura 15. Muestra las tareas que se ejecutan dentro de las actividades de capacitación que se realizan en el laboratorio.

Entre las actividades típicas de capacitación, está el levantamiento de la información respecto a las necesidades de capacitación del personal del laboratorio. Con esta información se procede a realizar el plan de capacitación y el proceso de elección de los proveedores de capacitación.

El eje central de esta actividad está en la identificación de las capacitaciones necesarias para el personal y la gestión necesaria para proponer y elegir los proveedores de capacitación.

Otra de las tareas importantes a realizar en esta parte, es la evaluación de los servicios adquiridos de capacitación.

### 5.2.2 Relación Entre los Modelos Estructurales y Dinámicos.

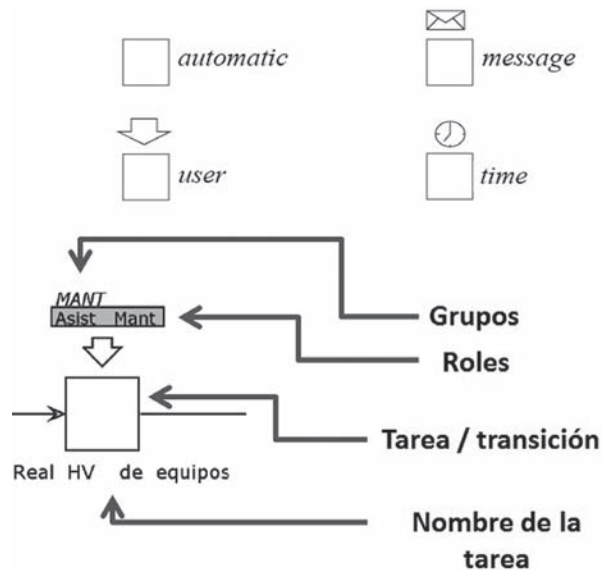
Se obtuvo una relación directa entre los flujos de salida de los diagramas estructurales, y las tareas de cada uno de los modelos en WFNets que se realizaron, es decir, los estados finales de los modelos dinámicos corresponden a la obtención de un informe o flujo de información en los bloques de IDEFO.

Por otra parte, las entradas o flujos de información de los modelos estructurales se mapean de modo distinto. Estas entradas corresponden en los modelos dinámicos al manejo de triggers de la figura 16 en algunas transiciones presentes en los subprocesos modelados, que activan la realización de ciertas tareas.

Los triggers, son los comandos que permiten la ejecución de cada una de las tareas pertenecientes al modelo [6]. Se muestran de forma gráfica y se sitúan en la parte superior de cada transición representando si la tarea se ejecuta de forma automática, tras la llegada de un mensaje externo, bajo la decisión del usuario del sistema o luego de alcanzar un tiempo límite de respuesta, una vez se cumpla la condición del trigger, se puede dar comienzo a la ejecución de la tarea modelada.

De esta manera se puede observar dos tipos de modelos de enfoque totalmente diferente pero con un grado de complementariedad muy elevado, para la representación del estado actual del laboratorio.

FIGURA 16. Triggers de ejecución.



## 6. CONCLUSIONES.

El laboratorio de metrología está constituido como una organización que presta un servicio público sobre un bien tangible suministrado por el cliente, medidores. Durante la prestación del servicio ejecuta operaciones típicas de manufactura, por lo que es necesario el estudio del sistema como un híbrido entre manufactura y servicios. A partir de este hecho, se diseña dentro del trabajo la cadena de valor híbrida que permite abordar el caso de estudio con sus características.

La representación estructural permitió ver en el modelo de Gestión de la Producción, poca interacción entre las cuatro actividades de manufactura planteadas por ISA 95.00.03 (calidad, inventario, mantenimiento y control de la producción), esto requiere a futuro una reorganización en cuanto a estas actividades.

Aunque en el estado del arte no se encuentran modelos dinámicos de grandes sistemas integrados, con el presente trabajo se muestra que es posible la aproximación del comportamiento de toda una empresa o sistema a partir de un solo modelo, obteniendo esquemas estructurales o dinámicos dependiendo de las técnicas y herramientas empleadas.

El entendimiento que proporcionan los modelos respecto al sistema, la dinámica que representan y los flujos de información que se observan dan las herramientas básicas para la implementación de sistemas de información o

aplicaciones informáticas para la automatización de algunos procesos, para mejorar los tiempos utilizados para su desarrollo.

Tras la integración de los procesos a partir de los modelos, es posible realizar esfuerzos para realizar programas que permitan el monitoreo y seguimiento de los procesos que se realizan, saber en qué parte de su ejecución se encuentran y las condiciones de las variables en un instante de tiempo determinado.

Se brinda una herramienta empresarial, a la empresa mediante un formato estándar, bajo los cuales se pueden en un paso posterior generar estrategias de mejora, o en la planeación e implementación de herramientas hardware y software eleven la productividad de la empresa.

## 7. REFERENCIAS.

- [1] Lim, S.H., Juster, N., & Pennington, A. (1997). Enterprise modelling and integration: A taxonomy of seven key aspects. *Computers in Industry*, 34 (3), 339 – 359.
- [2] Salgado, C., Peralta, M., Baigorria, L., Berón, M., Riesco, D., & Montejano, G. (2011). Modelado de Procesos de Negocio: Evaluación y Comparación de Modelos y Lenguajes de Modelado. XIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación del 5 al 6 de mayo de 2011. (p. 524-527). San Luis, Argentina: Universidad Nacional de San Luis. ISBN: 978-950-673-892-1.
- [3] Patankar, A.K., & Adiga, S. (1995). Enterprise integration modelling: a review of theory and practice. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 8 (1), 21-34.
- [4] Álvarez, M.A. (2008). Rediseño del Sistema de Gestión de Operaciones para Optimizar la Atención de Clientes de ELIQSA. Tesis de trabajo de grado no publicada. Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- [5] Torres, H.M. (2009). Mejoramiento del Proceso de Gestión de Cobros de una Empresa Pública Usando el Modelo IDEF0 (Integration Definition for Function Modeling) y la Mejora Continua. Tesis de trabajo de grado no publicada. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- [6] Moreno, Y.P., Sarabia, C.X., & Acosta, J. C. (2007). Proyecto para la mejora de la logística del proceso de distribución de equipos celulares de una empresa de telefonía celular a nivel nacional, utilizando el modelado IDEF0 y la técnica de transformación empresarial. Tesis de trabajo de grado no publicada. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- [7] Van Der Aalst, W.M.P. (1998). The Application of Petri Nets to Workflow Management. *Journal of Circuits, Systems and Computers*, 08, 21-66.
- [8] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. Bogotá. ICONTEC, 2005. (NTC 17025).
- [9] Lindsay, A., Dows, D., & Lunn, K. (2003). Business processes a attempts to find a definition. *Information and Software Technology*, 45 (15), 1015-1019.
- [10] Hitpass, B. (2012). BPM Business Process Management Fundamentos y Conceptos de Implementación. Santiago de Chile: BPM Center.
- [11] Davenport, T.H. (1993). Process innovation reengineering work through information technology. Boston, Massachusetts: Ernst & Young.
- [12] Armistead, C., & Machin, S. (1997). Implications of business process management for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, 17, 886-898.
- [13] Weske, M. (2007). Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures. Berlin: Springer.
- [14] Porter, M. (2011). Competitive Advantage of Nations: Creating and Sustaining Superior Performance. New York: Free Press.
- [15] Gabriel, E. (2006). Value Chain for Services: A new dimension of Porter's Value Chain. *The IMS International Journal*, 1-26.
- [16] Whitman, L., Huff, B., & Presley, A. Structured models and dynamic systems analysis: The integration of the idef0/idef3 modeling methods and discrete event simulation. En S. Andradóttir, (Ed.). *Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference*. United States.
- [17] Giandin, R.S., & Pons, C.F. (2000). Relaciones entre Casos de Uso en el Unified Modeling Language. *Revista Colombiana de Computación*, 1(1), 73-90.
- [18] National Institute of Standards and Technology. (1993). *Integration Definition for Function Modeling (IDEF0)*. United States of America: Secretary of Commerce.

- [19] Chacón, E., & Rojas, O. A. Modelado de sistemas de producción. En Tecno, (Ed.). III Simposio Internacional de Automatización y Nuevas Tecnologías. Mérida, Venezuela.
- [20] Murata, T. (1989). Petri nets: Properties, analysis and applications Proceedings of the IEEE, 77, 541-580.
- [21] Mayer, R.J., Menzel, C., Painter, M., de Witte, P.S., Blinn, T., & Perakath, B. (1995). Information Integration for Concurrent Engineering (IICE) IDEF3 Process Description Capture Method Report. Texas: Knowledge Based Systems, Inc.
- [22] Ramonet, J. (2013). Análisis y diseño de procesos empresariales: Teoría y práctica del modelado de procesos mediante diagramas de flujo. Recuperado (2013, diciembre 10) [http://www.jramonet.com/sites/default/files/adjuntos/Diagramas\\_Flujo\\_JRF\\_v2013.pdf](http://www.jramonet.com/sites/default/files/adjuntos/Diagramas_Flujo_JRF_v2013.pdf).
- [23] David, R., & Alla, H. (1992). Petri Nets and Graftet: Tools for Modelling Discrete Event Systems. New York: PRENTICE HALL Editions.
- [24] Casalanguida, H., & Duran, J. (2009). Aspect oriented navigation modeling for web applications based on UML. Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina), 7(1), 92-100.
- [25] Giaglis, G.M. (2001). A Taxonomy of business process modelling and information systems modeling. The International Journal of Flexible Manufacturing Systems, 13, 209-228.
- [26] Rojas, O.A., Urbano, M., Escobar, S.I., Solano Y.C., & Rivera, C.C. (2012). Análisis de los Estándares ISA-88 e ISA-95 para los Requerimientos Futuros de las Empresas de Manufactura. Artículo sin publicar.
- [27] Hollingsworth, D. (1995). Workflow management coalition - the workflow reference model. United States of America: Workflow Management Coalition.
- [28] Cardoso, E. (2009). On The Alignment Between Goal Models And Enterprise Models With An Ontological Account. M.S. tesis, Universidade Federal Do Espírito Santo. VITÓRIA – Brasil.
- [29] Kassem, M. (2011) A Structured Methodology For Enterprise Modeling: A Case Study For Modeling The Operation Of A British Organization, Journal of Information Technology in Construction. Vol. 16, pp. 381.
- [30] Vergidis, K. (2008) Business Process Analysis and Optimization: Beyond Reengineering. IEEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics—Part C: Applications And Reviews. This article has been accepted for inclusion in a future issue of this journal.
- [31] Lozada, M. & Velasco, J. (2010). Modelado Dinámico Basado en Redes de Petri para el Modelo de Integración Empresarial – Empresa. Scientia et Technica Año XVI. Universidad Tecnológica de Pereira.
- [32] Gonzales, P & Martinez, M & Gonzalés, D. (2010) Análisis y Modelado con Redes de Workflow del Proceso de Tratamiento de Experiencias Operativas. No Publicado.
- [33] DE LA VARA, J., SÁNCHEZ, J. (2011). Construcción de modelos de requisitos a partir de modelos organizacionales: una aproximación basada en bpmn. revista gti, [S.I.], v. 5, n. 13, ene. 2011 issn 2027-8330.
- [34] BRAVO, C. et al, (2010) Arquitectura de referencia para integración en empresas de producción industrial basada en la inteligencia artificial distribuida. Revista gti, [S.I.], v. 6, n. 15, dic. 2010. ISSN 2027-833.