

# **MODELADO DE LOS PROCESOS DE GESTIÓN DEL LABORATORIO DE METROLOGÍA DE LA COMPAÑÍA ENERGÉTICA DE OCCIDENTE**



Universidad  
del Cauca

**SARA ISABEL ESCOBAR RODRIGUEZ**

**CRISTIAN CAMILO RIVERA MUÑOZ**

**Universidad del Cauca  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones  
Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control  
Popayán, Noviembre de 2013**

# **MODELADO DE LOS PROCESOS DE GESTIÓN DEL LABORATORIO DE METROLOGÍA DE LA COMPAÑÍA ENERGÉTICA DE OCCIDENTE**

**SARA ISABEL ESCOBAR RODRIGUEZ**

**CRISTIAN CAMILO RIVERA MUÑOZ**

Trabajo de Grado presentado a la Facultad de Ingeniería Electrónica  
y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca para la obtención  
del título de:

**Ingeniero en Automática Industrial**

Director: Mg. Ermilso Diaz Benachí

Co Director: Phd. Oscar Amaury Rojas

**Universidad del Cauca**  
**Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones**  
**Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control**  
**Popayán, Noviembre de 2013**

# Tabla de Contenido

<b>1. Conceptos teóricos</b>	<b>5</b>
1.1. Integración empresarial . . . . .	5
1.1.1. Relación entre integración empresarial y modelado empresarial	6
1.1.2. Arquitecturas de integración empresarial . . . . .	6
1.2. Procesos de negocio . . . . .	7
1.2.1. Clasificación de los procesos de negocio . . . . .	8
1.2.2. Ciclo de vida de los procesos de negocio . . . . .	12
1.3. Cadena de valor . . . . .	13
1.3.1. Cadena de valor para manufactura de Porter . . . . .	14
1.3.2. Cadena de valor para servicios, basada en la cadena de valor para manufactura de Porter . . . . .	16
<b>2. Modelado de los procesos de negocio.</b>	<b>19</b>
2.1. Modelado de procesos de negocio . . . . .	19
2.2. Modelado empresarial e ingeniería. . . . .	20
2.3. Relación: Modelado de procesos - reglas de negocio . . . . .	21
2.4. Tipos de modelado empresarial . . . . .	23

---

2.4.1. Modelado estructural . . . . .	23
2.4.2. Modelado dinámico . . . . .	23
2.5. Herramientas de modelado . . . . .	24
2.5.1. IDEF0 . . . . .	24
2.5.2. BPMN . . . . .	24
2.5.3. UML . . . . .	25
2.5.4. IDEF3 . . . . .	26
2.5.5. Workflow . . . . .	26
2.5.6. Redes de Petri . . . . .	27
2.6. Criterios de selección de las técnicas de modelado . . . . .	27
2.6.1. Requerimientos de técnicas de modelado según la meta de modelado . . . . .	27
2.6.2. Requerimientos futuros para el sector industrial: . . . . .	28
2.6.3. Criterios de las técnicas de modelado. . . . .	29
2.6.4. Evaluación y elección de las herramientas . . . . .	31
2.7. Modelos IDEF0 . . . . .	35
2.7.1. Sintaxis . . . . .	35
2.7.2. Semántica: . . . . .	37
2.7.3. Diagramas en IDEFØ . . . . .	38
2.8. Redes de Workflow . . . . .	41
2.8.1. Redes de Petri . . . . .	41

<b>3. Modelado estructural procesos de gestión: Lab-CEO</b>	<b>45</b>
3.1. Metrología . . . . .	45
3.2. Laboratorio de Metrología de CEO . . . . .	46
3.3. Técnica de recopilación de información . . . . .	48
3.3.1. Entrevista . . . . .	48
3.4. Procesos de gestión del Laboratorio de Metrología de CEO . . . . .	52
3.4.1. Cadena de valor del Laboratorio de Metrología de CEO . . . . .	52
3.5. Procesos de gestión: Modelos estructurales . . . . .	53
3.5.1. Modelos IDEF0 de los procesos de gestión del Laboratorio de Metrología de CEO . . . . .	55
<b>4. Modelado dinámico de los procesos de gestión: Lab-CEO</b>	<b>73</b>
4.1. Modelos WFNets de los procesos de gestión del Laboratorio de Metrología de CEO . . . . .	76
4.1.1. Modelo general del Laboratorio . . . . .	76
4.1.2. Proceso de RRHH . . . . .	77
4.1.3. Proceso de Compras . . . . .	78
4.1.4. Proceso de gestión de la Producción . . . . .	78
4.2. Roles y actividades . . . . .	79
4.2.1. La flexibilidad en los modelos . . . . .	84
<b>5. Contenido de datos de la información intercambiada</b>	<b>87</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>97</b>
<b>Referencias</b>	<b>101</b>

---

<b>Anexos</b>	<b>1</b>
<b>A. CADENA DE VALOR LABORATORIO DE METROLOGÍA DE CEO</b>	<b>3</b>
<b>B. GLOSARIO MODELOS</b>	<b>5</b>
<b>C. ACLARACIONES DE LOS MODELOS IDEF0</b>	<b>7</b>
<b>D. ÍNDICE DE NODOS</b>	<b>11</b>
<b>E. MODELOS IDEF0:Lab CEO</b>	<b>13</b>
<b>F. MODELOS WFNets:Lab CEO</b>	<b>23</b>
<b>G. FLUJOS DE INFORMACIÓN ENTRE LOS MODELOS DE ACTIVIDADES DE CALIDAD, MANTENIMIENTO, INVENTARIO Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN</b>	<b>33</b>
<b>H. ARTICULO DE DIVULGACIÓN</b>	<b>35</b>

# Listado de Figuras

1.1. Cambios del mundo de los procesos de negocio, a través del tiempo. Fuente propia . . . . .	8
1.2. Ciclo de vida de la gestión de los procesos de negocio. Fuente tomada de [16] . . . . .	12
1.3. Cadena de valor. Fuente tomada de [20] . . . . .	15
1.4. Cadena de valor para servicios. Fuente tomada de [23] . . . . .	17
2.1. Adición de Triggering en modelos basados en estados. Fuente tomada de [37] . . . . .	34
2.2. Tipos de Flechas en IDEFØ. Fuente tomada de [34] . . . . .	36
2.3. Posición de las flechas y roles. Fuente tomada de [38] . . . . .	38
2.4. Descomposición de la estructura, representación jerárquica del modelo IDEFØ. Fuente tomada de [34] . . . . .	40
2.5. Interpretación formal de los modelos en redes de Petri. Fuente tomada de [48] . . . . .	42
2.6. Bloques de construcción para enrutamiento. Fuente tomada de [48]	43
2.7. Tipos de Trigger utilizados en Workflow Nets. Fuente tomada de [48] .	44
3.1. Categorías de metrología. Fuente propia . . . . .	46
3.2. Estructura del laboratorio de metrología de CEO. Fuente propia . . .	47

---

3.3. Fases de la entrevista. Fuente propia . . . . .	48
3.4. Ejemplo de guía de entrevista - proceso de compras. Fuente propia .	50
3.5. Ejemplo de formulario de diagnóstico de flujos de información - Laboratorio de metrología CEO. Fuente propia . . . . .	51
3.6. Cadena de valor aplicada. Fuente propia . . . . .	52
3.7. Cadena de valor del Laboratorio de Metrología de CEO. Fuente propia	54
3.8. Procesos de gestión del laboratorio de metrología de CEO. Fuente propia . . . . .	58
3.9. Procesos de gestión del laboratorio de metrología de CEO. Fuente propia . . . . .	61
3.10. Procesos de RRHH del laboratorio de metrología de CEO. Fuente propia . . . . .	64
3.11. Procesos de Compras del laboratorio de metrología de CEO. Fuente propia . . . . .	66
3.12. Procesos de Gestión de la Producción del laboratorio de metrología de CEO. Fuente propia . . . . .	69
3.13. Procesos de Calidad del laboratorio de metrología de CEO. Fuente propia . . . . .	71
4.1. WorkFlow con PetriNets de alto Nivel. Fuente propia . . . . .	75
4.2. Procesos del Laboratorio en WFNets. Fuente propia . . . . .	76
4.3. Proceso de RRHH en WFNets. Fuente propia . . . . .	77
4.4. Proceso de Compras en WFNets. Fuente propia . . . . .	78
4.5. Proceso de Gestión de la Producción en WFNets. Fuente propia . .	79
4.6. Asignación de roles a los modelos de WFNets. Fuente propia . . . .	80
4.7. Modelo de Flujo de Datos Funcional. Fuente tomada de [58] . . . .	80
4.8. Asignación de roles a los modelos de WFNets. Fuente propia . . . .	81



4.9. Clasificación de tareas en actividades y roles. Fuente propia . . . . .	82
4.10. Grupos operativos de la empresa a partir de los roles creados. Fuente propia . . . . .	82
4.11. Roles Adicionales para el Laboratorio. Fuente propia . . . . .	84
4.12. Asignación de recurso a roles para los modelos de WFNets. Fuente propia . . . . .	85
5.1. Estructura de contenido de datos. Fuente propia . . . . .	88
A.1. Cadena de valor del Laboratorio de Metrología de CEO. Fuente propia	4
E.1. Modelo del proceso de gestión del laboratorio de metrología de CEO	14
E.2. Modelo del proceso de gestión del laboratorio de metrología de CEO	15
E.3. Modelo del procedimiento RRHH del laboratorio de metrología de CEO	16
E.4. Modelo del procedimiento Compras del laboratorio de metrología de CEO . . . . .	17
E.5. Modelo del procedimiento Control de la Producción del laboratorio de metrología de CEO . . . . .	18
E.6. Modelo de la actividad Inventario del laboratorio de metrología de CEO	19
E.7. Modelo de la actividad de Mantenimiento del laboratorio de metrología de CEO . . . . .	20
E.8. Modelo de la actividad Control de la Producción del laboratorio de metrología de CEO . . . . .	21
E.9. Modelo del procedimiento Calidad del laboratorio de metrología de CEO . . . . .	22
F.1. Procesos del Laboratorio en WFNets. Fuente propia . . . . .	24
F.2. RRHH: Proceso General . . . . .	25

---

F.3. Proceso General de Compras . . . . .	26
F.4. Proceso General de Gestión de la Producción . . . . .	27
F.5. Gestión de la Producción:Inventario . . . . .	28
F.6. Gestión de la Producción:Mantenimiento . . . . .	29
F.7. Gestión de la Producción:Control de la Producción . . . . .	30
F.8. Proceso General de Calidad . . . . .	31
G.1. FLUJOS DE INFORMACIÓN ENTRE LOS MODELOS DE ACTIVIDADES DE CALIDAD, MANTENIMIENTO, INVENTARIO Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN . . . . .	34

# Listado de Tablas

1.1. Clasificación de los procesos de negocios según diferentes autores. Fuente tomada de [18] . . . . .	18
2.1. Requerimientos de técnicas de modelado según la meta de modelado. Fuente tomada de [50] . . . . .	28
2.2. Lista de chequeo. Fuente propia . . . . .	32
3.1. Proveedores de los flujos de información del modelo “Procesos de Gestión del laboratorio de metrología de CEO”, nodo A-0. Fuente propia . . . . .	59
3.2. Clientes de los flujos de información del modelo “Procesos de Gestión del laboratorio de metrología de CEO”, nodo A-0. Fuente propia	60
3.3. Asignación de colores a los procesos proveedores de flujos de información o elementos. Fuente propia . . . . .	60

# 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, hacen que las organizaciones busquen e implementen 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 como se realiza en [1] y con la importancia que tiene la información y su intercambio como un recurso diferenciador y valioso de las empresas.

Una de las metodologías por las cuales la organización puede mejorar la efectividad de su de negocio es por medio del control y administración de sus procesos, a través de la visión centrada e integración de funcionalidades permitiendo controlar y modificar los flujos de trabajo. Para que directivos o gerentes puedan llegar a esas medidas es necesario obtener todo el conocimiento acerca de la organización, como su dinámica, estructura, reglas, funciones, flujos de información, contenido de datos y complejidad del proceso, que se logra a través de la implementación de modelos que abstraen la realidad de la empresa y son capaces de soportar el 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 de procesos, simulación o desarrollo de sistemas de automatización [3], por este motivo existen muchas técnicas de modelado, unas más aptas que otras según el objetivo propuesto.

Para llegar al modelado de procesos de negocio 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 <sup>1</sup> de los procesos de gestión del laboratorio

---

<sup>1</sup>El diagnóstico no se obtendrá como resultado de este proyecto por políticas de confidencialidad

---

de metrología de la Compañía Energética de Occidente que es una organización dedicada a proveer servicios de calibraciones a medidores de energía, en búsqueda de la acreditación por la norma técnica colombiana NTC-ISO/IEC 17025 *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayos y calibración* [4], el último paso es la obtención de los modelos estructurales y dinámicos que describan el objeto de estudio para su posterior análisis.

# Resumen

Este proyecto se realiza en la Universidad del Cauca en colaboración con el Laboratorio de Metrología de la Compañía Energética de , centrándose en el modelado estructural y dinámico de los procesos de gestión de dicho laboratorio.

En las primeras etapas de desarrollo se abordaron un gran número de conceptos para enmarcar el proyecto en la teoría de los procesos de negocio, partiendo de la investigación del trabajo realizado por múltiples autores como: Davenport, Garvin y Porter, con el propósito de obtener la estructura y clasificación de procesos más adecuada para el estado actual del laboratorio, siendo este el primer paso para realizar el modelado.

Establecida la estructura de procesos necesaria para el laboratorio, la etapa siguiente fue una documentación exhaustiva de las diferentes técnicas y herramientas que se pueden encontrar para la realización de modelos tanto dinámicos como estructurales. Debido al análisis de un número considerable de herramientas para la ejecución del proyecto, es necesaria la evaluación de las mismas a partir del cumplimiento de criterios, obtenidos del estudio de requerimientos futuros para la automatización y metas de modelado, definiendo así, las técnicas de modelado apropiadas.

Se realiza una estructuración de los procesos que se identifican a partir del SGC<sup>2</sup> del laboratorio aplicando la teoría de Cadena de Valor de Porter para realizar una separación entre procesos productivos y de gestión, logrando delimitar el alcance del proyecto.

Con la elección de las técnicas se da comienzo al modelado de los procesos de gestión empezando con el enfoque estructural a partir de IDEF0<sup>3</sup> para luego dar

---

<sup>2</sup>Sistema de Gestión de la Calidad

<sup>3</sup>INTEGRATION DEFINITION FOR FUNCTION MODELING)

---

paso al enfoque dinámico modelado con WFNets<sup>4</sup>. Es importante resaltar una característica importante de las WFNets y es la capacidad de definir el empleo de recursos para la ejecución de las tareas modeladas. A partir de esto se realiza una clasificación de tareas en roles creados, tomando el estándar ISA 95 y el modelo funcional Empresa-Control, realizando asignaciones de roles en vez de recursos específicos a los modelos dinámicos que se obtienen.

En la parte final, se define el contenido de datos de la información intercambiada entre los procesos de gestión del laboratorio con el fin de realizar la propuesta del contenido de información de esos documentos.

---

<sup>4</sup>WorkFlow Nets: Técnica de modelado obtenida a partir de la combinación del modelado de flujos de trabajo o WorkFlow y la técnica de modelado de sistemas Redes de Petri

# Capítulo 1

## Conceptos teóricos

### 1.1. Integración empresarial

Hoy en día la competitividad empresarial entre organizaciones productoras de bienes y servicios, la alta competitividad en los productos, bajos costos, cortos ciclos de vida han hecho que las empresas piensen en nuevas formas de diseño, manufactura de los productos, gestión y estrategias [5], esto a partir del uso de una gran diversidad de ofertas software y hardware de diferentes proveedores para apoyar los sistemas productivos, pero creando modelos conceptuales incompatibles, por lo tanto sin la capacidad de interoperar e integrarse, poniendo en evidencia la ausencia de estas características en los procesos de gestión y soporte con los procesos de operación de la empresa [6].

Integración empresarial, es la tarea de mejorar el desempeño de las organizaciones y la interacción entre los participantes (personas, departamentos, organizaciones, servicios, sistemas de información) [1], con la descomposición de las barreras organizacionales para mejorar la sinergia dentro de la empresa con el objetivo de cumplir las metas de negocio de una manera más productiva y eficiente.

EI <sup>1</sup> se caracteriza principalmente por brindar la información correcta en el lugar correcto, en el momento justo bajo el formato adecuado en toda la empresa [5].

---

<sup>1</sup>Por sus siglas en inglés Enterprise Integration



### 1.1.1. Relación entre integración empresarial y modelado empresarial

Entre las características más destacadas en el proceso de integración empresarial, se encuentra el entendimiento de como son llevados a cabo los procesos de negocio, su interacción, la aplicación de las políticas empresariales, el uso de los recursos de la organización con su respectiva disponibilidad o estado del mismo. Para el conocimiento de esta y otra información previa necesaria para EI [1], se tiene el modelado empresarial como un pre requisito o primer paso de esta [5], además de convertirse en una herramienta que provee las reglas de negocio, definición de propiedades de cada una de las partes que constituyen el modelo, entregando un marco de trabajo de las partes no relacionadas en un todo integrado haciendo referencia a EI.

EM<sup>2</sup> se encarga de la abstracción y construcción de modelos acerca de las funciones, datos, comportamiento de los procesos de negocio, a través de su representación por medio de lenguajes de modelado. EM es considerado como una herramienta de apoyo capaz de soportar la toma de decisiones a través de las fronteras funcionales dentro de la empresa como los procesos de manufactura y los procesos administrativos de una organización [7]. El concepto de modelado empresarial será definido con más detalle en la sección 2.2 del trabajo.

Entre las aplicaciones típicas de EM se encuentra el modelado de integración empresarial que se conocen por sus siglas EIM<sup>3</sup>, las cuales se deben diferenciar de EIM<sup>4</sup>. El modelado de integración empresarial está definido como una actividad que produce modelos direccionados a las cuestiones de integración de la organización, específicamente se refiere a modelar la integración de todos los servicios y modelos en una empresa [7].

### 1.1.2. Arquitecturas de integración empresarial

Una arquitectura plantea un modelo genérico o patrón, que permite la interacción de las actividades de forma intra e inter operacional. Establece los aspectos que se deben considerar durante el proceso de modelado e integración empresarial y la

---

<sup>2</sup>Por sus siglas en inglés Enterprise Modelling

<sup>3</sup>Por sus siglas en inglés Enterprise Integration Modelling

<sup>4</sup>Por sus siglas en inglés Enterprise Information Modeling

estructura y diseño de la empresa [8]. Entre las arquitecturas de integración empresarial se encuentran: Open System Architecture for CIM - CIMOSA [9], Integrated Method GIM GRAI [10], Arquitectura de Referencia Empresarial Purdue PERA [8], Método Para la Automatización Integral de Sistemas de Producción Continua - METAS [6] y Enterprise Integration Program - EIP [11].

## **1.2. 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 en la Figura 1.1, donde la industria se enfoca en diferentes aspectos de la producción.

Jacobs [12] describe un proceso de negocio como actividades internas que trabajan en conjunto desempeñadas por el servidor al cliente, Biederlo [12] define como conjunto de actividades ordenadas parcialmente con la intención de alcanzar una meta. Autores como Michael Hammer y James Champy [13] enuncian que un proceso de negocio son actividades agrupadas que impulsadas por eventos y ejecutándolas en una cierta secuencia crean valor para un cliente (interno o externo), esta definición pone énfasis en las entradas y salidas del comportamiento de un proceso de negocio siendo estas la precondition y poscondition respectivamente para su inicio, además de la colección de actividades que lo conforman.

Davenport [14] 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, la expresión “relacionadas lógicamente”, enfatiza el concepto en las actividades del proceso las cuales asocian el resultado del proceso de negocio con un solicitante de un producto.

Teniendo en consideración las definiciones anteriormente realizadas por los diferentes autores, la influencia de filosofías y tecnologías empresariales [15], se determina un proceso de negocio como un conjunto de actividades relacionadas entre sí de forma lógica dentro de sus limitantes tiempo y espacio, las actividades transforman entradas en salidas consumidas por clientes, son desempeñadas en coordinación en un ambiente organizacional y/o técnico a través del uso de recursos, además trabajan en conjunto con el objetivo de cumplir una meta de negocio [16]. Los procesos de negocio están asociados con un conjunto de requisitos reflejados en diferentes problemas o situaciones que se presentan en una organización, las

cuales son transversales a los procesos de negocio [17] y atraviesa la cadena de valor de principio a fin [13].

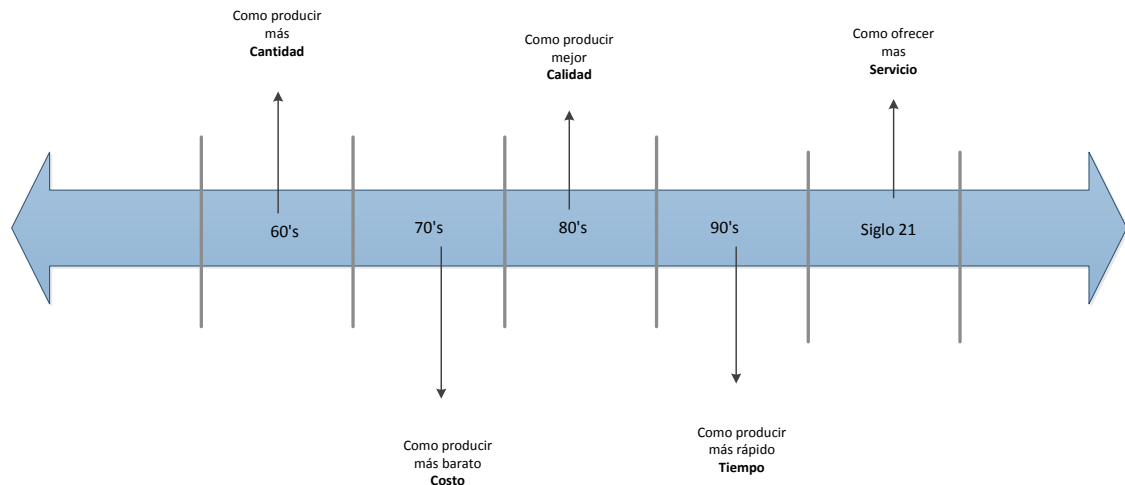


Figura 1.1: Cambios del mundo de los procesos de negocio, a través del tiempo. Fuente propia

### 1.2.1. Clasificación de los procesos de negocio

La clasificación de los procesos de negocio es realizado a partir de su evaluación en diferentes dimensiones o aspectos como su grado de automatización, grado de interacción con otros procesos de negocio (interorganizacionales o coreográficos), grado de repetición, grado de estructuración [16] 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, como lo muestra la Tabla 1.1 que expone la clasificación de los procesos de negocio a partir de las obras de autores como Child *et al* [9], Davenport [14], Armistead & Machin [18], Garvin [19] y Porter [20].

### 1.2.1.1. Child *et al*:

La arquitectura de procesos de negocios dada por el estándar CIMOSA [9], [18] propone tres tipos de procesos de negocio:

- Procesos de gestión: son el tipo de procesos que rigen y controlan el funcionamiento de un sistema, tales como la dirección estratégica, planeación estratégica, dirección corporativa.
- Procesos operacionales: se consideran como los procesos más importantes dentro de la cadena de valor de la organización, encargados del diseño, producción y envío de productos y servicios de la compañía. También son conocidos como procesos primarios
- Procesos de soporte: Lo conforman los procesos de apoyo para la realización de los procesos primarios. Como recursos humanos, finanzas, tecnologías de información y comunicación entre otros.

### 1.2.1.2. Armistead & Machin

Armistead & Machin [18], se basan en la clasificación del estándar CIMOSA <sup>5</sup>, sugiriendo que los procesos de gestión sean divididos en dos distintas categorías: en procesos administrativos y procesos de configuración de la dirección, manteniendo la definición de los procesos de operativos y de soporte dados por el estándar CIMOSA.

- Procesos administrativos: son en cierta medida de orden superior a otras secciones y contienen la toma de decisiones y actividades de comunicación.
- Configuración de dirección: se ocupan de definición de la estrategia de la organización, sus mercados y la ubicación de recursos, así como la gestión del cambio dentro de la organización.

---

<sup>5</sup>Por sus siglas en inglés Open System Architecture for CIM

**1.2.1.3. Davenport**

Davenport [14] expone los procesos típicos en una empresa de manufactura y los clasifica en dos tipos: los procesos operacionales y los procesos de gestión.

- **Procesos operacionales:** se resumen en los procesos de desarrollo de productos, adquisición de consumidores, identificación de requerimientos de consumidores, fabricación, logística integrada, gestión de órdenes, servicio de post venta.
- **Procesos de gestión:** se resumen en los procesos de monitoreo de desempeño, gestión de la información, gestión de activos, gestión de recursos humanos, planificación y ubicación de recursos.

**1.2.1.4. Garvin**

Garvin [19] realiza un estudio de los procesos en las empresas obteniendo dos categorías, los procesos organizacionales y los procesos administrativos, los cuales identifican por su naturaleza. Se obtiene la siguiente clasificación.

- **Procesos organizacionales**
  - **Proceso de trabajo:** Tiene su origen en la ingeniería industrial, se enfoca en la realización de tareas e inicia con una poderosa idea que se lleva a cabo a través de los procesos que son enlazados por actividades, el autor determina dos tipos de procesos de trabajo, los procesos operacionales y los procesos administrativos.  
Procesos operacionales: Son los procesos encargados de crear, producir, entregar productos y servicios al consumidor.  
Procesos administrativos: No tiene salida directa al consumidor, pero son necesarios para la realización del proceso de negocio.
  - **Procesos de comportamiento:** Se enfoca en la teoría organizacional, grupos dinámicos y patrones de conducta, esta conformado por procesos que se encargan de reflejar los patrones de comportamiento de la empresa a la hora de actuar, interactuar, toma de decisiones y comunicación entre los departamentos y actores de la organización.

- Procesos de cambio: Se centra en la secuenciade eventos en el tiempo, donde estas son llamadas procesos que son divididos en cuatro áreas: creación, crecimiento, transformación y declive.
- Procesos administrativos: El marco de los procesos administrativos propuestos por Garvin, propone tres tipos de procesos administrativos:
  - Configuración de la dirección: Principalmente se encarga de establecer las metas de la organización y del desarrollo de agenda planteada como la planeación estratégica.
  - Negociación y ventas: Su propósito se enfoca en la obtención de necesidades y soporte de recursos, lo cual se logra a través de la construcción de una red de trabajo, entre la empresa-proveedores y empresa-cliente.
  - Monitoreo y control: Realiza un seguimiento continuo de las actividades y desempeño de las mismas, además de la colección de información.

#### **1.2.1.5. Porter**

Michael Porter [20]clasifica las actividades de negocio como: Actividades primarias y actividades de soporte, donde estas son interpretadas como procesos. Definición realizada a partir del establecimiento de la cadena de valor según Porter que será profundizada en el ítem 1.3.1 [21].

- Actividades primarias: Son las actividades requeridas para ofrecer la propuesta de valor de la empresa a los clientes, concierne directamente la creación y envío de productos o servicios.
- Actividades de soporte: Son las actividades requeridas para soportar las actividades primarias de la compañía.

Los diferentes tipos de clasificación de los procesos de negocio, planteados desde diferentes autorías, pueden generar confusión, pero es claro en que todos coinciden en la existencia y la importancia de procesos de negocio de gestión o de administración dentro de una organización.

### 1.2.2. Ciclo de vida de los procesos de negocio

El ciclo de vida de los procesos de negocio consiste en fases organizadas dentro de una estructura cíclica relacionadas una con otras, lo cual muestra su dependencia lógica, figura 1.2.

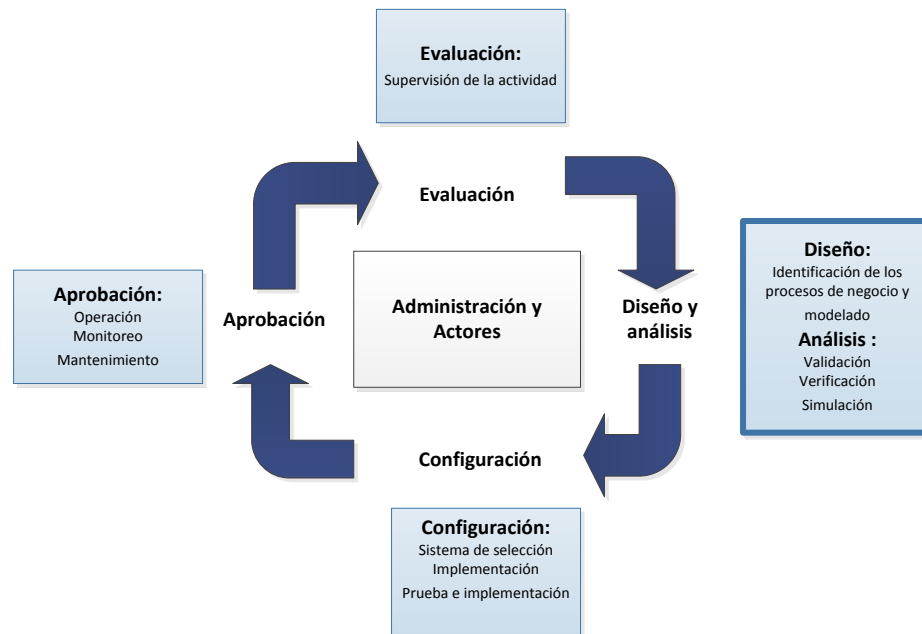


Figura 1.2: Ciclo de vida de la gestión de los procesos de negocio. Fuente tomada de [16]

El ciclo de vida de los procesos de negocio sigue cuatro fases en el siguiente orden:

1. La fase de diseño y análisis: En esta los procesos de negocio son identificados validados y representados por modelos, se realizan técnicas de modelado como validación, simulación y verificación.
2. La fase de configuración: Es la implantación de los procesos de negocio ya sea a través de políticas y procedimientos que los empleados de una empresa acogen o el uso dedicado de un sistema de gestión de procesos de negocio. Una vez implementado el proceso de negocio este es probado para detectar posibles problemas durante la configuración.

3. La fase de aprobación: Las instancias de los procesos de negocio son iniciadas para cumplir las metas de negocio de la compañía. Es tiempo del funcionamiento real del proceso de negocio.
4. La fase de evaluación: Esta fase se encarga de identificar la calidad de los modelos de procesos de negocio y la adecuación de los mismos en el ambiente de operación actual.

### 1.3. Cadena de valor

El término cadena de valor fue introducido por Michael Porter en su libro "Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance" [22], definiendo 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 competitiva de la organización. Su principal característica es la evaluación de valor de cada una de las actividades y como estas aportan a los productos y servicios de la organización [20], a través de su capacidad de interacción creando un beneficio para la organización 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 está modelada para el sector de la manufactura, se debe obtener la cadena de valor para servicios la cual es propuesta en el artículo [23], donde se resalta el valor que aporta cada una de las actividades de la cadena de valor con el producto final. Para la definición adecuada de la cadena de valor para servicios se debe realizar una conceptualización clara de valor y servicios.

- Valor: La percepción del cliente sobre el conjunto entero de beneficios, siendo tangible o intangible, que satisfacen las necesidades del cliente de forma oportuna, eficaz y eficiente, el valor es subjetivo al cliente.
- Servicio: los servicios se caracterizan principalmente por cuatro características:
  - Los servicios son generalmente intangibles.
  - Los servicios son generalmente producidos y consumidos simultáneamente.



- El cliente participa en el proceso de producción, al menos en cierta medida.
- Inseparable, intangible, perecedero y heterogeneidad.

### 1.3.1. Cadena de valor para manufactura de Porter

La cadena de valor está compuesta de actividades de valor y margen. Las actividades de valor son divididas en actividades y actividades de soporte las cuales se diferencian por características técnicas o físicas, tal como lo muestra la figura 1.3.

Actividades primarias: Conciernen directamente la creación, envío de productos o servicios [20]. Tiene cinco categorías genéricas de las actividades primarias [21]:

- I. Logística de entrada: lo conforman las actividades de recepción, almacenamiento y difusión de las entradas al proceso de producción, tales como las entradas de transportación, control de entrada, manejo de materiales, almacén, control de inventario y logística de recepción.
- II. Operaciones : son las operaciones asociadas con la transformación de las entradas en un producto final, como el mecanizado, ensamble, embalaje, equipo de mantenimiento, pruebas y/o ensayos
- III. Logística de salida: son las actividades asociadas con la colección, almacenamiento y distribución física del producto final al consumidor, como el almacenamiento de bienes terminados, manejo de materiales, salidas de transportación, ordenes de procesamiento y programación.
- IV. Marketing y ventas: las actividades relacionadas con la publicidad, promoción, ventas, selección de los canales de distribución y la dirección de las relaciones entre los canales y fijación de precios
- V. Servicios: son las actividades que se encargan de proveer a los consumidores servicios que mejoren o mantienen el valor del producto, como lo es la instalación, reparo y mantenimiento, capacitación, suplir partes y ajustes de producto.

Actividades de soporte: permiten y soportan las actividades primarias. Existen cuatro áreas principales de las actividades de apoyo: adquisición, desarrollo tecnológico, gestión de recursos humanos, infraestructura de la empresa [20].

- i. Adquisición: son las adquisiciones orientadas a las funciones de compras de entrada usadas en la cadena de valor de la empresa. Puede incluir materias primas, proveedores y activos como maquinaria, equipos de laboratorio, equipo de oficina y muebles.
- ii. Desarrollo tecnológico: las actividades de valor usan y combinan una serie de tecnologías o subtecnologías envueltas en diferentes disciplinas.
- iii. Gestión de recursos humanos: son las actividades encargadas del reclutamiento, contratación, entrenamiento, desarrollo y remuneración de todo tipo de personal en la nómina de sueldos de la compañía.
- iv. Infraestructura de la empresa: toda la compañía es consumidor de esta actividad, soporta los procesos de la compañía entera. Generalmente incluye la administración, planificación, finanzas, contabilidad, dirección de negocios, gestión de la calidad y gestión de las instalaciones

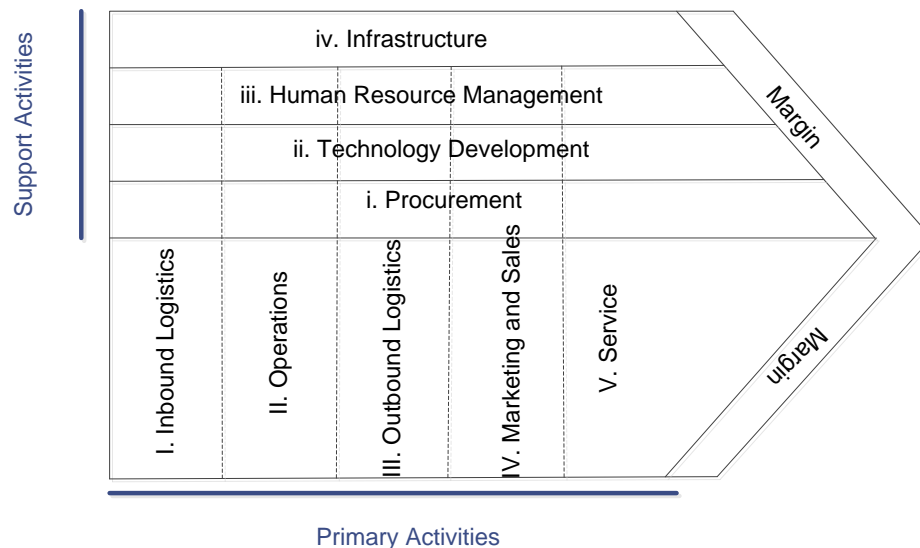


Figura 1.3: Cadena de valor. Fuente tomada de [20]

### 1.3.2. Cadena de valor para servicios, basada en la cadena de valor para manufactura de Porter

La cadena de valor para servicios conserva la cantidad de actividades primarias y de soporte que describe la cadena de valor para manufactura, donde las actividades pasan a ser atributos. Como resultado se tiene la cadena de valor para servicios mostrada en la Figura 1.4, con la siguiente descripción de sus atributos [23]

#### Atributos primarios

- I. **Diseño del servicio:** A diferencia del sector manufacturero, en el sector de los servicios no hay materia prima directa el diseño de un servicio es más complicado de lo que el diseño de un producto físico. En el producto físico se usan fórmulas, mediciones etc. En el producto de servicio, hay una necesidad de comprender la naturaleza del mercado meta y lo sensible que son clientes de la calidad en comparación con los precios.
- II. **Gestión del conocimiento:** trata dos tipos de información, la información del proveedor del servicio, teniendo en cuenta las necesidades complejas del cliente y el otro tipo de información es del cliente en aspectos como el tipo de servicio que necesita el cliente y en la forma en que lo necesita para ser entregado.
- III. **Gestión del sistema de entrega o despacho:** teniendo en cuenta una de las características de los servicios inseparable y perecedero es evidente que los clientes no puede mantener los servicios en stock para su uso futuro y tampoco puede estar separados del proveedor del servicio.
- IV. **Gestión del momento de verdad:** Este es el tiempo real mediante el cual el proveedor de servicio se encuentre con en el cliente, el servicio se entrega al cliente (recordar la característica de la inseparabilidad). En este atributo se deja una impresión positiva o negativa en la mente del cliente. Los momentos de la verdad pueden construir o destruir la confianza en la mente de los clientes potenciales y existentes.
- V. **Dirección de la competitividad del servicio:** se encarga de las tareas relacionadas con la competitividad del servicio en el mercado como la innovación y la gestión de la calidad del servicio.

#### Atributos de soporte

- i. Gente: se refiere a las actividades orientadas a la gestión del recurso humano resaltando la importancia de las personas encargadas de la entrega del servicio
- ii. Proceso de información: conocimiento acerca de como se genera el servicio y se entrega a los clientes. En este caso, el aspecto de la comunicación, objetivos y estrategias de comunicación forma parte de la información del proceso.
- iii. Aspectos físicos: servicio al cliente, también se refiere a la parte tangible que se ofrece al cliente
- iv. Puntualidad y fiabilidad: El aspecto del tiempo otorga valor al servicio y la confiabilidad implica el nivel de consistencia y la seguridad de que el sistema de prestación de servicios ofrecerá lo que se ha prometido a los clientes.

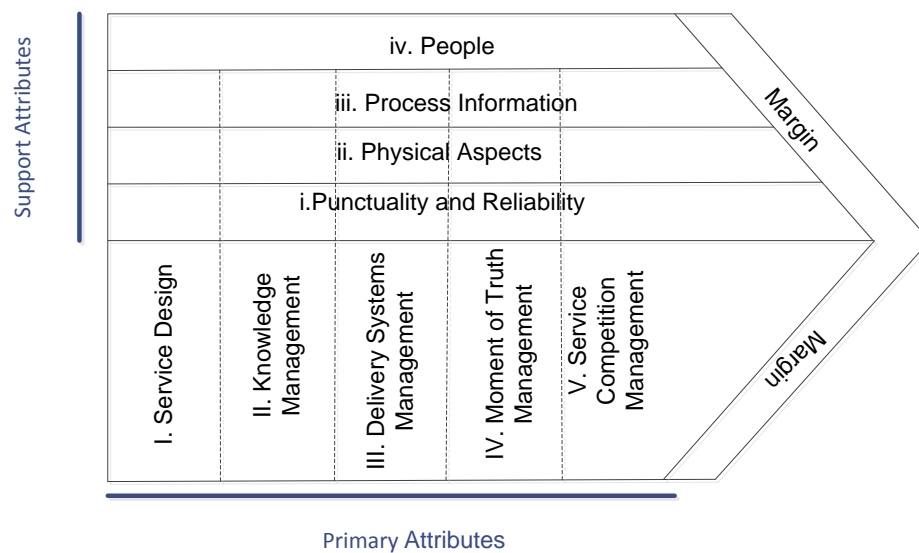


Figura 1.4: Cadena de valor para servicios. Fuente tomada de [23]

CIMOSA	Davenport	Armistead & Machin	Garvin	Porter
<b>Procesos operativos</b> Obtener orden Entrega de productos Cumplimiento de ordenes Soporte de productos <b>Procesos de gestión</b> Grupo de dirección Formulación de estrategias Negocios directos <b>Procesos de soporte</b> Soporte IS Soporte HS Soporte de finanzas	<b>Procesos operacionales</b> <b>Procesos de desarrollo de productos y servicios</b> Investigación, ingeniería y diseño Manufactura Logística <b>Procesos frente al consumidor</b> Marketing Ventas y gestión de ordenes Procesos de servicios <b>Procesos de gestión</b> Formulación de estrategias Planeación y presupuesto Medidas de desempeño y reporte Locación de recursos Gestión de recursos humanos Infraestructura Comunicación con actores	<b>Procesos operacionales</b> <b>Procesos administrativos</b> <b>Configuración de dirección</b> <b>Procesos de soporte</b>	<b>Organizacional</b> <b>Procesos de trabajo</b> Operacionales Administrativos <b>Procesos de comportamiento</b> Toma de decisión Comunicación Aprendizaje <b>Procesos de cambio</b> <b>Administrativo</b> Configuración Negociación y venta Monitoreo y control	<b>Actividades primarias</b> Logística de entrada Logística de salida Operaciones Marketing y ventas Servicios <b>Actividades de soporte</b> Adquisición Desarrollo tecnológico Recursos humanos Infraestructura de la empresa

Tabla 1.1: Clasificación de los procesos de negocios según diferentes autores. Fuente tomada de [18]

# Capítulo 2

## Modelado de los procesos de negocio.

### 2.1. Modelado de procesos de negocio

El modelado de procesos de negocio, o BPMo <sup>1</sup> es una aproximación que muestra como las empresas llevan a cabo sus procesos de negocio, y se ha transformado en un aspecto de vital importancia para aquellas compañías que requieren de la mejora, reestructuración, o aplicar teorías de administración de procesos de negocios [24]. El objetivo del modelado de procesos es presentar información con un alto nivel de contenido con ciertas características totalmente independiente de lo que son las etapas de implementación de las mismas.

Se puede tomar una definición clara de lo que es un lenguaje de modelado de negocios como se presenta en [25], “Un lenguaje de modelado de procesos provee una sintaxis y una semántica para que se especifique con precisión los requerimientos de los procesos de negocio.” Es de vital importancia en este punto, la diferenciación entre BPMa <sup>2</sup> y BPMo, porque aunque son términos que se complementan hacen parte de conceptos distintos.

El administrador de procesos de negocio, BPMa es un sistema que da soporte a la compañía para el diseño, mantenimiento, implementación, divulgación, y diag-

---

<sup>1</sup>Por sus siglas en inglés Business Process Modelling

<sup>2</sup>Por sus siglas en inglés Business Process Management

nóstico de procesos de negocio. BPMa a diferencia de otros administradores de procesos (Por ejemplo WFMS<sup>3</sup>), tiene como valor agregado la inclusión de soporte en la etapa de diagnóstico y/o evaluación dentro del ciclo de vida de gestión de procesos de negocio, es decir, es un sistema que permite un amplio rango de operaciones sobre el ciclo de vida completo de procesos de negocio [26]. El modelado de procesos se puede considerar como el primer paso, y el más importante dentro del ciclo de vida de un BPMa, Figura 1.2, pretendiendo diferenciar los conceptos de procesos lógicos y de aplicaciones dentro de un sistema [27]. La inclusión de la etapa de evaluación de los procesos de negocio, puede mejorar notoriamente los tiempos de respuesta de los sistemas en los que se aplica el BPM ante cambios en su estructura y reactividad a eventos, obteniendo modelos robustos y con información de valor para la compañía. Sin embargo, no se realizará un estudio profundo sobre la teoría de lo que es un BPM, debido a que se cierra de forma directa en torno a lo que son procesos operativos dentro de una compañía, y deja de lado los procesos que se encuentren en un nivel estratégico, nivel que es el centro de atención de este proyecto.

## **2.2. Modelado empresarial e ingeniería.**

El modelado empresarial es todo lo relacionado con la representación de la estructura y comportamiento de un negocio, de manera simple o inter organizada, permitiendo la realización de análisis sobre el estado actual de los recursos, desarrollo de actividades de reingeniería y optimización en los procesos.

Los orígenes del modelado empresarial datan de los años 70's, en los cuales surgieron numerosos modelos gramaticales propuestos para la mejora y análisis de los sistemas de información y el desarrollo de herramientas software. La mayoría de estos sistemas presentaban modelos con semántica limitada, por lo que la abstracción que se tenía de la empresa a partir de los modelos no era suficiente para un correcto análisis del estado actual de los recursos. Posteriormente se adoptaron nuevas técnicas y elementos que mejoraron la semántica notoriamente, logrando modelos estructurales bastante completos y útiles para las actividades de desarrollo.

La necesidad de agregar nuevas estructuras y significados a los modelos de abstracción de procesos empresariales, y nuevas tendencias en cuanto al manejo y

---

<sup>3</sup>WorkFlow Management Systems

administración de los recursos, son las razones por las que en los 80's empiezan a aparecer las primeras notaciones formales para el análisis de comportamientos de sistemas en función del tiempo, que dieron posteriormente en los 90's las herramientas para el posicionamiento de conceptos y las tecnologías de WorkFlow, que actualmente se encuentran muy bien posicionadas en el ámbito empresarial [28].

### **2.3. Relación entre el modelado de procesos de negocio y las reglas de negocio de una organización.**

El objetivo de toda organización es mejorar la rentabilidad del negocio al cual se dedican, para esto se pueden implementar un sin número de acciones que encaminan los esfuerzos hacia un mismo objetivo. Estos diferentes esfuerzos varían según las políticas de las altas directivas junto a las proyecciones que se tengan para la empresa a mediano y largo plazo. Ya sean esfuerzos encaminados a la mejora de la gestión de datos dentro de la compañía, mejora en la parte técnica de los procesos operativos o mejora en la gestión o administración de recursos humanos, se ha venido posicionando de manera progresiva la técnica de realizar modelos con el objetivo de tener una visión amplia del objeto o sistema, para identificar aspectos fundamentales como rendimiento, estructura, dinámica, coherencia, etc.

Para realizar modelos y para este caso en específico, modelados de negocio, existen una gran diversidad de metodologías, estructuras y notaciones, junto con otros aspectos que irán variando en utilidad dependiendo de los casos en los que sea necesario implementarlas, además de respectivas técnicas para evaluación de los resultados obtenidos.

El modelado de procesos de negocio dentro de cada organización tendrá cambios sustanciales de acuerdo a las reglas, lineamientos internos y lineamientos externos que van de acuerdo al entorno de la organización. Pueden ser un gran número de reglas o conocimientos, los cuales restringen la forma en la cual la compañía alcanzará sus metas institucionales [29], donde estas se ven reflejadas dentro de cualquier ámbito empresarial, de una manera formal o informal, dependiendo del grado de responsabilidad o complejidad de las tareas o de las personas involucradas en su realización. De manera formal, se observan los manuales de operación o memorándums emitidos por la empresa en las distintas áreas de trabajo y de un



aspecto más informal, es posible observar las reglas que se derivan de la misma jerarquía en la compañía y el alcance de cada una de las labores de los empleados.

Esfuerzos significativos se han realizado en muchos trabajos para identificar las necesidades de las empresas [30] que requieren de modelado, para una correcta administración de las operaciones relacionadas a cada una y lograr implementar acciones de integración que permitan la interoperabilidad entre todas las partes del negocio. Entre las partes más relevantes que necesitan ser modeladas están:

- **Productos:** Con modelados característicos por su contenido de datos técnicos para la elaboración de los mismos, tales como modelos de productos y modelos de procesos
- **Procesos de negocio:** Se generan a partir de los modelos de administración de recursos, materiales, y soporte, además de modelos transaccionales para compartir información de forma individual o cooperativa entre distintos departamentos.
- **Información:** La administración de documentos, actualizaciones, archivo entre otras, además de sus respectivos flujos.
- **RRHH:** Roles de las personas involucradas en el negocio según sus capacidades y características con respecto a los recursos actuales que se manejen dentro de la compañía.
- **Recursos Técnicos:** Máquinas e implementos industriales

Además de los anteriormente mencionados, para casos particulares, pueden surgir requerimientos a modelar totalmente nuevos de incluso, la unión de varios de estos, para poder obtener información sobre el comportamiento para tareas de mayor complejidad. Para la realización del proyecto es necesaria la evaluación de las diversas técnicas para modelado en los diferentes ámbitos empresariales, con el fin de poder tener un alto nivel de abstracción con respecto al caso de estudio que se evaluará, y así tener las herramientas, notaciones y conceptos necesarios para la creación de modelos, análisis y su respectiva validación. Luego de hacer la selección se hará un estudio a fondo de las técnicas elegidas, para un dominio de herramientas mucho mayor.

## 2.4. Tipos de modelado empresarial

El modelado empresarial se clasifica en dos tipos, modelado estructural y modelado dinámico, los cuales se diferencian por el tipo de información y conocimiento que proporciona cada uno y herramientas o técnicas que se utilicen para su implementación.

### 2.4.1. 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 [31]. Al término del modelado estructural se espera obtener de forma clara y precisa el proceso de toma de decisiones y procesos que se desarrollan en la organización junto con sus interacciones con ambientes externos e internos, lo cual puede realizarse a través de un mapa de interacciones y el conocimiento de las fuentes y sumideros de la información [32]. Entre las herramientas de modelado estructural se encuentran los modelos de objetos y de clases[33], y modelos IDEF0 [34] los cuales serán explicados con más detalle en el ítem 2.6.4.2.

### 2.4.2. 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 [31], además permite analizar, verificar y validar las condiciones de operación, bloqueo y seguridad de los procesos de negocio [35]. Las herramientas de modelado dinámico más populares se encuentran las Redes de Petri[36], redes de Workflow [37], IDEF3[38], diagramas de flujo[39], GRAFCET[40], diagramas de secuencia[41], colaboración y estados[33]. Algunos serán explicados con más detalle en el ítem 2.5.

## 2.5. Herramientas de modelado

### 2.5.1. IDEF0

IDEF0 [34] es un lenguaje de modelado e integración basado en SADT<sup>4</sup> [42] el cual comprende una notación gráfica y una clara metodología para la realización de modelos. Una de sus principales ventajas es la de poder ser aplicado 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 re estructuración y re ingeniería.

### 2.5.2. BPMN

La OMG<sup>5</sup>[43] es una organización internacional a la cual están asociados cientos de compañías, grupos de investigación, consorcios académicos entre otros, con el fin de formular y mejorar continuamente los estándares de integración para un amplio rango de tecnologías y de industrias[2]. Uno de los estándares que se han desarrollado por la OMG y que es muy utilizado a nivel de la industria para el modelado de procesos es el BPMN[44], cuyo principal objetivo es el de proveer una notación de fácil entendimiento sobre los procesos para todos los usuarios de negocio en cualquier área de la empresa.

BPMN surge como necesidad de notación gráfica ante el desarrollo del lenguaje de programación en XML [45] que se utiliza para la ejecución de procesos. La notación gráfica se diseña orientada al usuario final, por lo que los modelos que se obtienen no son una notación que represente directamente el lenguaje que está en ejecución. Es decir, las notaciones gráficas de BPMN están diseñadas para el entendimiento a simple vista por parte del usuario, mientras que todo el sistema está soportado sobre líneas de código para el manejo de la lógica del sistema. De otro modo, es una traducción del lenguaje técnico que ha sido orientado al negocio.

---

<sup>4</sup>Técnica de Diseño y Análisis Estructurado (Structured Analysis and Design Technique)

<sup>5</sup>Object Management Group

### 2.5.3. UML

El lenguaje unificado de modelado, o por sus siglas en inglés UML, es una notación gráfica poderosa que se ha utilizado como estándar para la descripción de sistemas software, a partir de un enfoque orientado a objetos [33]. UML es un lenguaje para la especificación, construcción y visualización de sistemas que permite a los usuarios la construcción de modelos, flexibilidad para el diseño e interpretación de los sistemas. Algunos de los objetivos de UML, definidos por la OMG, son los de dar soporte a procesos sin importar los lenguajes de programación que se utilizará, proveer notaciones gráficas listas para el uso y desarrollo de numerosos tipos de modelos, y uno de los más importantes, brindar soporte de alto nivel para el desarrollo de conceptos de colaboración, frameworks y patrones para un sistema [46]. UML propone diferentes tipos de vistas y diagramas, con el objetivo de representar los sistemas desde el punto de vista estructural, funcional y dinámico. Entre las vistas estructurales [39], que brindan información sobre el estado del sistema, se encuentran:

- Diagramas de clases: Describen la estructura estática del sistema y permite visualizar las relaciones entre los sus componentes.
- Diagrama de componentes: Su objetivo es mostrar la dependencia entre los diferentes componentes del sistema, y como se transforman a partir del cambio de uno de los componentes
- Diagrama de despliegue: Describe al sistema desde la perspectiva del hardware y el software y de cómo debe ser implementado .

Dentro de las vistas funcionales de UML [39], se pueden encontrar:

- Diagrama de casos de uso: Este describe todas las interacciones que tiene un actor con el sistema para la realización de una tarea en específico. Es este uno de los diagramas más populares cuando se desean realizar modelos de procesos de negocio y mas cuando se tratan de soluciones software.
- Diagrama de actividad: Lleva al actor en el sistema a través de un procedimiento detallado y de las tareas que se deben realizar.

Las vistas dinámicas [39] son las que muestran la evolución. Entre estos diagramas se encuentran:

- Diagrama de secuencia: Se muestran los objetos de negocios y los actores, desde una perspectiva temporal a través del intercambio de mensajes.
- Diagrama de colaboración: Describe los objetos que interactúan para completar una tarea, así como las relaciones y enlaces entre ellos.

### **2.5.4. IDEF3**

Es un método para captura de procesos, que brinda los mecanismos para organizar y documentar los procesos, brindando información y conocimiento de manera estructurada de como el sistema, proceso o negocio funciona [38]. La construcción de las estructuras del sistema se realiza sistemáticamente, a partir del uso de bloques propios del lenguaje IDEF3, uniéndolos de diferentes formas según sea el caso, especificando sus características. La notación grafica de este lenguaje de modelado tiene una semántica claramente definida, por lo que permite que a través de ella, se puedan modelar varios tipos de situaciones del mundo real, es decir, presenta facilidades para el entendimiento de su estructura y por lo tanto se pueden tanto modelar situaciones sencillas, como estados mas complejos de grandes sistemas. Al igual que todos los productos de la familia IDEF, esta también permite la creación de diferentes niveles de abstracción para el proceso a partir de mecanismos propios del lenguaje como la descomposición, convirtiendo los modelos obtenidos en objetos mucho más fáciles de entender para los usuarios finales del sistema [47].

### **2.5.5. Workflow**

El Workflow o flujo de trabajo, está relacionado estrechamente con la automatización de procesos, donde los documentos, tareas o información, van pasando a través de los participantes de acuerdo a un conjunto de reglas para alcanzar las metas propuestas. Generalmente está asociado a la reingeniería, análisis, modelado, evaluación e implementación de los procesos de negocio [48]. El workflow como tal entonces, permite la descripción del flujo de trabajo para un sistema, a partir de una notación gráfica de bloques especificada por la WPMC<sup>6</sup>[48]. Pero se pueden encontrar otras herramientas de modelado dinámico, que se han enfocado hacia el manejo de Workflow de manera exitosa, entre ellas se pueden encontrar las Redes de Petri[36] y los modelos gráficos de BPMN[44].

---

<sup>6</sup>WorkFlow Management Coalition

### 2.5.6. Redes de Petri

Las redes de petri son una herramienta de modelado tanto gráfica como matemática, que se puede aplicar a un gran número de sistemas. Los procesos a los que se aplica con regularidad pueden ser asíncronos, concurrentes, paralelos, distribuidos, etc. Uno de los aspectos más importantes a nivel gráfico, es el uso de tokens o puntos, los cuales permiten la simulación de la dinámica de las actividades y evolución del sistema. Desde la parte matemática, es posible la aplicación de ecuaciones algebraicas y de estado, para el control y manipulación del comportamiento de sistemas [36]. Para procesos de complejidad elevada, se han desarrollado varias extensiones de las redes de petri clásicas, como las redes de petri de colores o adición de funciones de tiempo lo que brinda herramientas adicionales para la diferenciación de los procesos, y por lo tanto distinguir distintas etapas dentro del mismo diagrama, ampliando los alcances de la herramienta [49].

## 2.6. Criterios de selección de las técnicas de modelado

La existencia de numerosas herramientas de modelado de procesos de negocio, expuestas en el ítem 2.5, difieren en su alcance, capacidad de representar perspectivas de procesos y propiedades sujetas a los paradigmas de modelado, hace inevitable crear un proceso de selección o evaluación de las técnicas de modelado con la finalidad de obtener la más adecuada y conveniente a desarrollar en el presente trabajo. El proceso de selección se realizó a partir del cumplimiento de criterios de modelado de procesos de negocio los cuales su definición se basó en:

1. Requerimientos de técnicas de modelado según la meta de modelado.
2. Los requerimientos futuros para el sector industrial.

### 2.6.1. Requerimientos de técnicas de modelado según la meta de modelado

Los modelos de procesos de negocio pueden ser usados en diferentes contextos como: diagnóstico del estado actual de la organización y mejora de la misma,

soporte para toma de decisiones, ingeniería y/o reingeniería de procesos, diseño y desarrollo de sistemas de información. Cada uno de los propósitos con que se realice el modelado de los procesos de negocio influyen de forma significativa en los requisitos con los cuales debe cumplir el modelado. Los requerimientos de las técnicas correspondientes a los objetivos de modelado más comunes según Curtis *et al* [50] se enmarcan en la tabla 2.1.

Metas y objetivos de modelado	Requerimientos de técnicas de modelado
Soporte al entendimiento humano y a la comunicación	Compresibilidad y comunicatividad
Soporte a la mejora de procesos	Reusabilidad , medición, comparabilidad, selección de soporte tecnológico e incorporación, soporte de evolución de procesos
Soporte a la gestión de procesos	Razonamiento, pronóstico, medición, monitoreo, gestión y coordinación
Soporte al desarrollo de procesos	Integración con ambientes de desarrollo, soporte para el proceso de documentación, reusabilidad
Soporte a la ejecución de procesos	Automatización de las tareas de los procesos, automatización de las medidas de desempeño

Tabla 2.1: Requerimientos de técnicas de modelado según la meta de modelado. Fuente tomada de [50]

### 2.6.2. Requerimientos futuros para el sector industrial:

Los requerimientos futuros, se conciben como características fundamentales que deben cumplir las empresas industriales para lograr la integración empresarial y por lo tanto alcanzar una competitividad global [51]. Los requerimientos futuros para el sector industrial son:

- Organización distribuida.
- Entornos heterogéneos e interoperabilidad.

- Cooperación.
- Integración de talento humano con hardware y software.
- Agilidad.
- Escalabilidad.
- Tolerancia a Fallas.

### 2.6.3. Criterios de las técnicas de modelado.

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 integración de los modelos es un requisito que deben cumplir las organizaciones en busca de la eficiencia de todas las operaciones que realizan como las de mantenimiento, producción, entre otras, y/o mejora del nivel competitivo. La capacidad de integración de los modelos debe soportar la unión de diferentes procesos, como proceso de intercambio, 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, buscando el desarrollo de un modelo final.
- **Criterio 3: Explicitación de los recursos(personas, software, hardware).** 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, ya sea por situación inter organizacionales o del entorno que afecte el comportamiento de la misma.



- **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**. La capacidad de modelar la complejidad de los procesos de negocio tanto en su comportamiento, como en asignación de recursos, determinación de 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 que sean capaces de extenderse o no tener cambios significativos ante cambios en los procesos de negocio, es decir, que no se tenga la necesidad de hacer un rediseño completo de los modelos previamente obtenidos del sistema que incurran en unos tiempos de implementación demasiado elevados.
- **Criterio 10: Soporte tecnológico**. El soporte tecnológico trata la capacidad de implementación, control, modificación, monitoreo y gestión de los modelos obtenidos sobre plataformas software para la ejecución y mejora de los procesos de negocio.
- **Criterio 11: Aporte en la automatización de procesos**. El cumplimiento de este criterio implica la capacidad de los modelos, de servir como base de información, toma de decisiones e implementación de mejoras en los procesos con el fin de aumentar el rendimiento del sistema sobre el cual se aplican. Deben ser capaces de ser integrados a los modelos ya existentes y tener un buen nivel de concordancia.
- **Criterio 12: Herramientas de simulación**. Es la existencia de aplicaciones o herramientas software que permitan la simulación y monitoreo del sistema en ambientes controlados, con el fin de obtener todos los posibles estados que puede tomar el sistema y comprobar que este correctamente en desarrollo. También se tienen en cuenta las herramientas de validación tanto de

los formalismos de modelado como de las herramientas tecnológicas para su realización.

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

#### 2.6.4. Evaluación y elección de las herramientas

A partir de la definición de los criterios de evaluación de las técnicas de modelado y el conocimiento de las características de estas se establece la Tabla 2.2, que describe una lista de chequeo del cumplimiento o no de los criterios por cada una de las herramientas, teniendo así:

- 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 Tabla 2.2 muestra de forma resumida las ventajas que tiene cada uno de los lenguajes de modelado y permite elegir de forma rápida cual es la más adecuada para su uso dentro del proyecto, donde las herramientas de modelado con la mayor cantidad de criterios cumplidos serán las seleccionadas. En caso de que se presente herramientas con la misma cantidad de “X” tal como ocurre con IDEF0 y UML, es necesario tener en cuenta el cumplimiento de algunos de ellos, que pueden ser más útiles que otros de acuerdo al objetivo del proyecto que se desarrolla. Para esta situación el cumplimiento del **criterio 5 Usabilidad** de la herramienta representa disminución de tiempos en la etapa de aprendizaje e implementación de los modelos estructurales para el equipo de modelado.

La evaluación de los lenguajes para modelado dinámico en el proyecto, presenta un cumplimiento mayor de criterios en la técnica WFNets, por lo que no presenta ninguna ambigüedad para la elección de la misma.

A partir de la evaluación de las técnicas de modelado mostrado en la Tabla 2.2 **Lista de chequeo**, se eligió como técnica de modelado estructural IDEF0 y técnica de

CRITERIOS	IDEFO	UML	BPMN	WF-RdP	IDEF3
1. Capacidad de Integración	X	X	X	X	X
2. Cooperación	X	X		X	X
3. Explicitación	X	X	X	X	X
4. Capacidad de Reconfiguración				X	
5. Usabilidad	X		X	X	X
6. Expresividad	X	X	X	X	X
7. Interoperabilidad			X	X	X
8. Comprensibilidad y comunicatividad del modelo	X		X	X	X
9. Reusabilidad		X	X	X	
10. Soporte Tecnológico	X			X	
11. Aporte en automatización de procesos	X		X	X	X
12. Herramientas de Simulación	X	X		X	
13. Soporte para Documentación		X	X	X	X

Tabla 2.2: Lista de chequeo. Fuente propia

modelado dinámico WF Nets, donde algunas de las razones por las cuales fueron seleccionadas se exponen a continuación:

#### 2.6.4.1. Técnica de modelado dinámico seleccionada: WorkFlow Nets

Las redes de petri enmarcadas dentro de la teoría de Workflow [37] presenta un gran número de características favorables para el modelado de procesos de negocio de forma dinámica. En el trabajo [52] se exponen tres razones de peso para la elección de las Workflow nets:

1. Semántica formal y naturaleza gráfica:
  - Los procedimientos de Workflow en términos de redes de petri, son cons-

truidos de una manera clara, no están expuestos a múltiples interpretaciones.

- La herramienta basada en petri, se comporta de manera independiente a las versiones de las herramientas software sobre las que se ejecutan, es decir, los modelos no cambian ante cambios de los programas.
- Permite la identificación de problemas en los modelos, como la presencia o ausencia de propiedades dinámicas como bloqueos, entre otros.
- Solo ante presencia de semántica formal, se pueden realizar análisis de modelos.

Con la primera razón que se expone se puede cerciorar el cumplimiento de los criterios 2, 5, 6, 7

2. Modelos basados en estados y no en eventos: La creación de modelos de workflow basados en redes de Petri, permite la obtención de estructuras basadas en estados, las cuales tienen como principal característica el hecho de ser totalmente explícitos al no eliminar los estados intermedios "lugares", cosa que se hace normalmente en los diagramas basados en eventos. La modelación de estados intermedios permiten la intrusión de herramientas adicionales como el "Triggering" figura 2.1, los cuales permiten determinar las condiciones y acciones que se deben presentar para la evolución de los estados del sistema, además de la capacidad de adicionar información sobre recursos y eventos adicionales como activación de tareas manuales e ingreso de tiempos de espera.

Esta característica da la capacidad de modelar los procesos que se presentan en el caso de estudio de manera clara y con el enfoque dado a procesos con el que se quiere abordar el proyecto. Esta característica de las redes de petri permite el cumplimiento de los criterios 11, 13.

3. Gran Numero de Técnicas de Análisis. Las Workflow nets, tienen un amplio número de técnicas y herramientas de análisis, que permiten la verificación de los modelos y la validación de los mismos. Además de esto permite la evaluación de desempeños de los procesos que está representando. Para los modelos realizados con las técnicas de redes de Petri clásicas, se presentan herramientas como el árbol de alcanzabilidad, la máquina de testigos y representaciones matriciales, las cuales permiten ver las posibles evoluciones del modelo a través de sus estados [53] Los análisis de tipo matemático que se pueden aplicar a esta técnica de modelado permiten el uso de ecuaciones en programas y simuladores que permiten un uso de manera avanzada de esta

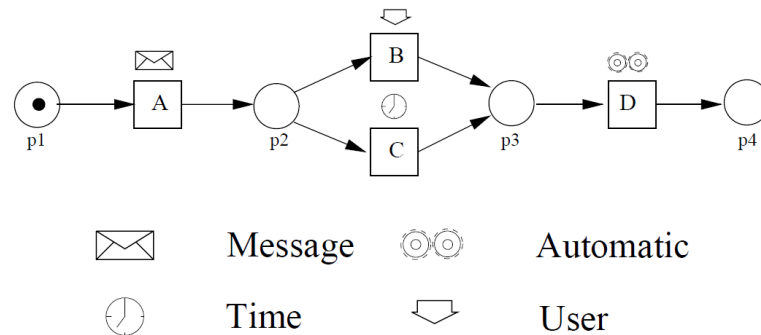


Figura 2.1: Adición de Triggering en modelos basados en estados. Fuente tomada de [37]

técnica. El gran número de herramientas de análisis y evaluación de modelos que presenta esta técnica, da cumplimiento a los criterios 9, 10, 12. Workflow nets es la herramienta que se utilizara durante el desarrollo del proceso para el modelado de los procesos de negocio en la empresa caso de estudio. Las notaciones gráficas y requerimientos de esta técnica de modelado se expondrán a profundidad en el item 2.8, donde se tendrá toda la información de relevancia para la implementación y análisis.

#### 2.6.4.2. Técnica de modelado estructural seleccionada: IDEF0 (Integration-DefinitionforFunctionModeling)

La herramienta de modelado IDEF0 hace parte de las técnicas de modelado tipo estructural, diseñado para la representación de funciones, y la interacción entre ellas a partir de los flujos de información definiendo bien los proveedores y clientes de información que se tienen en el sistema y los recursos empleados para su funcionamiento. Todo esto para servir como soporte de información para el proceso de toma de decisiones, definición de actividades entre otras fundamentales para la organización [54].

Se compone de una serie jerárquica de diagramas que muestran gradualmente a partir de niveles crecientes en detalle que a su vez describen funciones (acciones, procesos, operaciones), relaciones funcionales, datos y objetos, cumpliendo así el criterio 6 de expresividad.

En las recomendaciones de uso del estándar que define IDEF0 se encuentra el uso de la técnica de modelado cuando se requiere modelado para el análisis, desarrollo, re-ingeniería, integración o adquisición de un sistema de información cumpliéndose así el criterio 1.

IDEF0 es una técnica de modelado basado en gráficos combinados con texto, que se presenta de forma organizada y sistemática, compuesto por tres tipos de información, gráfica, texto y glosario, donde todos tres ayudan e interactúan entre ellos para el cumplimiento del objetivo de modelado de las funciones, cumpliendo así con el criterio 2 de cooperación entre los elementos de la herramienta para modelado.

Dentro de la semántica definida por el estándar de IDEF0 se encuentra la relación flecha/caja que define uno de los lados de la caja como "mechanism" lo cual corresponden a los recursos necesarios para llevar a cabo la función definida, cumpliendo con la explicitación y expresividad de los recursos correspondiente al criterio 3.

La sintaxis de modelado de IDEF0 se basa principalmente en diagramas básicos de flecha y caja con etiquetas de sustantivos y nombres de verbos respectivamente, lo cual hace de la implementación y desarrollo del modelo un proceso fácil de realizar, entender y/o comprender, satisfaciendo el criterio 5 de usabilidad de la herramienta de modelado y el criterio 8 de comprensibilidad y comunicatividad del modelo.

La herramienta de modelado IDEF0 es fuertemente recomendado como parte de la metodología de ingeniería software siendo el primer esfuerzo en el desarrollo del sistema, abarcando así el criterio 11 de aporte a la automatización de los procesos.

## 2.7. Modelos IDEF0

### 2.7.1. Sintaxis

**Cajas:** Representa una descripción de lo que ocurre en una determinada función.

Cada caja debe tener un nombre y un número dentro de los límites gráficos de la misma, donde el nombre corresponde a un verbo activo o una frase que describa la función y el número debe estar contenido dentro de la caja en la esquina derecha inferior, el cual es usado para identificar el cuadro de texto asociado a la caja. Una caja de forma genérica debe estar como se muestra en la figura 2.3.

**Flechas:** Una flecha está compuesta por uno o más segmentos de línea<sup>7</sup>, teniendo en su terminal una punta de flecha. Las flechas pueden ser rectas como se muestra en la figura 2.2.A o curvas con un ángulo de 90 grados entre el eje vertical y el horizontal como se muestra en la figura 2.2.B con diferentes configuraciones de ramificaciones ya sea bifurcación o unión como se ve en la figura 2.2.C y 2.2.D respectivamente .

- Reglas de Sintaxis:**
- El tamaño de las cajas debe ser el adecuado para el nombre de la misma, es decir el nombre de la caja no puede quedar por fuera de ella.
  - La forma de las cajas deben ser rectangulares con esquinas cuadradas.
  - Las cajas deben ser dibujadas con líneas solidas.
  - Las flechas curvas deben estar con un arco de 90 grados.
  - Las flechas debe ser dibujadas en segmentos de línea sólidos.
  - Las flechas deben ser siempre horizontales o verticales, no diagonales.
  - Los finales de las flechas deben tocar el perímetro externo de la caja y por ningún motivo puede atravesar la caja .
  - Las flechas deben estar sujetas a los lados de la caja no a los lados.

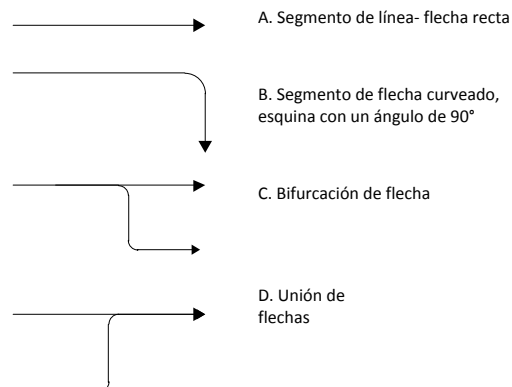


Figura 2.2: Tipos de Flechas en IDEF0. Fuente tomada de [34]

<sup>7</sup>Es un segmento recto que se origina o termina en un lado de la caja una ramificación o división o un límite(extremo no conectado)

### 2.7.2. Semántica:

**Semántica de cajas y flechas:** como se menciona anteriormente el nombre de la caja es un verbo o frase verbal, el cual debe describir la función de la caja que representa, que junto a la incorporación de las flechas y según su orientación en los lados de la caja (flechas de entrada o salida respecto a la caja) complementan el poder expresivo de IDEF0. Las flechas son etiquetadas con sustantivos o sintagmas<sup>8</sup> nominales (datos u objetos) para expresar significados. En términos de relación caja/flecha, cada uno de los lados de la caja tiene un significado de la siguiente forma:

- Las flechas que entran por el lado izquierdo de la caja son INPUTS. Las inputs son transformadas o consumidas por la función para realizar su actividad.
- Las flechas que entran por la parte superior de la caja son CONTROL, las cuales especifica las condiciones requeridas para que la función entregue las salidas de forma correcta.
- Las flechas que salen de la caja del lado derecho de la caja son OUTPUTS representadas en datos u objetos producidos por la función.
- Las flechas conectadas al lado inferior de la caja representan MECHANISM. Las flechas apuntando hacia arriba identifican los medios (recursos) que soportan la ejecución de la función.

La disposición de las flechas en la caja se muestran en la figura 2.3 con un ejemplo de nombre y etiquetas y flechas.

- Reglas semánticas de cajas y flechas**
- Una caja debe estar nombrada con un verbo o frase verbal.
  - Cada uno de los lados de las cajas tiene asociado una relación caja/flecha.
  - Las flechas segmentos, excepto las flechas llamadas deben estar etiquetadas con un sustantivo o sintagma nominal.
  - Las flechas segmentos deben estar etiquetadas con un sustantivo o sintagma nominal excepto cuando una etiqueta de una flecha aplica a la flecha en su totalidad.

---

<sup>8</sup>Un sintagma es una o varias palabras que desempeñan una función unitaria dentro de una oración, en un sintagma nominal el núcleo está constituido por un nombre (sustantivo o adjetivo) sustantivado o pronombre



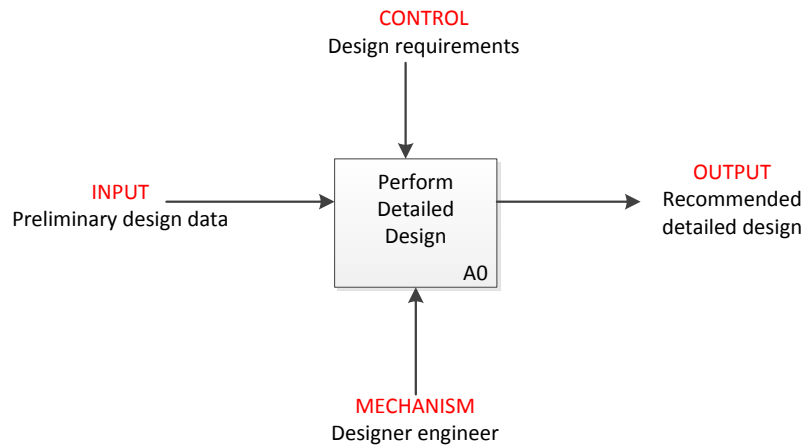


Figura 2.3: Posición de las flechas y roles. Fuente tomada de [38]

- Un "squiggle" debe ser usado para vincular la flecha con la etiqueta asociada, a menos que la etiqueta sea evidente.

### 2.7.3. Diagramas en IDEF0

Los modelos IDEF0 están compuestos por tres tipos de información: diagrama gráfico, texto y glosario donde los tres están referenciados y relacionados uno con el otro, siendo el más importante el diagrama gráfico ya que este contiene las cajas (funciones), flechas (datos y objetos) con sus respectivas relaciones e interconexiones. A partir de la descomposición de las funciones de un nivel más general a uno más detallado, hasta llegar al nivel necesario para apoyar los objetivos del proyecto en particular.

Se definen tres tipos de diagramas como: los diagramas de nivel superior, los diagramas hijos y los diagramas padres, además del tipo de información que contiene el diagrama se obtiene otros dos tipos de diagramas: los diagramas de texto y glosario y los diagramas FEO<sup>9</sup>

<sup>9</sup>ForExpositionOnly

### 2.7.3.1. Tipos de diagrama

#### ■ Diagramas gráficos por jerarquías

- Diagrama de nivel superior: El objeto del modelo es representado por una sola caja con un nombre que describe de forma general el objeto modelado y sus flechas delimitadoras, conocido como A-0, donde sus flechas representan un conjunto de interfaces externas al objeto de modelado. Este diagrama determina la aplicación del modelo, límites y orientación del mismo. El diagrama A-0 debe tener unas oraciones breves especificando el punto de vista y el propósito del modelo enfatizando en diferentes aspectos del objeto a modelar. (Ver Figura A de 2.4)
  - Diagramas hijos: La función de nivel superior se descompone en sus subfunciones creando sus diagramas hijos a la vez estos diagramas se pueden descomponer creando sus diagramas hijos de bajo nivel. Dado un diagrama alguna de las funciones o todas se pueden descomponer. El diagrama hijo que resulta de la descomposición de una función abarca el mismo ámbito que la caja padre detalla. Por lo tanto un diagrama hijo puede ser pensado como el interior de la caja padre. (Ver Figura B de 2.4)
  - Diagrama padre: Un diagrama padre es el que contiene uno o más cajas padre, cualquier diagrama a excepción del A-0 es un diagrama hijo ya que por definición es una caja padre, por lo tanto un diagrama puede ser un diagrama padre (contiene los cuadros de los padres) y un diagrama hijo (detalla su propia caja padre), del mismo modo, una caja puede ser tanto una caja padre (detallado por un diagrama hijo) y una caja hijo (que aparece en un diagrama hijo).
- **Texto y glosario:** Un diagrama está asociado a una estructura de texto, el cual es usado para proveer consistencia al diagrama general del modelo, el texto se usa para resaltar las características, flujos e interconexiones entre las cajas con la intención de clarificar los elementos considerados de importancia. El glosario debe ser usado para definir acrónimos y palabras o frases claves que han sido usadas en el diagrama gráfico.
- **Solo diagramas para exposición:** Se utilizan para obtener conocimiento adicional complementario para comprender adecuadamente las áreas específicas de un modelo. No necesita cumplir con las reglas de sintaxis de IDEF0.

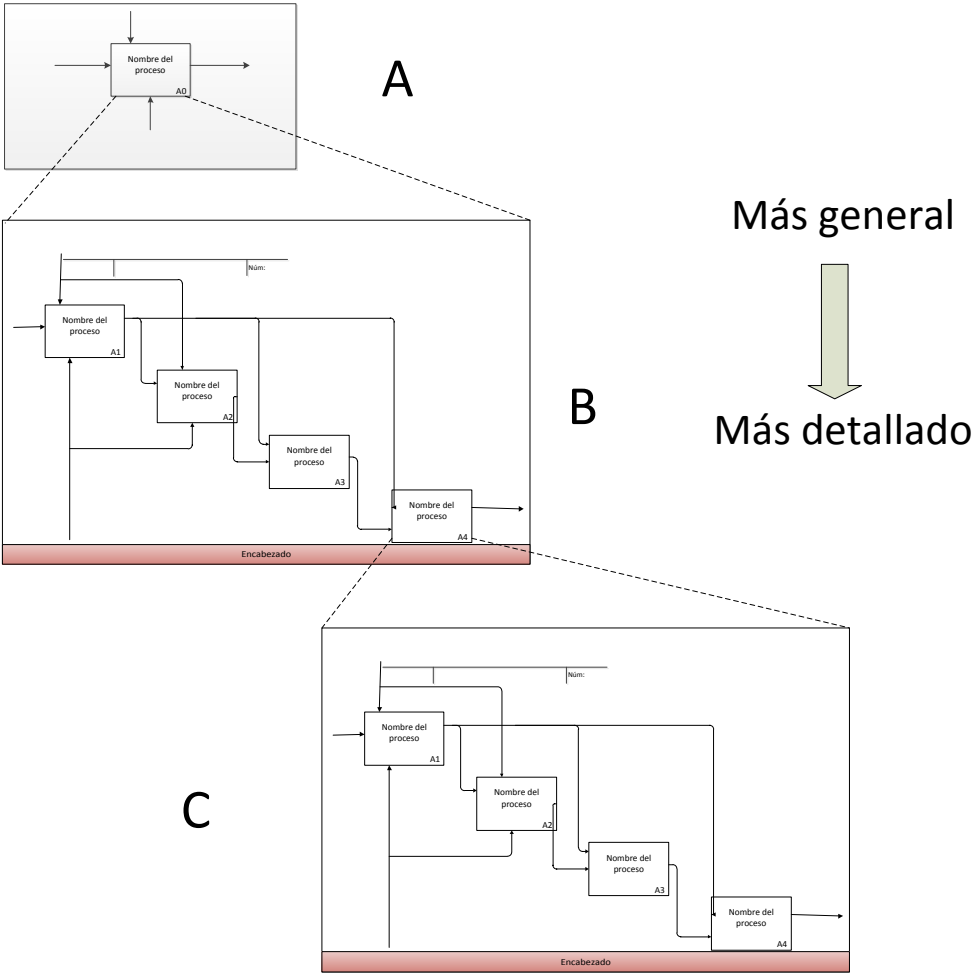


Figura 2.4: Descomposicion de la estructura, representacion jerárquica del modelo IDEF0. Fuente tomada de [34]

## 2.8. Redes de Workflow

Workflow Nets es una combinación de dos técnicas, las Redes de Petri y Workflow, para modelado de procesos, que se han unido para poder reunir las mejores características de ambas técnicas y conseguir modelos que sean más fáciles de diseñar, interpretar y con un grado de robustez elevado.

Por motivo de la unión de estas dos técnicas es necesario enmarcar los conceptos de cada uno por separado para poder hacer una interpretación global de la herramienta y de las principales características y ventajas que ofrecen para el modelado de procesos de negocio.

La Workflow Management Coalition, es una organización global de desarrolladores, practicantes y grupos de investigación que se ocupa de temáticas como Workflow y BPM, así como la simulación y optimización de procesos. Ellos han definido Workflow como “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” [48].

### 2.8.1. Redes de Petri

Las redes de petri son una herramienta de modelado gráfica y matemática, que es extensible a un gran número de sistemas, con la cual se pueden representar los flujos de trabajo y la interacción entre distintos sistemas. Para un uso apropiado de la herramienta es necesario definir tanto las notaciones gráficas como las herramientas matemáticas más relevantes para su análisis. [36]

**Notación Gráfica:** Los gráficos fundamentales para la realización de modelos en redes de petri, consisten en dos tipos de nodos, llamados "Lugares" y "Transiciones"; los arcos son líneas que representan el flujo lógico entre los dos tipos de nodos, uniendo a un lugar con una transición o viceversa, pero nunca uniendo dos nodos del mismo tipo. De manera gráfica los Lugares son dibujados como círculos, las transiciones como barras o cajas. Los arcos son líneas que se dibujan con su respectiva ponderación, que indica la cantidad de “tokens” necesarios para la activación de una transición. Los tokens son puntos negros que se sitúan dentro de los Lugares y permiten la evolución del modelo.

**Notación Formal** Una Red de Petri se puede definir como una composición de cinco partes como  $N=(P,T,I,O,M)$  donde:

- $P=\{p_1,p_2, \dots ,p_n\}$  Es el conjunto de  $np$  lugares que se representan gráficamente como círculos.
- $T=\{t_1,t_2,\dots ,t_n\}$  Es el conjunto de  $nt$  transiciones representadas como cajas o barras.
- $I$  son las relaciones de entrada y representan a los arcos que se direccionan desde lugares a transiciones.
- $O$  son las relaciones de salida y representan a los arcos que se direccionan desde transiciones a lugares.
- $M=\{m_1,m_2, \dots ,m_n\}$  son las marcas. Cualquier  $m_i$ , representa los tokens en un Lugar  $p_i$  representado en  $M$ . [55]

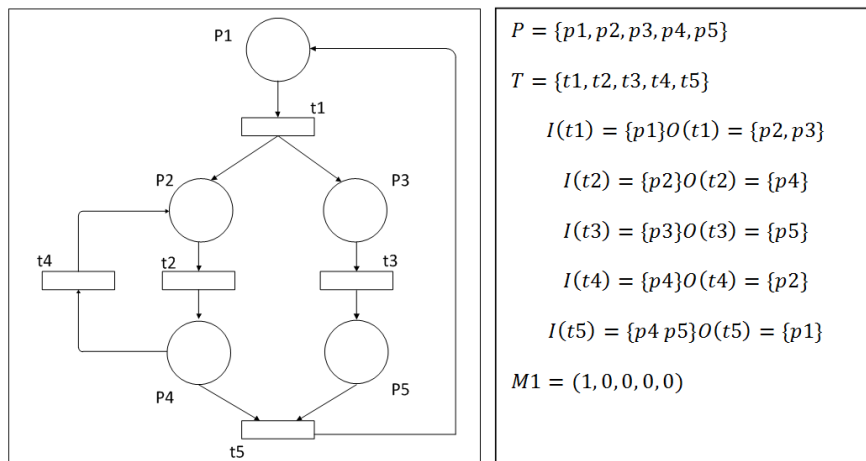


Figura 2.5: Interpretación formal de los modelos en redes de Petri. Fuente tomada de [48]

**Aplicación de los conceptos de Workflow a las Redes de Petri:** Para la realización de modelos de negocio basándose en el uso de Workflow Nets se pueden encontrar nuevas herramientas o cambios en las notaciones gráficas para diseño a partir de la unión de los dos conceptos de modelado. En primer lugar es necesario realizar el cambio en la semántica; Los modelos de negocio obtenidos a partir de de las técnicas de flujos de trabajo, se basan el

manejo de *casos* a través de una secuencia lógica de *tareas* junto al cumplimiento de *condiciones* para la evolución de los modelos. Para introducir los conceptos de Workflow dentro de las técnicas de Petri nets, se tiene que las *tareas* son ahora modeladas por *transiciones*, *condiciones* son modeladas por *lugares* y los *casos* son representados por *tokens*. El uso de WFNETs, permite la adición de *lugares* o *estados* de manera explícita dentro de los flujos de trabajo, lo que permite una fácil interpretación y entendimiento de los modelos de comportamiento del sistema. Esto hace parte de las mejoras al obtener un híbrido entre las dos técnicas, que permiten la introducción de nuevos elementos que enriquecen a los modelos. Estos se encuentran a medida que se van realizando las abstracciones.

**Bloques de Construcción de Workflow:** Los Bloques de construcción presentados en la figura 2.6 sirven para el modelamiento de estructuras de negocio como los enrutamientos secuenciales, condicionales, paralelos entre otros, o para estructuras de comportamiento como sincronización o exclusividad mutua. En la figura 2.6 se presentan las seis estructuras para enrutamiento propuestas para WFNETs; dos para la ejecución de tareas en paralelo (AND), y cuatro para ejecución de tareas excluyentes (OR), siendo el bloque de sincronización de tareas el *AND-JOIN*.

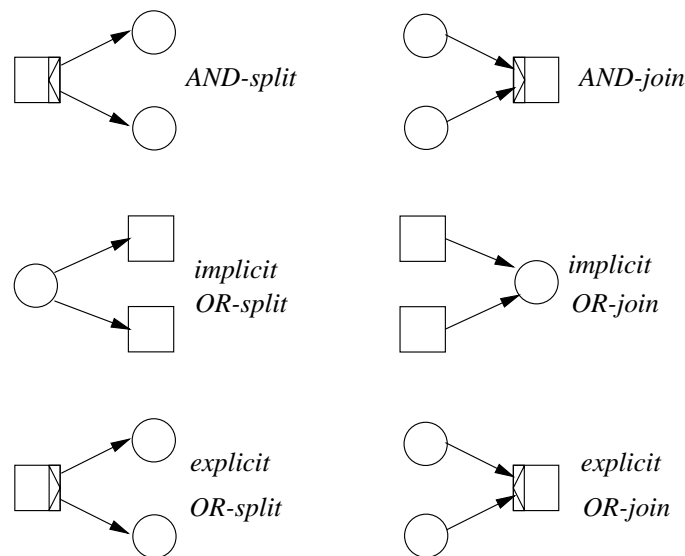


Figura 2.6: Bloques de construcción para enrutamiento. Fuente tomada de [48]

**Triggering** Es necesario especificar que los modelos que presentan distintos ti-

pos de enrutamiento a partir de los bloques vistos anteriormente, tienen una evolución en el tiempo que se puede ver por los simuladores al parecer de manera arbitraria, y que determina el orden y las tareas que deben ser ejecutadas para finalizar el proceso. En la realidad, es decir, en la ejecución física, las tareas son desempeñadas por un trabajador; o la evolución de ciertos tipos de tareas solo se llevan a cabo dependiendo de la respuesta de los usuarios ante solicitudes que se les realiza. Estos requisitos no pueden ser forzados por ningún tipo de software, porque simplemente no pueden estar en un completo control.

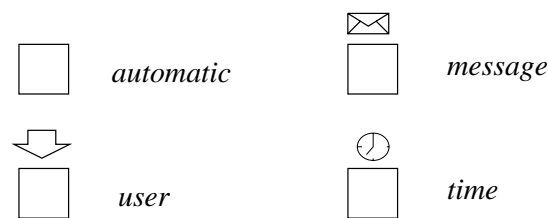


Figura 2.7: Tipos de Trigger utilizados en Workflow Nets. Fuente tomada de [48]

Los Triggering, gatillos o detonadores, son condiciones externas que permiten la activación de una de las tareas que esté disponible para ejecución. La activación de una tarea comienza en el momento preciso en que su instancia es activada. Se tienen cuatro tipos de disparadores para el diseño de modelos de procesos de negocio, con el fin de tratar de cumplir los requerimientos para continuar con el flujo de trabajo. El primero de los gatillos es el **automático**, el cual se utiliza sobre tareas que no implican la acción humana. El de **usuario** es utilizado para representar que es el usuario del proceso el que decide cuando y cual de las tareas será activada. Los gatillos de **mensaje**, representan la inserción de eventos externos a los procesos que son los que definen la activación de las tareas. Mensajes típicos son llamadas telefónicas o autorizaciones por E-mail para la activación de tareas. El último de los disparadores corresponde a los de **tiempo**, los cuales representan esperas necesarias para la ejecución de las tareas. Generalmente se usan para la representación de tiempos límites, es decir, si algún otro de los gatillos no se presentan dentro del tiempo pre establecido, se ejecutara una tarea determinada por defecto.

# Capítulo 3

## Modelado estructural de los procesos de gestión del Laboratorio de Metrología de CEO

### 3.1. Metrología

La metrología está definida como la ciencia de la medición la cual cubre tres actividades importantes: La definición internacionalmente aceptada de medición, la realización de las unidades de medida por métodos científicos, por último el establecimiento de cadenas de trazabilidad, determinando el valor y exactitud de la medición junto con la difusión de este conocimiento.

Existen tres categorías de metrología diferenciadas por niveles de complejidad y precisión, Ver Figura 3.1 [56], teniendo en el nivel más alto la metrología científica, seguido se encuentra la metrología industrial y por último la metrología legal en la cual se encuentra el laboratorio de metrología de CEO <sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>Compañía Energética de Occidente



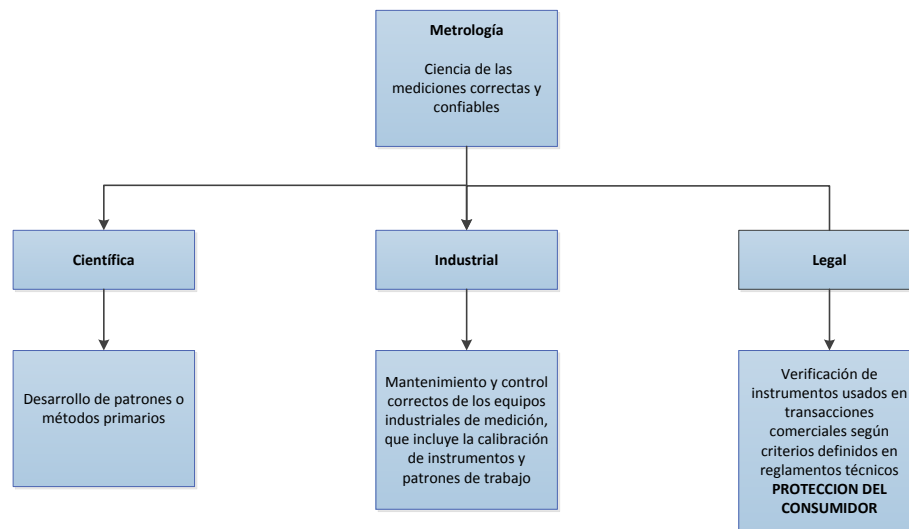


Figura 3.1: Categorías de metrología. Fuente propia

## 3.2. Laboratorio de Metrología de CEO

El laboratorio de metrología de CEO es una organización dedicada a proveer servicios de calibración<sup>2</sup> a medidores de energía, en búsqueda de la acreditación por la Norma Técnica Colombiana NTC-ISO/IEC 17025 *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayos y calibración* [4]. La Figura 3.2 muestra la estructura del laboratorio como su ubicación dentro de la Compañía Energética donde se evidencia que la organización caso de estudio corresponde a la gerencia de control y energía, a la jefatura de innovación y desarrollo de CEO. El recuadro en rojo de la imagen resalta el organigrama del laboratorio de metrología.

<sup>2</sup>Operación que bajo condiciones específicas, en una primera etapa establece la relación entre los valores de cantidad de incertidumbres de medición proporcionados por las normas de medición y las indicaciones con incertidumbres de medición asociadas, en una segunda etapa utiliza esta información para establecer una relación para la obtención de un resultado de la medición de una indicación.

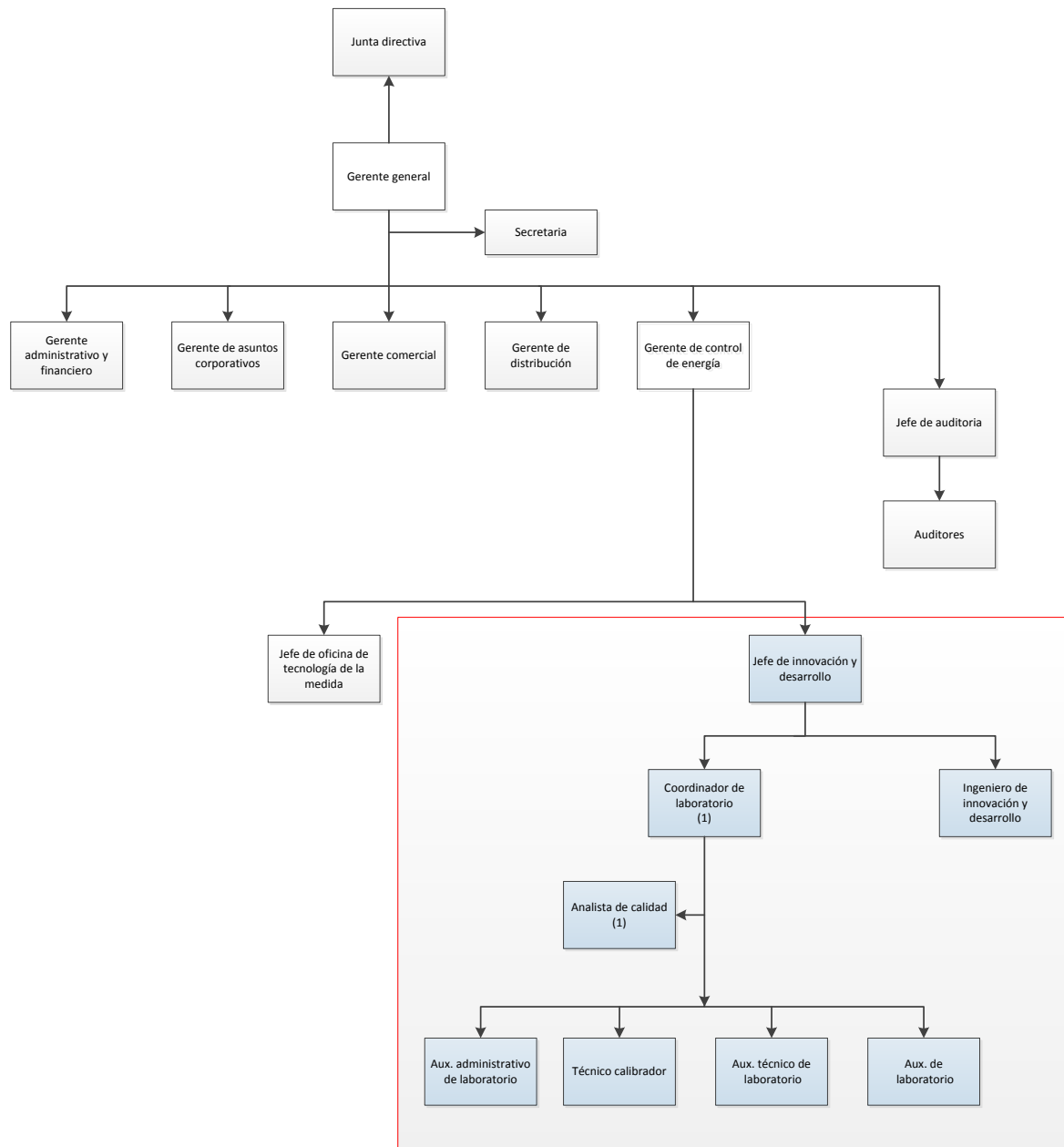


Figura 3.2: Estructura del laboratorio de metrología de CEO. Fuente propia

### 3.3. Técnica de recopilación de información

El proceso de recopilación de la información está conformado por una serie de actividades ejecutadas de forma secuencial tal como se muestra en la Figura 3.3, 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 de CEO** y finaliza con la fase de recopilación de la información.

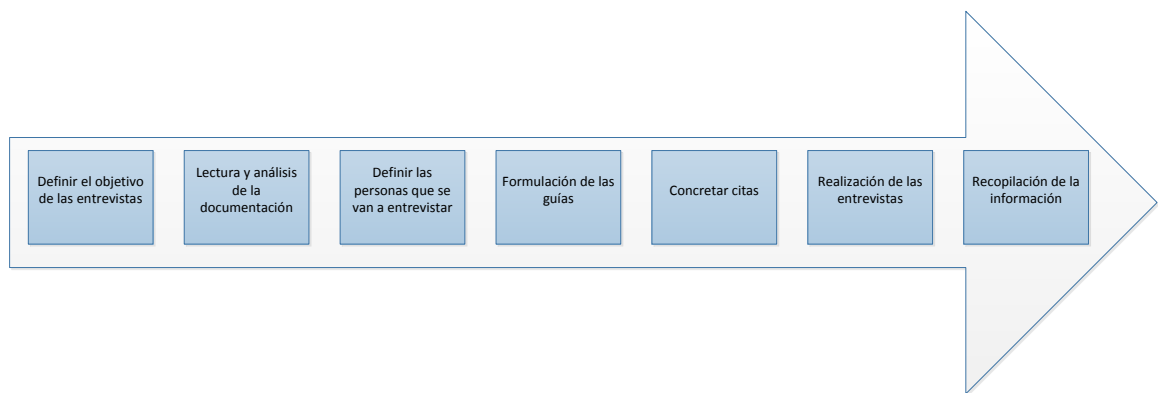


Figura 3.3: Fases de la entrevista. Fuente propia

#### 3.3.1. Entrevista

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, la de no limitar y permitir envolver un amplio espectro de temas y 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 desarrolló como primera pauta, la lectura y posterior análisis de la documentación correspondiente a la Norma Técnica Co-

lombiana<sup>3</sup> NTC ISO 17025 [4], vocabulario internacional de metrología Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados [57], por último los procesos, procedimientos, instructivos, manuales, registros y formatos resultado del proceso de gestión de calidad implementados en el laboratorio de metrología de CEO, siendo estos la base para conocer la estructura, dinámica y funcionamiento de la empresa. Cada uno de estos documentos fue clasificado según su naturaleza teniendo así las siguientes categorías:

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

Por las categorías de RRHH<sup>4</sup>, calidad y compras se realizó una encuesta por cada una de estas. De gestión de la producción se realizaron 3 diferentes entrevistas según el tipo de actividad siendo estas: inventario, aseguramiento metrológico y control de la producción, teniendo un total de cinco entrevistas con su correspondiente guía. Cada una se realizó de manera personal y de forma independiente (por cargos) usando como herramienta de registro grabaciones de audio. La Figura 3.4 corresponde a un ejemplo de las guías desarrolladas para el proceso de compras conformada por dos tipos de preguntas: las primeras son las iniciales aclaratorias y seguido se encuentran las correspondientes a cada una de las actividades identificadas en el proceso de compras que realiza el laboratorio. La información obtenida se recopiló en un formato que corresponde a la Figura 3.5 el cual está estructurado por el orden de la ejecución de las actividades y se enfatiza en la recepción y envío de información y objetos con su respectivo proveedor y cliente, además de los recursos necesarios para realizar la función.

---

<sup>3</sup>Según ONAC NTC es: "Documento aprobado por una institución reconocida, que prevé, para un uso común y repetido, reglas, directrices o características para los productos o los procesos y métodos de producción conexos, y cuya observancia NO es obligatoria".

<sup>4</sup>Recurso Humano

**Guía de entrevistas**

**Proyecto laboratorio de metrología de CEO-UNICAUCA**

**Modelado de los procesos de gestión del laboratorio de metrología de CEO**

**Numero entrevista:** 001

**Fecha:** 01/08/2013

**Cargo:** Analista de calidad

**Nombre Entrevistado:** Andrea Pérez

**Jefe Inmediato:** Coordinador de calidad – Pablo Gómez

**Proceso:** Compras

**Preguntas aclaratorias**

- ¿Qué aplicaciones tiene el laboratorio del sistema CGUNO?
- ¿El laboratorio tiene maestro de materiales propio o se identifica de forma precisa los materiales y bienes del laboratorio dentro del maestro de materiales de CEO?
- ¿Cuál es la documentación clara con relación a los requisitos que debe cumplir los servicios y elementos críticos?
- ¿El sistema de información de alguna forma integra el laboratorio o los procesos del laboratorio?

**Actividades que realiza el laboratorio en el proceso de compras**

- I. Identificación de la necesidad de un bien o servicio
  - ¿Cómo se identifica la necesidad de compra de bienes y servicios dentro del laboratorio?
  - ¿Se realiza de forma informal o existe algún formato?, a quien se la comunica de forma directa?
- II. Comunicación de la necesidad de compra dentro del laboratorio
  - ¿Para la comunicación de otras cosas como insumos, servicios y proveedores por medio de cual formato se realiza?
  - ¿Siempre se realiza de forma formal por medio del formulario o en ocasiones se dice de forma verbal?
- III. Ya conocida la necesidad en el laboratorio, el responsable del área es decir del laboratorio para realizar la solicitud de compra a CEO debe:
  - Verificar si la compra está contemplada dentro del presupuesto anual aprobado
    - ¿Cómo es la participación del laboratorio dentro de la realización del presupuesto anual aprobado? y que área se encarga de establecer el presupuesto anual aprobado

Figura 3.4: Ejemplo de guía de entrevista - proceso de compras. Fuente propia

Formulario de Modelado de Flujos de Información-Laboratorio de metrología CEO, Universidd Del Cauca - CEO

Número Formulario:001  
 Fecha :01/08/2013  
 Cargo: Analista de calidad  
 Nombre Encuestado: Andrea Pérez  
 Jefe Inmediato:Coordinador de calidad - Pablo Gómez  
 Proceso: Compras

Num	ACTIVIDAD	ENTRADAS	V-W- FI	PROVEEDOR	RECURSOS	RESULTADOS	V-W- FI	CLIENTE
1	Identificar necesidad de compra	Maestro de materiales C	W	Area de compras	Recursos computacionales Coordinador del laboratorio Operarios del laboratorio	Necesidad de compra de insumos	W	Area de compras
		Informe de supervisión y seguimiento	W			Necesidad de compra de equipos	W	Area de compras
		Falta de destreza del operario	FI	Proceso: supervisión y seguimiento		Necesidad de servicios de calibración y mantenimiento	W	Area de compras
		Inventario de sellos	FI	Procesamiento		Necesidad de capacitación	W	Area de RRHH
		Estado de la máquina	W	Producción		Necesidad de contratación de personal	W	Area de RRHH
2	Verificación de la necesidad de compra	Plan de aseguramiento metrológico C	W	Proceso: Mantenimiento	Recursos computacionales	Necesidad de compra de insumos	W	Area de compras
		Necesidad de compra de equipos	W	Lab		Necesidad de compra de equipos validada	W	Area de compras
		Necesidad de compra de equipos	W	Lab		Necesidad de compra de equipos validada	W	Area de compras
		Necesidad de servicios de calibración y mantenimiento	W	Lab		Necesidad de servicios de calibración y mantenimiento validada	W	Area de compras
3	Realizar la solicitud de compra	Requisitos o pautas técnicas	W	Lab	Recursos computacionales	Solicitud de compra de bienes	W	Area de compras
		Necesidad de compra de insumos validada	W	Area de compras		Solicitud de compra de servicios	W	Area de compras
		Necesidad de compra de equipos validada	W	Area de compras				
4	Evaluación de las ofertas	Necesidad de servicios de calibración y mantenimiento validada	W	Area de compras	Recursos computacionales Coordinador del laboratorio	Informe de evaluación de ofertas	FI-W	Area de compras
		Solicitud de compra de bienes	W	Area de compras		Ofertas que no cumplen con los requisitos	FI-W	Area de compras
		Solicitud de compra de servicios	W	Area de compras				
		Ofertas	FI-W	Area de compras- Lab				
4.1	Evaluación técnica de las ofertas	Oficio de invitación a Evaluación técnica	FI-W	Area de compras		Oficio con la evaluación de las ofertas y recomendaciones de las mismas	FI-W	Area de compras
		Requisitos o pautas técnicas C	FI-W	Lab				

Figura 3.5: Ejemplo de formulario de diagnóstico de flujos de información - Laboratorio de metrología CEO.  
 Fuente propia

## 3.4. Procesos de gestión del Laboratorio de Metrología de CEO

La definición e identificación de los procesos de gestión y su respectiva diferenciación con los procesos de producción se logró a través del desarrollo de la cadena de valor del laboratorio, limitando así los procesos a modelar dentro del proyecto.

### 3.4.1. Cadena de valor del Laboratorio de Metrología de CEO

A partir del establecimiento de la cadena de valor para manufactura propuesta por Porter [20] y la cadena de valor para servicios definida en el artículo [23], se buscó 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. Obteniendo como resultado la cadena de valor expuesta en la Figura 3.6.

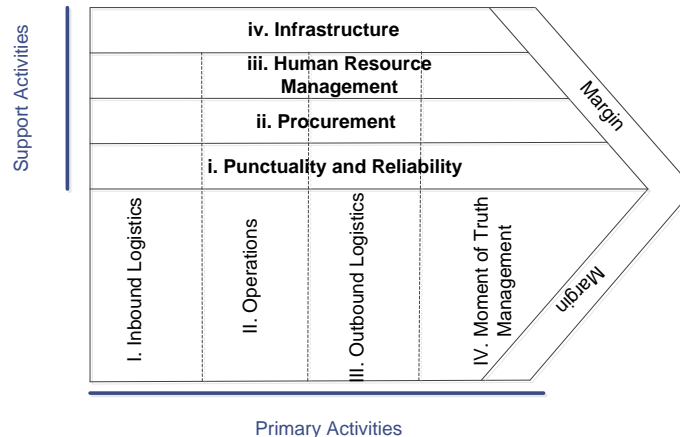


Figura 3.6: Cadena de valor aplicada. Fuente propia

Las actividades primarias I, II Y III, 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, las cuales representan las características propias de un servicio.

Tomando la clasificación de los procesos de negocio dada anteriormente por Porter en el capítulo 2, estos se pueden clasificar en actividades primarias y actividades de soporte donde estas últimas corresponden a los procesos de gestión del presente trabajo. Para el caso del laboratorio de metrología de CEO los procesos de estudio son:

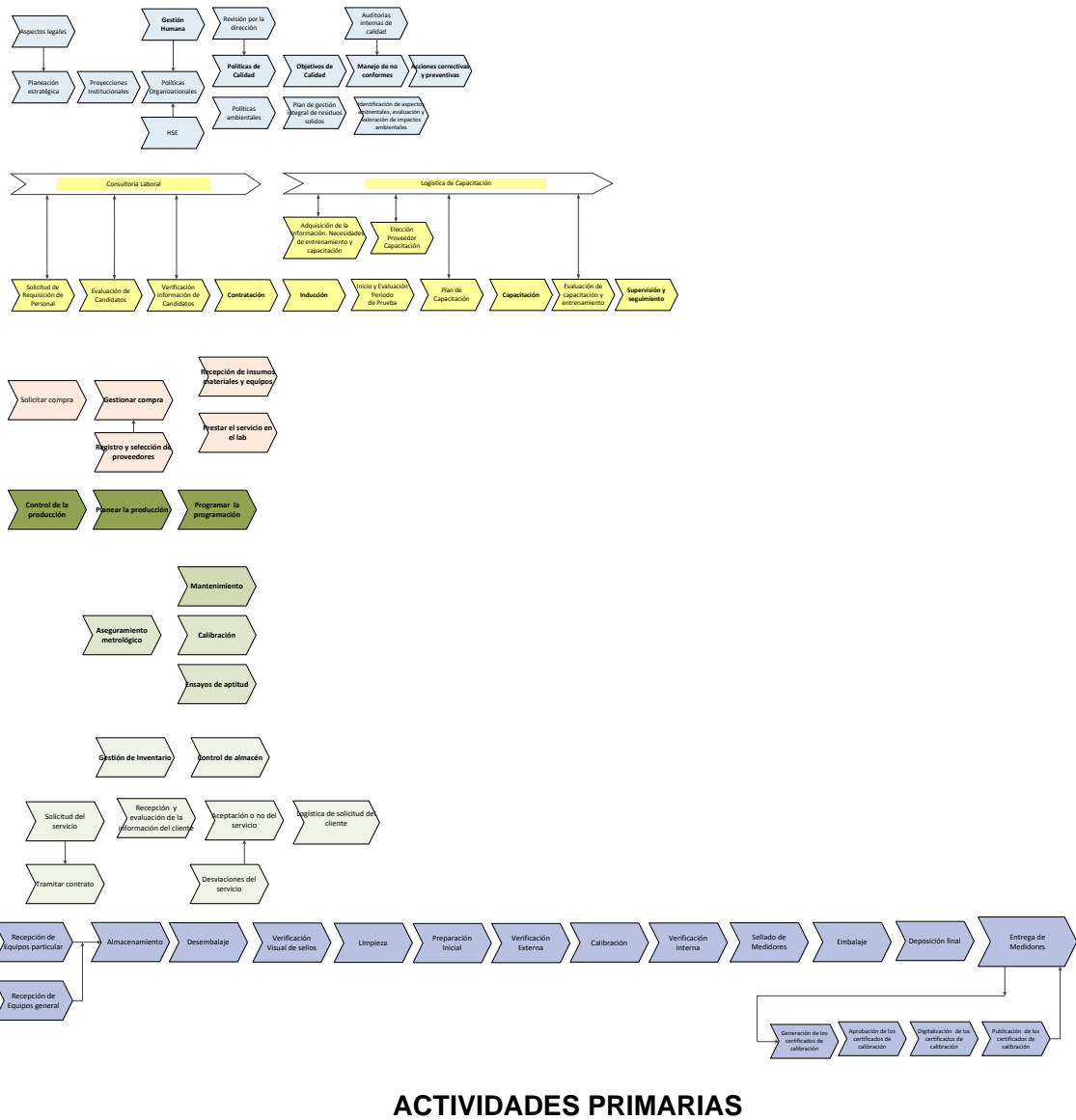
- Puntualidad y fiabilidad (Verde)
  - Gestión de control de la producción
  - Gestión de aseguramiento metrológico
  - Gestión de inventario
- Adquisiciones - Compras (Naranja)
  - Gestión de compras
  - Gestión de proveedores
- Gestión del recurso humano (Amarillo)
  - Gestión de selección y contratación de personal
  - Inducción, capacitación entrenamiento y desarrollo
  - Supervisión y seguimiento
- Infraestructura (Azul)
  - Gestión de la calidad

Como resultado se obtuvo la cadena de valor mostrada en la Figura A.1 para ver con mayor detalle dirigirse al Anexo A, donde los procesos vinculados al diagrama no son todos los procesos a modelar pero se dibujan con la finalidad de darle coherencia al modelo de cadena de valor, los procesos resaltados en negrilla corresponden a los procesos mencionados anteriormente y se diferencian por colores.

### **3.5. Modelos estructurales de los procesos de gestión del Laboratorio de Metrología de CEO**

A partir del modelado estructural se espera obtener de forma precisa el proceso de toma de decisiones y procesos que se desarrollan en el laboratorio de metrología de





ACTIVIDADES SOPORTE

ACTIVIDADES PRIMARIAS

Figura 3.7: Cadena de valor del Laboratorio de Metrología de CEO. Fuente propia

CEO junto con sus interacciones con clientes y proveedores internos y/o externos, además de obtener el conocimiento de las fuentes y sumideros de la información que fluye en la organización, lo cual se realiza a través de la identificación de los

flujos de información entre los procesos de gestión del laboratorio de metrología de CEO, por medio de la implementación de modelos IDEF0.

### **3.5.1. Modelos IDEF0 de los procesos de gestión del Laboratorio de Metrología de CEO**

#### **3.5.1.1. Diagramas Texto**

Los diagramas IDEF0 están compuestos por diagramas gráficos y diagramas de texto, este último está seccionado en dos tipos de archivos uno es el Glosario de Modelos (Ver Anexo B) que describe las siglas que son utilizadas en los modelos, el otro archivo es la estructura de texto conformado por el punto de vista y objetivo de los modelos que son:

**Objetivo:** Modelar las actividades y procesos de gestión actualmente implementados que soportan el proceso de producción en el laboratorio de metrología de la Compañía Energética de Occidente.

**Punto de vista:** Equipo de análisis para diagnóstico de los procesos de gestión del laboratorio de metrología de la Compañía Energética de Occidente.

Y el archivo Aclaraciones de los Modelos IDEF0 (Ver Anexo C ) el cual contiene en gran medida las aclaraciones correspondientes a los modelos de RRHH y COMPRAS dado por la particularidad que presentan estos dos procesos, situación que será explicada en el ítem 3.5.1.5, además de las aclaraciones necesarias para dar coherencia a los modelos presentados.

#### **3.5.1.2. Diagramas gráficos**

El desarrollo de los modelos IDEF0 para el caso de estudio dio como resultado 22 diagramas donde algunos cuenta con código ICOM<sup>5</sup> según la complejidad del modelo teniendo un total de 68 cajas que describen cada uno de los procesos, procedimientos, actividades y tareas según corresponda su ubicación dentro de la jerarquía de los modelos teniendo así la siguiente nomenclatura sujeta al nodo del diagrama:

---

<sup>5</sup>El acronimo de Input, Control, Output, Mechanism. Es el código que asocia las flechas limites de un diagrama hijo con las flechas de su caja padre, es usada como referencia.

**Objeto de estudio:** A-0

**Unión de los procesos que conforman el objeto de estudio:** A0.

**Proceso:** Ax donde: x varia entre 1 y 4.

**Procedimiento:** Axy donde: x varia entre 1 y 4, y varia entre 1 y 5.

**Actividad:** Axyz donde: x varia entre 1 y 4, y varia entre 1 y 5 y z varia entre 1 y 7.

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

A partir de la definición de nomenclatura para la diferenciación de nivel de jerarquías y ubicación dentro de los modelos se obtuvo el índice de nodos mostrado en el Anexo D, el cual aparte de determinar la jerarquía de los modelos, entrega la información necesaria para conocer cual es la caja padre del diagrama hijo y las cajas que lo componen. Por ejemplo: La caja A0 del diagrama con nodo A-0 tiene como diagrama hijo el diagrama con nodo A0 la cual esta conformada por cajas hijos A1, A2, A3 y A4, que a su vez son cajas padres de diagramas hijos con nodos A1 A2 A3 Y A4 respectivamente.

### 3.5.1.3. Modelo A-0: Procesos de gestión del Laboratorio de Metrología de CEO

El modelo de nivel más alto es el que se muestra en la Figura 3.8 el cual se puede apreciar con mas detalle en el Anexo E, donde el objeto de modelado es representado con una sola caja "top box", con sus respectivas flechas limitantes, que representan las condiciones externas para el caso modelado, además contiene el objetivo y el punto de vista de modelado en la estructura texto del diagrama. Por el alcance del proyecto se limita a los procesos de gestión del laboratorio y por ser el laboratorio de metrología una organización propiedad de una más grande que es la Compañía Energética de Occidente la mayoría de sus entradas *inputs*, *control* y *mechanism* provienen de los procesos de CEO y de la parte de producción del laboratorio, siendo estas dos entidades proveedores de los procesos de gestión del laboratorio.

Al igual que las entradas las salidas (*outputs*) tiene como cliente CEO y en mayor medida la parte de producción del laboratorio. Los flujos de información y elementos

con sus respectivos proveedores (fuente de información) y clientes del diagrama A-0 son mostrados en la Tabla 3.1 y la Tabla 3.2 que representan entradas (inputs, control y mechanism) y salidas (outputs) respectivamente.

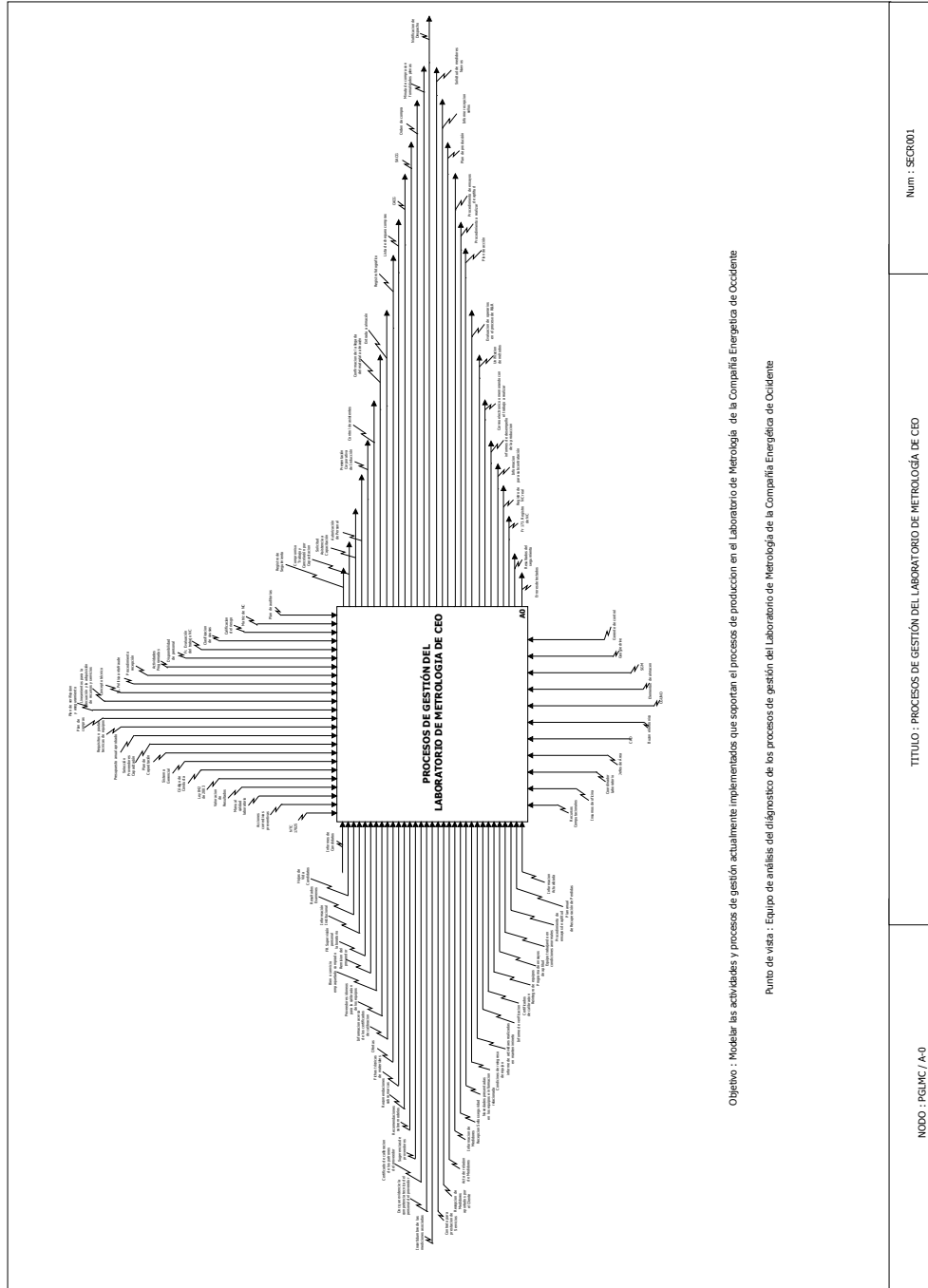


Figura 3.8: Procesos de gestión del laboratorio de metrología de CEO. Fuente propia

Fuente de información (Proveedor)	Flujo de información Dato u objeto	Tipo de entrada I C M
CEO	Plan de auditorías	C
	Matriz de NC	C
	Calificación del riesgo	C
	Clasificación de causas	C
	Evaluación del trabajo NC	C
	Política antifraude	C
	Plan de compras	C
	Presupuesto anual aprobado	C
	Selección proveedores de capacitación	C
	Sistema gerencial	C
	Código de conducta	C
	Valoración de resultados	C
	Informes de candidatos	I
	Contrato para la prestación de servicios	I
	Plan anual de recuperación de pérdidas	I
	Recepción de sellos de seguridad	I
	Recursos computacionales	M
	Insumos de oficina	M
	Jefe de área	M
	CAD	M
CGUNO	M	
Elementos de almacén	M	
Gerente de control	M	
Área de producción del laboratorio	Disponibilidad del personal	C
	Procedimiento de recepción	C
	Concepto técnico	C
	Lineamientos para la adecuación y la adquisición de recursos y servicios	C
	Requisitos o pautas técnicas de equipos	C
	Manual de calidad del laboratorio	C
	Fichas técnicas de materiales	I
	Recomendaciones sobre marcas	I
	Recomendaciones sobre modelos	I
	Sugerencias de proveedores	I
	Novedades presentadas en los equipos e información relacionada	I
	Condiciones de reingreso de equipo	I
	Equipo trabajando en condiciones anormales	I
Información actualizada	I	
Proveedores de bienes y servicios	Resultados exámenes	I
	Remisión del proveedor	I
	Bien o servicio empaquetado	I
	Proveedores idóneos para la calibración de los equipos	I
	Información acerca de los certificados de calibración	I
	Ofertas	I
	Certificado de calibración de los patrones del proveedor	I
	Doc que evidencie la competencia técnica del personal del proveedor	I
	Incertidumbre de las mediciones asociadas	I
	Informe de actividades realizadas en mantenimiento	I
Informe de verificación	I	
Certificados de calibración	I	
Reglamentación gubernamental	Ley 842 de 2003	C
	NTC 17025	C
Contratistas	Recepción de medidores aportados por el cliente	I
	Acta de relación de medidores	I
	Información de medidores	I
Otros laboratorios de metrología de contadores de energía	Programa de ensayos de aptitud	I
	Procedimiento de ensayos de aptitud	I

Tabla 3.1: Proveedores de los flujos de información del modelo “Procesos de Gestión del laboratorio de metrología de CEO”, nodo A-0. Fuente propia

#### 3.5.1.4. Modelo A0: Procesos de gestión del Laboratorio de Metrología de CEO

El modelo A0 contiene los flujos de información entre los procesos de gestión definidos en el ítem 3.4.1, por la extensión del modelo y evitar confusiones se recurrió a diferenciar los flujos de información según su proceso de origen teniendo así la

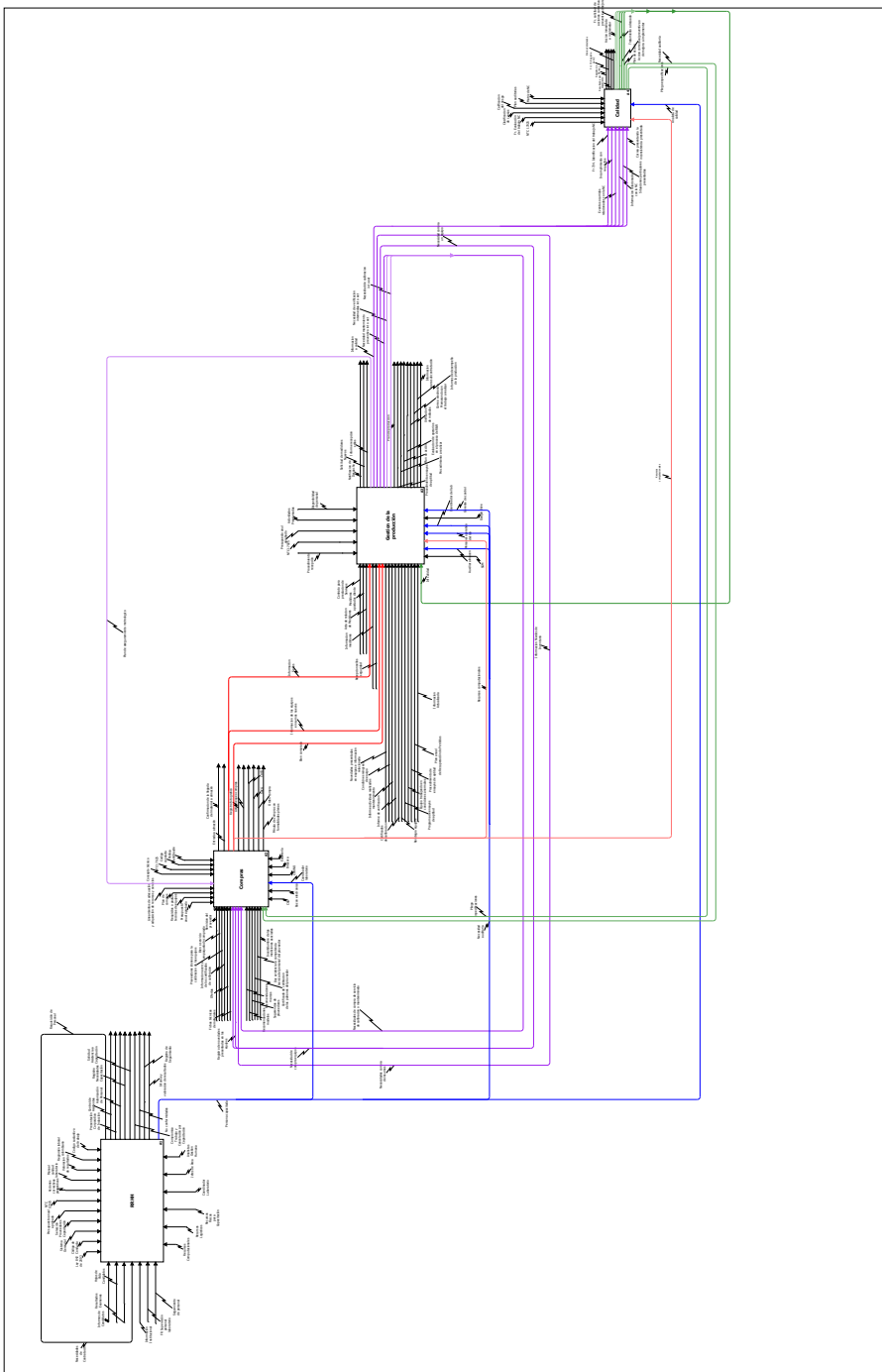
Sumidero de información(Cliente)	Flujo de información Dato u objeto
CEO	Registro de seguimiento Compromiso trabajo y cancelación por capacitación Solicitud de asistencia a capacitación Presentación corporativa de inducción Control de asistentes Confirmación de llegada del material a almacén Registro fotográfico Entrada a almacén CACG SACG Orden de compra Minuta de compra con formalidades Notificación de despacho Solicitud de medidores nuevos Información para subcontratación
Área de producción del laboratorio	Autorización de personal Lista de chequeo compras Informe recepción sellos Plan de producción Procedimiento de ensayos de aptitud Procedimiento a realizar Plan de acción Evaluación de operarios en el proceso de R&R Unificación de métodos Correo electrónico o memorando con el trabajo a realizar Informes de desempeño de la producción Resultados de seguimiento Errores detectados

Tabla 3.2: Clientes de los flujos de información del modelo “Procesos de Gestión del laboratorio de metrología de CEO”, nodo A-0. Fuente propia

asignación de colores mostrada en la Tabla 3.3, el modelo es mostrado en la Figura 3.9. Para ver con mas detalle dirigirse al Anexo E

Color	Proceso proveedor
Azul	RRHH
Rojo	Compra
Morado	Gestion de la producción
Verde	Calidad

Tabla 3.3: Asignación de colores a los procesos proveedores de flujos de información o elementos. Fuente propia





Los procesos de RRHH y compras 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 la *output* de RRHH es la persona que ha pasado por los procesos de contratación, inducción y capacitación y representa el personal del laboratorio y la *output* de compras corresponde a los bienes físicos, 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 y calidad 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 solo *inputs* para gestión de la producción.

#### **3.5.1.5. Modelo A1: Recursos humanos(RRHH)**

Los procesos de RRHH y compras no son exclusivos del laboratorio ya que muchas de sus funciones son realizadas por la Compañía Energética de Occidente y no se encuentran dentro del alcance de este proyecto a continuación se presenta el procedimiento, actividad o tarea de RRHH que no hace parte de las funciones del caso de estudio:

##### **Modelo con nodo: Cont/A11**

- A113 Toma de decisiones
- A114 Proceso de verificación
- A115 Proceso de contratación

##### **Modelo con nodo: GInd/A12**

- A121 Actualización de contenido

##### **Modelo con nodo: Ind/A122**

- A1222 Presentación de cargos y posibilidades

Aunque las funciones anteriormente mencionadas no pertenecen al laboratorio de metrología fueron tenidas en cuenta dentro de los modelos, ya que la ausencia de

estas creaba incoherencias entre las actividades y no permitía ver los procesos de RRHH y compras como un proceso resultado de la interacción entre funciones si no como funciones aisladas dentro de un proceso. El proceso de RRHH inicia con la necesidades de contratación de personal de diferentes áreas de la compañía en este caso del laboratorio y la recepción de hojas de vida de las personas que cumplen con el perfil solicitado y puede finalizar con la inducción y capacitación de la persona contratada, la cual ya definida como personal del laboratorio iniciara procesos de supervisión y seguimiento por parte de la coordinación del laboratorio, el modelo de RRHH corresponde a la Figura3.10 (VER ANEXO E).

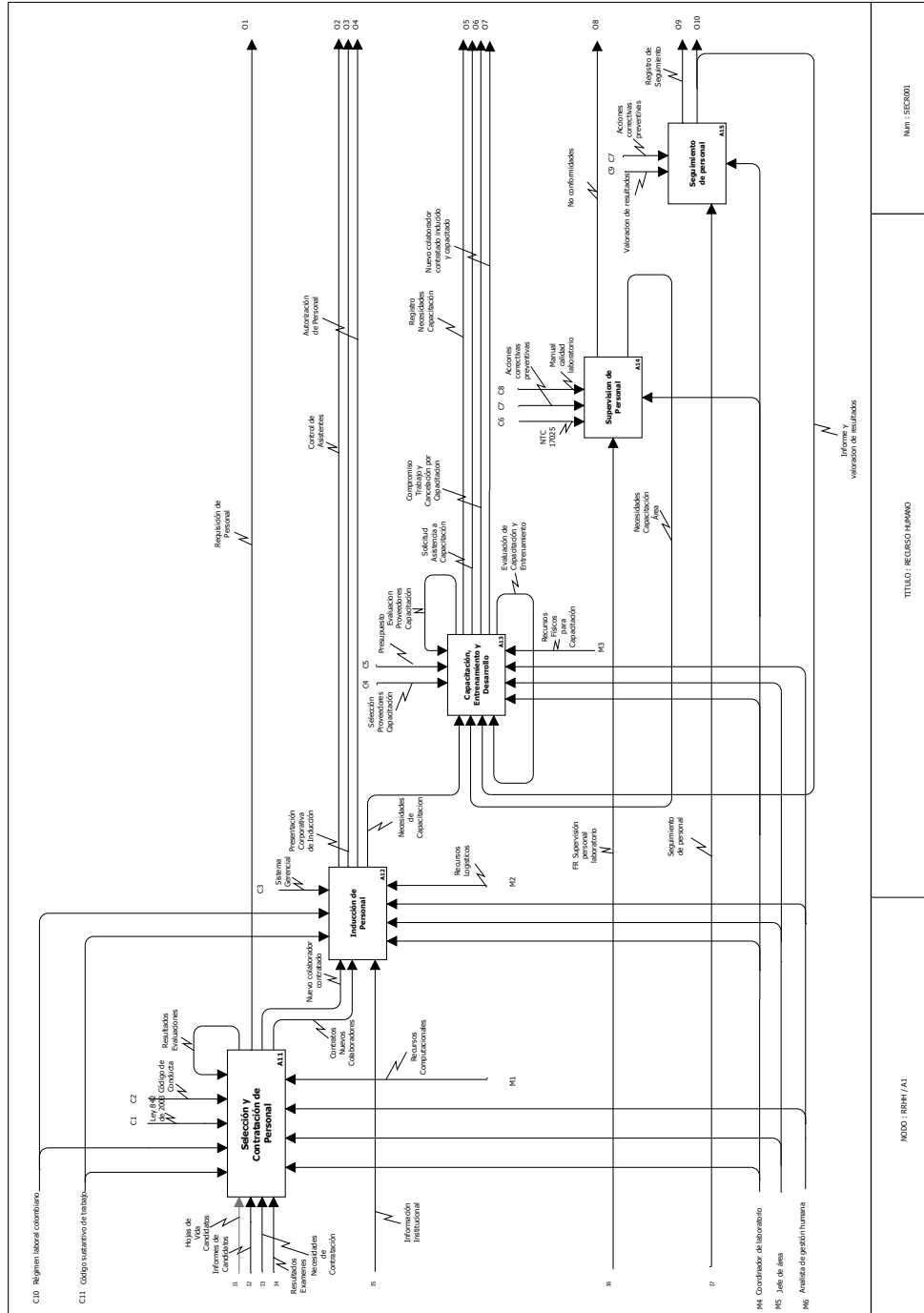


Figura 3.10: Procesos de RRHH del laboratorio de metrología de CEO. Fuente propia

**3.5.1.6. Modelo A2 : Compras**

El proceso de compras el cual se muestra en la Figura 3.11(VER ANEXO E) inicia con la comunicación de una necesidad de compra de un bien o servicio por parte del laboratorio al área de compras de la compañía la cual se encargará de toda la gestión de la compra hasta su obtención y arribo del bien si es el caso al almacén general de la compañía, con casos especiales como la compra de bienes y servicios críticos definidos como:

- Servicios de calibración y mantenimiento de equipos
- Servicios de capacitación y/o entrenamiento al personal
- Suministros de sellos de seguridad y etiquetas de calibración
- Equipos de medida y/o calibración de contadores.

El laboratorio interviene en la gestión de la compra en las actividades de evaluación técnica de las ofertas y del bien recibido en almacén, como funciones de aseguramiento de la calidad de la organización, a continuación se presentan los procedimientos, actividades o tareas que no hacen parte del proceso de compras del laboratorio de metrología de CEO:

**Modelo con nodo: Co/A2**

- A21 Selección y registro de proveedores
- A22 Solicitar compra

**Modelo con nodo: GC/A23**

- A232 Gestionar compra

**Modelo con nodo: REO/A231**

- A2311 Realizar invitación a proveedores y recepción de ofertas

**Modelo con nodo: RBA/A24**

- A241 Corroborar información y bien recibido
- A242 Ingresar materiales y equipos al sistema



**3.5.1.7. Modelo A3: Gestión de la producción**

El proceso de gestión de la producción esta conformado por tres procedimientos inventario, aseguramiento metrológico y control de la producción que son internos y exclusivos del laboratorio se muestra en la Figura 3.12 (E), donde la agrupación de estas tareas que se desarrollan dentro del laboratorio en un solo proceso denominado como gestión de la producción se realiza para otorgar lógica a la jerarquía de los modelos obtenidos, además de estar acorde con la definición de la gestión de las operaciones de manufactura del estándar ISA 95.03 [58], donde las actividades del modelo funcional empresa-control del estándar ISA 95.01 [59] las clasifica en cuatro categorías que son( VER Figura 4.7):

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

Acabe aclarar 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.

El procedimiento de inventario inicia en la estación de recepción del laboratorio de metrología que es el encargado de recepcionar y despachar bienes y a la vez es el encargado de llevar un registro de inventario de lo que se encuentra dentro del laboratorio, así como el seguimiento de estos tanto en su estado y ubicación en la organización, con el conocimiento de los bienes que tiene el laboratorio entregado por el inventario se realiza el aseguramiento metrológico de estos a través de la ejecución de cuatro tareas principales: el mantenimiento, calibración, verificaciones intermedias y ensayos de aptitud, donde calibración, verificaciones intermedias y ensayos de aptitud hace parte de las actividades de calidad por cumplimiento normativo dado por NTC 17025, generalmente las tareas de aseguramiento metrológico se ejecutan según el plan de aseguramiento metrológico y los programas lo cual representa una entrada de *control* para el control de la producción ya sea por el estado o disponibilidad de los equipos necesarios para realizar el proceso

de calibración de contadores. El procedimiento de control de la producción se encarga del cumplimiento de las metas propuestas por el plan de recuperación de perdidas enviado desde la gerencia de control y energía y determina cual ha sido el cumplimiento de esas metas propuestas por medio del informe de desempeño.

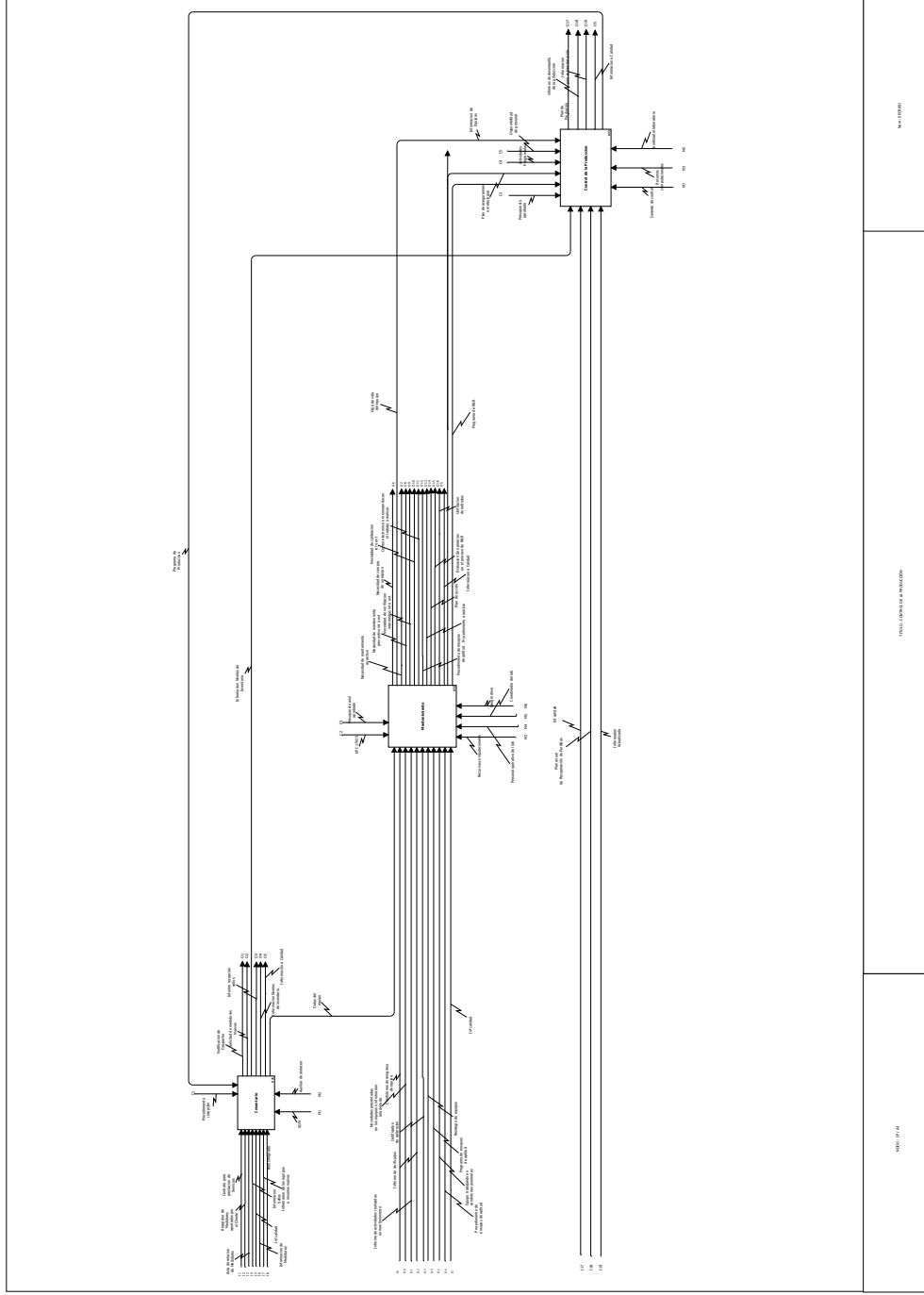


Figura 3.12: Procesos de Gestión de la Producción del laboratorio de metrología de CEO. Fuente propia



**3.5.1.8. Modelo A4: Calidad**

El modelo de calidad que se puede ver en la Figura 3.13(VER ANEXO E)es el proceso de calidad resultado del sistema de gestión de la calidad que se lleva a cabo en la laboratorio el cual se centra en el manejo de no conformes<sup>6</sup> que se pueden generar en cualquier proceso exclusivo del laboratorio, es por ello que el proceso de gestión de la producción es la única fuente de información para el proceso de calidad. El proceso de calidad se encarga del manejo y tratamiento de no conformes que ocurran dentro del laboratorio como resultado se obtiene las medidas<sup>7</sup> que se deben tomar ante el NC y el análisis de este, además de generar necesidades de servicios de auditorias enviadas a compras para su adquisición.

---

<sup>6</sup>Incumplimiento de un requisito

<sup>7</sup>acciones inmediatas, correctivas, preventivas o de mejora



**3.5.1.9. Diagramas hijos de los modelos con Nodo A1, A2, A3 y A4**

Los procesos de estudio en este proyecto son amplios y llevan consigo cierto grado de complejidad, por lo cual para obtener un conocimiento fiable y leal a la realidad es necesario profundizar y definir con mas detalle en cada uno de los modelos. De los modelos A1, A1, A2, A3 y A4 se tiene al menos dos grados de profundización que permiten ver el flujo de información interno de cada uno de los procesos y cuales son las actividades y/o tareas que son el cliente o proveedor final de las flechas limitantes de la caja padre A0. Los diagramas de este procesos de modelado con mas detalle son presentados en el Anexo E junto con los diagramas mas generales, el orden de los diagramas esta establecido según el indice de nodos del Anexo D.

## Capítulo 4

# Modelado dinámico de los procesos de gestión del Laboratorio de Metrología de CEO

WFNets esta basado en la semántica y sintáctica de las Redes de Petri, las cuales se pueden observar comúnmente en el diseño de comportamiento de máquinas, modelando los diferentes estados en los que puede estar, o en los modelos de comportamiento y empleo de recursos compartidos además de procesos cíclicos y/o repetitivos. La teoría de workflow permite ampliar el rango de aplicación de la herramienta a través de la adición de nuevas características y reglas a cumplir para su correcta implementación. A pesar de esta combinación de características que se presenta de las herramientas, y de la gran capacidad de abstracción que permite, el modelado de grandes sistemas de forma integrada y dinámica uniendo los distintos modelos obtenidos se convierte en la mayor dificultad del proyecto.

Para la representación del comportamiento y evolución de los procesos desarrollados en el laboratorio se implementaron los modelos dinámicos en WFNets a través de la herramienta software WoPed. Esta es una herramienta de software libre, que presenta un entorno de modelado con todas las características necesarias para el diseño de actividades y tareas, además de complementos para verificación y evaluación de la construcción de los mismos. El modelado del Laboratorio de Metrología, en su parte dinámica, presenta varios inconvenientes y dificultades para su desarrollo, debido principalmente al tamaño del sistema, y la complejidad estructural que presenta al hacer parte de una compañía de mayor rango. La herramienta

---

WorkFlow Nets se basa en el modelado de tareas ordenadas con secuenciamiento lógico, para llevar a cabo el manejo de ciertos eventos o casos, es decir, realiza un diseño para la solución de un caso en específico, y así se obtienen un gran número de modelos para la realización de múltiples actividades. Es necesario aclarar que en el estado del arte no se encuentran ejemplos de integración de los modelos obtenidos con el fin de modelar un sistema de comportamiento mayor, o el manejo de un evento general en un sistema, que se vaya replicando a cada una de las actividades de menor jerarquía generadas para la finalización de un caso.

Los modelos realizados en WFNets, tuvieron como base para su realización, los modelos obtenidos previamente en la etapa de modelado estructural. El enfoque de procesos que se le dio al problema, permitió visualizar el estado del laboratorio en cuanto a su estructura y comunicación con otras dependencias de CEO para diseñar las WFNets de manera independiente. Es decir, los procesos se modelaron de manera independiente a pesar de las interacciones que tienen entre ellos, para luego unirlos y poder simular el comportamiento de la empresa durante el desarrollo de cualquiera de ellos. Una vez obtenidos los modelos estructurales del laboratorio sobre sus procesos de gestión se procedió a abordar el modelado dinámico el cual partió con una aproximación de la estructura y semántica de la herramienta IDEF0 a la herramienta WFNets.

Para el concepto inicial, se pretende relacionar en lo posible todas las estructuras del modelado estructural y representarlas de alguna manera con los modelos dinámicos a través de la correspondencia con la definición de procesos, procedimientos, actividades y tareas entre los modelos IDEF0 y los modelos WFNets. 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.

Concluyendo, Los modelos de mayor jerarquía serán los modelos de procesos, los cuales dan paso a los modelos de procedimientos para llegar a modelos mas específicos de actividades y tareas de manera seguida. 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, Figura 4.1, asociados a las redes de petri.

En segundo lugar se realizó una analogía directa entre los flujos de información tanto de entrada como de salida de los bloques de IDEF0 y los elementos y carac-

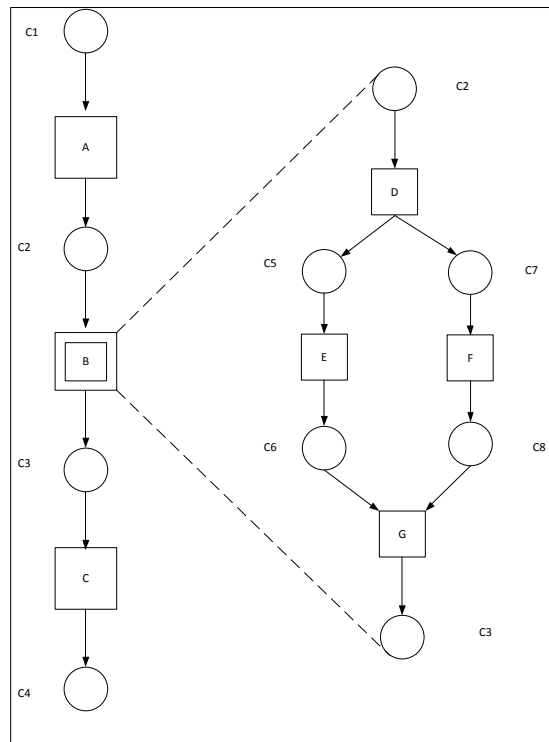


Figura 4.1: WorkFlow con PetriNets de alto Nivel. Fuente propia

terísticas propias de la herramienta WFNETS.

A partir de esto se obtuvo una relación directa entre los flujos de salida y las tareas realizadas antes de terminar cada uno de los modelos 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 IDEF0.

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

## 4.1. Modelos WFNETs de los procesos de gestión del Laboratorio de Metrología de CEO

### 4.1.1. Modelo general del Laboratorio

La Figura 4.2 es el resultado de modelar los procesos de gestión del laboratorio de Metrología de CEO, 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 represen-

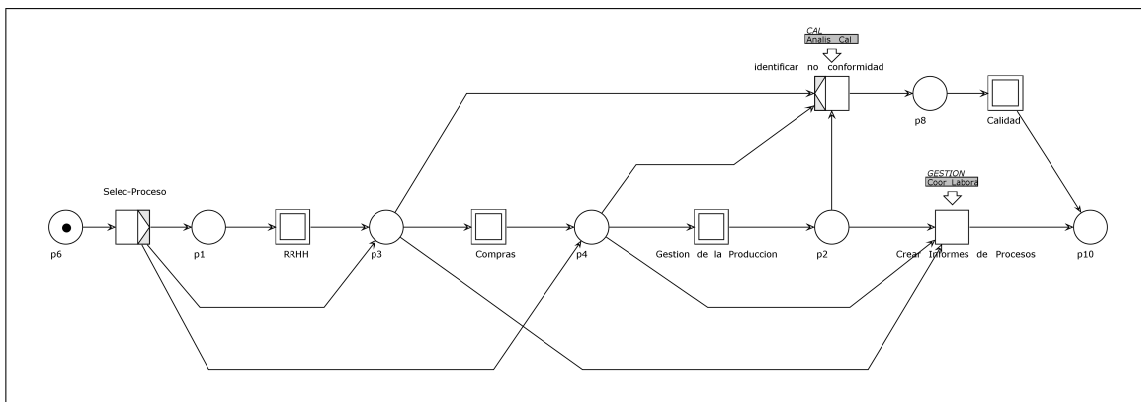


Figura 4.2: Procesos del Laboratorio en WFNETs. Fuente propia

tan 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 esta listo para empezar a ejecutar otro de sus procesos. Estos procesos son modelados a través de cuadros, y representan las tareas que se ejecutan del sistema. En la Figura 4.2 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. Se debe tener en cuenta que el objetivo del proyecto es el modelado de procesos de gestión, y no productivos, por lo que se deben tener ciertas condiciones para su construcción. A diferencia de líneas de montaje y/o estaciones de trabajo, que generalmente tienen o conforman procesos secuenciales para la transformación de una materia prima en un estricto orden, los procesos de gestión se pueden presentar en cualquier instante de tiempo

y sin un orden determinado. Procesos típicos dentro de las empresas como contrataciones y compras, pueden darse lugar en cualquier momento sin que se haya dado previamente la ejecución de la otra, es decir, el inicio en la ejecución de las tareas de compras no tienen como requisito de inicio, haberse llevado un proceso de contratación; y es que no se necesita contratar a un nuevo empleado para poder comprar los insumos requeridos para operación. 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 actual del sistema.

### 4.1.2. Proceso de RRHH

La Figura 4.3 muestra todos los procedimientos realizados que es posible identificar como pertenecientes a un proceso general de gestión de RRHH.

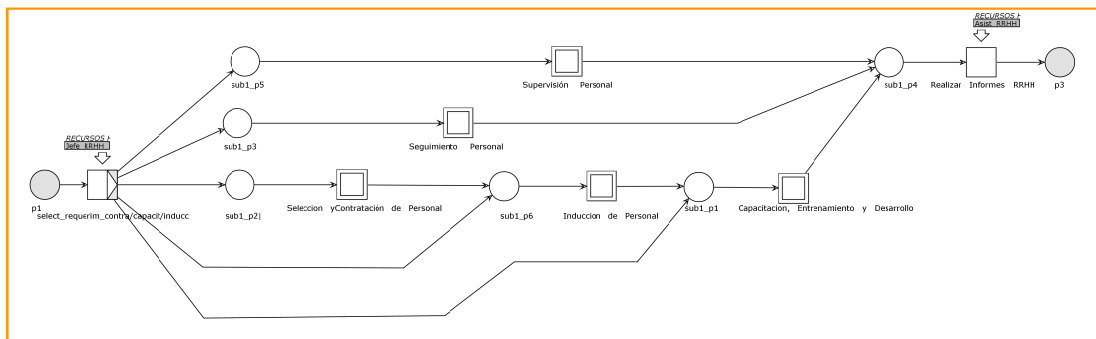


Figura 4.3: Proceso de RRHH en WFNets. Fuente propia

Actividades como la contratación o inducción de personal, son tenidas en cuenta para la modelación del proceso y obtener buenos modelos de comportamiento. Al igual que el diagrama de procesos general mostrado en la Figura 4.2, sus actividades no son estrictamente secuenciales, por lo que el modelo se realiza con las opciones para una ejecución selectiva de las actividades o secuencial como se presenta en la etapa de contratación de un recurso humano y la etapa de inducción.



### 4.1.3. Proceso de Compras

A medida que se diseñan los modelos de menor jerarquía, se puede observar que su estructura cada vez mas se va convirtiendo en una secuencia de tareas, el orden de ejecución va siendo cada vez mas explicito pero de igual forma cada vez mas estricto en su orden. Un ejemplo de esto se presenta en el modelo general del proceso de compras en la Figura 4.4, en el cual se muestran sus actividades de una manera secuencial.

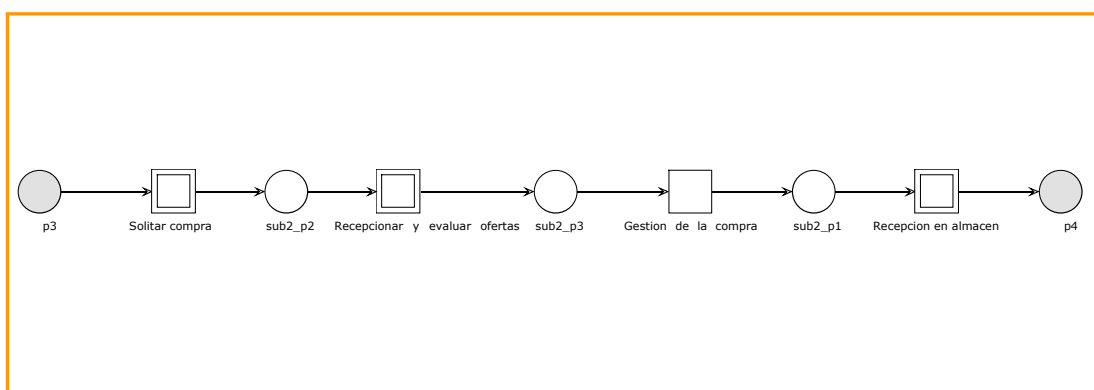


Figura 4.4: Proceso de Compras en WFNets. Fuente propia

Para el proceso de compras la secuencialidad se debe a un estricto procedimiento perteneciente al laboratorio para la compra y adquisición tanto de insumos de oficina como para la producción, por lo que disminuye considerablemente la flexibilidad en la elección de las tareas o subprocesos a ejecutar.

### 4.1.4. Proceso de gestión de la Producción

El proceso de Gestión de la producción que se muestra en la Figura 4.5 esta compuesto por tres actividades que se identificaron a partir de la información obtenida después de las entrevistas y sus respectivo tratamiento.

Ya que es la unión de diversas actividades independientes y que no están unidas bajo un mismo procedimiento estricto, se presenta una alta flexibilidad en la la ejecución de cualquiera de ellas, aunque pueden existir casos para una ejecución secuencial. A pesar de la flexibilidad en este nivel del modelo, el diseño de los subprocesos que tiene asociados a el, se presentan de manera secuencial. Las tareas

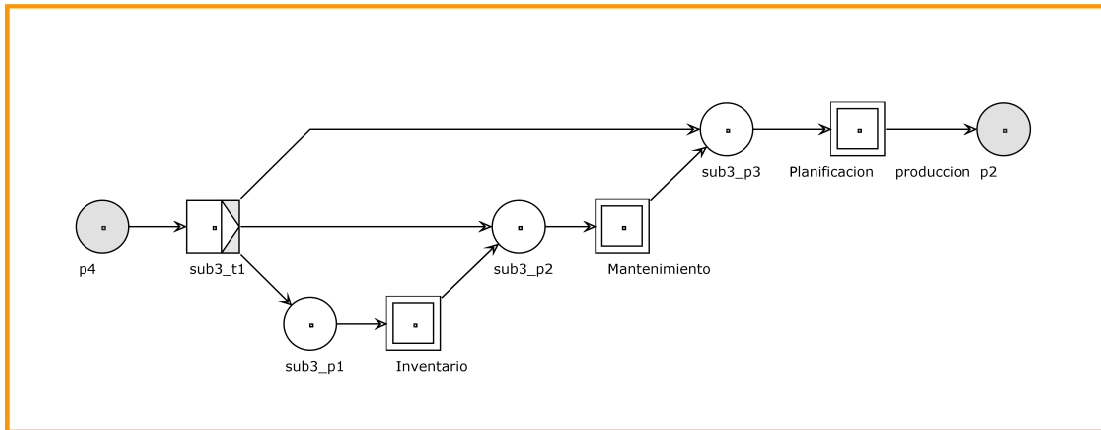


Figura 4.5: Proceso de Gestión de la Producción en WF Nets. Fuente propia

asociadas al control de la producción son las de inventario, mantenimiento y tareas asociadas a la creación de los programas de producción a lanzar a las diferentes estaciones de trabajo. Estos modelos son presentados en el el Anexo F

## 4.2. Roles y actividades

Los trabajadores dentro del laboratorio son el recurso mas importante que tiene la organización para el desarrollo de su actividad de valor. Una de las ventajas que brinda el modelado es ver el estado y funcionamiento de un sistema y poder identificar el recurso necesario para el desarrollo de sus actividades y tareas. En miras de obtener modelos que permitan un alto grado de flexibilidad, para el laboratorio se ha optado por la definición de recursos para sus actividades a partir de roles genéricos, los cuales permiten agrupar un gran número de tareas dentro de actividades, las que posteriormente serán agrupadas para ser asignadas a roles. Una vez determinados los roles para el laboratorio se procede a realizar un mapeo de lo que son actividades a recursos para de esta manera poder integrarlos con los modelos como se observa en la Figura 4.6.

Para la creación de los roles se tomaron todas las tareas identificadas en los procesos y a partir de los documentos de procedimientos detallados, se crearon los roles de acuerdo a las cuatro funciones que se proponen en el estándar ISA 95.00.03, las cuales son Mantenimiento, Inventario, Calidad y Control de la producción. Estas funciones surgen a partir del Modelo Funcional Empresa-Control, Figura 4.7, el cual

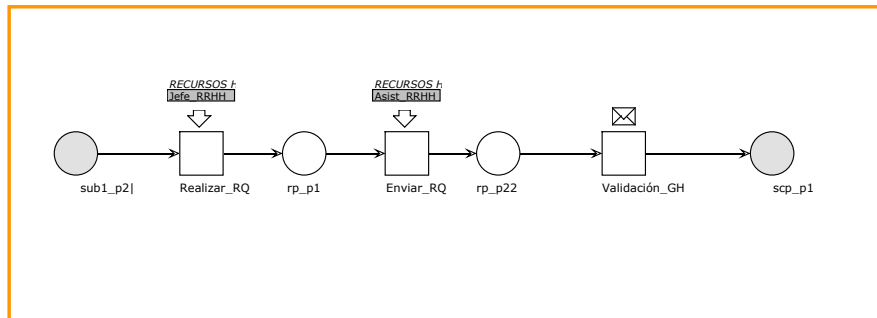


Figura 4.6: Asignación de roles a los modelos de WFNet. Fuente propia

propone doce actividades que se deben encontrar en empresas típicas involucradas en manufactura, además de los flujos de información comunes presentes en la interfaz Empresa-Control. Es claro que el laboratorio en su funcionamiento presenta un híbrido entre lo que es la manufactura y la prestación de servicios, por lo que la identificación de las relaciones entre el estado actual del laboratorio y las propuestas del estándar no son evidentes, y requieren de un análisis mayor.

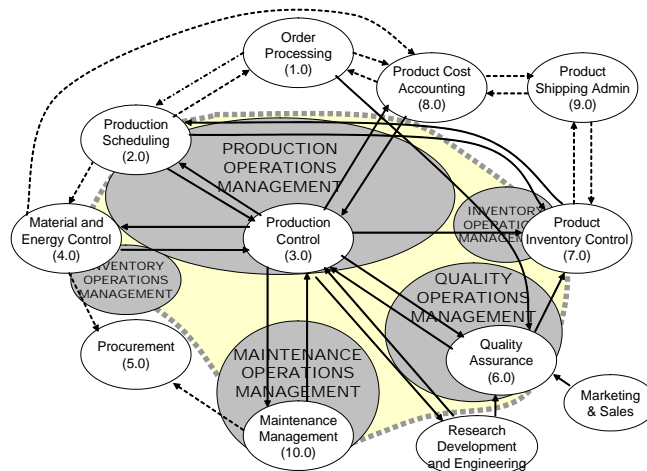


Figura 4.7: Modelo de Flujo de Datos Funcional. Fuente tomada de [58]

Posteriormente a partir de las cuatro funciones de operaciones de manufactura que se plantean en el estándar se crearon dos perfiles de cargos por cada función; estos perfiles corresponden a los roles que se plantean para el proyecto. Para cada una de las tareas los roles corresponden a un cargo directivo, que se encarga de las tareas o toma de decisiones más importantes para cada actividad, y un cargo

de asistente que se encarga de la tareas de recopilación de información necesaria, redacción de actas y documentos y su archivo posterior. Los roles para el laboratorio de metrología identificados se muestran en la Figura 4.8

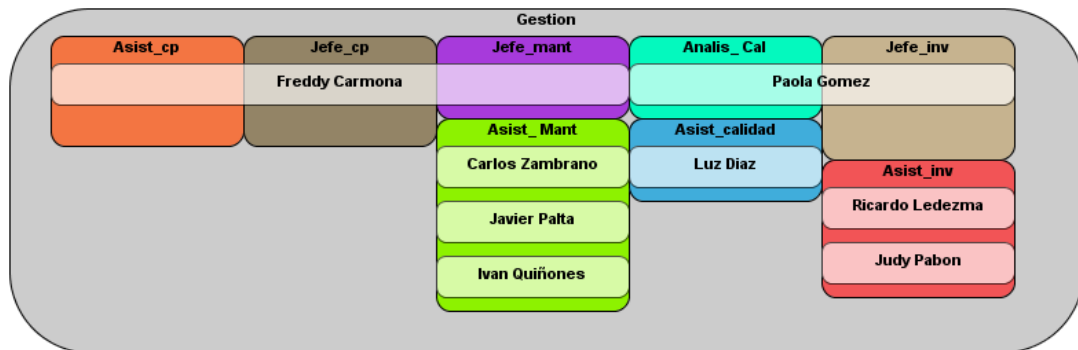


Figura 4.8: Asignación de roles a los modelos de WFNets. Fuente propia

Una vez definidos los roles, es posible empezar a asignar tareas. Esta asignación se realizó siguiendo cada uno de los modelos dinámicos obtenidos y haciendo un análisis de cada una de las tareas respecto a su complejidad, importancia y proceso general al que pertenecen. Los roles que se obtuvieron fueron divididos según su naturaleza operativa o de gestión, para identificar a partir del recurso disponible como es la interacción del personal entre el área de producción y el el área administrativa o de Gestión.

Por otro lado, el ingreso a los gráficos del recurso actual disponible o vinculado al laboratorio en la Figura 4.9 nos permite visualizar quienes son los actores que pueden desempeñar dichos roles y como sus actividades se ven inmersas entre varios de ellos. Esta exposición de recursos muestra la flexibilidad que tiene cada una de las áreas del laboratorio para ciertas actividades, ya que permite determinar que recurso puede remplazar a otro ante situaciones inesperadas sin que se vea afectado el proceso, es decir, una re-asignación del recurso.

Ademas , los alcances de cada uno de los roles en los gráficos nos permite determinar que personal está siendo manejado de manera adecuada, y cuales no, esto es, si un recurso esta realizando funciones que le corresponden a otro, obteniendo así un exceso de responsabilidades o que otros recursos no están aprovechados al máximo de capacidades.

Se presentan también los grupos creados y los recursos de personal que interactúan en ellos Figura:4.10.

Roles	Tareas
Gerente Control	Analizar Plan de Perdidas Crear planes Generar plan de produccion Solicitar subcontratacion gen plan subcontratacion Consolidar info planes Enviar planes
Jefe produccion	Establecer capacidad lab Establecer meta mensual Evaluar Indices de desempeño verificar plan de mantenimiento Generar programa de produccion Comparar Programa de produccion Generar informacion de desempeño
Asistente produccion	Solicitar info almacen general Solicitar info inventario Generar informe inventario(niveles) verificar disposicion de equipos vverificar disponibilidad personal Genetrar informe estadode recursos Enviar Programa Analizar informacio produccion

Actividades	Color
Planificacion	
Programacion	
Seguimiento	

Figura 4.9: Clasificación de tareas en actividades y roles. Fuente propia



Figura 4.10: Grupos operativos de la empresa a partir de los roles creados. Fuente propia

Adicional a la identificación, de las tareas a los roles que pertenecen, se realiza una clasificación adicional de las tareas en actividades, Figura 4.9, que están determinadas por las funciones y procedimientos que fueron establecidos en los modelos IDEF0 anteriormente obtenidos. Estas actividades pueden agrupar un gran número de tareas, las cuales son las necesarias para llevar a cabo la actividad relacionada. El manejo de actividades dentro de la creación y asignación de roles, nos permiten tener información más detallada y acorde al estado de funcionamiento actual del laboratorio respecto a su documentación asegurando un nivel alto de abstracción de los modelos dinámico.

Es necesario aclarar que los gráficos utilizados para la representación de los roles en laboratorio como los de la figura, no representan una estructura jerárquica. El objetivo de los gráficos es mostrar el alcance de cada uno de los recursos dentro de los roles que se han propuesto, más dentro de cada uno de los roles una posición más arriba no implica un rango mayor respecto a los posicionados en partes inferiores.

Una vez definidos los roles y sus respectivas actividades, se adicionaron a cada una de las actividades y tareas modeladas, para representar las responsabilidades de la ejecución de las tareas. A partir de la información del laboratorio se obtienen un total de 36 modelos de comportamiento dinámico para la abstracción de los procesos de gestión identificados.

Los roles que se han expuesto hasta el momento hacen parte de las funciones de Calidad, Mantenimiento, Inventario y producción del laboratorio, sin embargo estas funciones no cubren todos los procesos que se realizan en la organización debido a que el estándar solo cubre tareas y actividades realizadas en el nivel tres de automatización o MES, que es relativo a los sistemas de ejecución de manufactura. Por tal motivo es necesario crear roles adicionales para cubrir la asignación de recursos de todas las tareas que se realizan por fuera de las funciones ya mencionadas y poder abstraer con los modelos incluso las tareas y actividades realizadas correspondientes al nivel cuatro de automatización o Planificación de Recursos Empresariales.

Como se puede observar en la Figura 4.7, las actividades de compras no están contempladas dentro de las cuatro funciones antes vistas (Mantenimiento, Inventario, calidad, Producción), por lo que es necesario crear un grupo de compras y asignar los roles correspondientes.

Debido a que las actividades de compras son desarrolladas en gran medida por CEO, y las actividades del laboratorio en estos procesos se ve muy limitada, solo

es necesario la creación de un rol como contenedor de esas tareas. Por otra parte el estándar ISA 95 no tiene en cuenta para el desarrollo de ninguno de sus modelos el manejo o gestión del recurso humano, por lo que también hace necesaria la creación de un grupo de gestión de RRHH para la posterior creación de roles y asignación de tareas obteniendo los grupos adicionales que se muestran en la Figura 4.11. Con la creación de los grupos y roles adicionales de la Figura 4.11 ya se

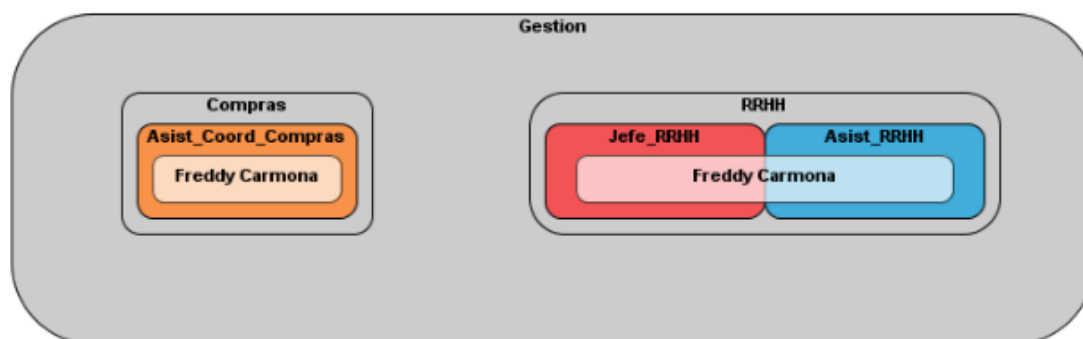


Figura 4.11: Roles Adicionales para el Laboratorio. Fuente propia

puede realizar una clasificación completa de las tareas y actividades del Laboratorio de Metrología.

### 4.2.1. La flexibilidad en los modelos

Los modelos dinámicos a los cuales se le asignaron roles tienen la ventaja de ser flexibles ante cambios en la estructura de la organización, puesto que aspectos importantes del personal como vacaciones o los índices de rotación de personal, que altera la disponibilidad de los recursos no implican un cambio estructural o semántico de los modelos obtenidos. La asignación de roles en vez de asignación de recursos específicos permite tener para el laboratorio, modelos genéricos sobre cómo desempeñar sus actividades. La ausencia de un recurso no limita el desempeño y evolución de la realización de las tareas; basta con seleccionar algún recurso perteneciente al mismo rol, o con características similares para que pueda desempeñar esas tareas.

Asignar en casos prácticos el recurso humano disponible en los roles obtenidos como se muestra en la Figura 4.12, da una visión general de cómo cubrir las diferentes

tareas dentro de una organización, además de la determinación del grado de colaboración que existe entre el recurso y áreas del sistema. Permite saber que áreas de la empresa y perfiles o roles están sobrecargados de actividades y responsabilidades, aumentando así los tiempos de desempeño retardando significativamente los tiempos de ejecución de los procesos.

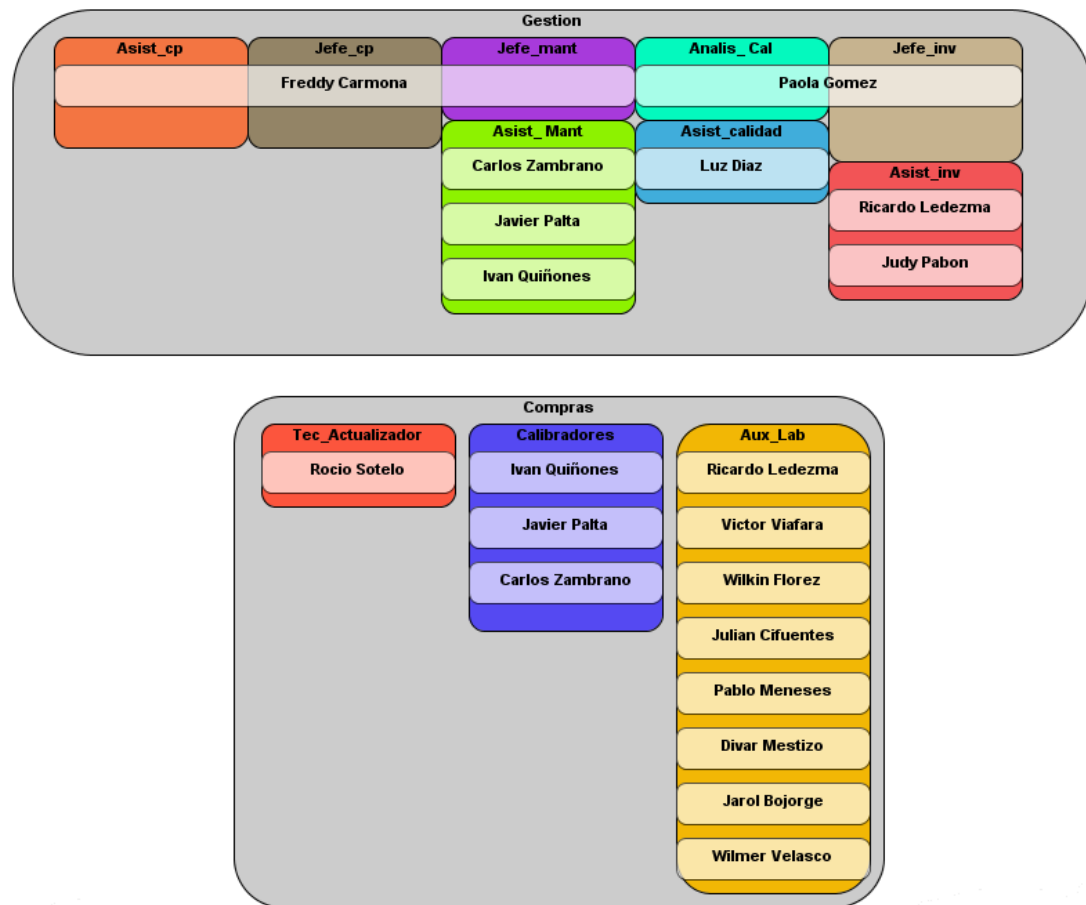


Figura 4.12: Asignación de recurso a roles para los modelos de WFNets. Fuente propia

De manera seguida, se tiene que es posible la asignación de roles a los diferentes cargos que ya están establecidos en la estructura jerárquica del laboratorio para poder delegar responsabilidades a elementos específicos. La flexibilidad que presenta esta técnica está dada en que los distintos roles que se han especificado se pueden reasignar en cualquier momento a cualquier otro colaborador sin necesidad



de cambiar la estructura de los modelos de manera significativa

## Capítulo 5

# Contenido de datos de la información intercambiada

En el modelado de los procesos de gestión del laboratorio de metrología de CEO se puede ver cual es la información intercambiada y el flujo de esta entre los procesos modelados, el contenido de esa información impacta en gran medida en la dinámica y eficiencia en la ejecución de los procesos en estudio del laboratorio, por lo cual se busca definir una propuesta de contenido de datos de la información intercambiada que mejore el proceso de gestión de la producción ya que abarcar otros procesos como RRHH y compras implican causar de cierta forma impacto o traumas en CEO lo cual no es deseado por el laboratorio ni por el proyecto a excepción de información de estos dos procesos que son del funcionamiento interno del laboratorio tal como lo son **Evaluación de la capacitación** y **Lista de chequeo de compras**.

Por lo tanto la información intercambiada a la cual se definió el contenido de datos es la correspondiente a las actividades de inventario, aseguramiento metrológico y control de la producción . Los flujos de información usados son los correspondientes a los modelos IDEF0 ya que esta técnica permite ver de forma más clara la información e identificarla dentro de los modelos por medio de su correspondiente número del nodo del diagrama y código ICOM, teniendo así el siguiente estructura mostrada en la Figura 5.1:

El resultado obtenido es el siguiente:

### 1. A13 - Evaluación de capacitación

---

Número de nodo del diagrama	Código ICOM (si tiene)	Información
Contenido de datos		

Figura 5.1: Estructura de contenido de datos. Fuente propia

- ID persona
- Nombres
- Apellidos
- Tiempo laborado en el laboratorio de metrología de CEO
- Cargo que desempeña
- ID test de calificación
- Fecha de realización del test
- Tipo de test( Supervisión, capacitación y entrenamiento)
- Resultado obtenido(0-5)

## 2. A2 - O6 - Lista de chequeo compras

- Id lista de chequeo
- Fecha
- Equipo o insumo
- Proveedor
- Orden de compra
- Características de revisión técnica (si o no)
- Responsable
- Observaciones
- Firma de aprobación

## 3. A3 - I4 - Información de sellos y A3 - I3 - Actas de relación de medidores

- Id material
- Nombre material (Medidores, sellos, insumos)
- Definición de material
- Lote de material
- Capacidad
- Uso de material (producido, consumido)
- Fecha de Ingreso
- Cantidad
- Unidad de medida

**4. A3 - O3 - Informe recepción de sello y A3 - O4 - Información niveles de inventario**

- Id reporte de materiales y energía
- Nombre de material
- Descripción de material
- Uso de material
- Cantidad de material
- Fecha de inicio reporte
- Fecha finalización
- Fecha de publicación

**5. A3 - C1 - Procedimiento recepción**

- Id Instructivo
- Descripción de material
- Procedimientos de manejo
- Fecha de creación
- Fechas de modificación
- Fecha de Publicación
- Responsables

**6. A3 - O1 - Notificación de despacho**

- Id Notificación
- Nombre del Cliente
- Información de material o producto
  - Lote
  - Tipo
  - Fecha de ingreso
  - Información de equipos
- Fecha de Envío

#### **7. A3 - O5 - Informes de calidad de inventario**

- Id material y/o insumo
- Id lista de chequeo
- Id Resultados de QA
- Fecha de realización de las actividades de aseguramiento de calidad
- Descripción y/o observaciones
- Fecha de Expiración del test

#### **8. A3 - I14 - Reintegro de equipos y A3 - I16 - Equipo trabajando en condiciones anormales**

- Id solicitud de mantenimiento de equipo
- Id equipo
- Nombre del equipo
- Tipo de equipo
- Problema o situación que se presentó en el equipo
- Tipo de ensayo
- Tipo de mantenimiento que se requiere (preventivo, correctivo)
- Fecha y hora que se espera tener el equipo listo
- Fecha y hora de presentación
- Fecha y hora de publicación
- Requerimientos para mantenimiento
  - Lista de materiales e insumos para mantenimiento

- Lista de herramientas o equipos para mantenimiento
- Proveedor
- Cargo
- Estado de requerimiento de mantenimiento (presentada, denegada, cerrada, en trabajo, en revisión)
- Datos de la persona que presenta el requerimiento de mantenimiento
  - Nombre
  - Cargo
  - Estación de trabajo
- Datos de la persona que aprueba o no el requerimiento de mantenimiento
  - Nombre
  - Cargo

**9. A3 - O11 - Memorando con el trabajo a realizar y A3 - O11 - Correo electrónico con el trabajo a realizar**

- Id orden de trabajo de mantenimiento
- Id equipo que va dirigido la orden de mantenimiento
- Id del instructivo de trabajo correspondiente
- Fecha de inicio
- Fecha final
- Nombre de la persona responsable
- Cargo de la persona responsable
- Solicitud de mantenimiento
  - Lista de materiales e insumos para mantenimiento
  - Lista de herramientas o equipos para mantenimiento
  - Proveedor
  - Cargo
  - Estado(Presentada, en trabajo, cerrada)

**10. A3 - I11 - Informe de actividades realizadas en mantenimiento y A3 - I12 - Informe de verificación**

- Id respuesta de mantenimiento

- Causa
- Corrección realizada
- Datos obtenidos después de realizar de mantenimiento
- Datos obtenidos durante el transcurso de mantenimiento
- Fecha de inicio de mantenimiento
- Estado (suspendida, en proceso, completada)
- Fecha de publicación
- ID Recursos consumidos
- Persona responsable
- Observaciones

**11. A32 - O15 - Programa de R&R y A3 - I15 - Programa de ensayos de aptitud**

- ID programa de aseguramiento metrológico
- Fecha de realización
- Id solicitud de mantenimiento de equipo
- Id equipo
- Nombre del equipo
- Confirmación de la solicitud de mantenimiento C o V
- Prioridad de la solicitud de mantenimiento C o V
- Colección en orden de ejecución de las ordenes de trabajo
  - ID de órdenes trabajo de mantenimiento
  - Actividades a realizar
- Disponibilidad de recursos necesarios (personas, equipos, insumos, proveedores)
- Responsable
- Cargo

**12. A32 - O15 - Plan de aseguramiento metrológico**

- Fecha de realización
- ID equipo
- ID equipo

- 
- Tipo de acción a realizar (mantenimiento, calibración, verificaciones intermedias, ensayos de aptitud)
  - Clase de acción (interna, externa)
  - Metas anuales
  - Metas mensuales
  - Responsable

### 13. A32 - O2 - HV DE EQUIPO

- ID equipo
- Nombre equipo
- Marca
- Modelo
- Aplicación
- Fecha de entrada
- Ubicación
- Fabricante del equipo
  - Nombre del fabricante del sw
  - Fecha de puesta en servicio
  - Tipo de calibración (int, ext)
- Especificación
  - Magnitud
  - Clase de exactitud
  - Categoría de instrumento
- Estado actual del equipo
- Fecha hora de reservación
- Tarea de reservación
- Capacidad instalada del equipo
- Registro de disponibilidad del equipo
- Turnos de programación en la asignación del recurso
- Calibraciones
  - ID certificado o informe de calibración



- Laboratorio
- Responsable
- Patrón usado
- Fecha calibración
- Próxima fecha
- Verificaciones intermedias
  - Requiere verificación
  - Periodo de calibración
  - Equipo de medida
  - ID certificado o informe de verificaciones intermedias ext
  - Lab ext
    - Fecha de calibración ext
    - ID certificado o informe de verificaciones intermedias int
  - Lab int
    - Fecha de calibración int
    - Responsable de verificación
    - Fecha de verificación
    - Próxima fecha
- Mantenimiento
  - Periodo (diario, semanal, mensual, anual)
  - Actividades realizadas
  - Ejecutor
  - Fecha de realización
  - Fecha próximo mantenimiento
  - Software de calibración
- Envío y recepción
- Requiere salida del lab
- Envío
  - Estado del equipo
  - Observaciones
  - Fecha de salida
  - Ciudad de destino
  - Transportadora

- Recepción
  - Estado del equipo
  - Observaciones
  - Fecha de recepción
  - Transportadora
  - Fecha de puesta en servicio
- Daños del equipo
  - Causas
  - Fecha de novedad
  - Acción a tomar
  - Responsable
  - Observaciones
  - Fecha de puesta en servicio

#### **14. A3 - O7 - Programa de la Producción**

- ID programa
- Descripción
- Parámetros de producción (descripción y tareas a realizar)
- Requerimientos de personal
- Requerimientos de equipos
- Niveles de Inventario
- Requerimientos de material para consumo
- Fecha de Inicio
- Fecha de Finalización
- Fecha de Publicación

#### **15. A3 - O18 - Informe de desempeño de la producción**

- Identificador del informe de desempeño
- Descripción
- Identificador del programa para desempeño
- ID Requerimientos de Producción
- Fecha de inicio desempeño

- Fecha finalización desempeño
- Fecha de publicación
- Elemento sobre el que se realiza el desempeño

# Conclusiones

1. La integración empresarial es una meta contemporánea a cumplir en cualquier organización como estrategia para crear ventajas competitivas en el mercado representado en la mejora del desempeño de sus procesos de producción y procesos de apoyo o gestión que se realizan en las empresas, donde su soporte y tarea inicial es el modelado de los procesos de negocio.
2. La clasificación y concepción de procesos de negocio a parte de estar sujeta al autor y época histórica depende fuertemente de la naturaleza de la actividad económica en la cual se desenvuelven las organizaciones, tal es el caso del laboratorio de metrología de CEO que funciona bajo una considerable cantidad de normas legales por su proceso metrológico y prestación de un servicio público que es regulado por el gobierno a través de entidades como la ONAC.
3. El laboratorio de metrología de CEO está constituido como una organización que presta un servicio público sobre el bien tangible suministrado por el cliente que son los medidores, donde a partir de estos genera un producto intangible en el contexto de transmisión de conocimiento en forma de certificados o informes de calibración. El laboratorio en la actividad de prestación del servicio ejecuta operaciones típicas de manufactura, por ello es necesario el estudio de los procesos que se presentan en manufactura y servicios tal como se abordó en el trabajo a partir de la definición de la cadena de valor propuesta por Porter y la cadena de valor para servicios de Elisante Ole, obteniendo así una sola cadena de valor que abarque los procesos que se desarrollan en el caso de estudio.
4. Las herramientas de modelado utilizadas IDEF0 Y WFNets no evidencian y no permite un análisis de los medios bajo los cuales se establece el intercambio de información entre los procesos.

5. En el modelado estructural de los procesos de gestión del laboratorio de metrología de CEO se evidencia cuales y como es el flujo de información entre sus procesos, un caso especial se evidencia en el modelo con nodo A3 donde se muestra la poca interacción entre las cuatro actividades de manufactura planteadas por ISA 95.03 (calidad, inventario, mantenimiento y control de la producción). A partir del modelo genérico de actividades en el trabajo se plantean los siguientes flujos de información entre las actividades de manufactura, la enumeración corresponde la interacción entre las actividades presentado en el modelo del Anexo G:

1. Reglas de calidad
2. Información de los recursos que requiere y de los recursos disponibles para la obtención de las recetas
3. Información de los recursos
4. Programa de mantenimiento de los equipos
5. Información de la gestión de las operaciones de mantenimiento, calidad e inventario
6. Capacidad comprometida de los recursos
7. Eventos ocurridos en la producción, que influyan en la gestión de mantenimiento, calidad e inventario
8. Informes de trazabilidad de equipos, datos de los equipos empleados: Recolección y recuperación de datos de los requerimientos de producción en ejecución o realizados
9. Informes de trazabilidad del producto
10. Informes de trazabilidad del materiales

Los flujos 2, 3, 4 y 8 corresponden a los flujos del modelo A3, por lo tanto se recomienda implementar en el laboratorio los flujos de información faltantes en busca de una mejor gestión de la producción en el proceso de calibración.

6. El modelado de procesos de negocio, constituye solo la primera de las fases dentro del ciclo de vida de un proceso de negocio, mas sin embargo es la base para el desarrollo de todos los sistemas de información asociados al negocio debido a que expone claramente los flujos de información, actores y relaciones entre las diferentes partes del sistema.
7. El modelado estructural y dinámico, que hacen parte de los conceptos de Modelado Empresarial, constituyen una parte fundamental para las bases de

---

conocimiento en cualquier organización. La información que presenta el modelado estructural mostrando todas las relaciones existentes entre procesos a partir de los documentos y objetos que intercambian dan una visión global de la composición del sistema, recurso empleado para operación, procesos de mayor influencia y errores de duplicidad de procesos o de la información que se maneja.

De otra manera el modelado dinámico representa las secuencias de operación que maneja el proceso y todas las posibilidades de procesamiento para la obtención de un bien o flujo de información. Constituye una herramienta importante para identificar cuellos de botella o procedimientos mal estructurados o inalcanzables.

8. El modelado de procesos de negocio es aplicable a todo tipo de organización, debido a que sin importar su estructura, están compuestas por grupos de recursos, factores externos, entradas y suministros, que interactúan entre sí para la obtención de un resultado. Son las interacciones entre los elementos que la componen lo que convierte a la organización en un objeto susceptible de modelado.
9. Existe un gran número de técnicas de modelado dinámico y estructural, útiles para realizar abstracciones de cualquier tipo de sistema, con herramientas semánticas y sintácticas muy diferentes que permiten una buena adaptación del objetivo de modelado planteado y de las reglas o requisitos específicos que deben tener los modelos a crear. Sin importar el enfoque del objeto de modelado (Producción, Gestión) se pueden encontrar diversas técnicas para alcanzar los objetivos de modelado.
10. Aunque en el estado del arte no se encuentran modelos dinámicos de grandes sistemas integrados, y es típico el modelado de pequeños casos para ver su evolución, 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, empleando las técnicas de WFNNets de alto nivel y en específico de estructura jerárquica, creando varios niveles hasta llegar al desarrollo de las tareas con un grado de detalle mayor.
11. Características como la pertinencia de los datos, estandarización de la información, calidad y fiabilidad de la información y medios de transmisión del contenido de datos de la información intercambiada define en cierta medida el flujo de información y la interacción entre las funciones en los procesos de una organización.

- 
12. Es posible concluir de la creación de roles lo siguiente:
- Adicionar el recurso vinculado a los diferentes roles que se manejan en la organización, expone la flexibilidad que tiene para asignar el personal y realizar sus actividades y funciones a pesar de la ausencia o falta de disponibilidad de un elemento en situaciones inesperadas o programadas.
  - Se obtiene un análisis general del uso actual del recurso, respecto al nivel de uso dentro de la organización, esto es, si tiene un nivel excesivo de responsabilidades a su cargo o si por el contrario no esta siendo utilizado al máximo de capacidades. La identificación de estos aspectos permite una rápida identificación de problemas en el desarrollo de la actividad de valor poco deseadas como lo son los cuellos de botella o realización de actividades adicionales que no generen valor para el laboratorio.
  - La división de las tareas realizadas dentro del laboratorio mapeadas en los roles que se obtienen a partir del análisis del estándar ISA 95, permite que sea mas fácil el ingreso de nuevos colaboradores al laboratorio. Ante cambios significativos en el sistema, ya sea en el crecimiento del laboratorio o cambios en su estructura organizacional que requiera la vinculación de nuevo personal, la tarea de asignar tareas, responsabilidades y delimitar el campo de acción, se reduce a una asignación de roles a desempeñar.
  - Dependiendo del tamaño de la organización, y de las actividades que desempeña, es necesaria la creación de roles adicionales para repartir la carga de trabajo y responsabilidades. El estándar ISA 95 no toma en cuenta actividades relacionadas con adquisiciones o manejo de recurso humano, por lo que se deben extender el manejo de roles para cubrir todos los aspectos de gestión de un sistema.
13. La creación de modelos dinámicos que representan el comportamiento y el desarrollo de las diferentes tareas y actividades dentro del laboratorio con la identificación del rol necesario para su ejecución, tiene como resultado la obtención de modelos flexibles y extensibles. es decir, Los modelos obtenidos tienen la capacidad de adaptarse al sistema sin la necesidad de realizar modificaciones en su estructura debido a cambios de tipo organizacional o a la rotación de personal que tenga el laboratorio. Sin asignar un recurso específico para una tarea, no se verían pausadas las actividades en la ausencia del recurso.

# Bibliografía

- [1] S. H. Lim, N. Juster, and A. de Pennington, "Enterprise modelling and integration: a taxonomy of seven key aspects," *Computers in Industry*, vol. 34, no. 3, pp. 339 – 359, 1997.
- [2] C. Salgado, M. Peralta, L. Baigorria, M. Berón, D. Riesco, and G. Montejano, "Modelado de Procesos de Negocio : Evaluación y Comparación de Modelos y Lenguajes de Modelado Resumen Contexto Introducción Líneas de Investigación y Desarrollo," *XIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, 2011.
- [3] A. K. Patankar and S. Adiga, "Enterprise integration modelling: a review of theory and practice," *Computer Integrated Manufacturing Systems*, vol. 8, pp. 21–34, Feb. 1995.
- [4] ICONTEC, "Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 17025/ IEC," 2005.
- [5] F. Vernadat, "Enterprise modeling and integration (emi): Current status and research perspectives," *Annual Reviews in Control*, vol. 26, no. 1, pp. 15 – 25, 2002.
- [6] J. Montilva, E. Chacón, and E. Colina, "Un Método Para la Automatización Integral de Empresas de Producción Continua," *Cit Informacion Tecnologica*, vol. 12, no. 6, pp. 147–156, 2001.
- [7] A. K. Patankar and S. Adiga, "Enterprise integration modelling: a review of theory and practice," *Computer Integrated Manufacturing Systems*, vol. 8, no. 1, pp. 21 – 34, 1995.
- [8] G. Rathwell and T. Williams, "Use of the purdue enterprise reference architecture and methodology in industry (the fluor daniel example)," in *Modelling and Methodologies for Enterprise Integration* (P. Bernus and L. Nemes, eds.), IFIP



- ? The International Federation for Information Processing, pp. 12–44, Springer US, 1996.
- [9] E. C. AMICE, *CIMOSA: Open System Architecture for CIM*, vol. 1. Brussels: Springer 1989, 1989.
- [10] J. Reid and N. Du Preez, “Evaluation of the Grai Integrated Methodology and the Imagim Supportware,” *The South African Journal of Industrial Engineering*, vol. 9, pp. 117–126, Jan. 2012.
- [11] U. Manufacturing Technology, *Mantech Project Book*. Diane Publishing Co., 1993.
- [12] A. Lindsay, D. Downs, and K. Lunn, “Business processesa attempts to find a definition,” *Information and Software Technology*, vol. 45, no. 15, pp. 1015 – 1019, 2003. <ce:title>Special Issue on Modelling Organisational Processes</ce:title>.
- [13] B. Hitpass, *BPM Business Process Management Fundamentos y Conceptos de Implementación*. Santiago de Chile: Ltda, BHH, 2012.
- [14] T. H. Davenport, *Process innovation reengineering work through information technology - T*. Boston, Massachusetts: Ernst & Young, 1993.
- [15] C. Armistead and S. Machin, “Implications of business process management for operations management,” *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 17, no. 886-898, pp. 1–12, 1997.
- [16] M. Weske, *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures*. 1998.
- [17] C. Jalali, Amin and Wohed, Petia and Ouyang, “Aspect Oriented Business Process Modelling with Precedence,” *Business Process Model and Notation*, vol. 125, pp. 23–37, 2012.
- [18] U. Bititci, F. Ackermann, A. Ates, J. Davies, S. Gibb, J. Macbryde, and M. Bourne, “Manage Processes - What are they ?.” 2008.
- [19] David A. Garvin, “The Processes of Organization and Management,” *Sloan management review*, vol. 39, no. 4, pp. 33–50, 1998.
- [20] R. M. Project, “The value chain,” 2001.

- [21] A. J. van Weele, *Purchasing & supply chain management: Analysis, strategy, planning and practice*. United Kingdom: Thomas Rennie, 2010.
- [22] M. Porter, *Competitive Advantage of Nations: Creating and Sustaining Superior Performance*. Free Press, 2011.
- [23] Elisante ole Gabriel, "Value Chain for Services," *IMS International Journal*, 2006.
- [24] J. C. Recker, M. Rosemann, M. Indulska, and P. Green, "Business process modeling : a comparative analysis," *Journal of the Association for Information Systems*, vol. 10, pp. 333–363, April 2009.
- [25] R. Lu and S. Sadiq, "A survey of comparative business process modeling approaches," in *In Proceedings 10th International Conference on Business Information Systems (BIS), number 4439 in LNCS*, pp. 82–94, Springer, 2007.
- [26] W. M. P. Van Der Aalst, A. H. M. T. Hofstede, and M. Weske, "Business process management: a survey," in *Proceedings of the 2003 international conference on Business process management, BPM'03*, (Berlin, Heidelberg), pp. 1–12, Springer-Verlag, 2003.
- [27] W. Sadiq and M. E. Orlowska, "On correctness issues in conceptual modeling of workflows," 1997.
- [28] K. Kosanke, "Standardization in enterprise inter- and intraorganizational integration.," *Int. J. IT Standards and Standardization Res.*, vol. 3, no. 2, pp. 42–50, 2005.
- [29] in *Business Process Management* (W. Aalst, J. Desel, and A. Oberweis, eds.), vol. 1806 of *Lecture Notes in Computer Science*, 2000.
- [30] F. Vernadat, "Enterprise modeling and integration (EMI): Current status and research perspectives," *Annual Reviews in Control*, vol. 26, no. 1, pp. 15–25, 2002.
- [31] L. Whitman, B. L. Huff, and A. Presley, "Structured models and dynamic systems analysis: The integration of the idef0/idef3 modeling methods and discrete event simulation.," in *Winter Simulation Conference*, pp. 518–524, 1997.
- [32] E. Chac, C. Albarr, R. Chac, O. A. R. A, and D. Gutierrez, "Metodología para la automatización integrada de procesos de producción basada en el enfoque holónico," 2008.

- [33] R. S. Giandin and C. F. Pons, "Relaciones entre Casos de Uso en el Unified Modeling Language," 1900.
- [34] National Institute of Standards and Technology, *Integration Definition For Function Modeling (IDEF0)*, vol. IV. United States of America: Secretary of Commerce, 1993.
- [35] E. Chacón and O. Rojas, "MODELADO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN," 2002.
- [36] T. Murata, "Petri nets: Properties, analysis and applications," *Proceedings of the IEEE*, vol. 77, pp. 541–580, Apr. 1989.
- [37] W. M. P. van der Aalst, "The application of petri nets to workflow management.," *Journal of Circuits, Systems, and Computers*, vol. 8, no. 1, pp. 21–66, 1998.
- [38] I. Knowledge Based Systems, "IDEF3," 2010.
- [39] O. A. R. A, "Modelado de Sistemas Integrados de Producción," tech. rep., Universidad del Cauca, Popayan, Colombia, 2011.
- [40] R. David and H. Alla, *Petri Nets and Grafcet: Tools for Modelling Discrete Event Systems*. Prentice Hall, 1992.
- [41] H. Casalanguida and J. Duran, "Aspect oriented navigation modeling for web applications based on uml," *Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina)*, vol. 7, no. 1, pp. 92–100, 2009.
- [42] D. A. Marca and C. L. McGowan, *SADT: structured analysis and design technique*. New York, NY, USA: McGraw-Hill, Inc., 1987.
- [43] O. M. Group.inc, "About the Object Management Group."
- [44] O. M. G. (OMG), "Business process model and notation (bpmn) version 2.0," tech. rep., jan 2011.
- [45] R. M. Dijkman, M. Dumas, and C. Ouyang, "Semantics and analysis of business process models in bpmn," *Inf. Softw. Technol.*
- [46] M. Rayner, B. A. Hockey, N. Chatzichrisafis, and K. Farrell, "Omg unified modeling language specification," in *Version 1.3, Â© 1999 Object Management Group, Inc*, 2005.

- [47] R. J. Mayer, C. Menzel, M. Painter, P. S. deWitte, T. Blinn, and B. Perakath, "Information Integration for Concurrent Engineering (IICE) IDEF3 Process Description Capture Method Report," Technical Report AL-TR-1995, Knowledge Based Systems, Inc., 1995.
- [48] D. Hollingsworth, "Workflow management coalition - the workflow reference model," tech. rep., Workflow Management Coalition, Jan. 1995.
- [49] W. van der Aalst, "Putting high-level petri nets to work in industry," 1994.
- [50] G. M. Giaglis, "A taxonomy of business process modelling and information systems modelling techniques," 2001.
- [51] Rojas, Oscar, M. Urbano, Escobar, Sara, Y. Solano, and C. Rivera, "Análisis de los Estándares ISA-88 e ISA-95 para los Requerimientos Futuros de las Empresas de Manufactura," 2012.
- [52] W. M. P. van der Aalst, "Three good reasons for using a petri-net-based workflow management system," 1996.
- [53] M. Heiner and P. Deussen, "Petri nets based design and analysis of reactive systems," 1996.
- [54] I. Â© Knowledge Based Systems, "Idef0 function modeling method," June 2010.
- [55] A. Bobbio, "System modelling with petri nets," 1990.
- [56] F. Redgrave, *metrology in short 3rd editi on*. 2008.
- [57] C. Y. L. Medicos and C. I. De, "Vocabulario Internacional de Metrología Conceptos fundamentales y generales , y términos asociados ( VIM )," 2008.
- [58] A. N. Standard, "Enterprise Control System Integration Part 3 : Activity Models of Manufacturing Operations Management," 2005.
- [59] A. N. Standard, *Enterprise-Control System Integration Part 1 : Models and Terminology*. No. July, 2000.

# **ANEXOS - MODELADO DE LOS PROCESOS DE GESTIÓN DEL LABORATORIO DE METROLOGÍA DE LA COMPAÑÍA ENERGÉTICA DE OCCIDENTE**



Universidad  
del Cauca

**SARA ISABEL ESCOBAR RODRIGUEZ**

**CRISTIAN CAMILO RIVERA MUÑOZ**

**Universidad del Cauca  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones  
Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control  
Popayán, Noviembre de 2013**

# **ANEXOS - MODELADO DE LOS PROCESOS DE GESTIÓN DEL LABORATORIO DE METROLOGÍA DE LA COMPAÑÍA ENERGÉTICA DE OCCIDENTE**

**SARA ISABEL ESCOBAR RODRIGUEZ**

**CRISTIAN CAMILO RIVERA MUÑOZ**

Trabajo de Grado presentado a la Facultad de Ingeniería Electrónica  
y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca para la obtención  
del título de:

**Ingeniero en Automática Industrial**

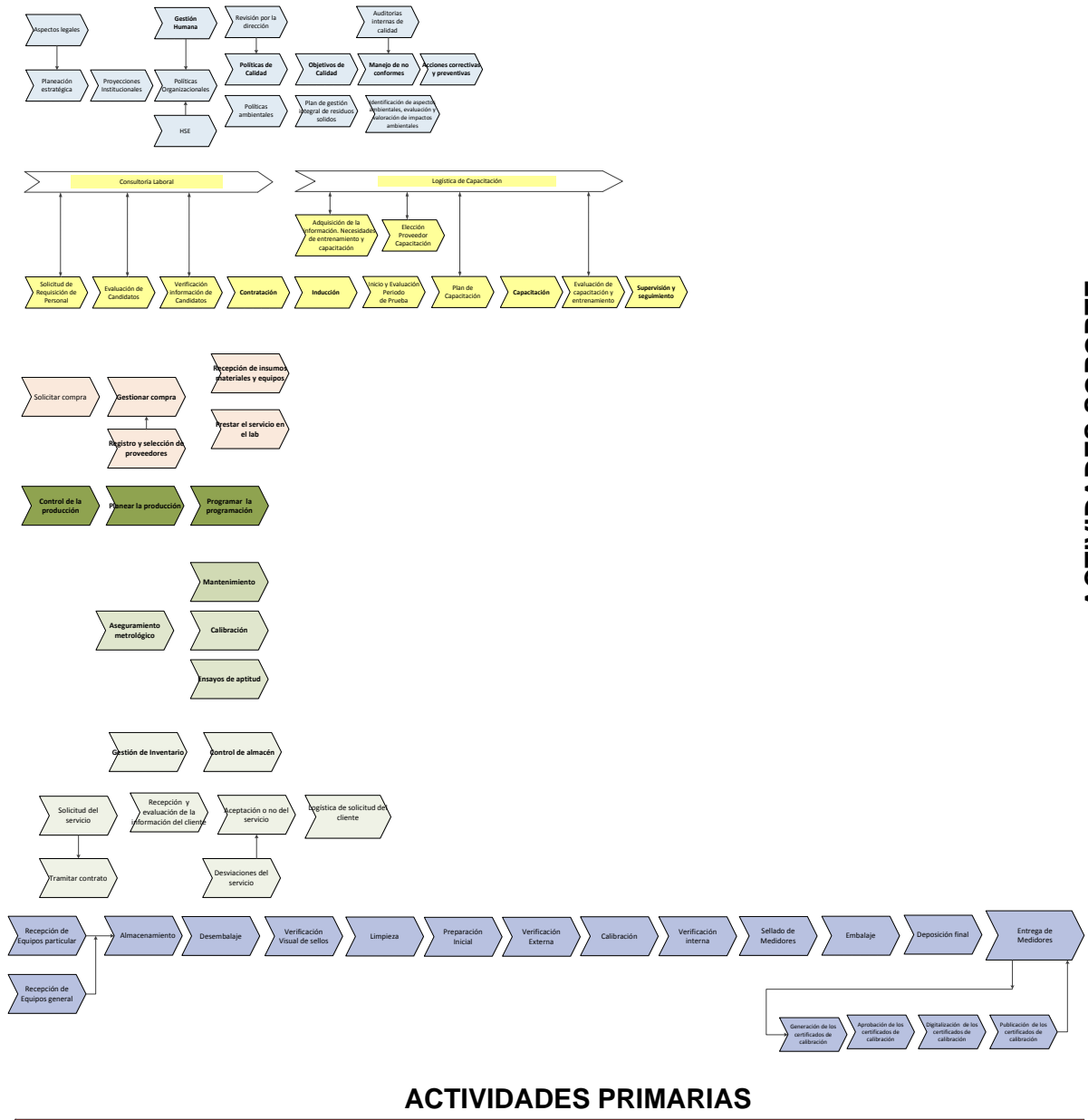
Director: Mg. Ermilso Diaz Benachí

Co Director: Phd. Oscar Amaury Rojas

**Universidad del Cauca**  
**Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones**  
**Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control**  
**Popayán, Noviembre de 2013**

## **Anexo A**

# **CADENA DE VALOR LABORATORIO DE METROLOGÍA DE CEO**



ACTIVIDADES SOPORTE

**ACTIVIDADES PRIMARIAS**

Figura A.1: Cadena de valor del Laboratorio de Metrología de CEO. Fuente propia



## **Anexo B**

# **GLOSARIO MODELOS**

**CEO:** Compañía Energética de Occidente

**SECR:** Sara Escobar, Cristian Rivera

**FR:Fr:** Formato

**CAD:** Centro de Administración Documental

**CGUNO:** Sistema de información de compras

**SGM:** Sistema de Gestión Metrológico

**NC:** No conformidad

**R&R:** Repetibilidad y Reproducibilidad

**SACG:** Orden de servicio sin anexo de condiciones generales

**CACG:** Orden de servicios con anexo de condiciones generales

**PI:** Política

**NTC:** Norma Técnica Colombiana

**RRHH:** Recursos humanos

**Inf:** Información

**HV:** Hoja de Vida de personas - modelo de nodo Cont/A11 o Hoja de Vida de equipos- modelo con nodo GAM/A32

**Res:** Resultados

**M C o V:** Mantenimiento, Calibración o Verificación interna y externa

**Sx:** Sistema

## Anexo C

# ACLARACIONES DE LOS MODELOS IDEF0

### Modelo con nodo: PGLMC/A0

- Requisición: representa la necesidad de algo.
- Persona capacitada: persona que está contratada, inducida y capacitada.
- Necesidad de compra de insumos: informes del nivel de inventario
- Necesidad de compra de un equipo genera un registro de novedades presentadas en los equipos
- Bien comprado: está conformado por equipos de las siguientes categorías
  - Equipo para ensayo y calibración
  - Instrumentos de medición
  - Equipos auxiliares
  - Equipo menor
  - Recursos computacionales

### Modelo con nodo: Cont/A11

- Las actividades de contratación donde el laboratorio no tiene participación son:
  - A113 Toma de decisiones

- A114 Proceso de verificación
- A115 Proceso de contratación
- A117 Retroalimentación proceso de selección

**Modelo con nodo: GInd/A12**

- La actividad de gestión de la inducción donde el laboratorio no tiene participación es: A121 Actualización de contenido

**Modelo con nodo: Ind/A122**

- La actividad de inducción donde el laboratorio no tiene participación es: A1222 Presentación de cargos y posibilidades

**Modelo con nodo: Co/A2**

- las actividades de compras que no son realizadas por el laboratorio son:
  - A21 Selección y registro de proveedores
  - A22 Solicitar compra

**Modelo con nodo: GC/A23**

- La actividad de gestionar compra donde el laboratorio no tiene participación es: A232 Gestionar compra

**Modelo con nodo: REO/A231**

- La actividad de recepcionar y evaluar ofertas donde el laboratorio no tiene participación es: A2311 Realizar invitación a proveedores y recepción de ofertas

**Modelo con nodo: RBA/A24**

Las actividades de recibir bien en almacén donde el laboratorio no tiene participación son:

- A241 Corroborar información y bien recibido
- A242 Ingresar materiales y equipos al sistema

**Modelo con nodo: GC/A4**

- Información a calidad: conformada por toda la información documentos correos etc. que se deben generar en las diferentes actividades que se realicen exclusivamente en el laboratorio relacionados con no conformidades presentadas o con algún incumplimiento de los requisitos según el sistema de gestión de la calidad implementado, la correspondiente información es: Fr. 734 Identificación del trabajo NC, incumplimiento con requisitos, eventos relacionados con las NC, información relacionada con la NC, situaciones particulares presentadas, correo presentado la inconsistencia presentada.
- Como resultado del manejo de NC se obtiene la siguiente información que va a la estación o actividad donde se identificó un NC: Acción inmediata a implementar, Fr.Solicitud de acciones correctivas, preventivas o de mejora, tratamiento adecuado, plan de acción, acción correctiva/preventiva o de mejora a implementar

# Anexo D

## ÍNDICE DE NODOS

A-0 Procesos de Gestión del laboratorio de metrología de CEO (Ver FiguraE.1).

- A0 Procesos de gestión del laboratorio de metrología de CEO (Ver FiguraE.2).
  - A1 Recursos humanos (Ver FiguraE.3).
  - A2 Compras(Ver FiguraE.4).
  - A3 Gestión de la producción (Ver FiguraE.5).
    - A31 Inventario (Ver FiguraE.6).
    - A32 Mantenimiento (Ver FiguraE.7).
    - A33 Control de la producción (Ver FiguraE.8).
  - A4 Gestión de la Calidad (Ver FiguraE.9).

## **Anexo E**

# **MODELOS IDEF0 DE LOS PROCESOS DE GESTIÓN DEL LABORATORIO DE METROLOGÍA DE CEO**

En el modelado de los procesos de gestión del laboratorio de metrología de CEO se obtuvieron 22 diagramas IDEF0, pero por cláusulas de confidencialidad y protección de la información de la empresa solo se presentan 9 diagramas, los cuales corresponden a la descripción mas general de los procesos del caso de estudio.

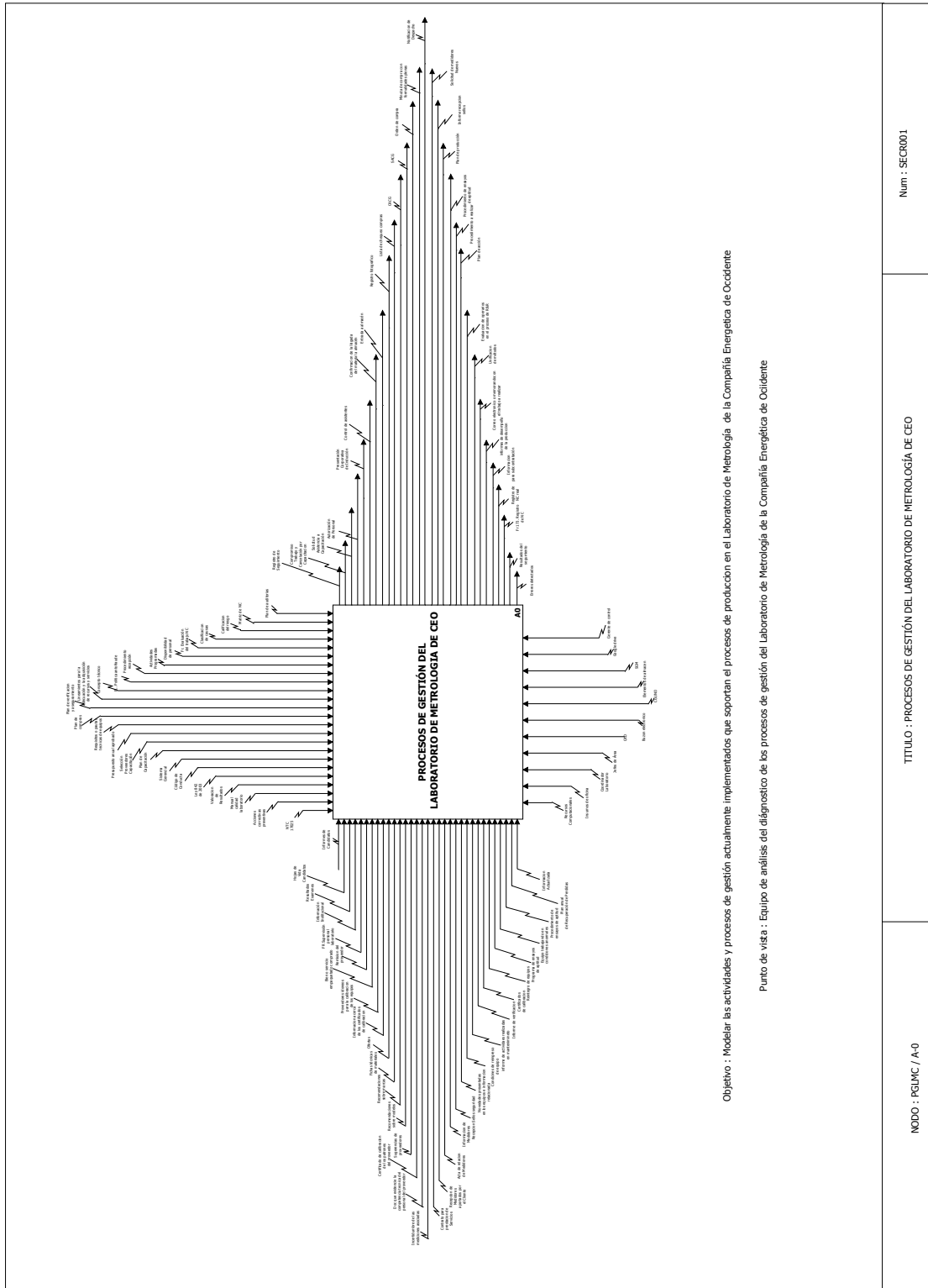
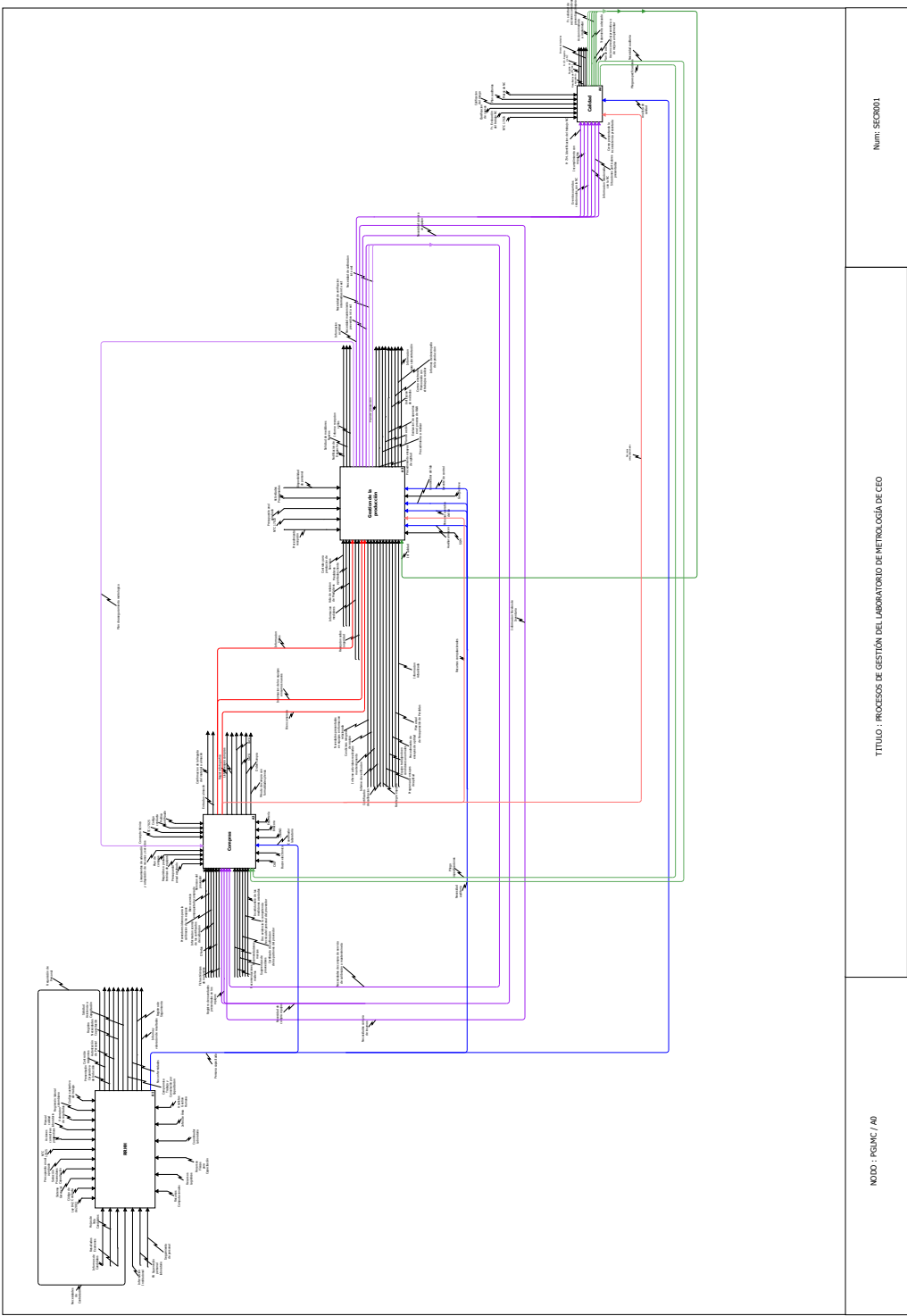


Figura E.1 : Modelo del proceso de gestión del laboratorio de metrología de CEO





Num: SEC001

TITULO : PROCESOS DE GESTIÓN DEL LABORATORIO DE METROLOGÍA DE CEO

MOD0 : FIGM/C / A0

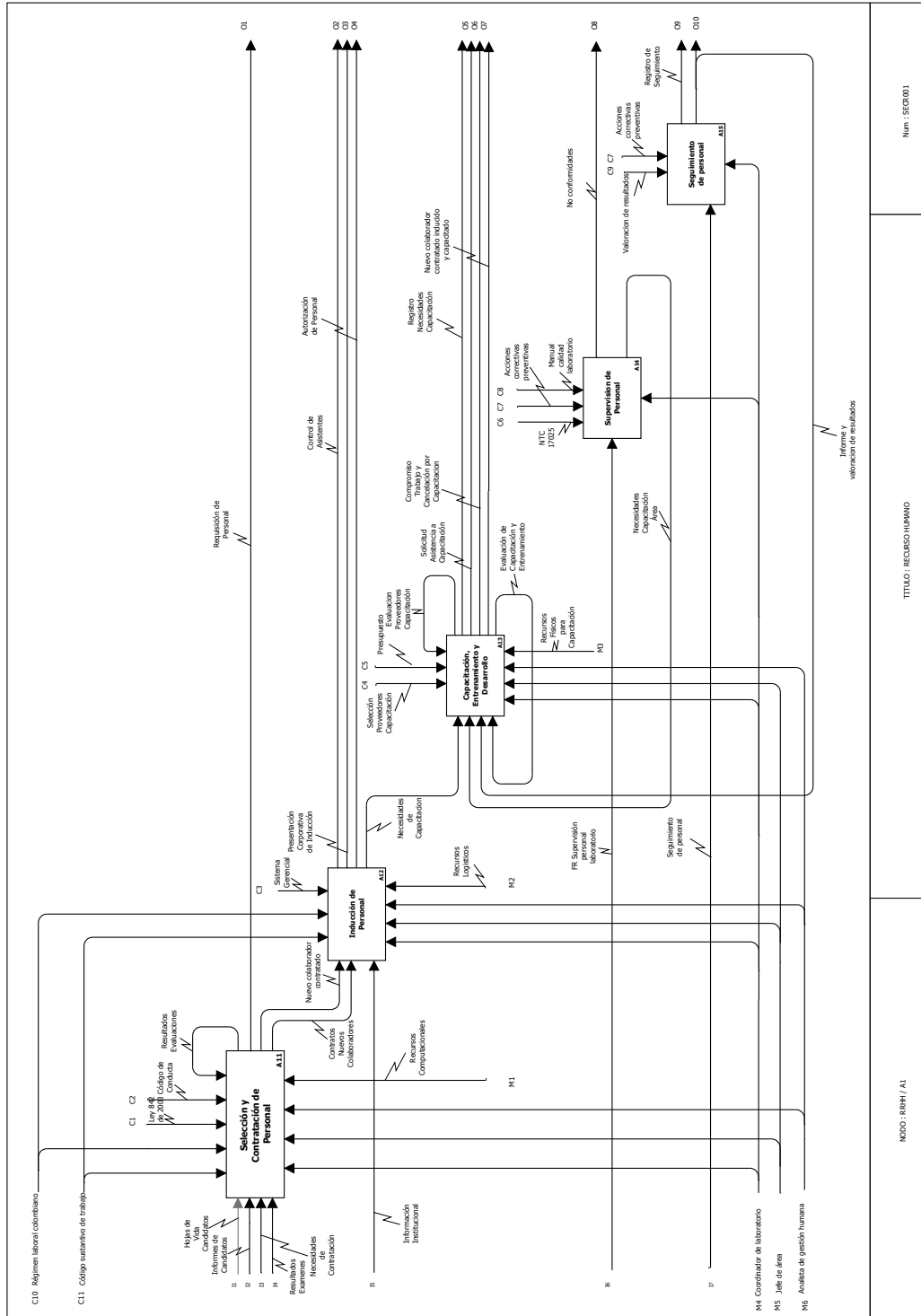


Figura E.3: Modelo del procedimiento RRHH del laboratorio de metrología de CEO



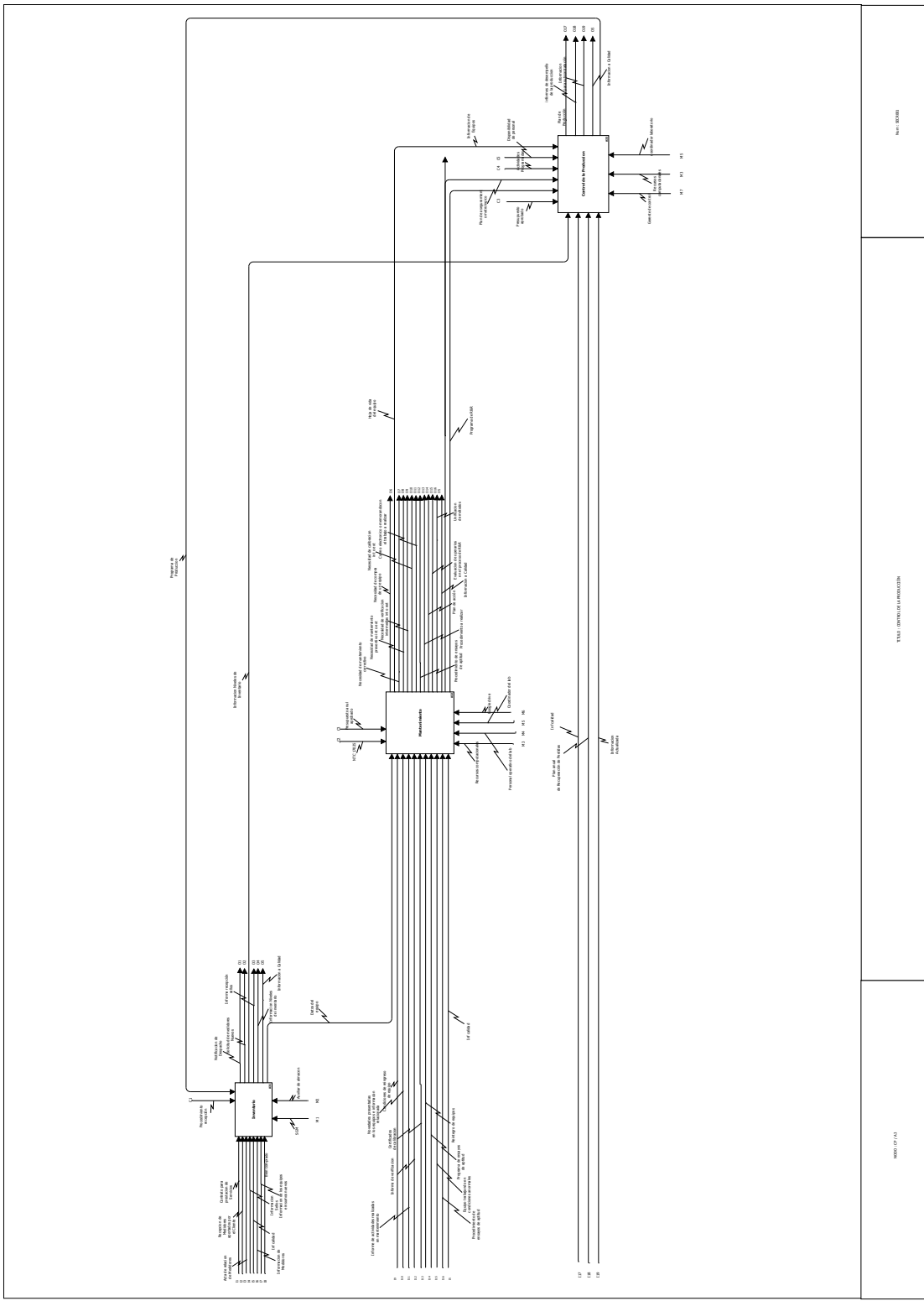
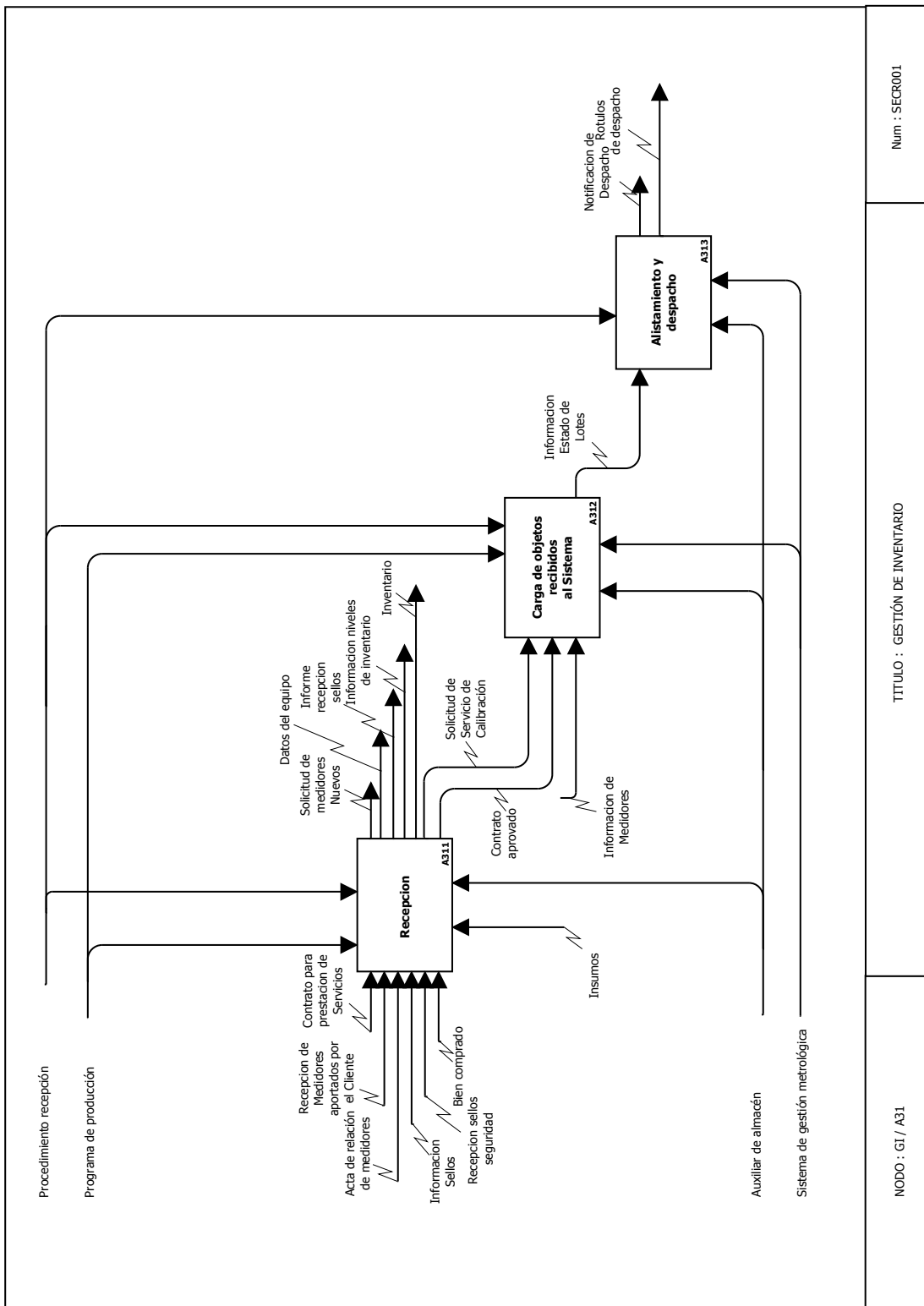


Figura E.5: Modelo del procedimiento Control de la Producción de metrología de CEO

TIPO DE INFORMACIÓN

INDICADOR

INDICADOR



Num : SECR001

TITULO : GESTIÓN DE INVENTARIO

NODO : G1 / A31

Figura E.6: Modelo de la actividad Inventario del laboratorio de metrología de CEO

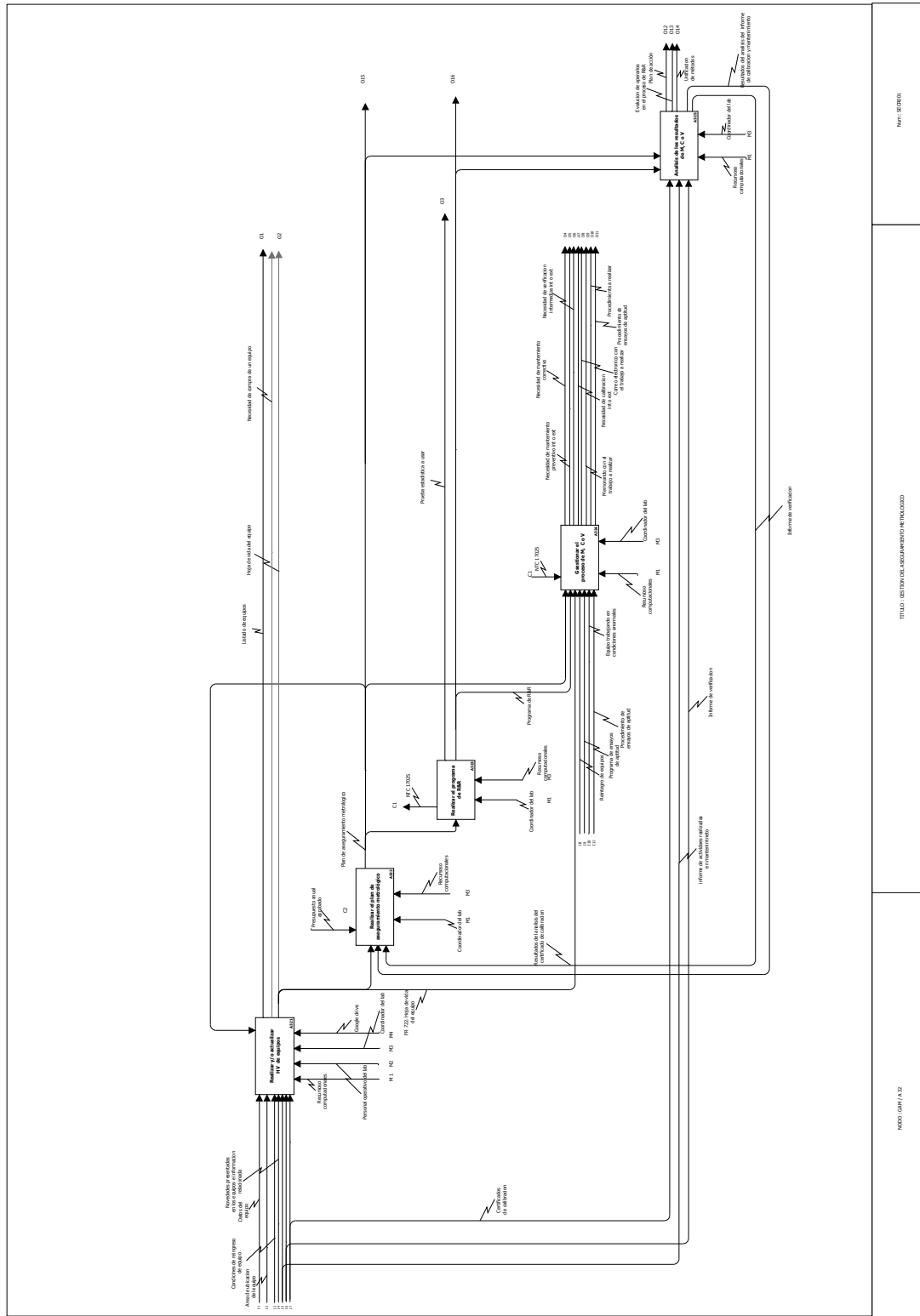
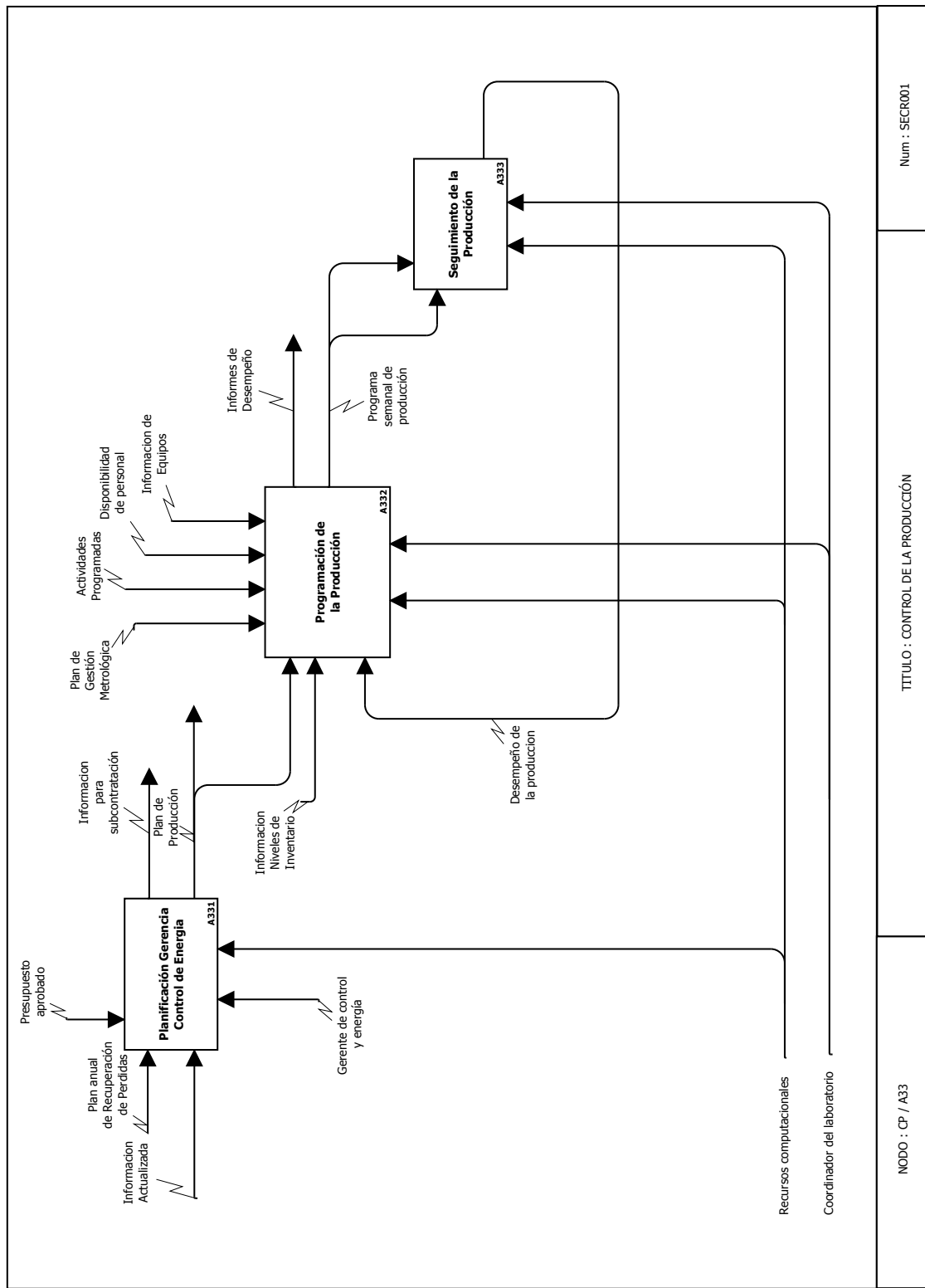


Figura E.7: Modelo de la actividad de Mantenimiento del laboratorio de metrología de CEO

<p>MODELO UML / V.3.0</p>	<p>TÍTULO: GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO METROLÓGICO</p>	<p>Autores: SORIANO</p>
---------------------------	--	-------------------------

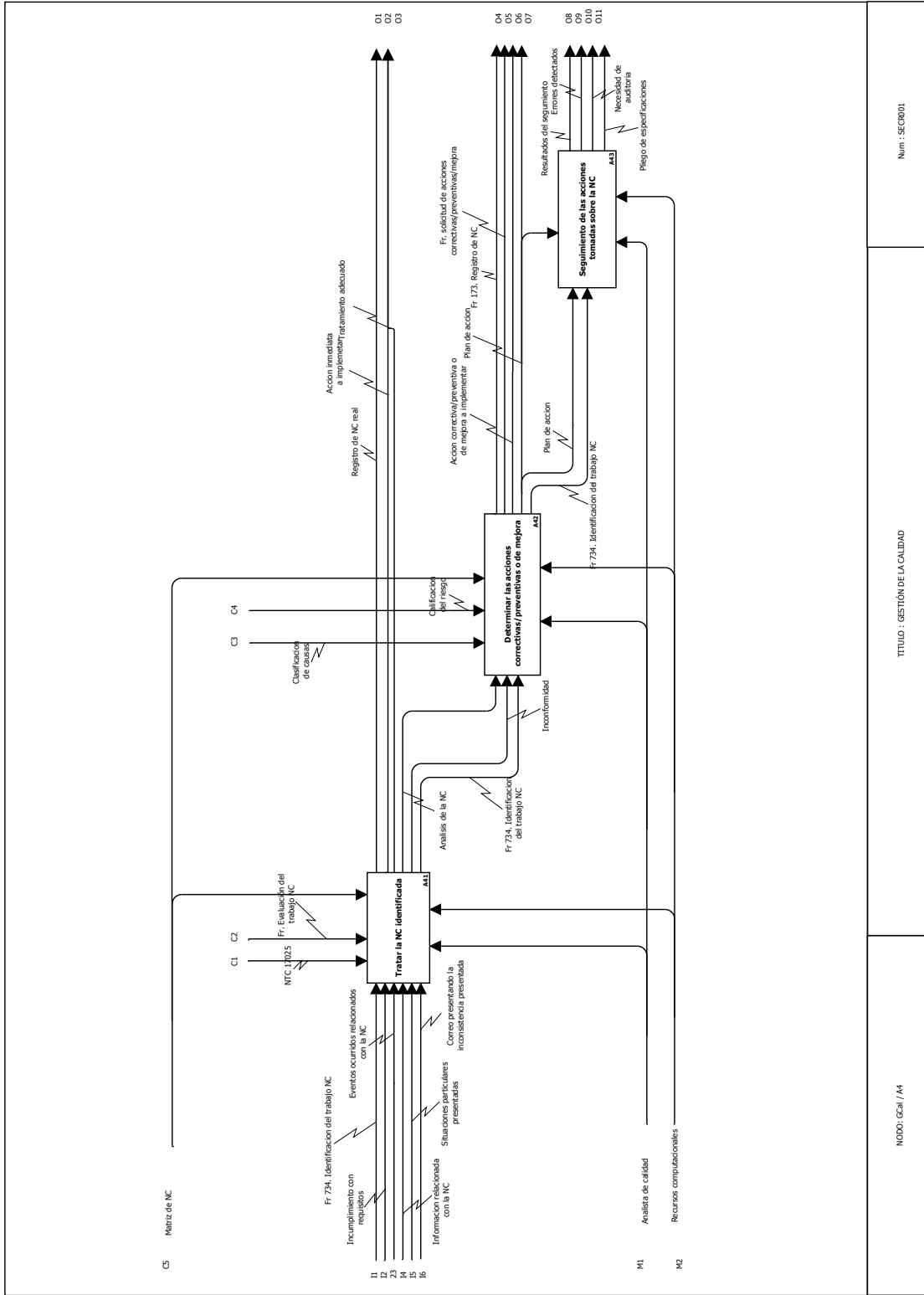


Num : SECR001

TITULO : CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

NODO : CP / A33

Figura E.8: Modelo de la actividad Control de la Producción del laboratorio de metrología de CEO



Num: SEC001

TITULO : GESTIÓN DE LA CALIDAD

MODEO: GGII / A4

Figura E.9: Modelo del procedimiento Calidad del laboratorio de metrología de CEO



## **Anexo F**

# **MODELOS WFNets DE LOS PROCESOS DE GESTIÓN DEL LABORATORIO DE METROLOGÍA DE CEO**

Los modelos obtenidos en la etapa de modelado dinámico, están desarrollados para alcanzar el máximo detalle posible en las tareas más importantes desarrolladas dentro del laboratorio de Metrología de CEO. Se obtuvieron un total de 34 modelos con asignación de roles en las tareas realizadas por el personal del laboratorio, pero al igual que los modelos IDEF0 se presentan 7 diagramas WFNets por el debido cumplimiento de las cláusulas de confidencialidad y protección de la información de la empresa, los cuales corresponden a la descripción más general de los procesos del caso de estudio.

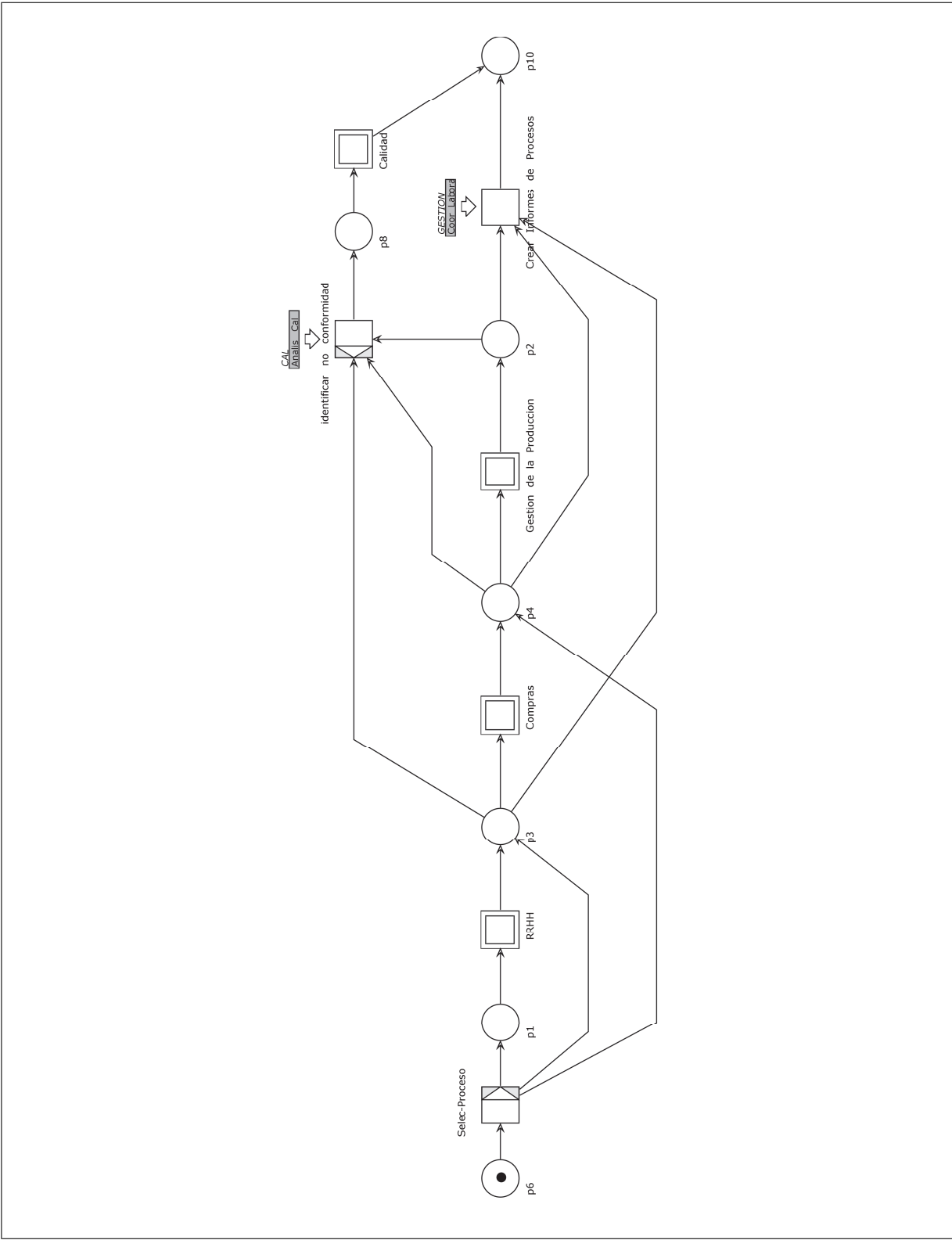


Figura F.1: Procesos del Laboratorio en WFNETs. Fuente propia

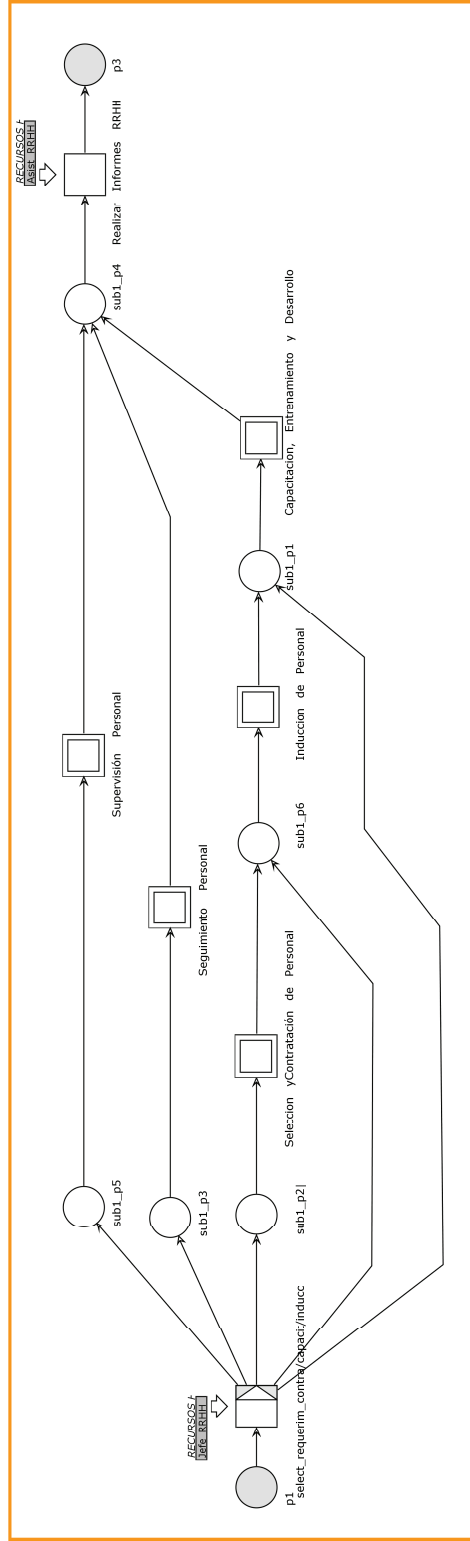


Figura F.2: RRHH: Proceso General

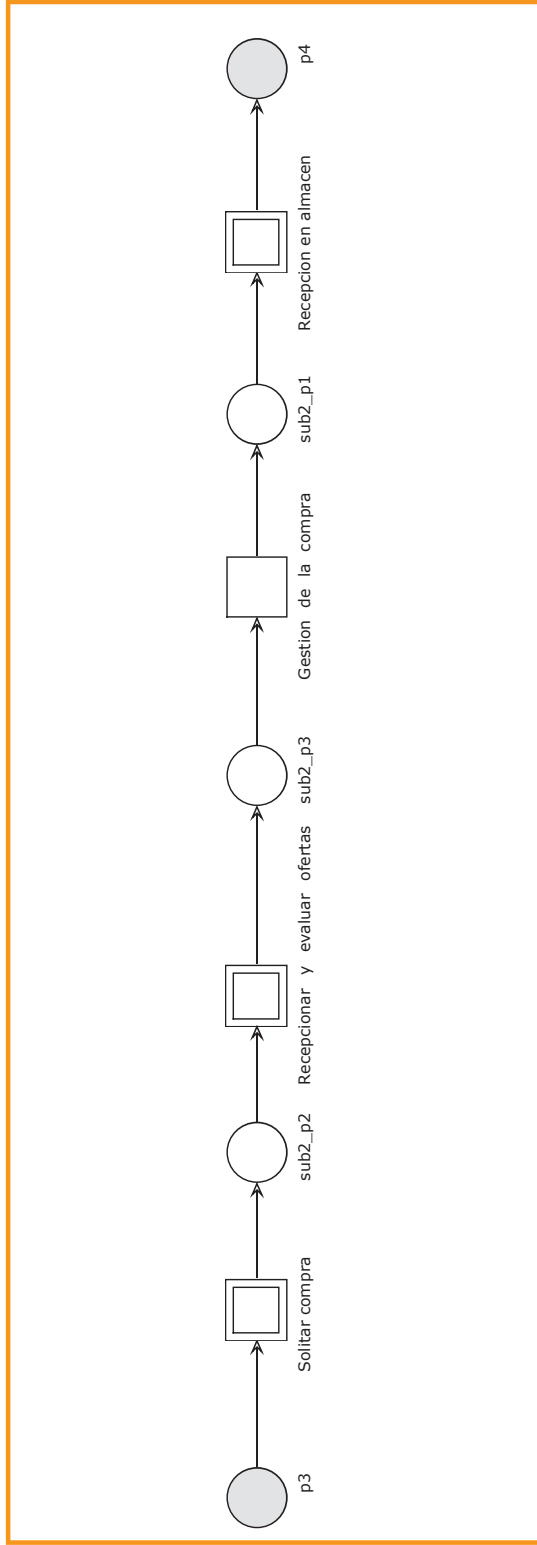


Figura F.3: Proceso General de Compras

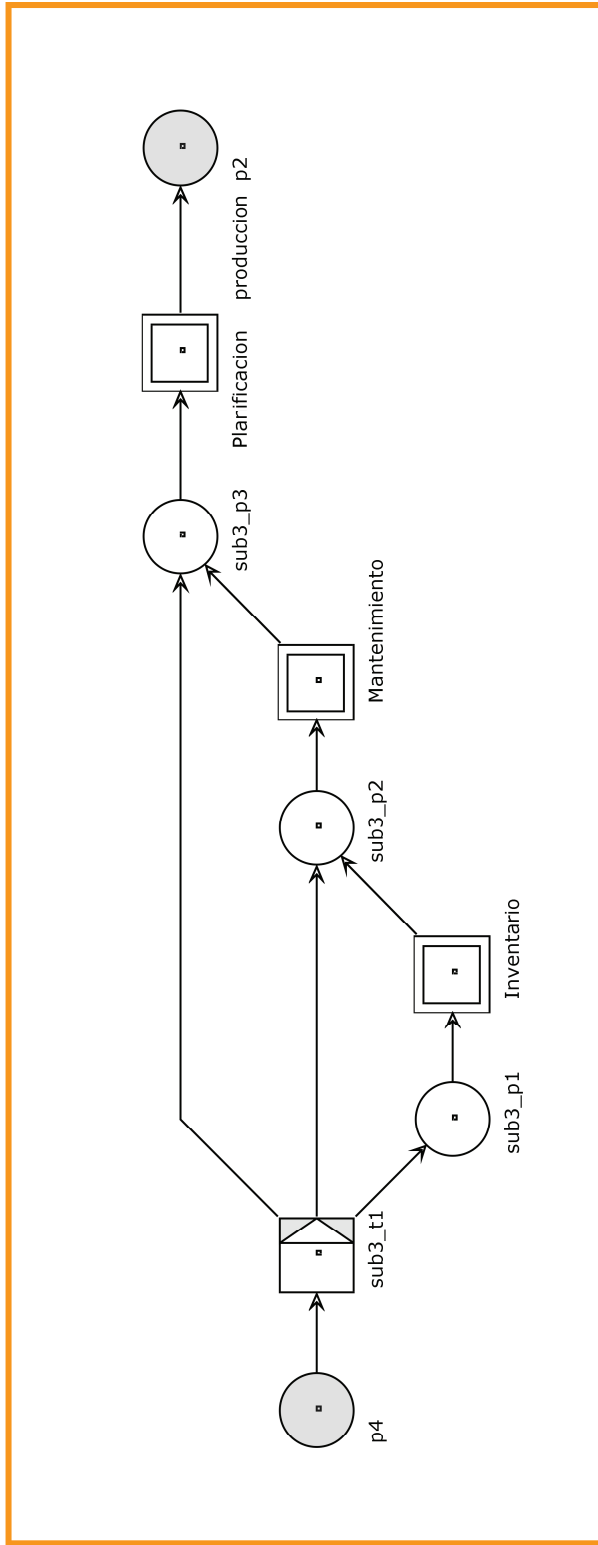


Figura F.4: Proceso General de Gestión de la Producción

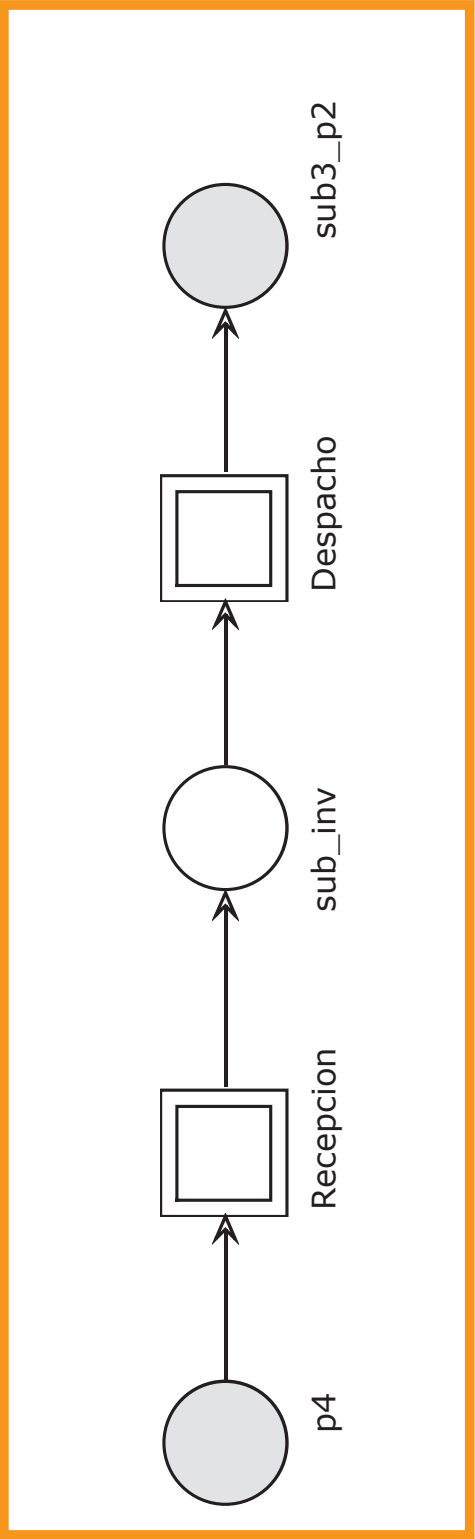


Figura F.5: Gestión de la Producción:Inventario

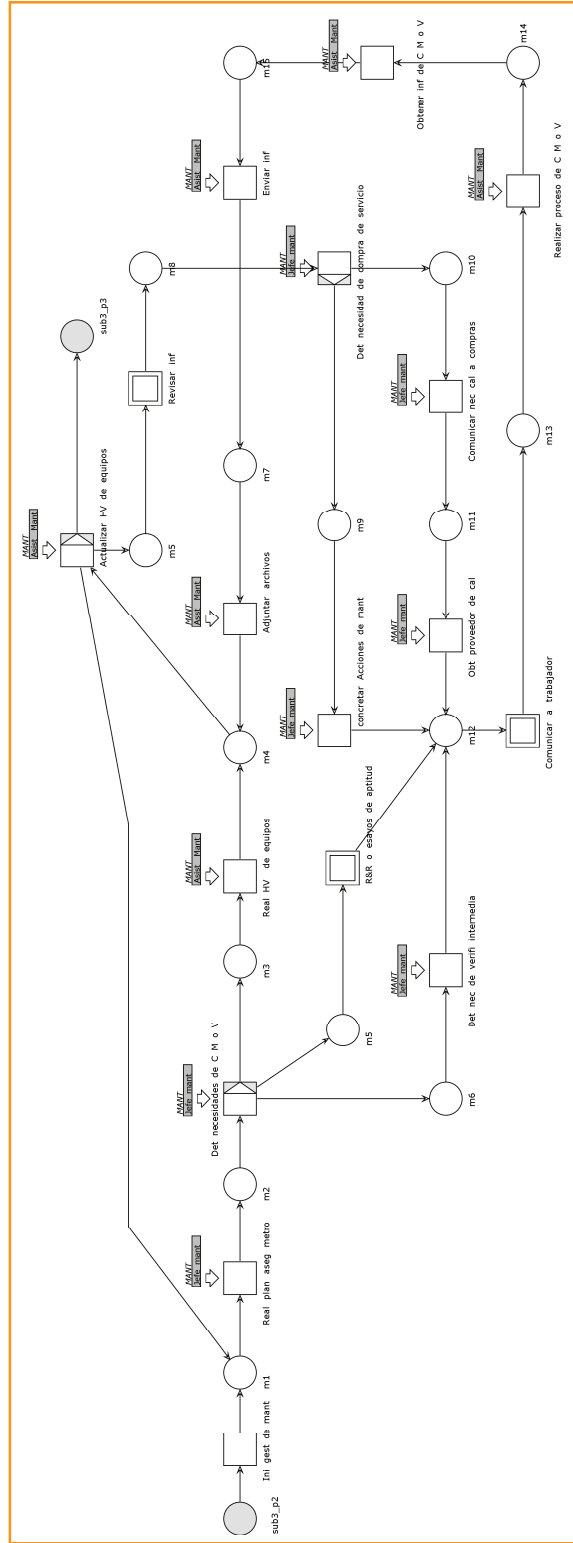


Figura F.6: Gestión de la Producción: Mantenimiento

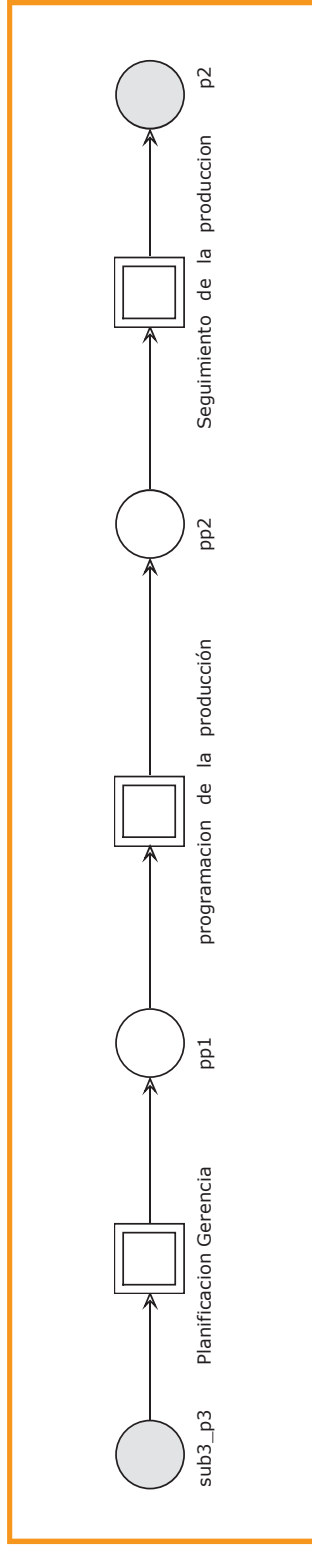


Figura F.7: Gestión de la Producción:Control de la Producción



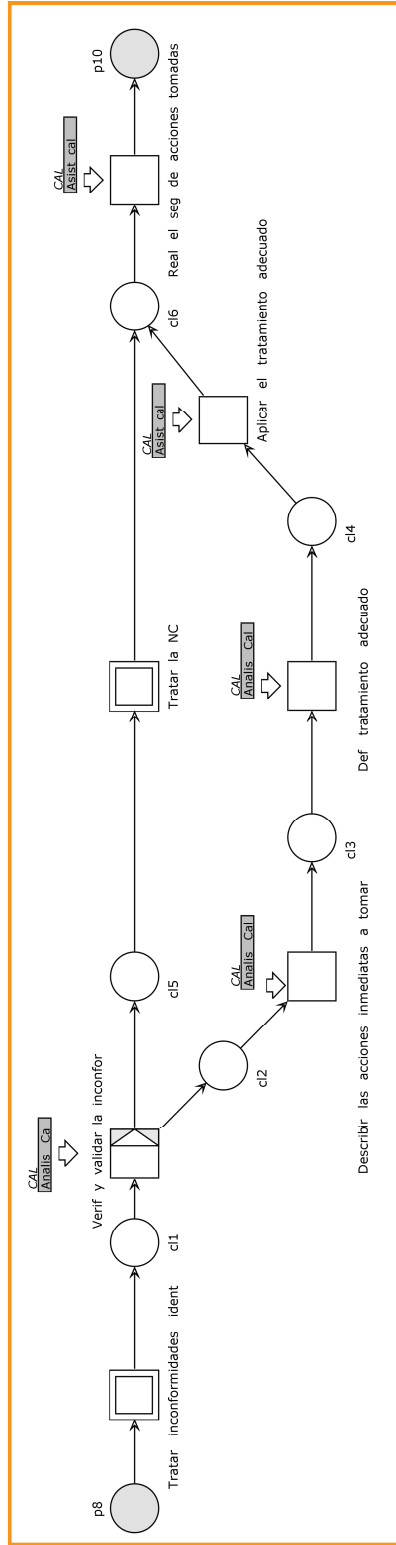


Figura F.8: Proceso General de Calidad

## **Anexo G**

# **FLUJOS DE INFORMACIÓN ENTRE LOS MODELOS DE ACTIVIDADES DE CALIDAD, MANTENIMIENTO, INVENTARIO Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN**

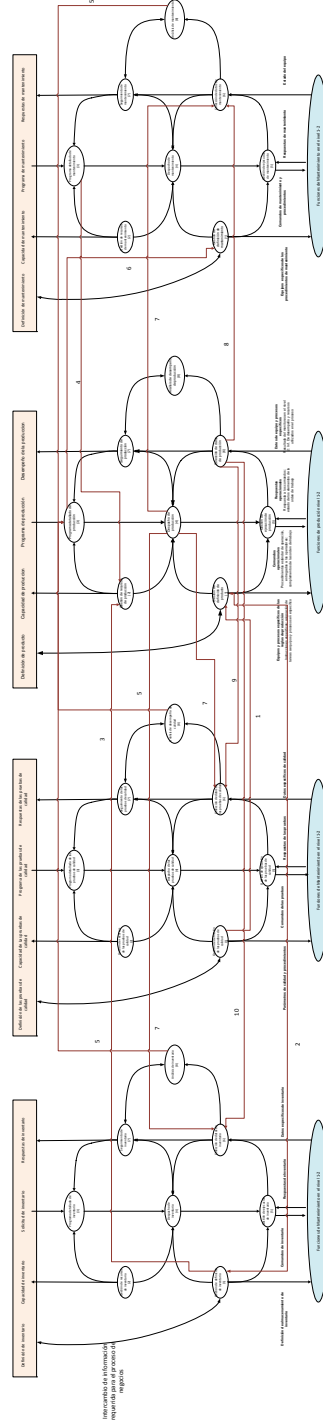


Figura G.1: FLUJOS DE INFORMACIÓN ENTRE LOS MODELOS DE ACTIVIDADES DE CALIDAD, MANTENIMIENTO, INVENTARIO Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

## **Anexo H**

# **ARTICULO DE DIVULGACIÓN: MODELADO DE LOS PROCESOS DE GESTIÓN DEL LABORATORIO DE METROLOGÍA DE CEO**

# Modelado de los Procesos de Gestión del Laboratorio de Metrología de CEO

S. I. Escobar

C. C. Rivera

Electrónica, Instrumentación y Control  
Universidad del Cauca  
Popayán, Cauca

Electrónica, Instrumentación y Control  
Universidad del Cauca  
Popayán, Cauca

## Abstract

*El modelado de procesos de Negocio constituye en una etapa importante del desarrollo de sistemas de información para las empresas que buscan la integración empresarial y la eficiencia de las operaciones que realizan como parte de su actividad de valor. En este artículo se aborda el modelado estructural a través de la técnica de modelado IDEF0 y la creación de modelos de comportamiento dinámico a partir de WorkFlow Nets, de los procesos de gestión para el Laboratorio de Metrología de la Compañía Energética de Occidente como base para la realización de diagnósticos y actividades de re ingeniería a futuro.*

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 re-ingeniería, simulación y desarrollo de sistemas de automatización[3], por esto existen muchas técnicas de modelado, unas más aptas que otras según el objetivo propuesto. Para llegar al modelado de procesos de negocio es necesario el desarrollo de una serie de pasos que inician definiendo el alcance y el objetivo de modelado, el cual en este proyecto es el diagnóstico <sup>1</sup> de los procesos de gestión del laboratorio de metrología de la Compañía Energética de Occidente, para luego obtener los modelos que sean la base de conocimiento para el diagnóstico respectivo

## 1 Introducción

Factores como la alta competitividad de las empresas por satisfacer las necesidades de sus clientes, cambios en su entorno organizacional y la globalización de mercados, hacen que las empresas busquen nuevas estrategias para aumentar su desempeño y crear una verdadera ventaja competitiva, a través de análisis, re diseño, integración de procesos de negocio [1] e información intercambiada como recurso diferenciador de gran valor para las empresas. Una de las metodologías por las que una organización puede mejorar la efectividad de su negocio es la gestión, a través de una visión centrada en procesos e integración de funciones que permitan controlar y modificar flujos de trabajo. Para que directivos o gerentes puedan llegar a esas medidas es necesario obtener todo el conocimiento de la organización como su dinámica, estructura, flujos de información, contenido de datos de información intercambiada entre otros, lo cual se logra implementando modelos que abstraen la realidad de la empresa, que puedan soportar procesos de toma de decisiones [2].

## 2 Trabajos Previos

Para el modelado de procesos de negocio se pueden encontrar numerosos trabajos enfocados a las herramientas de modelado como [4], en el se presentan modelos de 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 re diseño de procesos. En [5] se realizan modelos en IDEF0 para una empresa del sector publico, con el fin de mejorar el proceso de cobros, identificando actividades criticas a partir de los modelos como base de información. Se realiza en [6] un análisis del estado actual del proceso de distribución de equipos celulares donde se implementan modelos estructurales que sirven como base de conocimiento para la y priorización de problemas y desperdicios del sistema; en este se presentan los modelos como resumen de la información que se maneja y

---

<sup>1</sup>El diagnóstico no se obtendrá como resultado de este proyecto por políticas de confidencialidad y protección de la información propia de la empresa caso de estudio

como se transforma, mas no como herramienta para presentar soluciones a los errores identificados.

En el área de modelado dinámico, se han realizado trabajos como [experiencias operativas] en el cual se desarrollan modelos de comportamiento sobre el tratamiento de experiencias operativas en el sector industrial, a partir de la creación de roles para la ejecución de las tareas, mostrando la dinámica e interacción entre ellas para la culminación de un caso. Trabajos como [7] se dedican al manejo de las WFNETs y al uso de las redes de petri dentro de las notaciones de Workflow, como herramienta de modelado y base de información para implementar los WFMS como elementos de modelado, seguimiento y simulación para procesos

### 3 Procesos de Negocio

El concepto de procesos de negocio es variante y está sujeto al autor y la tecnología empresarial predominante de la época histórica por las cuales han pasado los procesos de negocio. Siguiendo autores como Jacobs, Biederlo [8], Michael Hammer y James Champy [9], Davenport [10], se define un proceso de negocio como: Un conjunto de actividades relacionadas entre sí de forma lógica y ordenada dentro de sus 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, además trabajan en conjunto con el objetivo de cumplir una meta de negocio [11].

#### 3.1 Clasificación de Procesos de Negocio

Se puede realizar una clasificación a partir de la evaluación de aspectos como grado de automatización, grado de interacción con otros procesos de negocio, grado de repetición, grado de estructuración [11] y según su ubicación dentro de los niveles de la empresa. Este último tipo de clasificación que es el de interés en el proyecto desarrollado se encuentra la influencia de diferentes autores tal como se muestra en la figura 1. La definición entregada por Porter a través del modelado de procesos por medio de la aplicación de la cadena de valor fue la elegida como la más adecuada en su aplicación para el caso de estudio del presente trabajo la cual consiste en la clasificación de las actividades de negocio como actividades primarias y actividades de soporte que son interpretadas como procesos [12].

Child <i>et al.</i> y el estándar CIMOSA	Davenport	Armistead & Machin	Garvin	Porter
<b>Procesos operativos</b> *Obtener orden *Entrega de productos *Cumplimiento de ordenes *Soporte de productos <b>Procesos de gestión</b> *Grupo de dirección *Formulación de estrategias *Negocios directos <b>Procesos de soporte</b> *Soporte IS *Soporte HS *Soporte de finanzas	<b>Procesos operacionales</b> <b>*Procesos de desarrollo de productos y servicios</b> -Investigación, ingeniería y diseño -Manufactura -Logística <b>*Procesos frente al consumidor</b> -Marketing -Ventas y gestión de ordenes -Procesos de servicios <b>Procesos de gestión</b> *Formulación de estrategias *Planeación y presupuesto *Medidas de desempeño y reporte *Locación de recursos *Gestión de recursos humanos *Infraestructura *Comunicación con actores	<b>Procesos operacionales</b> <b>Procesos administrativos</b> <b>Configuración de dirección</b> <b>Procesos de soporte</b>	<b>Organizacional</b> <b>*Procesos de trabajo</b> -Operacionales -Administrativos <b>*Procesos de comportamiento</b> -Toma de decisión -Comunicación -Aprendizaje <b>*Procesos de cambio</b> -Creación -Crecimiento -Transformación -Declive <b>Administrativo</b> -Configuración de dirección -Negociación y venta -Monitoreo y control	<b>Actividades primarias</b> *Logística de entrada *Logística de salida *Operaciones *Marketing y ventas *Servicios <b>Actividades de soporte</b> * Adquisición *Desarrollo tecnológico *Recursos humanos *Infraestructura de la empresa

Figure 1: Clasificación de los procesos de negocios según diferentes autores

## 4 Modelado de Procesos de Negocio

El objetivo del modelado de procesos de negocios es presentar un alto contenido de información que permita representar la estructura, organización y comportamiento de un negocio, de manera simple o interorganizada, permitiendo la realización de análisis sobre su comportamiento, desarrollo de actividades de reingeniería y optimización de los mismos [13].

### 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 [14]. Entre las herramientas de modelado estructural se encuentran los modelos de objetos, modelos de clases que son vistas de UML y modelos IDEF0.

#### 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 [14], además permite analizar, verificar y validar las condiciones de operación, bloqueo y seguridad de los procesos de negocio [15]. Las herramientas de modelado dinámico más populares se encuentran las Redes de Petri, redes de Workflow, IDEF3, diagramas de secuencia, diagramas de colaboración que son vistas de UML y diagramas de estado [16].

## 4.2 Criterios de Selección de las Técnicas de Modelado

La selección de la técnica de modelado se realiza a partir de la evaluación del cumplimiento no de ciertos criterios definidos a partir de dos tipos de requerimientos:

- Requerimientos de Técnicas de Modelado Según la Meta de Modelado presentado en el artículo [17]
- Requerimientos Futuros para el Sector Industrial presentados en el artículo [18]

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 (personas, software, hardware). 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 El soporte tecnológico trata de la capacidad de la implementación, control, modificación, monitoreo y gestión de 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 (XML o formatos similares).

## 5 Resultados

### 5.1 Elección Herramienta de Modelado

A partir de la definición de los criterios de evaluación de las técnicas de modelado, se realizó una lista de chequeo correspondiente a la Tabla 1, donde a partir de esta se definió como las técnicas de modelado más adecuadas para el modelado estructural IDEF0 y para el modelado dinámico Workflow Nets.

CRITERIOS	IDEF0	UML	BPMN	WF-RdP	IDEF3
1. Capacidad de Integración	X	X	X	X	X
2. Cooperación	X	X	X	X	X
3. Explicitación	X	X	X	X	X
4. Capacidad de Reconfiguración				X	
5. Usabilidad	X		X	X	X
6. Expresividad	X	X	X	X	X
7. Interoperabilidad			X	X	X
8. Comprensibilidad y comunicatividad del modelo	X		X	X	X
9. Reusabilidad		X	X	X	
10. Soporte Tecnológico				X	
11. Aporte en automatización de procesos	X		X	X	X
12. Herramientas de Simulación	X	X		X	
13. Soporte para Documentación		X	X	X	X

Table 1: Lista de chequeo.

#### 5.1.1 IDEF0

IDEF0 es un lenguaje de modelado e integración basado en SADT el cual comprende de una notación gráfica y una clara metodología para la realización de modelos. Una de sus principales ventajas es la de poder ser aplicado 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 re estructuración y re ingeniería [19].

**La notación gráfica de IDEF0**, consiste en dos elementos básicos (VER Figura 2):

**Caja:** Representa una descripción de lo que ocurre en una determinada función. Cada caja debe tener un nombre que debe ser un verbo activo y un número dentro de los límites gráficos de la misma.

**Flecha:** una flecha tiene diferentes configuraciones de ramificaciones ya sea bifurcación

o unión, estas son etiquetadas con sustantivos o sintagmas nominales (datos u objetos) para expresar significados.

**Relación caja/flecha**, definición de roles (VER Figura 2):

- Las flechas que entran por el lado izquierdo de la caja son INPUTS. Son transformadas o consumidas por la función para realizar su actividad.
- Las flechas que entran por la parte superior de la caja son CONTROL, las cuales especifica las condiciones requeridas para que la función entregue las salidas de forma correcta.
- Las flechas que salen de la caja del lado derecho de la caja son OUTPUTS representadas en datos u objetos producidos por la función.
- Las flechas conectadas al lado inferior de la caja representan MECHANISM los cuales son los medios (recursos) que soportan la ejecución de la función.

**Diagramas IDEF0:** Compuesto por tres tipos de información el diagrama gráfico, texto y glosario donde el más importante es el diagrama gráfico ya que este contiene las cajas (funciones) definido por diagramas de nivel superior, diagramas hijos y diagramas padres.

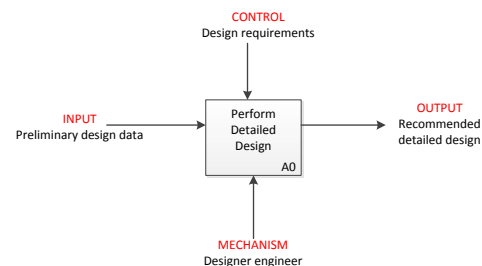


Figure 2: Posición de las flechas y roles

#### 5.1.2 Workflow Nets

Workflow Nets es una combinación de dos técnicas, las Redes de Petri y Workflow, para modelado de procesos. Donde Workflow es la automatización de un proceso de negocio, en su totalidad o en parte, durante el cual



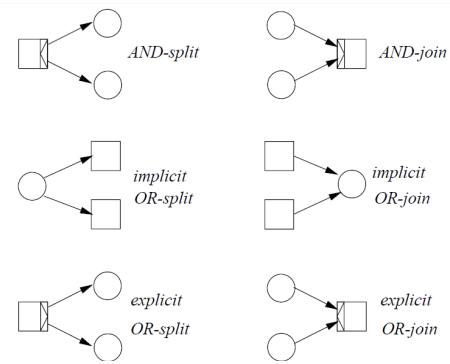


Figure 3: Bloques de construcción para enrutamiento

los documentos, información o tareas pasan de un participante a otro, de acuerdo a un conjunto de reglas de procedimiento según WMC [20] y Redes de Petri es una herramienta de modelado gráfica y matemática, que es extensible a un gran número de sistemas, con la cual se pueden representar los flujos de trabajo y la interacción entre distintos sistemas

### Mapeo de Redes de petri a Workflow:

**Bloques de Contrucción de Workflow:** Los Bloques de construcción sirven para el modelamiento de estructuras de negocio como los enrutamientos secuenciales, condicionales, paralelos entre otros, o para estructuras de comportamiento como sincronización o exclusividad mutua. Los bloques de construcción de workflow corresponde a la Figura 3

**Triggering:** Los Triggering son condiciones externas que permiten la activación de una de las tareas que esté disponible para ejecución (VER Figura 4). Se tienen cuatro tipos de disparadores para el diseño de modelos de procesos de Negocio. El primero de los gatillos es el Automático, el cual se utiliza sobre tareas que no implican la acción humana. El de usuario es utilizado para representar que es el usuario del proceso el que decide cuando y cual de las tareas será activada. Los gatillos de Mensaje, representan la inserción de eventos externos a los procesos que son los que definen la activación de las tareas. El ultimo es el del tiempo que representa esperas necesarias para la ejecución de las tareas.

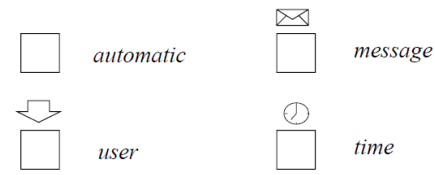


Figure 4: Tipos de Trigger utilizados en Workflow Nets

## 5.2 CASO DE ESTUDIO: Laboratorio de Metrología de la Compañía Energética de Occidente - CEO

El laboratorio de metrología <sup>2</sup> de CEO es una organización dedicada a proveer servicios de calibraciones<sup>3</sup> a medidores de energía, en búsqueda de la acreditación por la norma técnica colombiana NTC-ISO/IEC 17025 *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayos y calibración* [21].

### 5.2.1 Procesos de Gestión de Caso de Estudio a Modelar

La identificación de los procesos de gestión y su diferenciación con los procesos de producción se realizó a través del desarrollo de la cadena de valor del laboratorio de metrología, la cual se estableció a partir de la cadena de valor para manufactura propuesta por Porter [22] y la cadena de valor para servicios definida en el artículo [23], se buscó 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 la cadena de valor mostrada en la Figura 5 definiendo así los procesos a modelar:

- Recursos Humanos (RRHH)
- Compras
- Calidad

<sup>2</sup>La metrología está definida como la ciencia de la medición la cual cubre tres actividades importantes: La definición internacionalmente aceptada de medición, la realización de las unidades de medida por métodos científicos y el establecimiento de cadenas de trazabilidad, determinando y documentando el valor y exactitud de la medición junto con la difusión de este conocimiento

<sup>3</sup>Operación que bajo condiciones específicas, en una primera etapa establece una relación entre los valores de cantidad de incertidumbres de medición proporcionados por las normas de medición y las indicaciones con incertidumbres de medición asociadas, en una segunda etapa utiliza esta información para establecer una relación para la obtención de un resultado de la medición de una indicación.

- Gestión de la producción

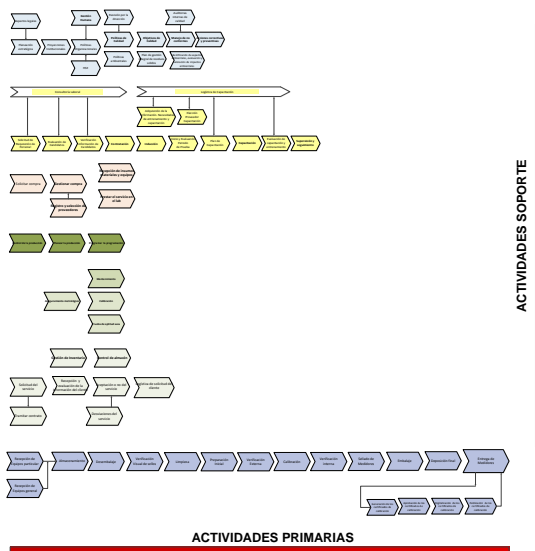


Figure 5: Modelos de los procesos de gestión del laboratorio de metrología de CEO

**Nota:** El modelado de las actividades primarias están fuera del alcance de este trabajo.

### 5.2.2 Modelos IDEF0 de los Procesos de Gestión del Laboratorio de Metrología de CEO

El desarrollo de los modelos IDEF0 para el caso de estudio dio como resultado 22 diagramas con un total de 68 cajas que describen cada uno de los procesos, procedimientos, actividades y tareas según corresponda su ubicación dentro de la jerarquía de los modelos.

**Modelo A-0, Procesos de Gestión del Laboratorio de Metrología de CEO:** El modelo de nivel más alto es el que se muestra en la Figura 6, donde el objeto de modelado es representado con una sola caja “top box”, con sus respectivas flechas o limitantes que representan las condiciones externas para el caso modelado.

**Modelo A0, Procesos de Gestión del Laboratorio de Metrología de CEO:** El modelo A0 contiene los flujos de información entre los procesos de gestión definidos en el ítem x. El modelo obtenido es el que se muestra en la Figura 7.

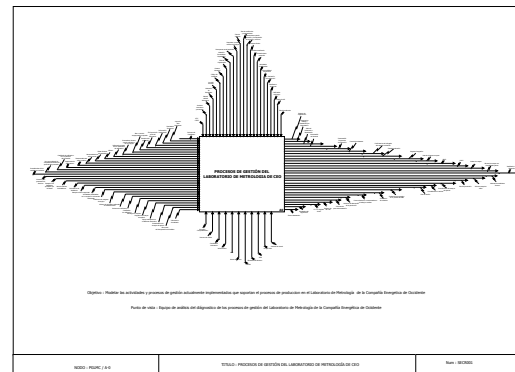


Figure 6: Procesos de gestión del laboratorio de metrología de CEO

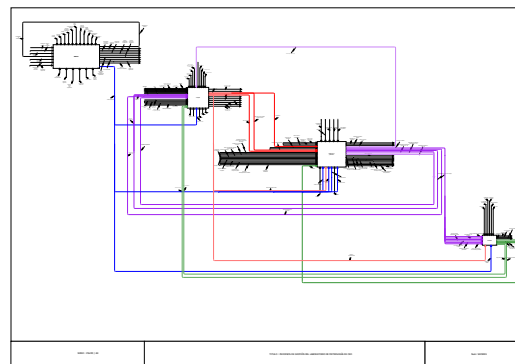


Figure 7: Procesos de gestión del laboratorio de metrología de CEO

**Modelo A1, Recursos Humanos (RRHH):** El proceso de RRHH inicia con la necesidades de contratación de personal de diferentes áreas de la compañía en este caso del laboratorio y la recepción de hojas de vida de las personas que cumplen con el perfil solicitado y puede finalizar con la inducción y capacitación de la persona contratada, la cual ya definida como personal del laboratorio iniciara procesos de supervisión y seguimiento por parte de la coordinación del laboratorio, el modelo de RRHH corresponde a la Figura 8

**Modelo A2, Compras:** El proceso de compras el cual se muestra en la Figura 9 inicia con la comunicación de una necesidad de compra de un bien o servicio por parte del laboratorio al área de compras de la compañía la cual se encargará de toda la gestión de la compra hasta su obtención

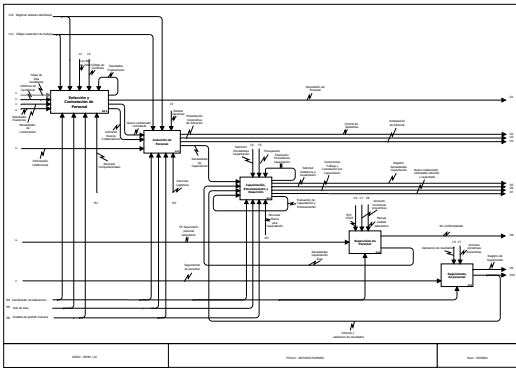


Figure 8: Procesos de RRHH del laboratorio de metrología de CEO

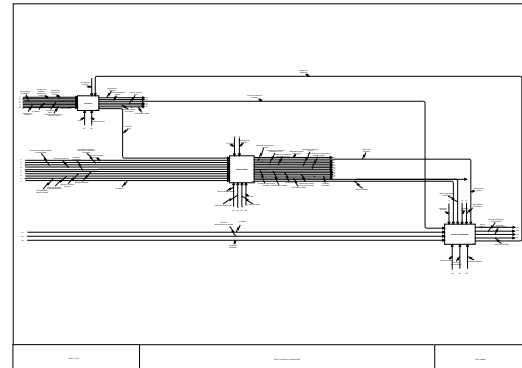


Figure 10: Procesos de Gestión de la Producción del laboratorio de metrología de CEO

y arribo del bien si es el caso al almacén general de la compañía

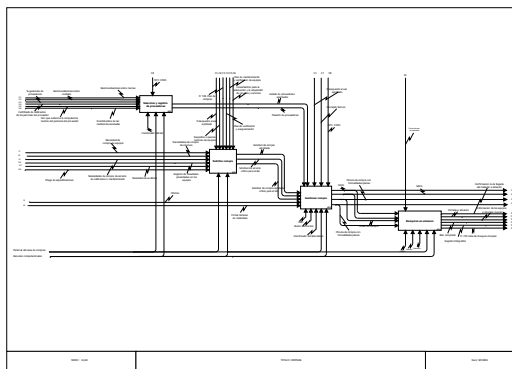


Figure 9: Procesos de Compras del laboratorio de metrología de CEO

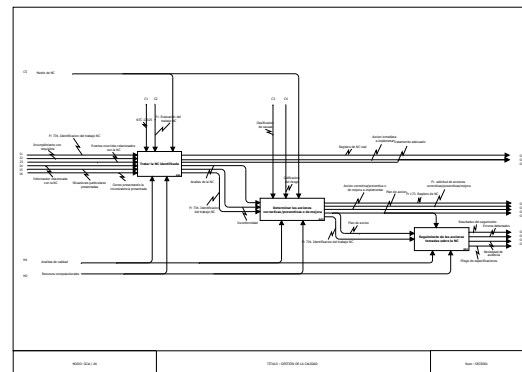


Figure 11: Procesos de Calidad del laboratorio de metrología de CEO

**Modelo A3, Gestión de la Producción:** Este conformado por tres procedimientos inventario, aseguramiento metrológico y control de la producción que son internos y exclusivos del laboratorio se muestra en la Figura 10

**Modelo A4, Calidad:** El modelo de calidad que se puede ver en la Figura 11 es el proceso de calidad resultado del sistema de gestión de la calidad que se lleva a cabo en el laboratorio el cual se centra en el manejo de no conformes<sup>4</sup> que se pueden generar en cualquier proceso del laboratorio.

Los procesos de estudio en este proyecto son amplios y llevan consigo cierto grado de complejidad, por

<sup>4</sup>Incumplimiento de un requisito

lo cual para obtener un conocimiento fiable y leal a la realidad es necesario profundizar y definir con mas detalle en cada uno de los modelos. De los modelos A1, A1, A2, A3 y A4 se tiene al menos dos grados de profundización que permiten ver el flujo de información interno de cada uno de los procesos y cuales son las actividades y/o tareas que son el cliente o proveedor final de las flechas limitantes de la caja padre A0.

### 5.2.3 Modelos WFNets de los Procesos de Gestión del Laboratorio de Metrología de CEO

La figura 12 es el resultado de modelar los procesos de gestión del laboratorio de Metrología de CEO, donde se muestra la unión de los procesos identificados a partir de la información obtenida representando el comportamiento general de todo el laboratorio a partir de todas las actividades que desarrollan.



sos, factores externos, entradas y suministros, que interactúan entre sí para la obtención de un resultado. Son las interacciones entre los elementos que la componen lo que convierte a la organización en un objeto susceptible de modelado.

Existe un gran número de técnicas de modelado dinámico y estructural, útiles para realizar abstracciones de cualquier tipo de sistema, con herramientas semánticas y sintácticas muy diferentes que permiten una buena adaptación del objetivo de modelado planteado y de las reglas o requisitos específicos que deban tener los modelos a crear. Sin importar el enfoque del objeto de modelado (producción, Gestión) se pueden encontrar diversas técnicas para alcanzar los objetivos de modelado.

Aunque en el estado del arte no se encuentran modelos dinámicos de grandes sistemas integrados, y es típico el modelado de pequeños casos para ver su evolución, 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, empleando las técnicas de WF Nets de alto nivel y en específico de estructura jerárquica, creando varios niveles hasta llegar al desarrollo de las tareas con un grado de detalle mayor

## References

- [1] S. H. Lim, N. Juster, and A. de Pennington, "Enterprise modelling and integration: a taxonomy of seven key aspects," *Computers in Industry*, vol. 34, no. 3, pp. 339 – 359, 1997.
- [2] C. Salgado, M. Peralta, L. Baigorria, M. Berón, D. Riesco, and G. Montejano, "Modelado de Procesos de Negocio : Evaluación y Comparación de Modelos y Lenguajes de Modelado Resumen Contexto Introducción Líneas de Investigación y Desarrollo," *XIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, 2011.
- [3] A. K. Patankar and S. Adiga, "Enterprise integration modelling: a review of theory and practice," *Computer Integrated Manufacturing Systems*, vol. 8, pp. 21–34, Feb. 1995.
- [4] Miguel Ángel Álvarez Barahona, "RE DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE OPERACIONES PARA OPTIMIZAR LA ATENCIÓN DE CLIENTES DE ELIQSA?," tech. rep., 2008.
- [5] Hamilton Manuel Torres Gavilanes, *? Mejoramiento del Proceso de Gestión de Cobros de una Empresa Pública Usando el Modelo IDEF0 ( Integration Definition for Function Modeling ) y la Mejora Continua*. PhD thesis, 2009.
- [6] Y. M. Andrade, "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," 2009.
- [7] W. M. P. Van Der Aalst, "the Application of Petri Nets To Workflow Management," *Journal of Circuits, Systems and Computers*, vol. 08, pp. 21–66, Feb. 1998.
- [8] A. Lindsay, D. Downs, and K. Lunn, "Business processes attempts to find a definition," *Information and Software Technology*, vol. 45, no. 15, pp. 1015 – 1019, 2003. `je:title;Special Issue on Modelling Organisational Processes;/ce:title;`
- [9] B. Hitpass, *BPM Business Process Management Fundamentos y Conceptos de Implementación*. Santiago de Chile: Ltda, BHH, 2012.
- [10] T. H. Davenport, *Process innovation reengineering work through information technology - T*. Boston, Massachusetts: Ernst & Young, 1993.
- [11] M. Weske, *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures*. 1998.
- [12] E. C. AMICE, *CIMOSA: Open System Architecture for CIM*, vol. 1. Brussels: Springer 1989, 1989.
- [13] K. Kosanke, "Standardization in enterprise inter- and intraorganizational integration.," *Int. J. IT Standards and Standardization Res.*, vol. 3, no. 2, pp. 42–50, 2005.
- [14] L. Whitman, B. L. Huff, and A. Presley, "Structured models and dynamic systems analysis: The integration of the ideo/idef3 modeling methods and discrete event simulation.," in *Winter Simulation Conference*, pp. 518–524, 1997.
- [15] E. Chacón and O. Rojas, "MODELADO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN," 2002.
- [16] O. A. R. A, "Modelado de Sistemas Integrados de Producción," tech. rep., Universidad del Cauca, Popayan, Colombia, 2011.
- [17] G. M. Giaglis, "A taxonomy of business process modelling and information systems modelling techniques," 2001.

- [18] Rojas, Oscar, M. Urbano, Escobar, Sara, Y. Solano, and C. Rivera, "Análisis de los Estándares ISA-88 e ISA-95 para los Requerimientos Futuros de las Empresas de Manufactura," 2012.
- [19] National Institute of Standards and Technology, *Integration Definition For Function Modeling (IDEF0)*, vol. IV. United States of America: Secretary of Commerce, 1993.
- [20] D. Hollingsworth, "Workflow management coalition - the workflow reference model," tech. rep., Workflow Management Coalition, Jan. 1995.
- [21] N. Técnica, "COLOMBIANA NTC-ISO / IEC," 2005.
- [22] R. M. Project, "The value chain," 2001.
- [23] Elisante ole Gabriel, "Value Chain for Services," *IMS International Journal*, 2006.