



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Análisis de Procesos en el Área de Equipos de una  
Empresa Constructora utilizando Metodología IDEF0**

Tesis para optar el Título de  
Ingeniero Industrial y de Sistemas

**Martín Valdez Stuard**

Asesor(es):  
Dra. Ing. Isabel Del Rosario Chiyón Carrasco

Lima, octubre de 2021



## Resumen

Se analizan los procesos en el área de maquinaria y equipos de una empresa de construcción peruana certificada en el sistema de gestión de calidad ISO 9001, utilizando la metodología IDEF0.

Se hace una explicación detallada de los conceptos y objetivos de la gestión por procesos en general y de la metodología IDEF0 en concreto, así con un breve repaso de la sintaxis y semántica de sus diagramas. Se discute y argumenta a favor de sus premisas conceptuales en contraste con las de otras metodologías de análisis de procesos.

Para capturar los procesos del área se plantean dos modelos: el alquiler de equipos y la gestión del ciclo de vida del equipo. El alquiler de equipos modela la atención del área hacia sus clientes, sean internos o externos. La gestión del ciclo de vida del equipo hace referencia a las actividades internas del área necesarias para proveer sus servicios, desde la adquisición hasta la venta o baja de un equipo, incluyendo las labores de mantenimiento.

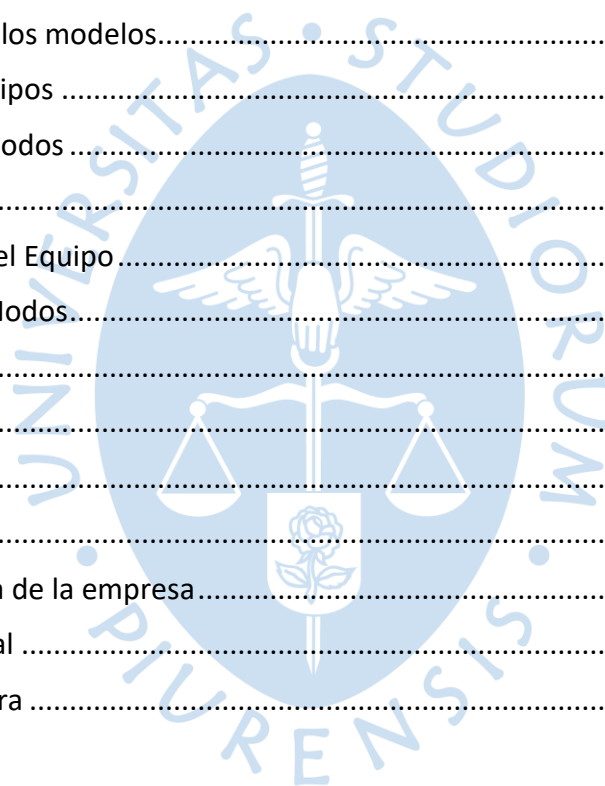
Durante el análisis de los procesos se identificaron actividades críticas para la gestión del área que no se habían identificado previamente, otras quedan desplazadas como parte del alcance de otras áreas, y otras se eliminan. Adicionalmente, se identifican documentos y registros necesarios para el control del área que tampoco estaban formalizados.



## Tabla de contenido

Introducción .....	13
Capítulo 1 Aspectos generales .....	15
1.1. Descripción del contexto.....	15
1.1.1. El sector construcción en el Perú.....	15
1.1.2. La empresa .....	18
1.1.3. El área de equipos.....	20
1.2. Formulación del problema.....	22
1.3. Objetivos .....	23
1.3.1. Objetivo general.....	23
1.3.2. Objetivos específicos.....	23
Capítulo 2 Marco teórico y metodológico .....	25
2.1. Revisión histórica .....	25
2.1.1. Antecedentes: la división y la integración de labores.....	25
2.1.2. Tres tradiciones en la gestión de procesos .....	27
2.2. Conceptos generales de la gestión de procesos .....	31
2.2.1. Definición de proceso.....	31
2.2.2. Justificación de la gestión de procesos .....	31
2.2.3. Medir la efectividad de los procesos .....	33
2.2.4. La arquitectura de procesos.....	34
2.2.5. Niveles de la gestión de procesos en la organización .....	36
2.3. IDEF0.....	36
2.3.1. Breve reseña histórica.....	37
2.3.2. ¿Qué es IDEF0?.....	38
2.3.3. ¿Por qué usar IDEF0? .....	53
2.3.4. Limitaciones en la metodología IDEF0 .....	57
Capítulo 3 Análisis de los procesos actuales .....	59

3.1. Gestión de equipos dentro de la arquitectura de procesos .....	59
3.1.1. Arquitectura de procesos dentro de la empresa .....	59
3.1.2. Control de documentos y formatos .....	63
3.1.3. Lugar del proceso de gestión de equipos en la arquitectura.....	63
3.2. Análisis de proceso de gestión de equipos .....	65
3.2.1. Categorización de equipos .....	66
3.2.2. Documentos y formatos del Área de Equipos.....	67
3.2.3. Proceso de gestión de equipos. ....	68
3.2.4. Proceso de mantenimiento de equipos .....	75
Capítulo 4 Procesos propuestos.....	81
4.1. Descripción de los modelos.....	81
4.2. Alquiler de Equipos .....	82
4.2.1. Índice de nodos .....	82
4.2.2. Modelo .....	84
4.3. Ciclo de Vida del Equipo.....	98
4.3.1. Índice de Nodos.....	98
4.3.2. Modelo .....	99
Conclusiones.....	109
Recomendaciones .....	111
Lista de referencias .....	113
Anexo 1. Organigrama de la empresa.....	117
Organigrama central .....	117
Organigrama de obra .....	118



## Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> CIU F: Construcción .....	16
<b>Tabla 2.</b> Indicadores del Área de Equipos .....	21
<b>Tabla 3.</b> Tabla comparativa de distintas tradiciones en la gestión de procesos y sus aportes	28
<b>Tabla 4.</b> Comparación de métricas nivel 1 de SCOR con los tres niveles de efectividad de un proceso .....	33
<b>Tabla 5.</b> Familias de equipos y subfamilias de ejemplo .....	67
<b>Tabla 6</b> Formatos utilizados en el Área de Equipos .....	68
<b>Tabla 7.</b> Documentos del subproceso de Requerimiento y Selección .....	69
<b>Tabla 8.</b> Documentos del subproceso de Movilización .....	70
<b>Tabla 9.</b> Documentos del subproceso de Recepción .....	71
<b>Tabla 10.</b> Documentos del subproceso de Control en Obra .....	72
<b>Tabla 11.</b> Documentos del subproceso de Mantenimiento Rutinario .....	75
<b>Tabla 12.</b> Documentos del subproceso de Mantenimiento Preventivo .....	77
<b>Tabla 13.</b> Documentos del subproceso de Mantenimiento Correctivo .....	78
<b>Tabla 14.</b> Documentos del subproceso de Mantenimiento y Calibración de IMEs .....	79



### Lista de gráficos

<b>Gráfico 1.</b> Variación del PBI Construcción.....	17
<b>Gráfico 2.</b> Principales indicadores macroeconómicos del sector construcción .....	17
<b>Gráfico 3.</b> Comparación en la búsqueda de IDEF0 (celestes) y BPMN, una metodología popular para modelar procesos basada en flujo, en Google.....	37

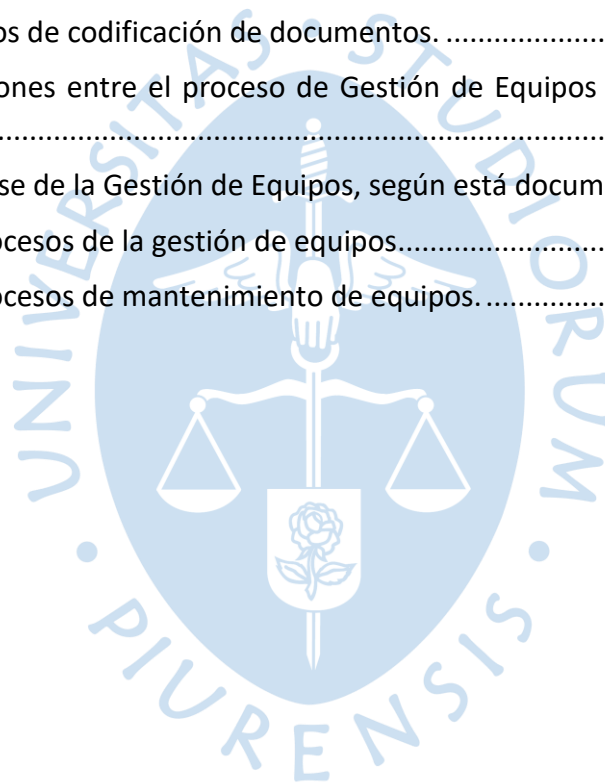




## Lista de ilustraciones

<b>Ilustración 1.</b> Jerarquía de procesos en una organización .....	35
<b>Ilustración 2.</b> Niveles de gestión de procesos en la organización .....	36
<b>Ilustración 3.</b> En un modelo IDEF0, las cajas representan una función.....	40
<b>Ilustración 4.</b> Las flechas representan objetos o datos.....	41
<b>Ilustración 5.</b> El rol de cada objeto en la función está determinado por la posición de la flecha en relación a la caja.....	42
<b>Ilustración 6.</b> Las flechas pueden bifurcarse o unirse, para representar la agrupación o des agrupación de objetos.....	43
<b>Ilustración 7.</b> Las flechas pueden ser internas o frontera .....	44
<b>Ilustración 8.</b> Las flechas frontera pueden ser visualizadas en el diagrama padre .....	44
<b>Ilustración 9.</b> Las flechas frontera llevan un código que permite identificarlas en el diagrama padre .....	45
<b>Ilustración 10.</b> Ejemplo cuando una flecha está “tunelada” del lado de la caja .....	46
<b>Ilustración 11.</b> Ejemplo cuando una flecha está “tunelada” del lado frontera .....	46
<b>Ilustración 12.</b> Las flechas túnel indican que una flecha no estará presente en un diagrama padre o hijo .....	46
<b>Ilustración 13.</b> Ejemplo de una caja utilizando una flecha de llamada. Se especifica el modelo y la caja a la que se está llamando .....	47
<b>Ilustración 14.</b> Ejemplo de diagrama A-0.....	48
<b>Ilustración 15.</b> Cada caja padre se detalla en un diagrama de nivel inferior .....	49
<b>Ilustración 16.</b> Puedes saber que una caja se detalla por la presencia de un DRE .....	50
<b>Ilustración 17.</b> Ejemplo de un índice de nodos.....	50
<b>Ilustración 18.</b> Ejemplo de un diagrama con un camino principal y caminos secundarios.....	52
<b>Ilustración 19.</b> Diagrama de flujo básico representando el proceso de preparar un huevo frito utilizando notación BPMN.....	53
<b>Ilustración 20.</b> Diagrama de restricciones básico representando el proceso de preparar un huevo frito utilizando IDEF0.....	54

<b>Ilustración 21.</b> Ejemplo de Diagrama IDEF0 que no puede ser representado por un diagrama de flujo. La flecha 211 (“Cambios y eventos inesperados”) no implica que la actividad 2 ha terminado.....	55
<b>Ilustración 22.</b> Diagrama IDEF0 en el que una actividad se ve interrumpida antes de terminar; continúa cuando el equipo está reparado .....	55
<b>Ilustración 23.</b> Un diagrama de flujo tradicional no tiene un mecanismo para controlar la interrupción de un flujo. BPMN, una notación más moderna, utiliza un evento adjunto. ....	56
<b>Ilustración 24.</b> Mapa de procesos de la empresa .....	60
<b>Ilustración 25.</b> Procesos operativos.....	60
<b>Ilustración 26.</b> Procesos de soporte. ....	61
<b>Ilustración 27.</b> Procesos estratégicos .....	62
<b>Ilustración 28.</b> Criterios de codificación de documentos. ....	63
<b>Ilustración 29.</b> Relaciones entre el proceso de Gestión de Equipos y otros procesos, según están documentadas.....	65
<b>Ilustración 30.</b> Desglose de la Gestión de Equipos, según está documentada .....	66
<b>Ilustración 31.</b> Subprocesos de la gestión de equipos.....	68
<b>Ilustración 32.</b> Subprocesos de mantenimiento de equipos.....	75



## Introducción

El sector construcción en el Perú ha sufrido una serie de reveses. La inestabilidad política, los escándalos en torno a las principales empresas constructoras de la región, la crisis asiática, entre otros, lo han golpeado duramente. Para una actividad económica que sufre de ser cíclica y que tiende a bajos márgenes, ha implicado el cierre o transformación de las empresas que componen el sector.

Para mantenerse competitivas, las empresas de construcción han adoptado metodologías de gestión basadas en procesos; no solo por su utilidad como herramienta de análisis y mejora continua, sino por el valor comercial que tiene. Los clientes de las empresas de construcción suelen requerir que estas garanticen la calidad de sus servicios mediante certificados de gestión en diversos ámbitos: calidad, seguridad, gestión ambiental, ..., estos, a su vez, requieren que la empresa implemente algún tipo de gestión de procesos.

Un riesgo en los sistemas de gestión de procesos es que se vuelvan máquinas generadoras de burocracia. Con frecuencia, se establece el objetivo de documentar los procesos de la organización; pero éstos, cuando menos, quedan archivados sin ninguna utilidad práctica, y, en el peor de los casos, se vuelven una barrera a la innovación y agilidad en la empresa.

El análisis de procesos nunca es un fin en sí mismo, sino una herramienta utilizada para optimizar las operaciones de la organización. La documentación generada es un producto necesario pero secundario de esta labor.

El presente trabajo analiza la gestión de procesos en el área de maquinaria y equipos de una empresa de construcción peruana. Fruto del análisis, se plantea un rediseño de los procesos del área que capture realmente las labores que se realizan y, como consecuencia, brinde mayor visibilidad sobre ésta a la gerencia de la empresa.

Para analizar y diagramar los procesos se usa la metodología IDEF0, la cual es poco común en su uso, pero brinda una serie de ventajas conceptuales sobre otras metodologías de análisis de procesos. Un objetivo secundario de la tesis es profundizar, argumentar a favor y discutir sobre el uso de esta metodología y otras posibles alternativas.

El primer capítulo describe el contexto del sector construcción, la empresa y el área de equipos. Posteriormente, se formulan los principales problemas y los objetivos de la tesis.

En el segundo capítulo se establece el marco teórico y metodológico sobre el cual se elabora la tesis. En este capítulo es donde se abordan cuestiones conceptuales de la gestión de procesos y el análisis de procesos, y se argumenta a favor de la metodología IDEF0. Se realiza una explicación detallada sobre sus premisas básicas y herramientas de diagramación.

Una vez establecido el marco teórico y metodológico, se procede a analizar los procesos de la organización tal como se establecen actualmente en su sistema de gestión de la calidad e identificar problemas asociados. Este es el objetivo del tercer capítulo.

El cuarto capítulo presenta una propuesta de procesos utilizando la metodología IDEF0. Se espera que el modelo planteado sirva como referencia de un modelo IDEF0 en concordancia con su estándar internacional.

Finalmente, el quinto capítulo documenta las conclusiones del trabajo y las recomendaciones para trabajos futuros y posibles líneas de investigación.



## **Capítulo 1**

### **Aspectos generales**

#### **1.1. Descripción del contexto**

##### **1.1.1. El sector construcción en el Perú**

**1.1.1.1. Definición del sector.** Con el objeto de poder cuantificar los hechos económicos, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) debe elaborar esquemas que estructuren y agrupen la información estadística en el Perú. Respecto al aparato productivo del país, la institución adopta la cuarta revisión de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), elaborada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (INEI, 2010).

La sección F de dicha clasificación define las actividades de construcción: “Las actividades corrientes de construcción abarcan la construcción completa de viviendas, edificios de oficinas, locales de almacenes y otros edificios públicos y de servicios, locales agropecuarios, etc., y la construcción de obras de ingeniería civil, como carreteras, calles, puentes, túneles, líneas de ferrocarril, aeropuertos, puertos y otros proyectos de ordenamiento hídrico, sistemas de riego, redes de alcantarillado, instalaciones industriales, tuberías y líneas de transmisión de energía eléctrica, instalaciones deportivas, etcétera.” (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la ONU, 2009) (Ver Tabla 1 en la siguiente página).

Sección F: Construcción			
División	Grupo	Clase	Descripción
<b>41</b>			<b>Construcción de edificios</b>
	410	4100	Construcción de edificios
<b>42</b>			<b>Obras de ingeniería civil</b>
	421	4210	Construcción de carreteras y vías de ferrocarril
	422	4220	Construcción de proyectos de servicio público
	429	4290	Construcción de otras obras de ingeniería civil
<b>43</b>			<b>Actividades especializadas de construcción</b>
	431		Demolición y preparación del terreno
		4311	Demolición y preparación del terreno
		4312	Preparación del terreno
	432		Instalaciones eléctricas y de fontanería y otras instalaciones para obras de construcción
		4321	Instalaciones eléctricas
		4322	Instalaciones de fontanería, calefacción y aire acondicionado
		4329	Otras instalaciones para obras de construcción
	433	4330	Terminación y acabado de edificios
	439	4390	Otras actividades especializadas de construcción

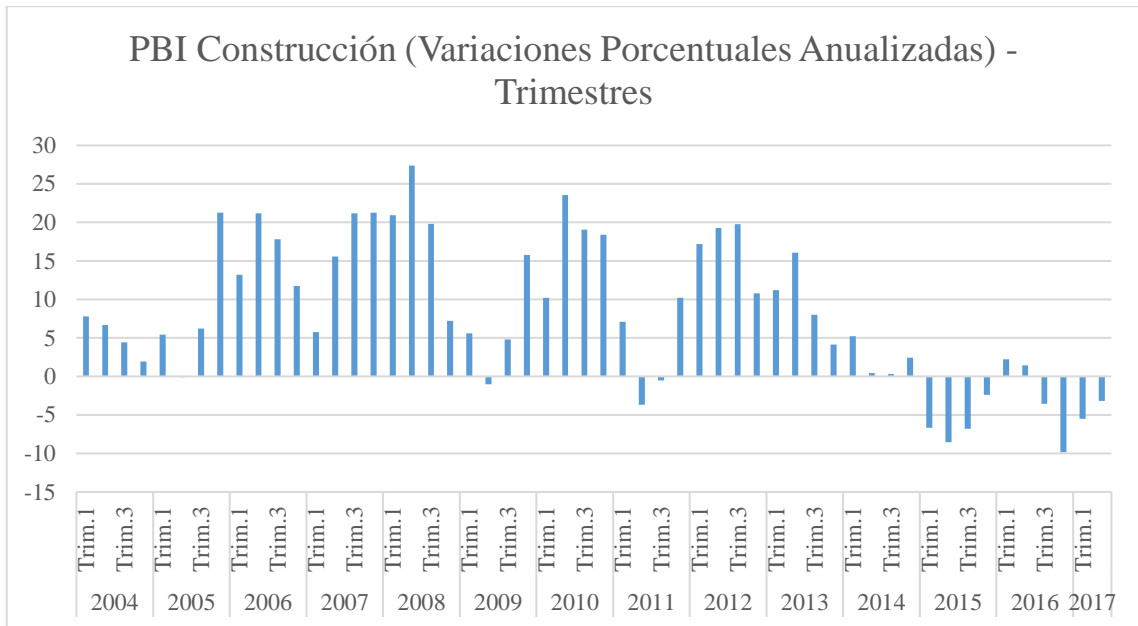
**Tabla 1.** CIIU F: Construcción.

Fuente: (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la ONU, 2009); Elaboración propia.

**1.1.1.2. Situación y tendencias de la construcción en el Perú.** Gutiérrez y Oliva destacan la relevancia que tienen las actividades de construcción en el Perú (2010):

*El sector de la construcción en Perú es una de las actividades económicas más importantes del país. A lo largo de los años ha sido una unidad de medición del bienestar económico nacional. El sector de la construcción tiene un efecto multiplicador: se generan cuatro puestos de trabajo en otros sectores por cada puesto en la construcción y se pagan tres dólares en sueldos en otros sectores por cada dólar gastado en remuneraciones para la construcción.*

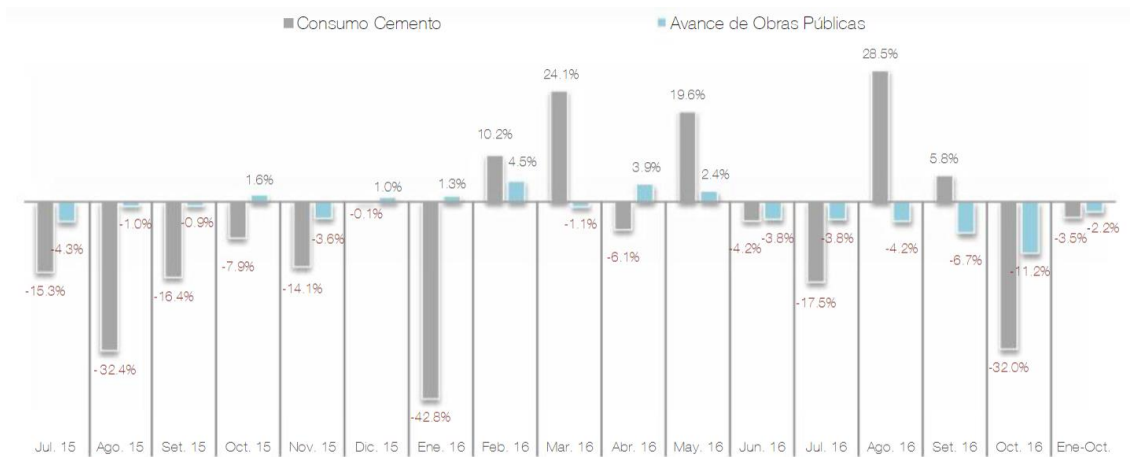
Sin embargo, al realizar este trabajo, el sector construcción se hallaba en el momento posterior al final de un largo periodo de crecimiento que inició en el año 2004, tuvo su mejor momento en el 2013 y finalmente comenzó a desacelerar a comienzos de 2015 (Gráfico 1).



**Gráfico 1.** Variación del PBI Construcción.

Fuente: (BCRP, 2018); Elaboración propia.

El desempeño real del sector era, incluso teniendo en cuenta el decrecimiento, menor al esperado según reportaba la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO). Esto se veía reflejado también en la evolución de sus principales indicadores macroeconómicos: el consumo de cemento y el avance de obras públicas (Gráfico 2).



**Gráfico 2.** Principales indicadores macroeconómicos del sector construcción.

Fuente: INEI; Elaboración: CAPECO

Algunas de los eventos que los expertos nombraban como razones eran (Belletich, 2016):

- la crisis asiática;
- los eventos políticos de las últimas elecciones regionales;
- el cambio de gobierno central;
- la alerta de un posible Fenómeno del Niño Costero;
- la falta de institucionalidad del sector.

Adicionalmente, entre finales y mediados del año 2016 se reveló uno de los escándalos de corrupción más grandes de América Latina, originado por la gestión de varias empresas de construcción nacionales e internacionales (RPP, 2017). Este evento tuvo un impacto muy fuerte en la inversión y desarrollo del sector (CAPECO, 2017).

La situación también afectó negativamente la tasa de empleo en construcción. En un año, entre el primer trimestre de 2016 y el primer trimestre de 2017, hubo una reducción de 8,8% de la fuerza laboral dedicada a la construcción en Lima Metropolitana (INEI, 2017).

**1.1.1.3. Alquiler de maquinaria como parte de las actividades de construcción.** El objetivo de la presente tesis consiste en analizar los procesos de gestión de maquinaria. Por este motivo, es relevante precisar cómo se califican las actividades de alquiler de equipos de construcción en la CIIU.

Según la clasificación, se distingue el alquiler de equipos con operario del alquiler sin operario. En el primer caso, las actividades son parte de las actividades regulares de construcción, es decir, pertenecen a la Sección F del CIIU. En cambio, si el alquiler de los equipos es sin operario, se considera un rubro distinto. Para este caso se clasifica en la Sección N (Actividades de Servicios Administrativos y de Apoyo), División 77 (Actividades de Alquiler y Arrendamiento), Grupo 773 (Alquiler y Arrendamiento de otros tipos de Maquinaria, Equipos y Bienes Tangibles) (INEI, 2010).

Las empresas de construcción suelen alquilar su maquinaria disponible, ya sea con o sin operario. Adicionalmente, hay empresas que se dedican solamente al alquiler de la maquinaria. Algunos de los grandes jugadores en el Perú son: UNIMAQ, SK Rental, CGM Rental, AMECO, etc.

### **1.1.2. La empresa**

La empresa en la que se desarrolla el trabajo es una empresa nacional que se dedica a la construcción y supervisión de obras civiles, tales como plantas industriales, reservorios, edificaciones para vivienda y educación, movimiento de tierras, etc. Se especializa en las estructuras de concreto realizadas por medio de encofrados deslizantes, siendo la primera y única empresa del país que usa este método.

En el Anexo 1 se puede ver el Organigrama de la empresa.

#### **1.1.2.1. Visión y misión**

**1.1.2.1.1. Visión.** Ser una empresa líder en el sector construcción, reconocida por el cumplimiento de sus compromisos, capacidad técnica, comportamiento ético, compromiso con la calidad, seguridad y medio ambiente.

Lograr las mejores condiciones de trabajo y desarrollo para nuestros colaboradores y la mayor rentabilidad para nuestros accionistas.

**1.1.2.1.2. Misión.** Brindar servicios especializados de diseño, supervisión y construcción de estructuras civiles a nivel nacional, buscando la satisfacción completa del cliente y el desarrollo integral de nuestros colaboradores.

Distinguirnos por nuestra capacidad técnica y comportamiento ético.

### **1.1.2.2. Gestión de la calidad**

**1.1.2.2.1. Política de Calidad.** Comprometerse con la satisfacción de sus clientes y colaboradores, basado en su comportamiento ético y liderazgo técnico, cumpliendo los requisitos legales aplicables y buscando la eficacia y mejora continua en todos sus procesos.

#### **1.1.2.2.2. Objetivos de Calidad**

1. Conocer los puntos débiles para mejorar la satisfacción del cliente.
2. Fidelizar los clientes, recurrencia en la contratación.
3. Contar con personal identificado con la empresa y satisfecho en su trabajo, promoviendo su desarrollo personal y profesional.

**1.1.2.2.3. Procesos e indicadores.** La empresa tiene un mapa de procesos en el que se identifican doce macroprocesos. Sin embargo, en su actual forma, algunos de estos macroprocesos no corresponden a una definición estricta de proceso, sino que son más bien grupos de procesos. No tienen un inicio y fin claro, ni las actividades se alinean correctamente a un solo objetivo. En el Capítulo 3 se discutirá esto más extensamente.

Como parte de los esfuerzos de su SGC, la empresa tiene también una planilla de indicadores que utiliza para hacer seguimiento a sus operaciones. Cada macroproceso tiene entre dos y cinco indicadores. En el presente trabajo nos enfocaremos exclusivamente en los indicadores que corresponden al área de equipos.

**1.1.2.2.4. Descripción de la situación.** En el momento en que se realiza este trabajo, la empresa se veía profundamente afectada por los eventos que sacudían todo el sector. Algunos de los problemas que enfrentaba son los siguientes:

- Se llevaba varios meses sin ganar una nueva licitación;
- un proyecto ya terminado tenía contratiempos para ser cerrado, desviando una cantidad considerable de recursos de la empresa;
- el único proyecto en ejecución estaba operando en pérdida;
- un cliente que no reconocía pagos pendientes a la empresa por un monto elevado había llevado a un proceso de arbitraje que estaba en curso.

Inevitablemente, la situación tuvo como consecuencia una serie de reducciones en la planilla de la empresa, integrando responsabilidades sobre unas pocas personas.

La empresa abordaba en el momento, además, dos proyectos estratégicos de especial relevancia:

1. la implementación de un sistema de ERP (*Enterprise Resource Planning*) especializado para empresas de construcción;
2. la recertificación de un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) bajo la norma ISO 9001.

Respecto al punto uno, primero se había intentado utilizar el sistema SAP. Este intento de implementación fracasó después de dos años en el intento. Posteriormente, se retomó la iniciativa con el sistema S10, producto de una empresa nacional. Algunos de los retos que debían enfrentarse eran:

- implementar la infraestructura tecnológica necesaria para ejecutar el ERP, sea la oficina principal, el almacén central y las instalaciones de los distintos proyectos;
- hacer los procesos de la empresa compatibles con el nuevo sistema;
- capacitar a las personas en los cambios;
- dar seguimiento y controlar la ejecución de los procesos modificados;
- aprender y designar personas que gestionen la nueva infraestructura tecnológica.

Respecto al segundo punto, si bien la empresa ya había obtenido la certificación del SGC, se hallaba en una etapa de transferencia en la cual la organización certificadora hace un seguimiento regular a las actividades. La relación entre el sistema de ERP y la gestión por procesos en una empresa (parte de los requerimientos del SGC) hace que los problemas del primer punto afecten al segundo. Las labores a realizar para cumplir con este segundo punto eran:

- revisar, cambiar y crear nuevos procesos en la empresa;
- añadir nuevos formatos de control;
- dar seguimiento a los procesos para recopilar la información necesaria según los requerimientos de la norma ISO 9001;
- cambios en la norma ISO 9001, entre la versión 2008 y la 2015.

### **1.1.3. El área de equipos**

Según el organigrama de la empresa (Ver Anexo 1), el área tiene un jefe de equipos, un asistente y un mecánico. El jefe de equipos depende directamente del gerente de operaciones. Los demás puestos que tienen alguna función respecto a la maquinaria o equipos en la empresa forman parte de los organigramas de las distintas obras; las funciones principales suelen recaer sobre el administrador de obra, el almacenero, el controlador de equipos y el operador.

El área tiene como objetivo: “efectuar una adecuada gestión de los equipos, velando por su buen uso y adecuado control, permitiendo asegurar el mantenimiento oportuno y la disponibilidad de los mismos al momento de ser requeridos.”

**1.1.3.1. Procesos e indicadores.** Según el mapa de procesos de la empresa, el área de equipos es responsable de un macroproceso: la Gestión de Equipos. Este macroproceso tiene a su vez dos procesos, la Gestión de Equipos en sí, y la Gestión del Mantenimiento de Equipos. El detalle de los procesos se verá en el Capítulo 3.

Como parte del SGC, el área define tres indicadores para su gestión. En la siguiente tabla se detallan los indicadores, junto con el proceso al que le hacen seguimiento:

Indicador	Proceso
% de equipos recibidos conformes	Gestión de Equipos
Cumplimiento de entrega en fecha requerida	Gestión de Equipos
Cumplimiento de plan de mantenimiento preventivo	Gestión de Mantenimiento de Equipos

*Tabla 2. Indicadores del Área de Equipos. Elaboración Propia.*

Si bien estos indicadores están definidos formalmente en la documentación, recién se habían implementado y se hallaban en observación por parte de la dirección y la entidad certificadora de ISO 9001 debido al método de cálculo y la calidad de la data utilizada. La descripción de la situación actual en el área explicada a continuación se limita, por tanto, a la recapitulación histórica de hechos en el área, conversaciones con la gerencia de la empresa y apreciaciones personales del tesista.

**1.1.3.2. Descripción de la situación.** La reducción de operaciones tuvo como consecuencia la salida del asistente de operaciones primero y, al poco tiempo, la del jefe de equipos. Sus responsabilidades quedaron repartidas entre:

- el gerente de operaciones, quien se encargaba de supervisar los gastos del área y los alquileres;
- el jefe de logística, quien supervisaba los pedidos, movilizaciones y mantenimientos;
- el responsable de almacén, el cual llevaba la documentación y realizaba un seguimiento de los equipos;
- la encargada de mejora continua, quien procuraba el cumplimiento de los procedimientos.

Dada la baja actividad en el momento, el impacto inicial del recorte de personal en el área de equipos no fue significativo. Se esperaba que, cuando se reactive la empresa, se vuelvan a retomar los puestos.

El área tenía, sin embargo, observaciones pendientes de resolver respecto al proceso de certificación del SGC y algunas actividades que no estaban siendo registradas a tiempo y debían regularizarse.

**1.1.3.3. Importancia de la gestión de equipos.** Según Tavakole, Taye y Erktin (1989) las políticas de gestión de la maquinaria en una empresa de construcción tienen un gran impacto en su rentabilidad. Por este motivo, las organizaciones deben poner especial énfasis en que esta se realice correctamente.

La necesidad de políticas enfocadas en el control de los equipos se ve enfatizada por los siguientes factores:

1. El tamaño y valor del parque de maquinaria está bajo el control de un solo gerente.
2. Los contratos de construcción requieren de grandes inversiones en equipos.
3. La complejidad de cada máquina debido al incremento tecnológico.
4. La disponibilidad de sistemas informáticos para el control y gestión.
5. La presión de la competencia por adoptar nuevos métodos.

Algunos de los elementos que se deben contemplar al planificar la gestión de la maquinaria son:

- financiamiento,
- análisis de reemplazos,
- estandarización de los equipos,
- manejo de inventario,
- mantenimiento,
- seguridad.

Schexnayder y David (2002) consideran que los cambios más probables en la gestión de equipos en el futuro se deberán a la facilidad que nos traerá la tecnología para recopilar y analizar información respecto a la productividad, eficiencia y mantenimiento.

## **1.2. Formulación del problema**

En conversación con la gerencia de la empresa, se identificaron y priorizaron tres problemas en la gestión de maquinaria de la organización.

1. Se realizan actividades críticas para la gestión de equipos que no están identificadas en el flujo de trabajo y no se gestionan ni controlan correctamente.
2. La gestión de los equipos no está integrada al ERP de la empresa y utiliza formatos y plantillas de control redundantes, propensas al error e ineficientes.
3. No se conoce cuánto contribuye la gestión de la maquinaria a la rentabilidad de la empresa, o si es rentable siquiera.

### 1.3. Objetivos

**1.3.1. Objetivo general.** Generar un mayor entendimiento respecto a la gestión de equipos en la organización

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar los procesos, mecanismos, indicadores y formatos actuales con los que se realiza la gestión de equipos (AS-IS)
- Realizar una revisión profunda de la metodología IDEF0 y sus beneficios
- Identificar los problemas actuales en la gestión de equipos
- Actualizar la documentación de los procesos actuales





## Capítulo 2

### Marco teórico y metodológico

#### 2.1. Revisión histórica

##### 2.1.1. Antecedentes: la división y la integración de labores

Podemos encontrar una primera referencia a la división de labores en el siglo IV AC, en palabras del filósofo Jenofonte:

*En una ciudad pequeña el mismo hombre debe hacer camas, sillas, arados y mesas, y con frecuencia construir casas también; aun así tendrá suerte si puede encontrar suficientes empleadores en todos estos oficios para mantenerlo. Ahora, es imposible que un solo hombre trabajando en una docena de profesiones pueda hacerlas todas bien; pero en las grandes ciudades, debido a la gran demanda de cada cosa en particular, una sola profesión es suficiente como medio de subsistencia, y con frecuencia incluso una sola parte de esa profesión; hay zapateros que solo hacen sandalias para hombres y otros solo para mujeres. Un artesano podrá ganarse la vida simplemente cosiendo zapatos, otro cortándolos, un tercero dándole forma al cuero superior, y un cuarto no hará nada más que juntar las partes. Necesariamente el hombre que dedica todo su tiempo y esfuerzo en la tarea más pequeña hará esa tarea mejor.*

La división de labores es una respuesta del hombre a su propia limitación para satisfacer efectivamente todas sus necesidades por sí solo. Podemos suponer que la división de labores se origina en el mismo momento en que el hombre comienza a vivir en sociedad (Juran & Godfrey, 1999).

La principal ventaja del fraccionamiento del trabajo es la especialización. Agrupando actividades semejantes no solamente se logra una mejora en la capacidad de realizar dicho trabajo, sino que se facilita el desarrollo de técnicas y herramientas que facilitan la labor. Es así como es posible distinguir entre distintas sociedades primitivas precisamente por los métodos que utilizaron para elaborar tejidos, cerámicos y otros artículos característicos a su comunidad (Harmon, 2007).

Muchos siglos más adelante, en los inicios del análisis económico, William Petty describe por primera vez las ventajas económicas de la división de labores. En *Political*

*Arithmetick* describe cómo es posible que Holanda, una nación con menor cantidad de habitantes y menor área disponible, puede generar mayor riqueza que sus vecinos debido a la forma en la que organizan el trabajo (Petty, 1676).

En 1761, Henri Duhamel nos muestra por primera vez el uso de la división de labores en un proceso de manufactura y su impacto en el precio de los alfileres. Fue, sin embargo, Adam Smith quien puso la división y especialización del trabajo como el eje central de la organización económica y el factor principal para el incremento de productividad en una nación (1776).

En el momento en que Adam Smith escribe *La Riqueza de las Naciones*, la sociedad industrial se encontraba recién en sus inicios. En cambio, sesenta años después, cuando Charles Babbage escribe *Economía de las Máquinas y Manufacturas*, la revolución industrial inglesa había seguido su curso en suficiente medida como para permitir un análisis más detallado del impacto de la división de labores en el ámbito manufacturero (Rosenberg, 1997).

Es por las reflexiones de Babbage que debemos detenernos un momento. Hemos hablado de la división y la especialización como características de la organización del trabajo, pero no hemos hecho mención de cómo esto se relaciona con la gestión de procesos. Llama la atención la ausencia de una disciplina o cuerpo de conocimiento que aborde la división de labores de manera sistemática a pesar de ser una práctica que se realiza desde los orígenes de la sociedad.

Nos dice Babbage: *“La sociedad tiene que haber logrado avances considerables antes de que este principio [la división de labores] pueda llegar a las fábricas; porque es solo en los países que han obtenido un alto grado de civilización, y en artículos en los que hay mucha competencia entre los productores, que se pueden observar los sistemas de división de labores más perfectos.”* (Babbage, 1832, pág. 146)

Uno de los puntos centrales de su análisis es la necesidad de grandes volúmenes de producción para poder aprovechar los beneficios de una división de labores más refinada (Rosenberg, 1997). Es curioso, sin embargo, que al hablar de los beneficios no se haga referencia también a los retos que provienen de un fraccionamiento cada vez mayor del trabajo.

Si bien la división de labores se ha practicado artesanalmente durante milenios, no es sino cuando se alcanza un nivel lo suficientemente alto de productividad o complejidad que esta, siendo una solución en sí misma, comienza a ser problemática. En primer lugar, porque se vuelve más urgente identificar la mejor forma de dividir el trabajo entre todas las formas posibles. En segundo lugar, porque es necesario optimizar las labores de cada parte sin perjudicar el conjunto. Finalmente, porque la integración del trabajo se hace cada vez más compleja de gestionar.

Babbage nos daría luces al respecto al decir que el fabricante debe preocuparse no solo con los aspectos propios de la elaboración de un producto, sino de la optimización de todo el sistema productivo (Babbage, 1832, pág. 109).

¿Cómo hacer esto? Tenemos que esperar a Frederick Taylor para que finalmente se comience a contestar esta pregunta de manera sistemática (Taylor, 1911). Hasta este punto era conocido el beneficio de la división y especialización de labores, y Smith y Babbage ciertamente abordan la cuestión de dónde se origina el incremento productivo, pero no se menciona cómo lograr esos incrementos. Respecto a la especialización, por ejemplo, el análisis se limita a la destreza generada por la repetición de una actividad; Taylor, en cambio, cae en cuenta de la diferencia en los métodos de trabajo entre un operario de alto performance y los de uno de bajo performance. Estos métodos pueden ser estudiados, optimizados y finalmente estandarizados en toda la fuerza laboral.

Lo que Jenofonte ya comentaba en el Siglo IV AC, la necesidad de grandes volúmenes productivos para perfeccionar cada parte del trabajo, no da lugar a sus consecuencias últimas sino hasta bien avanzada la revolución industrial. En *Principios de la Administración Científica* Taylor sienta las bases por primera vez de una serie de principios que darán origen a la ingeniería industrial y, con ella, de la gestión de procesos como medio para optimizar el trabajo.

Otros ingenieros de inicios del Siglo XX realizarán aportes significativos a la disciplina: los esposos Frank y Lillian Gilbreth, quienes desarrollaron los diagramas de flujo de proceso y el estudio de micro movimientos; Henry Gantt, famoso por el diagrama que lleva su nombre; Carl Barth; Hamilton Emerson; entre otros (Niebel, 1993).

**2.1.2. Tres tradiciones en la gestión de procesos.** Paul Harmon categoriza los avances en la gestión de procesos en tres grandes grupos o tradiciones de desarrollo. Estas tradiciones no son para ser tomadas tajantemente, ya que están interrelacionadas y se desarrollan en paralelo (Harmon, 2007); sin embargo, son una buena herramienta para estructurar los distintos avances.

Primero, una estrechamente relacionada a la gestión de la calidad y la investigación de operaciones que tiene como foco la mejora continua y el control de calidad. En segundo lugar, una tradición que tiene sus orígenes en la administración de empresas, la estrategia organizacional y el rediseño de procesos. Las tendencias más recientes en la gestión de procesos tienen un enfoque en la automatización de procesos y están vinculadas principalmente a las Tecnologías de la Información.

Tradición	Origen	Enfoque	Aportes
Gestión de la calidad e investigación de operaciones	Manufactura, operaciones	Control y mejora de procesos	- Estudio de métodos y tiempos - TQM - Six Sigma - Lean - Control Estadístico de Procesos
Estrategia organizacional y rediseño de procesos	Alta gerencia	Rediseño de procesos	- Cadena de valor de Porter - Reingeniería de procesos - SCOR - IDEFO - Costeo ABC
Software de gestión de procesos	Sistemas (TI)	Automatización de procesos	- Software Empresarial (ERP, CRM) - BPMS, BPMN - RPA

**Tabla 3.** Tabla comparativa de distintas tradiciones en la gestión de procesos y sus aportes.  
Fuente: Harmon, 2007; Elaboración propia.

**2.1.2.1. Primera tradición: Gestión de la calidad e investigación de operaciones.** Esta tradición nace en el ámbito industrial y manufacturero. Es la más antigua de las tres y la que se vincula de manera más directa con los avances revisados en los antecedentes. A principios del Siglo XX, poco después de los aportes de Taylor, Gilbreth, Gantt, etc., pero motivados también por el incremento de los volúmenes producidos en las industrias, se realizaron avances significativos en el control estadístico de procesos, como las gráficas de control desarrolladas por Walter Shewhart, el muestreo y el diseño de experimentos (Montgomery, 2009).

Estos avances fueron acogidos con mucho entusiasmo durante la Segunda Guerra Mundial y los años posteriores, como uno de los medios para facilitar la reconstrucción y el desarrollo productivo. Japón, acompañado del liderazgo de W. Edwards Deming y posteriormente de Joseph M. Juran, se convirtió en la nación estrella en el desarrollo de la calidad durante este periodo, y sentó las bases del movimiento del Gestión Total de la Calidad (TQM, por sus siglas en inglés) (Yong & Wilkinson, 2002).

Con la TQM, la calidad deja de ser una preocupación principalmente de las áreas manufactureras y toma relevancia en toda la organización. De la misma forma, ya no se fundamenta solamente en herramientas estadísticas, sino que es reforzada por una serie de prácticas que abarcan a todos en la empresa (Yong & Wilkinson, 2002).

Dos enfoques muy populares que pertenecen a esta tradición son Six Sigma y Lean. Six Sigma inició como un método de control de calidad con un alto componente estadístico, pero ha evolucionado hasta convertirse en un modelo de mejora continua de procesos (Juran & Godfrey, 1999). Lean también utiliza herramientas estadísticas, pero a diferencia de Six Sigma que está orientado a la consistencia de los resultados del proceso, este busca reducir los

costos y desperdicios generados (Juran & Godfrey, 1999). Recientemente ambos enfoques se fusionan, dando origen a Lean Six Sigma (Harmon, 2007).

Otro aporte significativo que aporta a esta tradición es el de las normas de estandarización. Las primeras instituciones de estandarización aparecen en Inglaterra, también a principios del Siglo XX. Sin embargo, no cobran fuerza hasta los años 50 (Yong & Wilkinson, 2002). El cuerpo de estandarización más importante en el mundo es la Organización Internacional para la Estandarización (ISO). Esta emite estándares para todo tipo de actividades y productos del quehacer humano; pero los más relevantes y populares para la gestión de la calidad son los que pertenecen a la familia de estándares que norman, precisamente, los Sistemas de Gestión de Calidad: los ISO 9000.

**2.1.2.2. Segunda tradición: Estrategia organizacional y rediseño de procesos.** En 1985 Michael Porter propone el concepto de la cadena de valor. Porter sostiene que todas las actividades en una organización deben alinearse formando una cadena que se alinea con la estrategia y las necesidades del consumidor.

Durante el mismo periodo, Geary Rummler escribe sobre las limitaciones en la concepción tradicional que se tiene de las empresas. La estructura jerárquica dependiente de departamentos funcionales tiene como consecuencia el aislamiento de cada uno de ellos. Las grandes pérdidas en las empresas se dan precisamente por la falta de coordinación entre las distintas áreas. Para solucionar esto, sostiene Rummler, es necesario concebir y gestionar los procesos interdepartamentales en la empresa (Rummler & Brache, 1991).

Con el desarrollo de la tecnología, gurús de la administración proponen que para aprovechar los nuevos avances, las empresas deben rediseñar sus procesos desde cero, un concepto que pasa a llamarse reingeniería (Davenport & Short, 1990) (Hammer, 1990).

La complejidad de concebir, organizar y mantener los procesos en una empresa tuvo como consecuencia la aparición de distintas herramientas, sistemas y diagramas que facilitan su documentación. Adicionalmente, aparecieron marcos de trabajo (*frameworks*) que estandarizan los distintos procesos que pueden darse y facilitan considerablemente el diseño de una arquitectura de procesos. El más conocido es el SCOR, que está limitado a los procesos en la cadena de suministro, y que ha conseguido gran popularidad (Harmon, 2007).

Uno de los conceptos vinculados fuertemente a esta tradición de la gestión por procesos es la de los Tableros de Mando o *Balanced Scorecard* (Harmon, 2007). Los Tableros de Mando buscan asignar métricas a los distintos objetivos de una organización de tal forma que se pueda realizar un seguimiento efectivo (Kaplan & Norton, 1992).

También es consecuencia del trabajo de Porter la aparición de los sistemas Costeo Basado en Actividades (*Activity Based Costing, ABC*). Este sistema es popular para determinar el costo real de producir un producto específico en función del proceso que utiliza, a diferencia de los sistemas de costeo tradicionales.

La metodología IDEF0, que se utilizará durante el presente trabajo, también puede considerarse como parte de esta tradición. Como se verá más adelante, esta fue desarrollada por las Fuerzas Aéreas Norteamericanas durante los años 70 como una herramienta para facilitar el análisis de sistemas productivos y poder elaborar sistemas computarizados (National Institute of Standards and Technology, 1993).

**2.1.2.3. Tercera tradición: La automatización y digitalización.** Un tercer enfoque, más moderno, tiene origen en los sistemas de software que aparecen a mediados de los 90. Dos tecnologías tienen especial relevancia en los orígenes de esta tradición (Harmon, 2007).

Primero, los sistemas de flujo de documentos. En estos sistemas se define el flujo que debe seguir un documento escaneado mientras pasa de un empleado a otro para que estos lo vean o aprueben. La mayoría de estos sistemas, aunque útiles para procesos basados en documentos, eran bastante limitados; sin embargo, sirvieron como base para próximos avances (Harmon, 2007).

Una segunda tecnología, que ha evolucionado y se mantiene vigente, es la de software empresarial *off-the-shelf* (empaquetados o genéricos). Destacan los sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*), que buscan consolidar toda la información de la empresa en un repositorio centralizado. En esta línea, otras suites de software son los CRM (*Customer Relationship Manager*), WMS (*Warehouse Management System*), entre otros. La implementación exitosa de estos softwares requiere adecuar los procesos de la organización al flujo predefinido por la aplicación. Muchas empresas descubren la necesidad de mapear sus procesos por primera vez al querer implementar estos sistemas (Harmon, 2007).

El principal énfasis de esta tradición es la digitalización de la información y la automatización de los procesos. Podemos identificar dos tecnologías relacionadas que actualmente tienen mucha relevancia vinculadas a estos conceptos: la RPA (*Robotic Process Automation*), que busca la robotización o automatización total de algunos procesos, o una parte de ellos, que son muy operativos o manuales, principalmente en la limpieza de datos o la generación de reportes; y los BPMS (*Business Process Management Systems*), que facilitan la creación de aplicaciones para gestionar los procesos (Harmon, 2007).

Otro aporte significativo de la relación entre la gestión de procesos y el desarrollo de sistemas nace de la necesidad de transmitir correctamente los requisitos del sistema. Se han desarrollado diversas notaciones que facilitan la documentación y comunicación de un proceso a los desarrolladores. Estas notaciones han trascendido su enfoque inicial de sistemas y son utilizadas ahora como herramientas de documentación de procesos en cualquier circunstancia. La más popular es la BPMN (*Business Process Model and Notation*).

## 2.2. Conceptos generales de la gestión de procesos

**2.2.1. Definición de proceso.** La literatura permite identificar distintas definiciones de proceso con características semejantes.

- Pall, 1986: Organización lógica de personas, materiales, energía, equipos e información en actividades de trabajo diseñadas para producir un resultado final requerido.
- Harmon, 2007 (1): Conjunto delimitado de actividades que se realizan en respuesta a un estímulo, para obtener un resultado.
- Harmon, 2007 (2): Conjunto de actividades que reciben y transforman una o más entradas, y generan una o más salidas.
- Davenport, 1990: Conjunto de tareas relacionadas lógicamente para obtener un resultado de negocio.
- ISO, 2015: Conjunto de actividades mutuamente relacionadas que utilizan entradas para proporcionar un resultado previsto.
- OMG, 2011: Secuencia o flujo de actividades en una organización con el objetivo de realizar un trabajo.

De las definiciones presentadas podemos distinguir los siguientes elementos:

- es una organización, conjunto o secuencia;
- está ordenado lógicamente en torno a un objetivo o resultado esperado;
- recibe y utiliza recursos o estímulos (entradas);
- está compuesto de paquetes discretos de trabajo llamados tareas o actividades, que transforman dichas entradas.

**2.2.1.1. Modelo de un proceso.** Es importante distinguir entre el proceso, tal como se da en la realidad, y el modelo del proceso. Para estudiar el comportamiento de un proceso en una organización se construye un modelo. Los modelos son representaciones simplificadas o idealizadas de fenómenos que suceden en la realidad con el objetivo de poder estudiar ese fenómeno (Frigg & Hartmann, 2016). La simplificación consiste remover del modelo todas las características que no son relevantes en el estudio del fenómeno en cuestión.

Las distintas notaciones y metodologías de análisis y diagramación de procesos difieren en qué información rescatan respecto al proceso y en cómo plasman esa información en el modelo.

**2.2.2. Justificación de la gestión de procesos.** Una revisión bibliográfica permite identificar dos motivos que justifican la gestión por procesos.

En primer lugar, se encuentra el interés por entender y gestionar mejor la capacidad de crear valor en la organización. Como dijo Geary Rummler en su famoso artículo *Managing the White Space*: “Una terrible cantidad de gerentes no entienden su negocio”. Conocen a sus clientes, sus productos e incluso a su competencia; sin embargo, no entienden su negocio, esto es, no entienden a suficiente nivel de detalle cómo es que sus empresas desarrollan,

producen, venden y distribuyen sus productos (Rummler & Brache, 1991). En el mismo artículo se propone la gestión de procesos en la organización como solución al problema.

El segundo motivo detrás de la gestión por procesos es la búsqueda constante por mejorar la eficiencia de la organización. Entender la organización como un conjunto de procesos interrelacionados permite optimizarlos y mejorar su desempeño (International Organization for Standardization, 2015).

**2.2.2.1. Retos de la gestión de procesos.** Dados los beneficios de la gestión por procesos, parecería obvio que los procesos correctamente gestionados son algo habitual en las empresas. Lo contrario parece ser lo normal (Juran & Godfrey, 1999).

Las organizaciones tienen que superar algunos retos que dificultan la gestión por procesos y, por lo tanto, la gestión efectiva de la empresa.

Un primer reto se encuentra en el nacimiento mismo de los procesos dentro de una empresa. ¿Por qué las empresas diseñan procesos ineficientes? La respuesta es: no lo hacen, simplemente suceden (Hammer, 1990). La forma en la que las empresas crecen naturalmente es a través de delegación en jerarquías funcionales (Juran & Godfrey, 1999), y conforme crecen, van solucionando los problemas que suceden en el día a día. Sin embargo, rara vez en la empresa se detienen a cuestionar realmente si la forma en la que realizan el trabajo es la más eficiente (Hammer, 1990).

Otro reto hace referencia a la responsabilidad transversal que necesitan los procesos. Tradicionalmente, cada parte de un proceso es responsabilidad de un departamento funcional, y el gerente de ese departamento rinde cuentas por esa parte del proceso. El problema está en que nadie es responsable por el proceso en conjunto. Los procesos más grandes, los cuáles involucran muchas áreas, son los más problemáticos (Juran & Godfrey, 1999). Por este motivo el dueño del proceso es uno de los conceptos más importantes en la gestión de procesos (Rummler & Brache, 1991).

Finalmente, existe un reto por el deterioro natural que tienen los procesos. Cuando se diseña un proceso este responde a una situación particular de la empresa, tanto internamente como externamente (Juran & Godfrey, 1999). Adicionalmente, se diseñó teniendo en cuenta los avances tecnológicos que estaban disponibles en el momento (Hammer, 1990). Con el tiempo cambia la situación de la empresa y se dan nuevos desarrollos tecnológicos que facilitan el trabajo. Un proceso tiene que gestionarse activamente para compensar este deterioro natural.

### 2.2.3. Medir la efectividad de los procesos

**2.2.3.1. Niveles de efectividad.** Según Juran (1999), la efectividad de un proceso se da en tres niveles o dimensiones: eficacia, que hace referencia a la capacidad del proceso para lograr los resultados esperados; eficiencia, que busca lograr la eficacia utilizando la menor cantidad de recursos; y adaptabilidad, que describe la capacidad de mantenerse eficaz y eficiente a pesar de múltiples cambios.

**2.2.3.2. Indicadores.** Para gestionar correctamente un proceso en los tres niveles es necesario identificar métricas. Las métricas elegidas dependerán del negocio y del proceso. Si el proceso se presta, es posible derivar métricas de marcos de trabajo ya existentes, como por ejemplo el SCOR, tal como sugiere Harmon (2007). En esta sección, de manera ilustrativa, se mapean las métricas del SCOR con los tres niveles de efectividad de un proceso.

- Los indicadores del SCOR se agrupan en cinco atributos de performance (APICS, 2017).
- Confiabilidad: habilidad de realizar las tareas según lo requerido.
- Responsividad: velocidad con la que se realizan las tareas.
- Agilidad: capacidad de cambio del proceso.
- Costo: costos de operación del proceso.
- Eficiencia en la gestión de activos: habilidad de utilizar eficientemente los activos.

Estos cinco atributos de performance se subdividen en tres niveles de diagnóstico, a los cuáles corresponden una serie de indicadores.

Nivel de efectividad	Atributo de performance SCOR	Métricas Nivel 1
<b>Eficacia</b>	Confiabilidad	Cumplimiento perfecto
	Responsividad	Tiempo de ciclo
<b>Eficiencia</b>	Costo	Costos de gestión
		Costo de bienes vendidos
	Eficiencia en la gestión de activos	Tiempo de ciclo efectivo-a-efectivo
		Retorno sobre activos fijos
<b>Adaptabilidad</b>	Agilidad	Retorno sobre capital de trabajo
		Adaptabilidad hacia arriba
		Adaptabilidad hacia abajo
		Valor total en riesgo

**Tabla 4.** Comparación de métricas nivel 1 de SCOR con los tres niveles de efectividad de un proceso.  
Fuente: APICS, 2017; Juran, 1999; Elaboración propia.

**2.2.4. La arquitectura de procesos.** Para abordar los múltiples procesos que ejecuta una organización se modela una arquitectura de procesos. Esta es un cuerpo de conocimiento acerca de los distintos procesos de negocio en la empresa. Recopila información respecto a los responsables de cada proceso, las métricas de performance utilizadas, los recursos necesarios, etc. (Harmon, 2007)

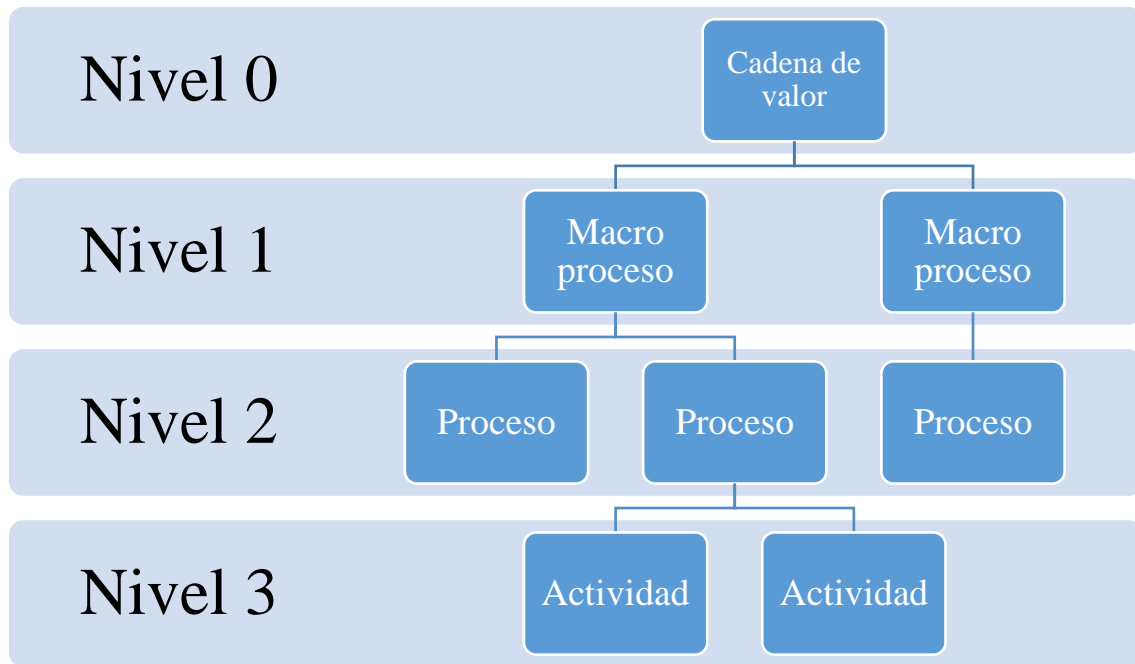
La arquitectura de procesos está estructurada de tal forma que los ejecutivos puedan visualizar y dar seguimiento a cómo los procesos se alinean y contribuyen a lograr los objetivos de la organización.

**2.2.4.1. Jerarquía de procesos.** Uno de los conceptos clave en una arquitectura de procesos es la jerarquía de procesos; esto es, la descomposición jerárquica de procesos más grandes (procesos padre o macro procesos), en procesos más pequeños (procesos hijo o subprocesos).

Según Harmon, el primer nivel en el que las organizaciones estructuran sus procesos es la cadena de valor. Este es el Nivel 0. La definición de una cadena de valor depende no solo de factores operativos. Es necesario considerar tanto los productos que se están desarrollando, los proveedores utilizados, el tipo de clientes que se atiende; así como la estrategia que desea seguir el negocio.

En un siguiente nivel, Nivel 1, se consideran los procesos operativos genéricos más grandes. Por ejemplo: diseñar productos, vender productos, fabricar productos, etc.

El proceso se continúa desglosando en niveles de cada vez mayor detalle. El menor nivel de detalle en la arquitectura de proceso se suele llamar actividad. Estas actividades pueden tener niveles menores, pero no suelen ser considerados en la arquitectura; se definen en términos de procedimientos y pasos o tareas.



*Ilustración 1. Jerarquía de procesos en una organización.  
Fuente: Harmon, 2007; Elaboración propia.*

Según el nivel que tenga el proceso en la jerarquía, será distinto el tipo de problemas y las técnicas de análisis asociadas para resolverlos.

En un nivel alto de la jerarquía se abordan problemas como el diseño de la arquitectura, la coordinación entre departamentos, el alineamiento estratégico, etc. El nivel medio suele darse dentro de un solo departamento; tiene como foco principal la simplificación y automatización de procesos, la planificación, y el orden en la secuencia de actividades. Finalmente, en un nivel más bajo, se analizan las tareas o labores de un individuo o sistema en particular. En este nivel se realiza el análisis de tiempos y métodos; suele trabajarse la descripción del puesto y se realizan programas de entrenamiento de personal.

**2.2.4.2. Procesos primarios y de soporte.** En *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance* (1985), Porter comenta la cadena de valor de una organización y distingue entre actividades primarias y actividades de soporte.

Las actividades primarias son aquellas relacionadas directamente a la creación y entrega del producto o servicio de una empresa al cliente. Porter distingue, por ejemplo, la logística interna, operaciones, logística externa, ventas y post venta como actividades primarias genéricas.

Las actividades de soporte, en cambio, son aquellas que no se involucran directamente con el flujo primario de la organización, pero lo facilitan. Porter distingue las actividades de procura, recursos humanos, tecnología y de gestión de la organización.

Harmon (2007) advierte un riesgo al hablar de procesos de soporte. Muchas veces estos son conceptualizados como áreas o departamentos, y no como procesos. En ese sentido,

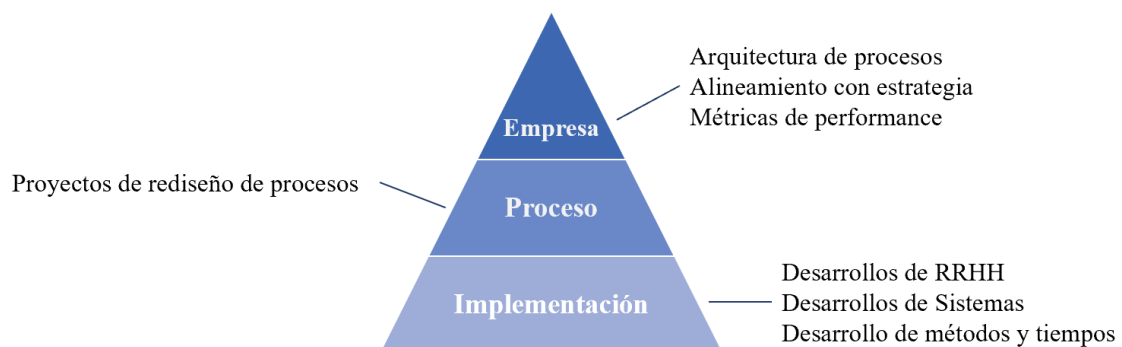
las áreas de soporte en una empresa suelen agrupar muchas actividades relacionadas funcionalmente. Por este motivo Harmon sostiene que, para facilitar el análisis de los procesos de soporte en la jerarquía de procesos, es posible considerar los departamentos que los realizan como una empresa por separado, con su propia cadena de valor individual.

**2.2.5. Niveles de la gestión de procesos en la organización.** En la gestión de procesos de una organización encontramos tres niveles de gestión que deben considerarse (Harmon, 2007).

Un primer nivel de gestión se da a nivel empresa. Este es un nivel de gestión permanente. Las actividades correspondientes a este nivel son: diseñar y mantener la arquitectura de procesos de procesos de la empresa, alinear la arquitectura con la estrategia de la empresa, definir y controlar las métricas de los procesos, e identificar proyectos de mejora para los procesos.

El segundo nivel corresponde precisamente a la gestión de los proyectos de mejora o rediseño de procesos. Este nivel de gestión es por proyecto y se enfoca en el análisis y coordinación necesarios para rediseñar un proceso. Como parte de este proyecto, de identifican múltiples subproyectos o iniciativas necesarias para lograr la implementación.

La implementación de un rediseño es el tercer nivel de gestión. Tiene que ver con los aspectos más técnicos que requiere cualquier cambio a un proceso. Harmon identifica desarrollos vinculados al área de RRHH, Harmon identifica desarrollos vinculados al área de RRHH, como diseño de puestos de trabajo, entrenamientos y gestión del conocimiento; y vinculados al área de sistemas, como elección del sistema adecuado, desarrollo de un sistema, integraciones, etc. (Harmon, 2007). Adicionalmente, deben considerarse otros desarrollos, como por ejemplo los vinculados al estudio de tiempos y métodos.



**Ilustración 2.** Niveles de gestión de procesos en la organización.  
Fuente: Harmon, 2007; Elaboración propia.

### 2.3. IDEFO

A menos que se señale lo contrario, los contenidos de esta sección están basados en los contenidos del estándar IDEFO (National Institute of Standards and Technology, 1993).

**2.3.1. Breve reseña histórica.** El IDEF0 (*Integrated DEFinition language 0*) fue concebido durante los 70s por la Fuerza Aérea Norteamericana como parte de su programa para el desarrollo de Manufactura Asistida por Computación Integrada (ICAM por sus siglas en inglés). El programa identificó la necesidad de mejores herramientas y técnicas de análisis y comunicación entre personas relacionadas en mejorar la productividad manufacturera.

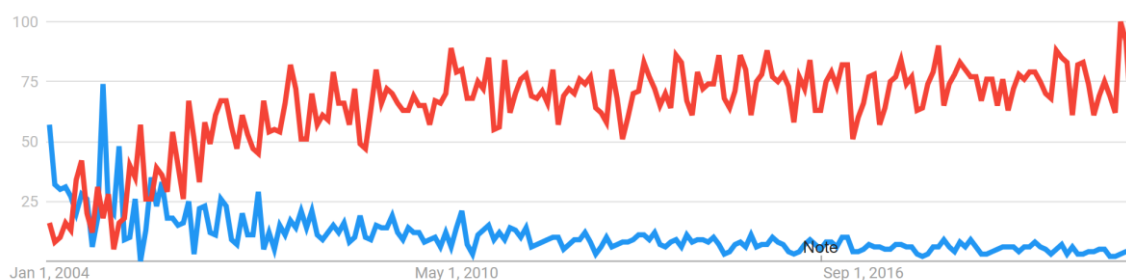
El IDEF0 es una de las técnicas desarrolladas por el ICAM para atender esta necesidad y se enfoca en el “modelamiento funcional”. Junto con ella se desarrollaron el IDEF1, para “modelamiento de información”, y el IDEF2, para el “modelamiento dinámico” de un sistema. Posteriormente se ha extendido esta familia de estándares.

IDEF0, a su vez, está basado en otra metodología y notación, llamada SADT (Structured Analysis and Design Technique).

En el año 1991, el NIST (*National Institute of Standards and Technology*), con apoyo del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, inició un programa para desarrollar Estándares Federales para Procesamiento de la Información (FIPS, por sus siglas en inglés). El IDEF0 forma parte de estos estándares.

Hacia la fecha de publicación del estándar (1993), el IDEF0 era utilizado ampliamente en el gobierno, así como en sectores industriales y comerciales.

Con el tiempo, la metodología ha ido cayendo en desuso. Esto dificulta acceder a material y casos de uso, lo cual impide el aprendizaje de la metodología. Aún más importante, cuando una metodología deja de usarse, ya no hay revisiones y mejoras que permitan abordar las limitaciones que tiene.



**Gráfico 3.** Comparación en la búsqueda de IDEF0 (celeste) y BPMN, una metodología popular para modelar procesos basada en flujo, en Google. Fuente: Google Trends.

### 2.3.2. ¿Qué es IDEF0?

**2.3.2.1. Enfoque del IDEF0.** IDEF0 hace referencia, por un lado, a un lenguaje o notación para modelar un sistema. Un sistema está compuesto por un conjunto de elementos interdependientes que operan en conjunto para realizar alguna función útil. Estos elementos pueden ser personas, información, software, equipos, productos, insumos, etc. Al decir que IDEF0 sirve para modelar sistemas y funciones en lugar de procesos y actividades, no estamos sacrificando nuestra capacidad de modelar efectivamente los procesos; al contrario, como se verá, esto permite mucha mayor flexibilidad y rigurosidad de análisis.

IDEF0, a su vez, se refiere también a una metodología para que equipos de trabajo puedan elaborar e interpretar estos modelos, incluyendo: recolección de data, construcción de diagramas, y ciclos de revisión y documentación. En este sentido, la metodología no es solo una herramienta de diagramación, sino un medio para conceptualizar y refinar el entendimiento

Los modelos IDEF0 pueden ser utilizados para diagramar una gran variedad de sistemas automatizados o no automatizados. En el caso de nuevos sistemas, puede ser usado en primera instancia para definir los requerimientos y especificar las funciones. Posteriormente, puede ser utilizado para diseñar una implementación que permita satisfacer esos requerimientos y realice esas funciones. Para los sistemas existentes, IDEF0 es útil para analizar las funciones que realiza actualmente el sistema y registrar los mecanismos por los cuáles las realiza. Los objetivos posibles son: entender mejor el sistema, brindar soporte al realizar el análisis, proveer de una lógica a los cambios potenciales, especificar requerimientos y facilitar el diseño e integración de sistemas.

Por lo tanto, un modelo IDEF0 refleja el cómo operan y se interrelacionan las funciones de un sistema de la misma manera en que los planos técnicos de un producto reflejan cómo se integran las diferentes piezas del producto.

Algunos de los conceptos clave de IDEF0 son:

**2.3.2.1.1. Modela restricciones, no flujos.** Los diagramas IDEF0 son “diagramas de restricciones”, esto es, muestran cómo las funciones del sistema se restringen unas a otras. Esto contrasta con la forma en la que se diagrama un proceso en otras notaciones, que suelen ser “diagramas de flujo”.

Un diagrama de flujo limita las relaciones entre una actividad y otra a una secuencia temporal; al terminar una primera actividad, empieza la siguiente según el flujo especificado. Con frecuencia, al modelar un proceso de relativa complejidad, o uno que integra múltiples inicios o líneas de tiempo, es engorroso limitar las capacidades de modelamiento a una secuencia de pasos. En cambio, modelar en torno a las restricciones que limitan la ejecución de la actividad, sin hacer referencia, a menos que sea explícita, al *cuándo* se ejecuta esta, permite mucha mayor flexibilidad.

Adicionalmente, los modelos IDEF0 también especifican el rol que cumple cada restricción sobre una función. Hay controles, los cuáles determinan el comportamiento de la función; inputs, que son los objetos sobre los cuáles la función actúa; mecanismos, los medios por los cuáles se realiza la función (por ejemplo: las personas o software que realiza una operación); y outputs, los resultados de una función. Esto permite realizar modelos con un mayor grado de precisión y rigurosidad que en notaciones alternativas. En la siguiente sección se explican estos conceptos a mayor detalle.

**2.3.2.1.2. Facilita la comunicación de la información.** La documentación de una arquitectura de procesos debe ser concisa para que sea una herramienta útil. El lenguaje escrito, por su linealidad y verbosidad, es claramente insuficiente. Los modelos IDEF0 facilitan la comunicación de la información a través de una serie de principios.

- Diagramas sencillos, basados en gráficos de cajas y flechas, y texto que explica su significado.
- Exposición progresiva al detalle, limitando cada diagrama a un solo tema, con una cantidad manejable de información. Cada diagrama en el modelo especifica con precisión las relaciones que tiene con los demás diagramas.
- Un índice de nodos, para ubicarse dentro de la jerarquía de diagramas.
- Un texto, glosario y diagramas de apoyo para facilitar la interpretación y la precisión del modelo.

**2.3.2.1.3. Brinda rigor y precisión.** Una de las fortalezas de IDEF0 es la rigurosidad que requiere en sus diagramas. Esto asegura que la información sea consistente, asegura que se preserve el alcance original del modelo, y que no se omitan o dupliquen los datos. Adicionalmente, las reglas de diagramación facilitan la limpieza y el orden en los diagramas. Algunas de estas reglas se detallan a continuación.

- Cada diagrama puede contener solamente entre 3 y 6 cajas (funciones).
- El alcance del modelo se hace explícito en el diagrama contextual de nivel superior, no se puede omitir ni añadir información fuera de este alcance.
- Las cajas y flechas siguen una sintaxis específica.
- Los nombres y etiquetas en un diagrama deben ser únicos y cumplir los requisitos de asignación de nombres.
- La relación entre diagramas debe ser explícita a través de un DRE (Expresión de Referencia de Detalle).
- La relación de objetos entre diagramas debe ser explícita a través de un código ICOM o una flecha túnel.
- Diferenciación entre inputs y controles.
- Presencia obligatoria de por lo menos un control y un output por función.
- Etiquetas obligatorias al ramificar una flecha (uniones o separaciones).

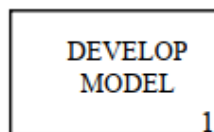
**2.3.2.1.4. Permite el trabajo en equipo disciplinado.** Como parte de la metodología IDEF0 se definen una serie de procedimientos que permiten el desarrollo y revisión del modelo por un gran número de personas, así como facilitar la integración entre distintos modelos.

La creación de un modelo es un proceso dinámico, en el cual los autores crean unos diagramas iniciales y permiten a los miembros del proyecto revisarlos y comentarlos. Estas revisiones se integran al modelo y se realiza una nueva iteración, hasta que finalmente se obtiene una versión final. La metodología IDEF0 permite documentar todas las decisiones y cambios realizados a lo largo del proyecto.

Los detalles de los distintos procedimientos de revisión del modelo están fuera del alcance del presente trabajo, sin embargo, se reserva un pequeño espacio para su discusión en las conclusiones.

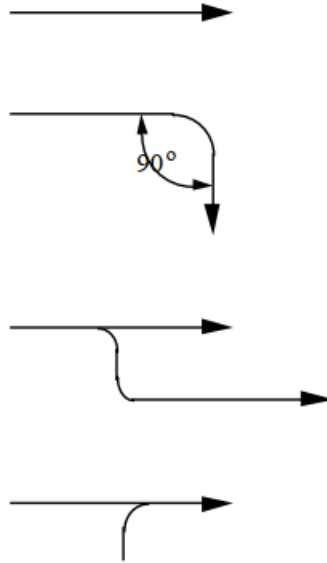
### 2.3.2.2. Elementos de un modelo IDEF0

**2.3.2.2.1. Funciones y objetos.** Una función es una actividad, proceso o transformación. Se modela por medio de una caja con una breve descripción de lo que la función hace, redactada como un verbo o sintagma verbal. Adicionalmente, cada caja tiene en la esquina inferior derecha un número, relativo al diagrama, que permite identificarla.



*Ilustración 3. En un modelo IDEF0, las cajas representan una función. Fuente: NIST, 1993.*

Asimismo, un diagrama IDEF0 consta de flechas, compuestas de uno o más segmentos. Cada flecha representa un objeto (o información) que cumple un rol respecto a las cajas que conecta. Esto contrasta con otras metodologías tradicionales de procesos, en las que una flecha representa un flujo o secuencia. Solo en los niveles inferiores de un diagrama una flecha podría representar un flujo.



**Ilustración 4.** Las flechas representan objetos o datos. Fuente: NIST, 1993.

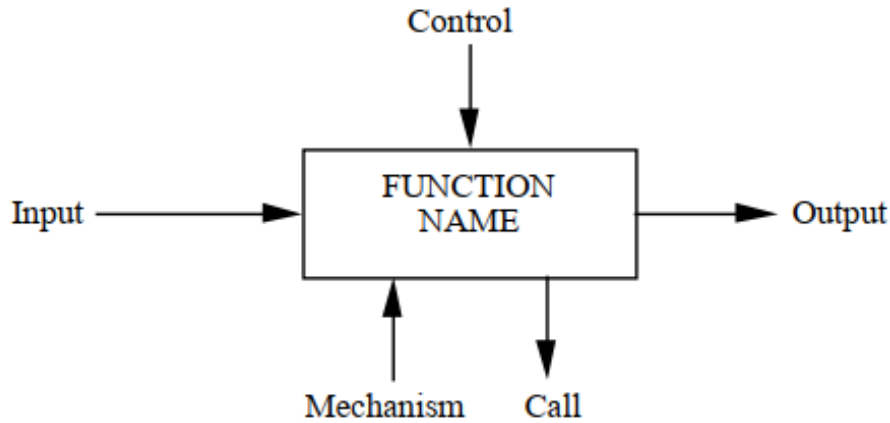
Es útil pensar en las flechas de un modelo IDEF0 como canales o conductos por donde se transportan los objetos o datos. Estos parten de una función fuente (sin cabeza de flecha) a una función destino (con cabeza de flecha). La función destino depende, y, por lo tanto, está limitada por los objetos o datos que le provee la función fuente.

La función destino requiere de todos los objetos especificados por las flechas para ser realizada completamente; sin embargo, si el modelo así lo detalla, la caja puede realizar parte de sus funciones dependiendo de los objetos que ha recibido. A esto se le llaman activaciones de la caja o función. De esta forma, en un momento dado un conjunto de funciones pueden estarse ejecutando de manera concurrente según los objetos disponibles, mientras que en un momento distinto estas cajas se comportarán de manera secuencial.

El rol de cada flecha sobre una caja depende del lado de la caja con la que conecta.

- **Inputs:** Lado izquierdo. Son los objetos sobre los que actúa la función; serán consumidos, utilizados o transformados por ella.
- **Controles:** Lado superior. Los controles especifican las condiciones y requerimientos para que la función se realice correctamente. Toda caja debe tener por lo menos un control. En caso haya duda de si una flecha es un input o un control, es mejor mostrarlo como un control.
- **Outputs:** Lado derecho. Son los resultados u objetos producidos por la función. Toda caja debe tener por lo menos un output.
- **Mecanismos:** Lado inferior. Hay dos tipos de mecanismo: flecha apuntando hacia arriba, identifica los medios por los cuales se realiza la función (por ejemplo: las personas o sistemas que la realizan); flecha apuntando hacia abajo, es una herramienta de diagramación bajo el nombre de flecha de llamada. Las flechas de llamada sirven para conectar distintos diagramas del mismo modelo o incluso de

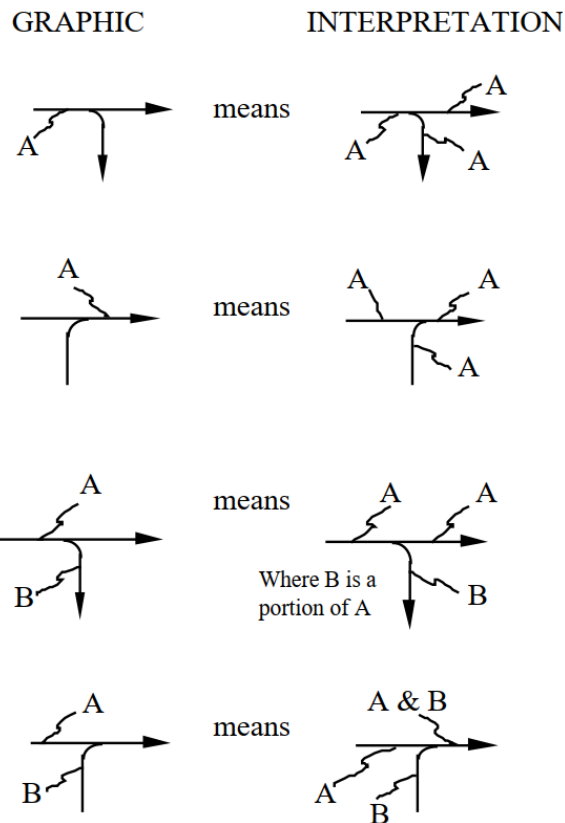
modelos distintos, e indican que dicha caja se detalla en el diagrama especificado. Adicionalmente, considerar que los mecanismos pueden ser heredados implícitamente de la caja padre, sin estar detallados con una flecha.



*Ilustración 5. El rol de cada objeto en la función está determinado por la posición de la flecha en relación a la caja.  
Fuente: NIST, 1993.*

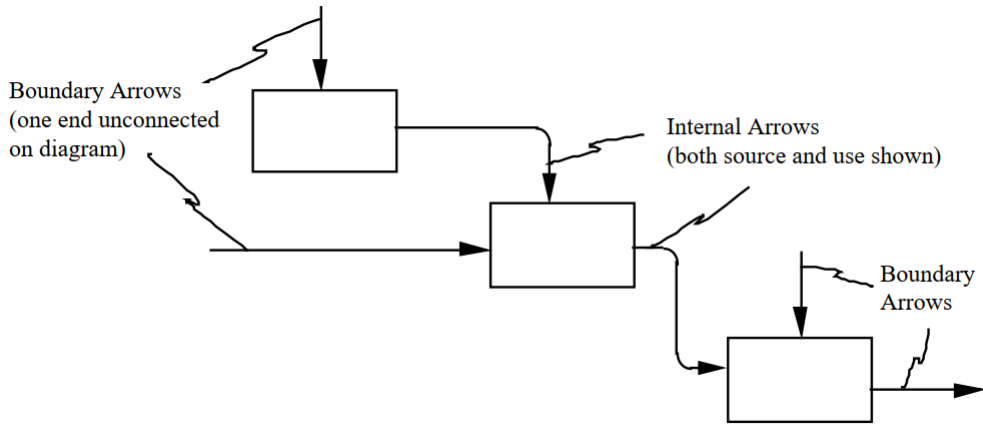
El objeto representado por una flecha se especifica haciendo uso de un pequeño garabato (*squiggle*  $\text{—}$ ) o línea curvada que vincula un segmento de flecha con una etiqueta. La etiqueta aplica solamente sobre ese segmento de flecha, y debe ser fraseada como un sustantivo o sintagma nominal.

Las flechas en un diagrama pueden estar ramificadas, es decir, una misma flecha se bifurca en otras, o viceversa. Cuando esto sucede, las distintas ramas pueden representar el objeto en su totalidad o partes del objeto, en cuyo caso se especifica mediante una nueva etiqueta el significado de cada rama. Esto se puede entender como agrupación o des agrupación de objetos en las distintas flechas. Las flechas se agrupan siempre que sea posible, para evitar exceso de información en el diagrama y asegurar que su nivel de detalle corresponda con el de las cajas.

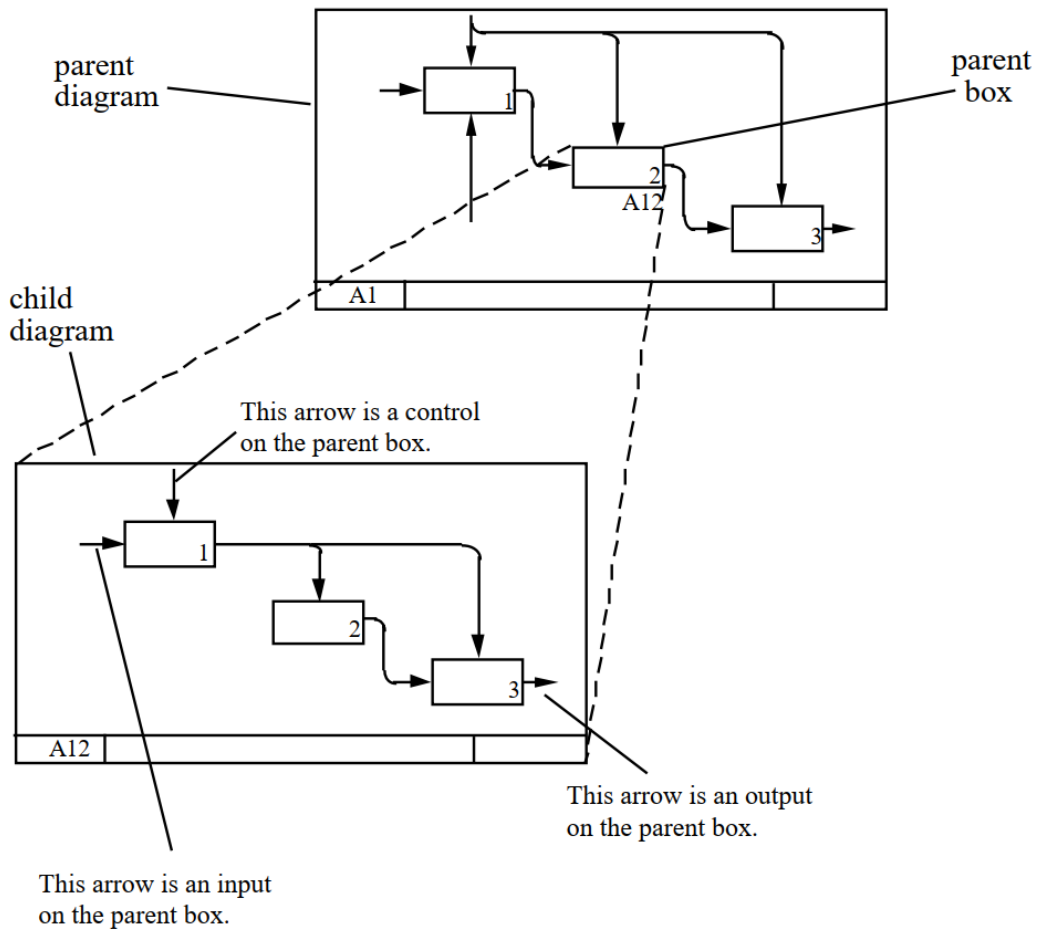


**Ilustración 6.** Las flechas pueden bifurcarse o unirse, para representar la agrupación o des agrupación de objetos.  
Fuente: NIST, 1993.

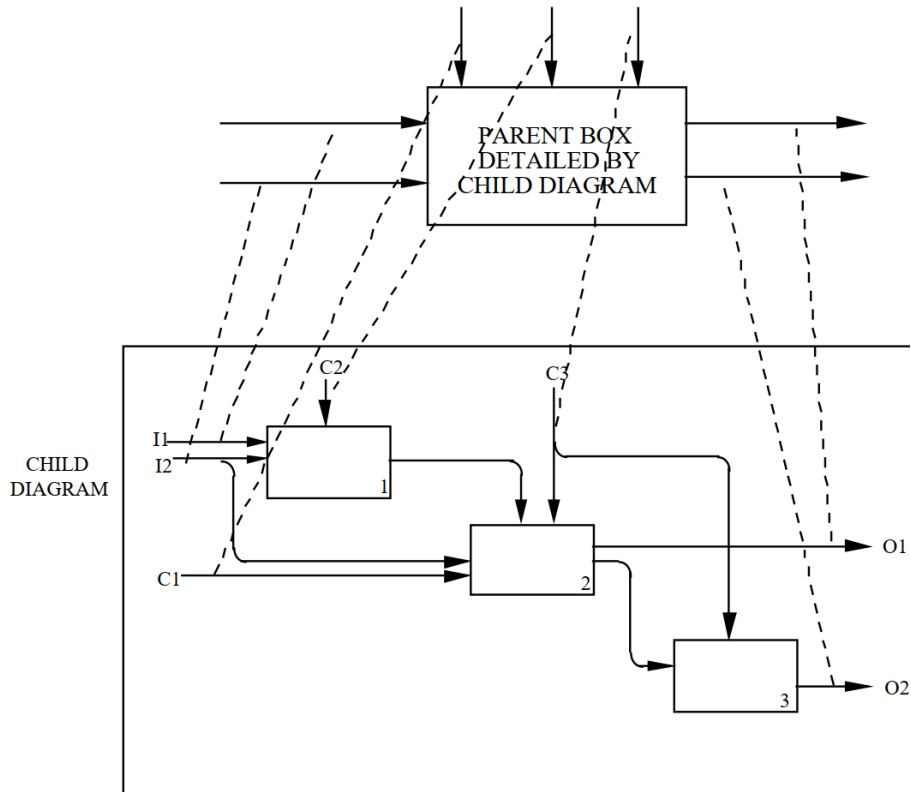
Cuando una flecha no conecta dos cajas, ya sea por el lado del origen o del destino, esta se llama una flecha frontera (Boundary Arrow). Las flechas representan los inputs, controles, outputs o mecanismos del diagrama padre, y que son heredados por el diagrama hijo. El origen o destino de estas flechas solo puede conocerse examinando el diagrama padre. Están codificadas por medio de un código ICOM (Input, Control, Output, Mecanismo), escrito del lado no conectado de la flecha. El código está compuesto por una letra (I, C, O, M) y un número que da la posición relativa de la flecha en la caja del diagrama padre, numeradas de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba. El rol de la flecha en el diagrama padre puede diferir del rol en el diagrama hijo, es decir, una flecha que hacía de control en la caja del diagrama padre puede pasar a ser un input en el diagrama hijo.



**Ilustración 7.** Las flechas pueden ser internas o frontera. Fuente: NIST, 1993.



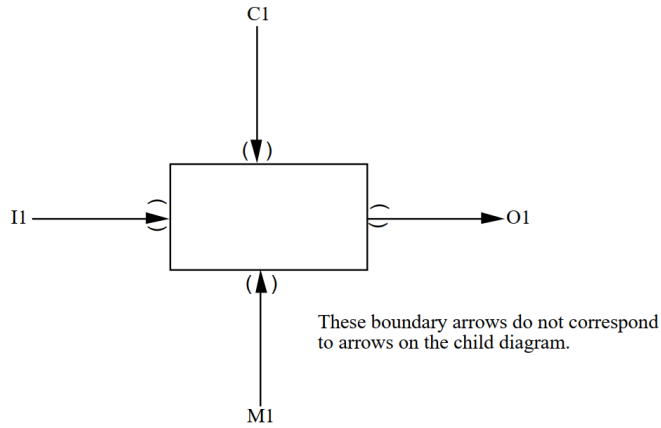
**Ilustración 8.** Las flechas frontera pueden ser visualizadas en el diagrama padre. Fuente: NIST, 1993.



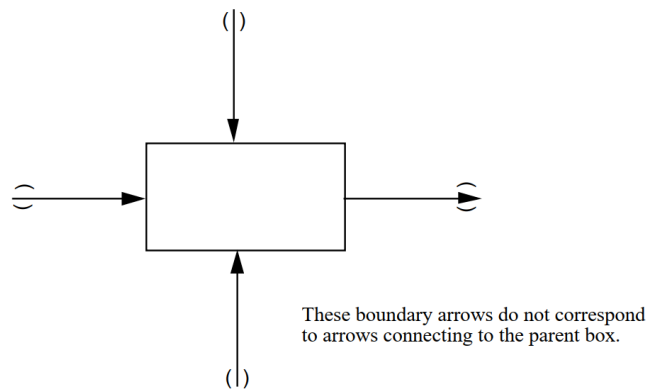
NOTE: The dashed lines show how the ICOMs on the child diagram relate boundary arrows of child to the arrows of its parent box.

**Ilustración 9.** Las flechas frontera llevan un código que permite identificarlas en el diagrama padre.  
Fuente: NIST, 1993.

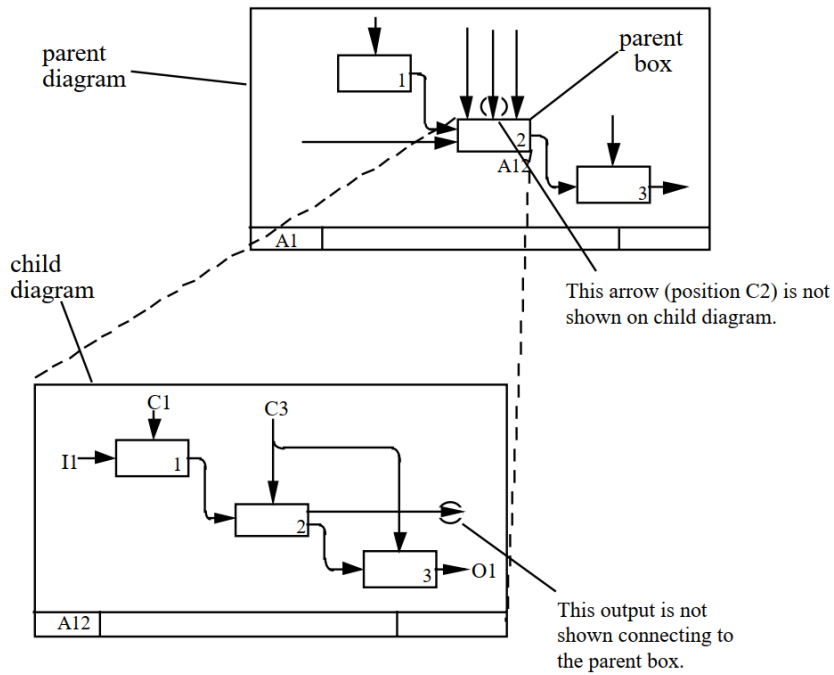
Adicionalmente, algunas de las flechas pueden ser flechas túnel (*Tunneled Arrows*). Cuando esto sucede, se identifican mediante un paréntesis en el lado de la flecha que esta “tunelada”. Una flecha túnel indica que la información, aunque útil en este diagrama, no es relevante en un nivel superior o inferior. Si la flecha túnel conecta con una caja, esto quiere decir que no se podrá encontrar esa flecha en el diagrama hijo; si es una flecha frontera, significa que no se encontrará en el diagrama padre. Una flecha túnel puede reaparecer en otra parte del modelo, con una nota que especifica su origen.



**Ilustración 10.** Ejemplo cuando una flecha está “tunelada” del lado de la caja. Fuente: NIST, 1993.



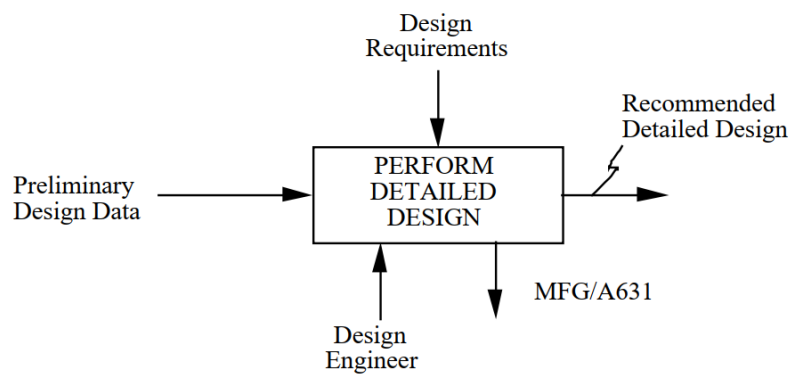
**Ilustración 11.** Ejemplo cuando una flecha está “tunelada” del lado frontera. Fuente: NIST, 1993.



**Ilustración 12.** Las flechas túnel indican que una flecha no estará presente en un diagrama padre o hijo. Fuente: NIST, 1993.

Cuando una caja tiene una flecha de llamada, esta puede operar de manera poco ordinaria. En lugar de tener un diagrama hijo que la detalla, esa caja está detallada por una caja completamente distinta, que puede estar en el mismo, o incluso en otro modelo. Una caja puede llamar a una sola caja por cada activación; sin embargo, dependiendo las condiciones (las cuáles deben detallarse en una nota del modelo), una caja puede elegir entre múltiples cajas a llamar. Además, múltiples cajas pueden llamar a una sola caja.

Las flechas de una caja llamada no necesariamente tienen que coincidir con las de las cajas que la llaman. En estos casos, una nota en el modelo debe especificar cómo funcionan las relaciones.



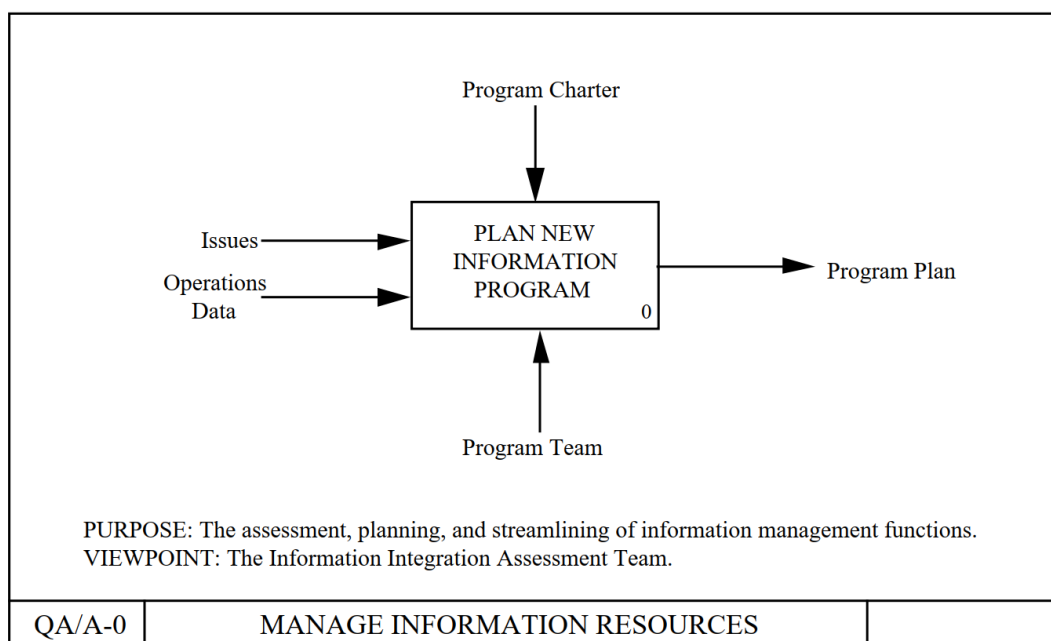
*Ilustración 13. Ejemplo de una caja utilizando una flecha de llamada. Se especifica el modelo y la caja a la que se está llamando. Fuente: NIST, 1993.*

Un último concepto a tomar en cuenta al interpretar los diagramas IDEF0 deriva de la naturaleza misma de los diagramas de restricciones, y es: solo debe interpretarse aquello que está expresado explícitamente en el modelo. No deben asumirse restricciones no especificadas. Esto quiere decir también que todo aquello que no está prohibido explícitamente puede interpretarse como válido implícitamente. Muchas veces, esto es importante al leer un diagrama. No siempre será explícita la frecuencia con la que se realiza una actividad, o qué mecanismo se utiliza para gestionar un dato u objeto que proviene de una flecha. En estos casos, el lector del diagrama debe utilizar su juicio.

**2.3.2.2.2. Diagramas.** Los diagramas son el principal componente de un modelo IDEF0. Los diagramas representan el contenido de una función por medio de cajas (que representan subfunciones) y flechas (que representan objetos o datos).

El punto de partida es el diagrama A-0 (pronunciado como “A menos 0”). Este es un caso especial de diagrama que sirve para explicar el contexto superior del modelo, y es de uso obligatorio. El diagrama A-0 consta de una sola caja, la función de nivel superior, que abarca todo el alcance del modelo. Por este motivo el nombre descriptivo de la caja tiene que ser general. Esta es la única caja en el modelo que tiene número 0. El diagrama tiene también unas flechas, que representan las restricciones que aplican sobre la función de nivel superior, y abarcan también el total de restricciones que aplican en el modelo.

Adicionalmente, el diagrama contiene también unas breves afirmaciones que especifican el punto de vista y el propósito del modelo. Estos guían en su creación y ayudan a preservar el alcance deseado. El punto de vista determina desde qué perspectiva se está viendo el modelo y, por lo tanto, sirven para entender qué es lo que se puede “ver”. Dependiendo de la audiencia, se pueden tomar distintos puntos de vista, los cuáles harán énfasis en ciertos aspectos. Elementos presentes desde un punto de vista pueden no estar presentes desde otro punto de vista, así se trate el mismo tema. El propósito expresa la razón de ser del modelo y determina su estructura: la función de nivel superior del sistema y la manera en que se desglosan sus subfunciones principales está intrínsecamente vinculada al propósito del modelo.

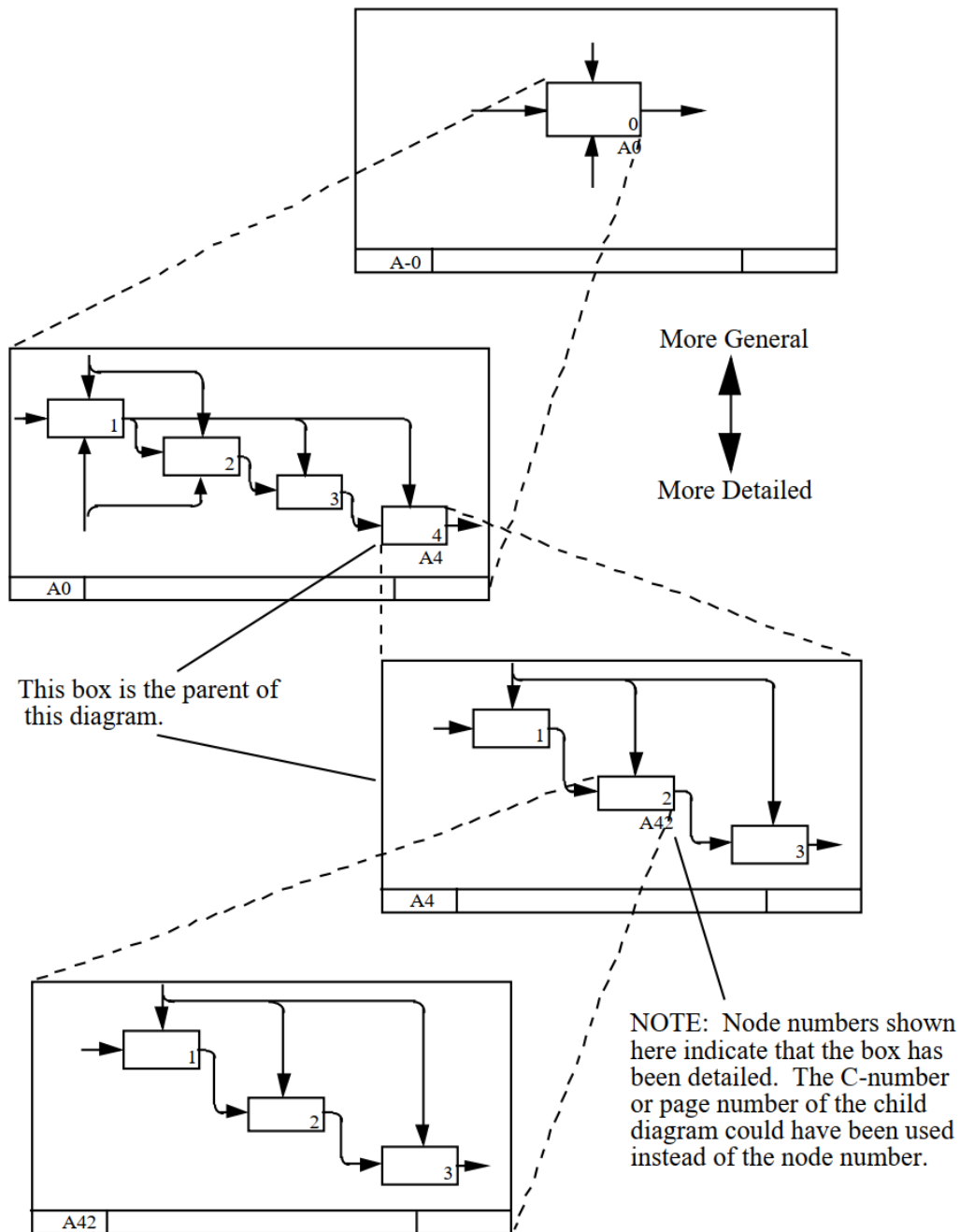


**Ilustración 14.** Ejemplo de diagrama A-0. Fuente: NIST, 1993.

La función de nivel superior, contenida en el diagrama A-0, se descompone en diagramas de nivel inferior, llamados diagramas hijo. Cada diagrama hijo detalla las principales subfunciones de su caja padre y, por lo tanto, cubre el mismo alcance que ella. Esta relación jerárquica es la principal relación entre diagramas de un modelo IDEF0.

Cada nivel presenta más detalle respecto a la forma en la que el sistema realiza la función de nivel superior. El modelo se continúa desglosando hasta alcanzar el nivel necesario para soportar el propósito especificado.

Las cajas de un diagrama se ordenan diagonalmente, partiendo desde la esquina superior izquierda. Los números de las cajas se asignan partiendo desde el número 1, siguiendo el mismo orden. De esta forma, cada caja queda identificada únicamente en un diagrama. Un diagrama debe tener mínimo tres, y máximo seis cajas.



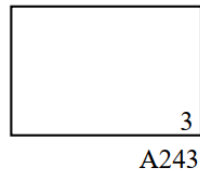
**Ilustración 15.** Cada caja padre se detalla en un diagrama de nivel inferior. Fuente: NIST, 1993.

Para saber si una caja se detalla en un nivel inferior es necesario comprobar la presencia de una Expresión de Referencia de Detalle (DRE, por sus siglas en inglés). El DRE es un código que sirve para identificar el diagrama en el cual se detalla una caja padre. Se ubica debajo de la esquina inferior derecha de la caja.

Por lo general, el DRE es un número de nodo<sup>1</sup>. Los números de nodo sirven para identificar únicamente cada caja del modelo y, cuando está detallada, corresponde al código

<sup>1</sup> No se usarán otros tipos de DRE en la presente tesis. Para más detalles consultar el estándar IDEF0.


del diagrama que la detalla. Un nuevo número de nodo se forma componiendo el número de nodo del diagrama en que se encuentra la caja, junto con el número que tiene la caja en el diagrama. En el caso de la función de nivel superior, el número de nodo es A0. Los números de nodo del diagrama A0 serán: A1, A2, A3, ... Desde ahí, los números de nodo inferiores serán A11, A12, ...; A21, A22, ...; A31, A32, ..., según corresponda.



*Ilustración 16. Puedes saber que una caja se detalla por la presencia de un DRE. Fuente: NIST, 1993.*

Como se vio en la sección anterior, otra forma de detallar una caja es por medio de una flecha de llamada. Estas indican que el diagrama que detalla la caja es compartido con otra caja de este, u otro modelo.

Se puede consultar todo el desglose de un modelo en el índice de nodos. Un índice de nodos es un esquema que presenta todos los números de nodo, junto con el nombre de la caja que corresponde. La presentación es semejante a una tabla de contenidos.

A0 Plan for Manufacture	 Order of diagrams in a document
A1 Assume a Structure and Method of Mfg.	
A2 Estimate Requirements, Cost, Time to Produce	
A21 Estimate Resource Needs	
A22 Estimate Costs to Purchase or Make	
A23 Estimate Timing for Startup and Production	
A3 Develop Production Plans	
A4 Develop Support Activities Plan	

*Ilustración 17. Ejemplo de un índice de nodos. Fuente: NIST, 1993.*

**2.3.2.2.3. Otros elementos.** En esta sección se revisarán cuatro conceptos adicionales de los modelos IDEF0. Estos permiten transmitir información relevante para entender el modelo que no encaja correctamente en la estructura de cajas y flechas presentada. Son:

- notas,
- texto,
- glosario,
- diagramas auxiliares.


### Notas

Existen dos tipos de notas en los modelos IDEF0: notas del modelo y notas de lectura. Ambas son opcionales y son comentarios que se escriben directamente sobre un diagrama. Los dos tipos de notas se identifican mediante un número que forma una secuencia

consecutiva en el diagrama, empezando desde el 1 (una secuencia para las notas del modelo, y otra para las notas de lectura).

Las notas del modelo proveen información de tipo normativo para el diagrama. Es decir, son parte integral del diagrama y transmiten alguna pieza clave de información que no quedaría registrada de otra forma; son necesarias para poder interpretarlo correctamente. Se puede distinguir una nota del modelo porque el número que la identifica va entre dos barras verticales (|1|, |2|, ...).

Las notas de lectura, en cambio, son de naturaleza informativa, pero no normativa. No alteran el significado del modelo, pero pueden comentar respecto al asunto modelado, la presentación, la elección de palabras, nivel de precisión, etc. Se distinguen porque el número que las identifica va entre paréntesis ((1), (2), ...).

Una nota puede ir vinculada a uno o más elementos del modelo. Para esto se usa un pequeño garabato o línea curvada (*squiggle* ) con el número de la nota (entre barras o paréntesis, según corresponda) en cada punto de aplicación. Sólo puede hacerse esto en el diagrama en el que se encuentra la nota.

Para poder referirse correctamente a los distintos elementos del modelo, las notas utilizan una notación estándar que hace uso de los números de las cajas, códigos ICOM, números de nodo, números de notas, etc. Por ejemplo:

- O2: flecha frontera, output número 2
- 2I1: input 1 de la caja 2
- 2O2 a 3C1: flecha que va del output 2 de la caja 2 al control 1 de la caja 3
- A42.|3|: nota de modelo 3 en el diagrama A42 de este modelo

Las notas deben ser breves, directas y específicas.

### Texto

Los diagramas IDEF0 pueden tener un texto asociado, el cual lo describe brevemente. El texto no duplica ni redundancia la información que ya se encuentra en el diagrama. En cambio, resalta las relaciones, patrones e interacciones que se consideran de especial relevancia. Su función es asegurar y refinar el propósito que tiene el diagrama dentro del modelo, junto con el punto de vista del cual se abarca. Debe ser conciso, de una longitud menor a una página.

Se puede hacer referencia al texto de un diagrama anexando una "T" al final del número de nodo (ej. A613T).

### Glosario

Los modelos IDEF0 pueden ir acompañados de un glosario que resume todas las palabras, términos o frases clave, así como acrónimos o abreviaturas utilizadas. Su propósito

es asegurar que la terminología pueda ser entendible para todas las personas que lean el modelo.

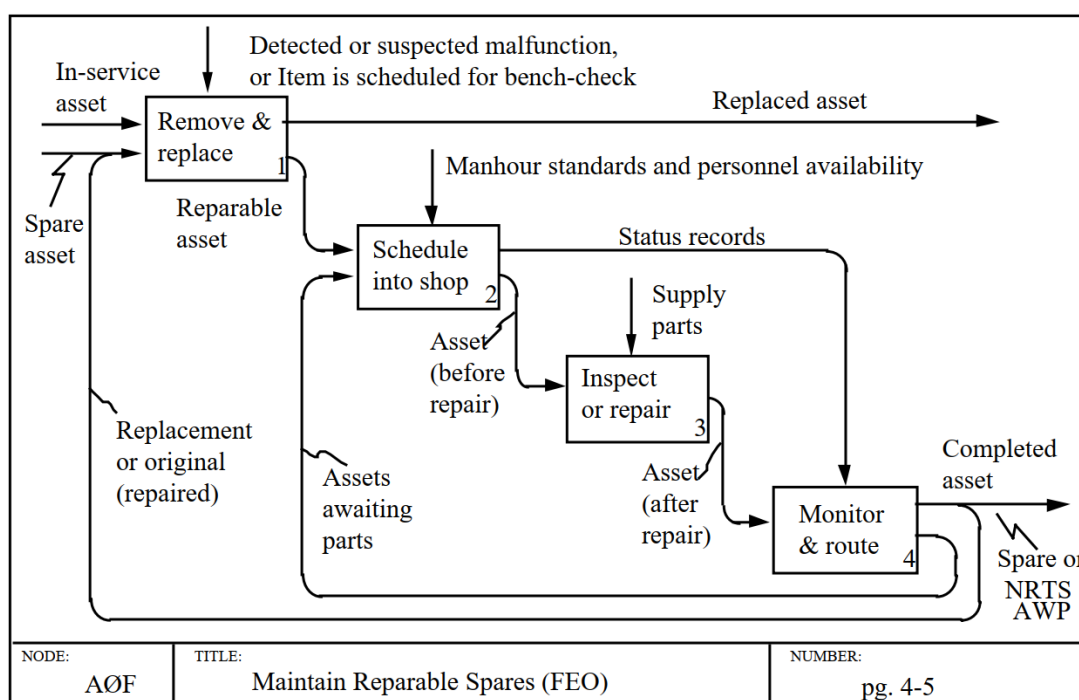
### Diagramas auxiliares

Los diagramas IDEF0 pueden tener diagramas auxiliares. Estos diagramas no necesariamente cumplen con las reglas IDEF0. Sirven para brindar un nivel adicional de detalle o conocimiento complementario que facilite el entendimiento de una parte del modelo. Se recomienda utilizarlos como último recurso; primero se debe intentar ser lo más expresivo posible a través de los otros medios, como las notas o el texto.

Los diagramas auxiliares son llamados diagramas Para Exposición Solamente (FEO, por sus siglas en inglés). Para referirse a ellos se anexa una "F" al final del número de nodo. Si hay más de un diagrama auxiliar, se anexa adicionalmente un número que lo identifica (ej. A32F, A456F1, A456F2).

**2.3.2.3. Leer un diagrama IDEF0.** Para leer un diagrama IDEF0, se recomienda seguir la siguiente secuencia.

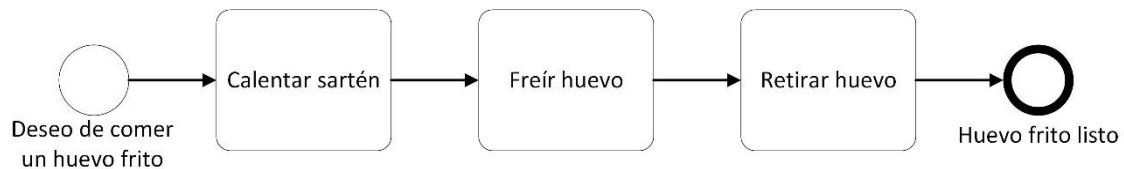
1. **Escaneo rápido** de las cajas para hacerse una idea de lo que se está describiendo.
2. Identificar los **inputs y outputs** más relevantes (comparar con el diagrama padre).
3. Identificar si existe un **camino principal** entre las cajas.
4. Recorrer el diagrama utilizando el camino principal. Identificar los **caminos secundarios**.
5. Revisar **diagramas explicativos** adjuntos.
6. Revisar **texto y glosario** del diagrama.



*Ilustración 18. Ejemplo de un diagrama con un camino principal y caminos secundarios. Fuente: NIST, 1993.*

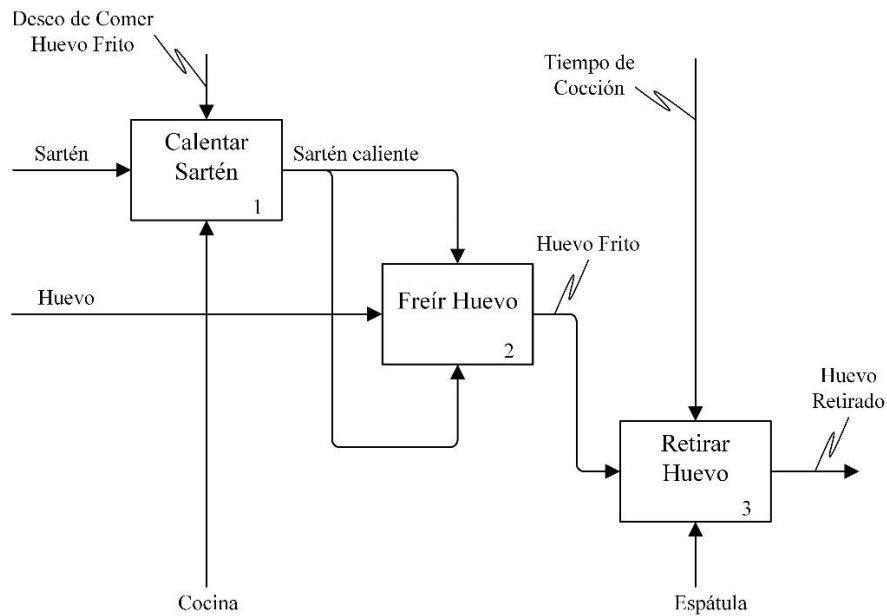
**2.3.3. ¿Por qué usar IDEF0?** Para elaborar un modelo, es necesario establecer criterios y reglas que guíen al momento de identificar, priorizar y estructurar la información disponible. Estos criterios y reglas constituyen una metodología de trabajo. La metodología IDEF0 recurre al concepto de "restricciones", a diferencia de otras metodologías utilizadas para estudiar procesos, que suelen hacer uso del concepto de "flujo".

En los modelos que recurren al flujo, un proceso se describe como una secuencia de transformaciones en un sistema hasta alcanzar un estado final deseado. Uno de los problemas al modelar de esta forma es el siguiente: se conoce cuál es el estado final deseado porque es lo que se requiere del sistema, pero tanto el estado inicial como los estados intermedios en los cuales el sistema se encuentra a lo largo del proceso son desconocidos y tienen que ser asumidos o controlados activamente dentro del flujo del proceso para que se pueda ejecutar el siguiente paso.



*Ilustración 19. Diagrama de flujo básico representando el proceso de preparar un huevo frito utilizando notación BPMN. Elaboración propia.*

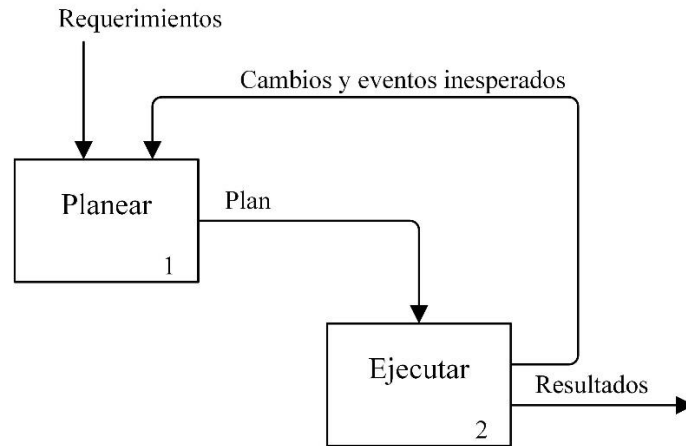
Para entender el concepto de restricciones es necesario describir un proceso desde el otro extremo del flujo. Partiendo desde el estado final deseado, es posible preguntarse qué condiciones mínimas son requeridas o restringen que el sistema se encuentre en ese estado. Para lograr que estas restricciones mínimas se cumplan será necesario que se ejecute alguna actividad o función, la cual, a su vez, requerirá también de un conjunto de condiciones mínimas; así hasta el punto en que los requisitos necesarios para obtener el resultado del proceso estén claros según el alcance deseado. De esta forma, no es necesario asumir que las condiciones del sistema son ideales para ejecutar el proceso en ningún punto y siempre es posible saber, en cualquier punto anterior a obtener el resultado del proceso, cuáles de las condiciones mínimas se cumplen y qué es necesario realizar.



**Ilustración 20.** Diagrama de restricciones básico representando el proceso de preparar un huevo frito utilizando IDEF0. Elaboración propia.

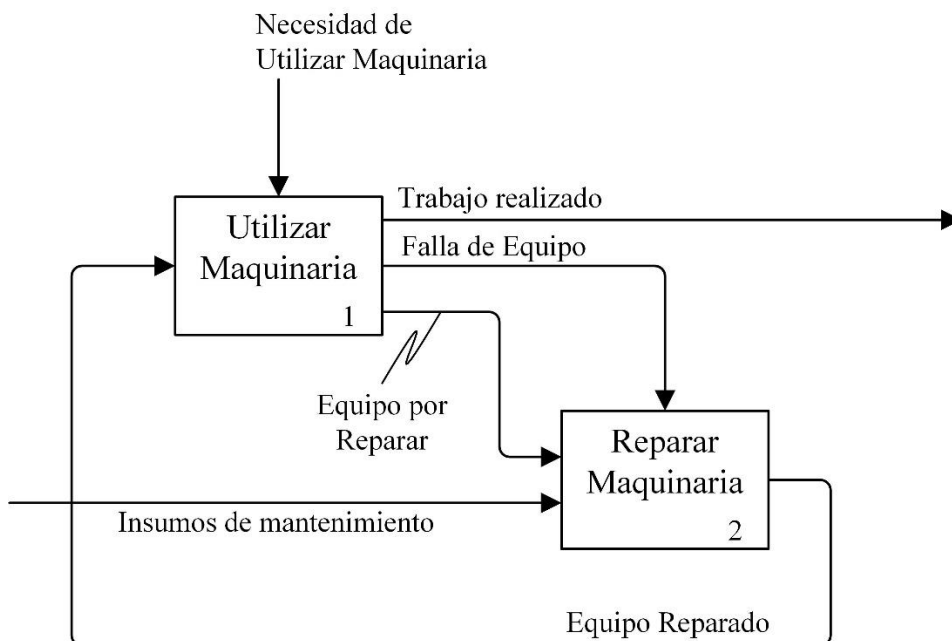
Otro problema de limitar la relación entre actividades a la simple dependencia temporal que tienen unas de otras se da porque obvia el motivo por el cual una actividad en particular tiene que ser realizada después de alguna otra. Un modelo que depende exclusivamente del "flujo" deja a interpretación de quien lo lee deducir las razones por las cuales una actividad se debe realizar primero. Más aún, oculta al autor mismo estos motivos, lo cual puede llevar al error. En cambio, un modelo que considera las restricciones necesarias para realizar una actividad deja documentación explícita de porque se ejecuta en cierto momento.

Un tercer punto para considerar es que la temporalidad o secuencia de ejecución en un proceso no siempre es crítica para lograr su objetivo. Por ello, muchos procesos modelados como un flujo no dejan de ser una idealización abstracta de lo que sucede en la realidad; tratan de forzar una secuencia estricta cuando esta no es necesaria. En un proceso ejecutado por computadora o en una línea de producción es evidente que existen mecanismos que fuerzan un orden al momento de ejecutar el proceso; en cambio, en un proceso sin estos medios físicos que restrinjan la secuencia (como sucede en un proceso ejecutado exclusivamente por personas), es necesario identificar de forma más explícita qué factores detienen o impulsan el avance del proceso cuando este es modelado.

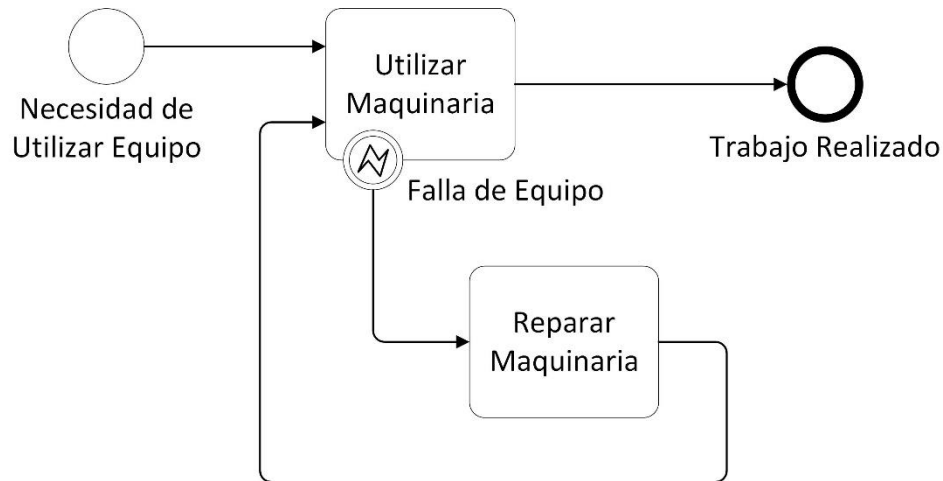


**Ilustración 21.** Ejemplo de Diagrama IDEF0 que no puede ser representado por un diagrama de flujo. La flecha 211 ("Cambios y eventos inesperados") no implica que la actividad 2 ha terminado. Elaboración propia.

Finalmente, existe un problema respecto al control del flujo. Un diagrama de flujo se construye bajo la premisa de que, al finalizar una actividad, inmediatamente se da inicio a la siguiente. De la misma manera, recurre a herramientas de control del flujo, para definir a qué actividad corresponde dar inicio (por ejemplo: rombos de decisión, flujos paralelos, eventos, etc.).



**Ilustración 22.** Diagrama IDEF0 en el que una actividad se ve interrumpida antes de terminar; continúa cuando el equipo está reparado. Elaboración propia.



**Ilustración 23.** Un diagrama de flujo tradicional no tiene un mecanismo para controlar la interrupción de un flujo. BPMN, una notación más moderna, utiliza un evento adjunto. Elaboración propia.

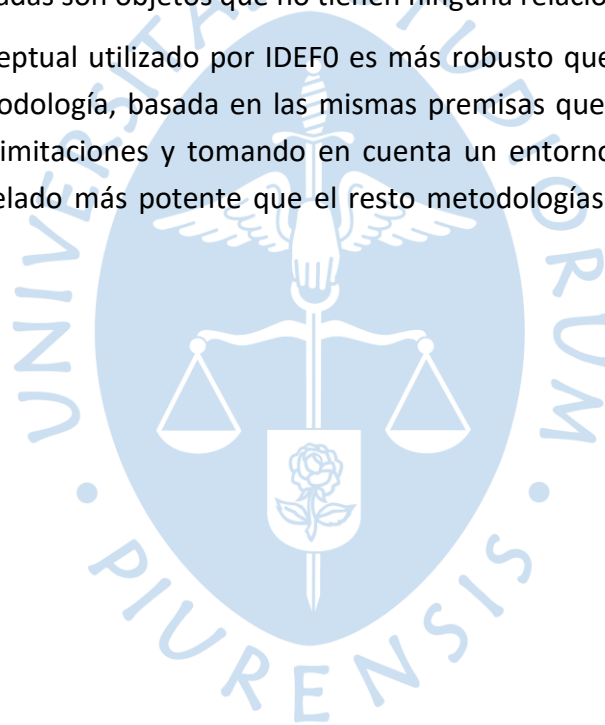
Este enfoque es intuitivo y práctico, sin embargo, no da claridad respecto a los motivos por los cuales el flujo “fluye”. Sabemos que el flujo continúa al finalizar una actividad, pero el modelo no nos da ninguna herramienta para determinar que la actividad ha finalizado correctamente. Más aún, en la realidad, una actividad puede no haber finalizado satisfactoriamente, o verse interrumpida. Un diagrama de flujos tradicional no contempla un mecanismo para gestionar estos “flujos de error”. Un diagrama de restricciones, en cambio, hace referencia explícita a los elementos que dan origen al flujo entre actividades o, de ser el caso, a un flujo de interrupción.

En conclusión, modelar los procesos por sus restricciones permite entenderlos mejor y resuelve algunas de las limitaciones que tienen los modelos de flujo. Esto es útil incluso si un diagrama de restricciones no es utilizado finalmente en la definición formal del modelo, ya que brinda nuevas herramientas de conceptualización para el analista.

**2.3.4. Limitaciones en la metodología IDEF0.** IDEF0 tiene origen entre el final de 1970s y principio de 1980s. Comprende un lenguaje de modelamiento gráfico y la metodología necesaria para elaborarlos. La metodología y los diagramas están concebidos para trabajar en papel, acorde con la situación en que fueron inventadas. La capacidad de plasmar información en papel y la capacidad de comunicación en el equipo son dos factores que claramente limitan la transmisión de información. La manera en que se utilizan las notas en los modelos, la necesidad de plasmar todas las flechas en simultáneo, la forma en la que estas se diagraman, la notación de flechas tuneladas y de llamada, y la limitación de cajas por diagrama son algunos ejemplos que reflejan las limitaciones de trabajar en papel.

Adicionalmente, la metodología tiene algunas limitaciones conceptuales que dificultan el modelamiento. Por ejemplo, la falta de reglas de activación de las cajas o de una jerarquía complementaria que permita establecer la relación que hay entre distintos objetos (en IDEF0, dos flechas no conectadas son objetos que no tienen ninguna relación).

El marco conceptual utilizado por IDEF0 es más robusto que el de los diagramas de flujo. Una nueva metodología, basada en las mismas premisas que las utilizadas por IDEF0 pero superando sus limitaciones y tomando en cuenta un entorno digital, podría ser una herramienta de modelado más potente que el resto metodologías de análisis de procesos existentes.





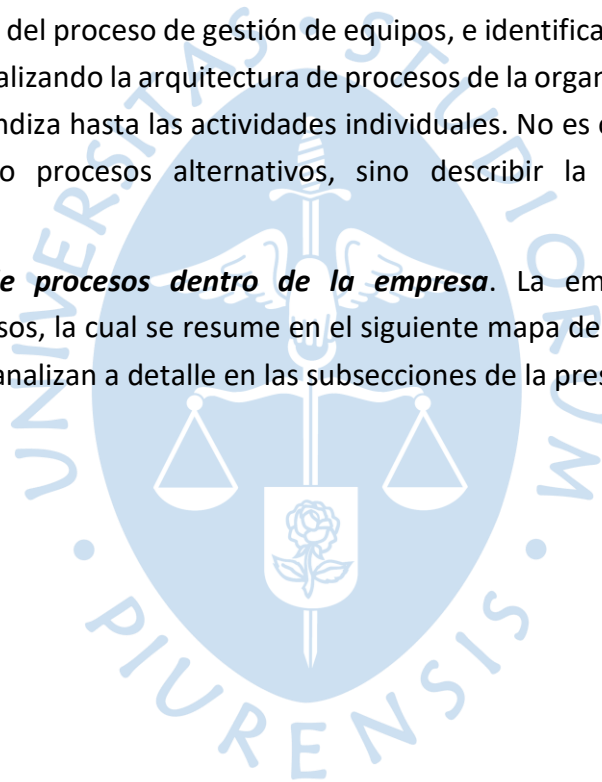
## **Capítulo 3**

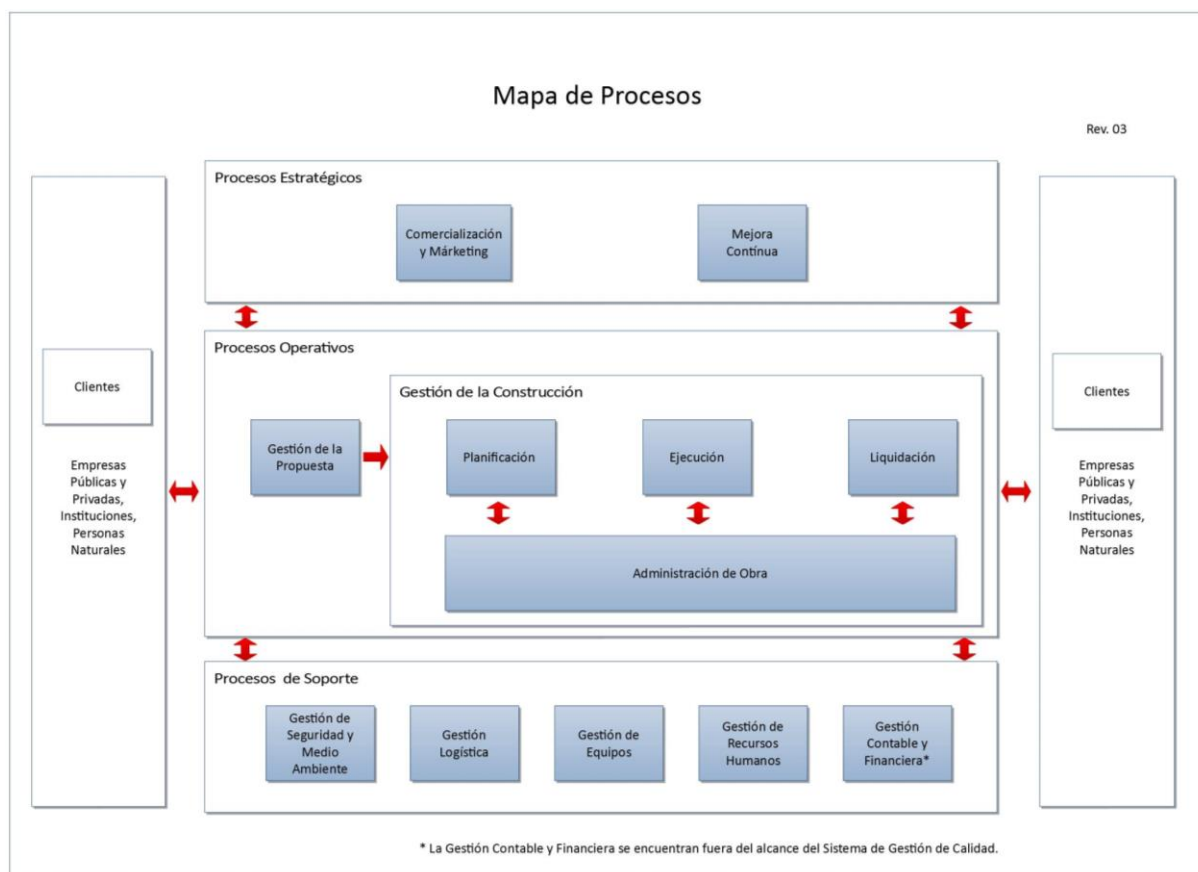
### **Análisis de los procesos actuales**

#### **3.1. Gestión de equipos dentro de la arquitectura de procesos**

El presente capítulo tiene como objetivo hacer un análisis exhaustivo de la documentación actual del proceso de gestión de equipos, e identificar los problemas que esta presenta. Partimos analizando la arquitectura de procesos de la organización, el nivel más alto de análisis, y se profundiza hasta las actividades individuales. No es objetivo de este capítulo plantear soluciones o procesos alternativos, sino describir la situación actual de la documentación.

**3.1.1. Arquitectura de procesos dentro de la empresa.** La empresa cuenta con una arquitectura de procesos, la cual se resume en el siguiente mapa de procesos. Las partes del mapa de procesos se analizan a detalle en las subsecciones de la presente sección.





*Ilustración 24. Mapa de procesos de la empresa.*

**3.1.1.1. Procesos operativos.** De acuerdo con lo comentado sobre la empresa en el Capítulo 1, los procesos operativos o primarios de la empresa son los relacionados a la construcción.



*Ilustración 25. Procesos operativos.*

La Gestión de la Propuesta inicia con la solicitud de propuesta por parte de un potencial cliente y termina con la adjudicación de la obra a la empresa. Involucra tanto a la gerencia como a los departamentos técnicos.

La Planificación de Obra se da una vez adjudicada la obra. Finaliza con la presentación de todos los documentos de obra realizados, incluido el contrato. Entre los documentos está la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT), cronograma de obra, organigrama, plan de calidad, plan de Seguridad, Salud y Medio Ambiente (SSMA), etc.

La Ejecución de Obra hace referencia a las actividades propias de elaborar una obra civil. Finaliza cuando se han cumplido los requisitos del cliente; velando por que se cumplan también los requisitos internos y legales.

Una vez finalizada la obra, se procede con la Liquidación de Obra. Tiene como objeto el cierre técnico, administrativo y económico de la misma.

En paralelo al flujo de obra mencionado, se da el proceso de Administración de Obra. Este proceso agrupa un conjunto de actividades vinculadas a la gestión de la obra y las relaciones entre un proyecto y la estructura central de la empresa. Inicia junto con la planificación y termina al final del cierre.

**3.1.1.2. Procesos de soporte.** Se han identificado cinco procesos de soporte: Gestión de Seguridad, Salud y Medio Ambiente; Gestión de Compras; Gestión de Equipos; Gestión de Recursos Humanos; y Gestión Contable y Financiera.



*Ilustración 26. Procesos de soporte.*

El proceso de SSMA tiene a cargo la elaboración, difusión y control de políticas de Seguridad y Salud en el Trabajo, y de Gestión Medioambiental. Como parte del proceso, vela por mantener los certificados ISO 14001 y OHSAS 18001 con los que cuenta la empresa.

La gestión logística involucra la gestión de compras, la selección y evaluación de proveedores, la gestión de almacenes y la logística interna.

La gestión de equipos, el tema principal de esta tesis, está relacionada principalmente al alquiler de equipos interna o externamente; así como su mantenimiento. Este proceso, si bien contempla el alquiler de equipos a clientes externos, no se considera un proceso operativo en la arquitectura de procesos. La sección “1.3. Lugar del proceso de gestión de equipos en la arquitectura”, aborda este asunto a profundidad.

La gestión de recursos humanos tiene mapeados dos subprocesos: el reclutamiento, selección y contratación de personal; y la evaluación de desempeño y capacitación.

Finalmente, se encuentra identificada la gestión contable y financiera, más no se detallan los subprocesos y actividades involucradas.

Los procesos de soporte identificados en la arquitectura de procesos presentan dos problemas. Primero, tal como advertía Harmon (2007), se confunden áreas con procesos. Los “procesos” identificados son en realidad grupos de procesos agrupados funcionalmente. Así pues, en el proceso de logística podemos encontrar un proceso de compras y un proceso de logística interna; están relacionados, pero no son un mismo proceso.

Un segundo problema es la ausencia de muchos procesos. Por ejemplo, no existe como parte de las actividades de recursos humanos (ni en ninguna otra área o proceso), una gestión de planillas.

Para la gestión de equipos, veremos estos dos problemas a mayor detalle en las secciones siguientes.

**3.1.1.3. Procesos estratégicos.** Según el mapa de procesos, existen dos procesos de gestión estratégica.



*Ilustración 27. Procesos estratégicos.*

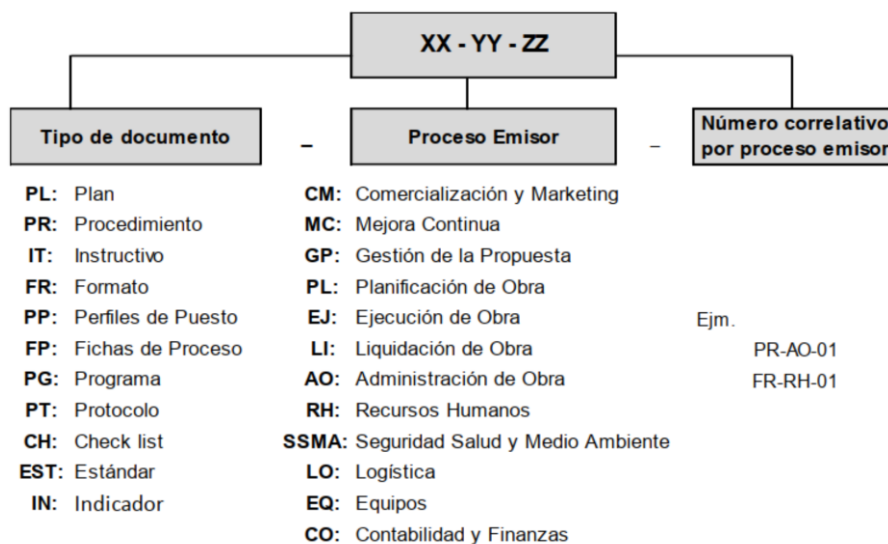
El proceso de comercialización y marketing abarca la difusión de la empresa a través de revistas especializadas, medios digitales y eventos del sector; así como el seguimiento de oportunidades concretas de licitación.

La Mejora Continua tiene como principal labor el mantenimiento del Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) a través de auditorías, acciones correctivas y proyectos de mejora. Uno de sus objetivos principales es conservar la certificación ISO 9001.

La coordinación y mantenimiento de la gestión de procesos es parte del proceso de Mejora Continua. Esto se debe a que los esfuerzos por emprender una gestión de procesos se originan en los requerimientos del ISO 9001. La gestión de procesos en la empresa nace como un medio para obtener la certificación. Una de las consecuencias es que no hay un interés muy elevado por parte de las otras áreas en la empresa, y ni siquiera por la gerencia, por abordar la gestión de procesos.

Llama la atención que dentro de los procesos estratégicos no hay realmente ningún proceso que lidie con la gestión estratégica de la empresa.

**3.1.2. Control de documentos y formatos.** Los procesos de la organización hacen uso de documentos estandarizados y codificados. Mediante el código se puede saber el tipo de proceso y a qué proceso pertenece.



*Ilustración 28. Criterios de codificación de documentos.*

### **3.1.3. Lugar del proceso de gestión de equipos en la arquitectura**

**3.1.3.1. La gestión de equipos como proceso de soporte.** Como se comentó en la sección anterior, según la arquitectura de procesos actual, la gestión de equipos se considera un proceso de soporte, incluso cuando el proceso puede tener clientes externos, no solamente internos. Esto es consistente con la definición planteada en el marco teórico. La empresa se concibe a sí misma como una empresa de construcción de obras civiles. Como consecuencia, su cadena de valor, su flujo primario, es el diseño y construcción de obras civiles. La gestión de equipos es un proceso que, a su vez, la empresa concibe como soporte a ese flujo primario. El alquiler de equipos a terceros tiene lugar debido a que los equipos tienen horas ociosas que pueden ser rentabilizadas, no es un objetivo de la empresa en sí.

Al igual que otros procesos de soporte de la empresa, es difícil identificar la gestión de equipos como un proceso unificado, sino más bien como un área que agrupa actividades relacionadas a la maquinaria y equipos. Por este motivo, no es posible identificar un inicio o fin claro para el proceso.

**3.1.3.2. Justificación y fines del proceso de gestión de equipos.** Según la gerencia de la empresa, la práctica de poseer y gestionar maquinaria propia es una práctica habitual en las empresas constructoras, así como también lo es alquilar esa maquinaria a otras empresas constructoras para aprovechar el excedente de capacidad. La rentabilidad de poseer esa maquinaria, en contraste con alquilarla puntualmente, no es del todo clara, ya que la empresa no realiza un análisis detallado del costo total de poseer la maquinaria durante todo su ciclo de vida. Poseer un parque de maquinaria propio implica:

- costos de gestión (la empresa requiere de un área que controla la maquinaria),
- costos de mantenimiento (repuestos y mecánicos),
- riesgos de poseer el equipo (pólizas de seguro, pérdida del equipo),
- costos de adquisición y venta.

Naturalmente, para justificar la inversión que implica tener equipos propios, estos deben tener un nivel de utilización lo suficientemente elevado, no solo para cubrir sus costos, sino para ser más rentables que la alternativa, es decir, alquilar los equipos.

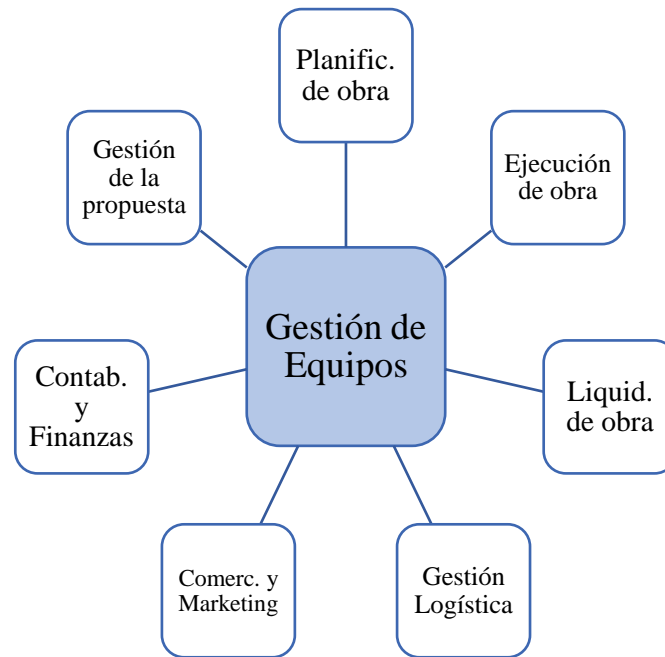
Si la empresa genera con sus propias obras civiles un nivel de utilización de sus equipos lo suficientemente elevado como para justificarlos, lo cuestionable es la práctica de alquilarlos a terceros, ya que esto implica costos de gestión y riesgos adicionales. Si, por el contrario, la empresa no autogenera un nivel de utilización suficiente, tiene dos opciones: liquidar su parque de maquinaria y con este al área de equipos, o estimular el suficiente nivel de alquiler a terceros como para cubrir los costos del equipo más los costos propios de brindar ese servicio (fuerza de ventas, gestión, etc.). Esta segunda opción, eventualmente, se convertiría en una línea de negocio por separado, ya que termina siendo muy distinta a la construcción de obras civiles.

Este análisis, de por sí fuera del alcance de esta tesis, impacta significativamente en el proceso de gestión de equipos. Por ejemplo, ya que la búsqueda activa de clientes que deseen alquilar los equipos no forma parte de ningún otro proceso de la empresa, ¿debería esto formar parte de la gestión de los equipos?; ¿qué controles y mecanismos adicionales se necesitan para alquilar el equipo a terceros?; ¿cómo será el flujo de comunicación, liquidación y cobranza?; ¿están preparados los sistemas de la empresa para esta labor (en la empresa en cuestión, el ERP de la empresa no lo permitía)?

La documentación actual de la empresa omite completamente la presencia de clientes externos en la gestión de equipos, a pesar de que estos sí alquilan la maquinaria ocasionalmente. Los procesos propuestos reconocen su rol tal como se da actualmente en la empresa: pueden alquilar la maquinaria, aunque no hay un esfuerzo activo para buscar lo hagan. De la misma manera, hace explícito como interactúan con el proceso de gestión de equipos.

**3.1.3.3. Definición de la gestión de equipos y relación con otros procesos.** Existe una sola ficha de proceso, con el siguiente objetivo: “Realizar una adecuada gestión de los equipos, velando por el buen uso y adecuado control, permitiendo asegurar el mantenimiento oportuno y la disponibilidad de los mismos.”

Asimismo, la ficha de proceso de Gestión de Equipos establece relaciones, ya sea como clientes o como proveedores, con siete de los otros macroprocesos; e identifica los inputs y outputs correspondientes.



*Ilustración 29. Relaciones entre el proceso de Gestión de Equipos y otros procesos, según están documentadas. Elaboración propia.*

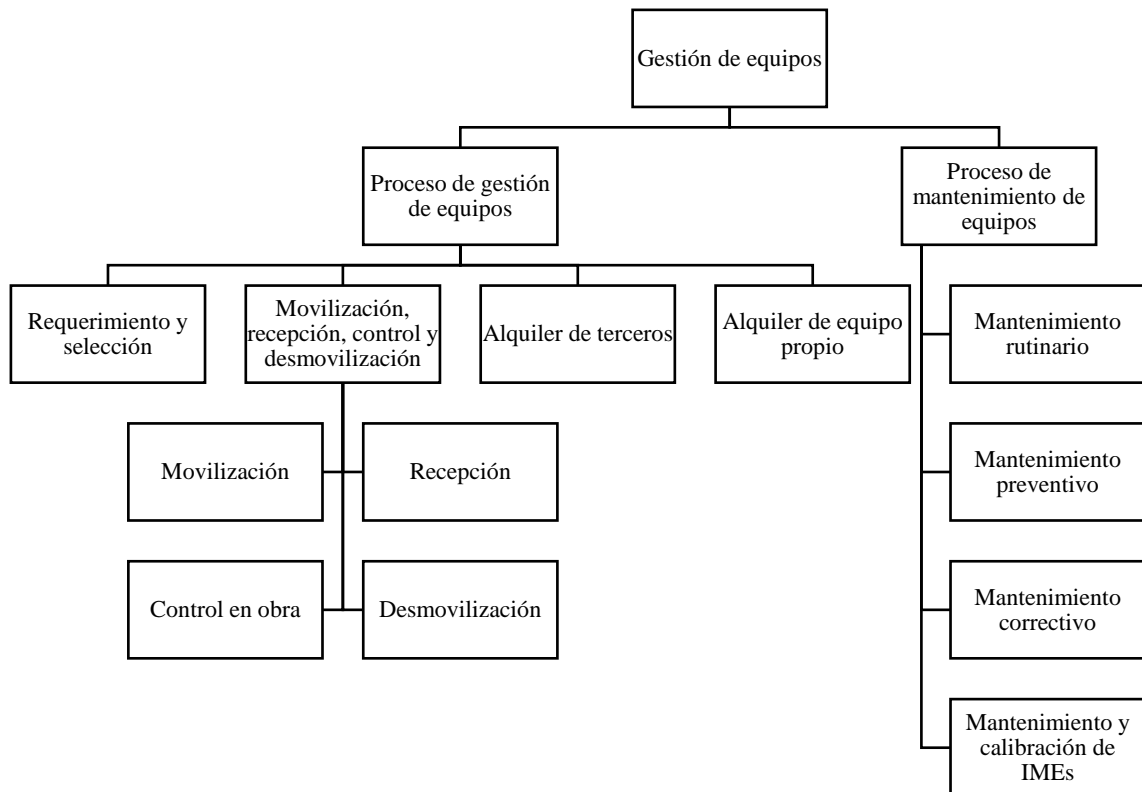
Las áreas que juegan un rol activo en el proceso son:

- Área de Equipos
- Área de Logística y Compras
- Área de RRHH
- Área de Contabilidad y Finanzas
- Gerencia de Operaciones
- Cada obra (administración de obra y personal operativo)

Adicionalmente, el área de equipos no se relaciona solo con las áreas internas. Tiene relaciones con proveedores de equipos, repuestos y servicios de mantenimiento; así como con clientes, cuando estos alquilan un equipo.

### **3.2. Análisis de proceso de gestión de equipos**

El proceso de gestión de equipos se detalla en dos procedimientos. A cada procedimiento corresponden un conjunto de subprocesos, documentos e indicadores. En esta sección se describen los procesos según están documentados y se identifican problemas.



*Ilustración 30. Desglose de la Gestión de Equipos, según está documentada. Elaboración propia.*

### **3.2.1. Categorización de equipos**

Los equipos se categorizan utilizando la siguiente estructura:

1. Familia
2. Subfamilia
3. Marca
4. Modelo
5. Equipo

La familia y subfamilia sirven para determinar el tipo de documentos y procedimientos que se deben utilizar para controlar la operación del equipo. A su vez, la documentación técnica depende de la marca y el modelo. En el siguiente recuadro se detallan las seis familias usadas en la categorización y algunas subfamilias de ejemplo:

Familia	Subfamilias de ejemplo
Equipo Mayor	Cargador Frontal, Retroexcavadora, Grúa, Minicargador, Torre de Iluminación
Equipo Menor	Alisadora de concreto, Sierra Circular, Electrobomba, Martillo Eléctrico
Equipo de Inspección, Medición y Ensayo (IME)	Estación Total, Nivel Automático, Teodolito Electrónico, Termómetro de Concreto
Vehículo	Camioneta, Automóvil, Camión
Equipo de Comunicación	Celular, Radio, Módem
Equipo de Oficina	Computadora, Impresora

*Tabla 5. Familias de equipos y subfamilias de ejemplo. Elaboración propia.*

**3.2.2. Documentos y formatos del Área de Equipos.** La documentación elaborada como parte de la adecuación al estándar ISO 9001 en la empresa identifica catorce formatos correspondientes al Área de Equipos. Adicionalmente, considera importantes para la gestión del Área otros cinco formatos pertenecientes a Administración de Obra, uno a Logística y uno a SSMA. Sumado a esto, durante el levantamiento de información realizado para elaborar el siguiente trabajo se identificaron nueve documentos utilizados como parte de la gestión que no estaban identificados previamente (Ver Tabla 6 Formatos utilizados en el Área de Equipos.).

Muchos de estos formatos fueron concebidos cuando la gestión del área se hacía a papel y no han sido actualizados. Como la actualización del proceso no ha sido formal, hay información que todavía se lleva a papel, mientras que otra ha sido digitalizada. Hay considerable información redundante e información perdida, lo cual dificulta la trazabilidad de la maquinaria.

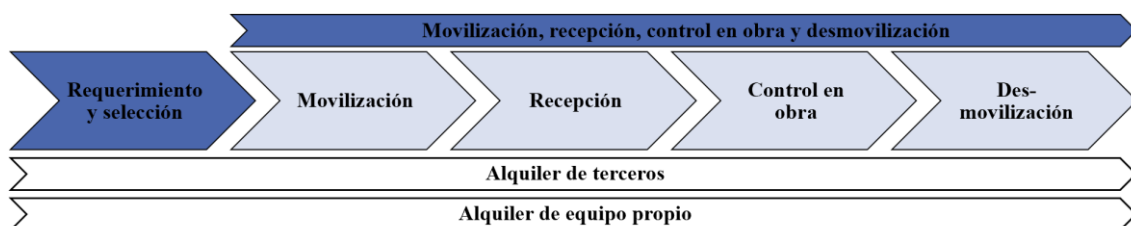
Con la digitalización, hay muchos formatos que pueden consolidarse: por ejemplo, el Historial de Movilizaciones de Equipo y el formato de Estado de Equipos representan esencialmente la misma información. El historial es una hoja de papel que muestra las movilizaciones de un equipo a lo largo del tiempo, mientras que el Estado de Equipos es una tabla en Excel que muestra la ubicación actual de todos los equipos de la empresa. Almacenando el historial de movilizaciones directamente en un Excel, se hace redundante tener un segundo formato.

Idealmente, toda la información relacionada a la gestión de los equipos debería almacenarse en una base de datos integrada al nuevo ERP de la empresa. Sin embargo, este ERP no tiene un módulo que permita realizar esa labor. Desarrollar un sistema a pedido e integrarlo con el ERP está fuera de las capacidades de la empresa y, dado el volumen de actividad del área, probablemente no sea una propuesta viable. Por el momento, una solución basada en un conjunto de hojas de trabajo en Excel correctamente elaboradas e integradas puede ser suficiente.

Área Responsable	Código	Nombre
Equipos	FR-EQ-01	Inventario para traslado de equipos mayores
Equipos	FR-EQ-02	Inventario para traslado de equipos menores
Equipos	FR-EQ-03	Historial de movilizaciones de equipo
Equipos	FR-EQ-04	Control de equipos IME
Equipos	FR-EQ-05	Estado de equipos
Equipos	FR-EQ-06	Control de pólizas vehiculares
Equipos	FR-EQ-07	Control de pólizas TREC
Equipos	FR-EQ-08	Guía de mantenimiento preventivo
Equipos	FR-EQ-09	Inspección mecánica por sistema
Equipos	FR-EQ-10	Plano de mantenimiento
Equipos	FR-EQ-11	Inspección preventiva
Equipos	FR-EQ-12	Informe de mantenimiento
Equipos	FR-EQ-13	Ficha de vida
Equipos	FR-EQ-14	Programa preventivo
Administración de Obra	FR-AO-16	Requerimiento de materiales, equipos y herramientas
Administración de Obra	FR-AO-27	Inventario
Administración de Obra	FR-AO-19	Parte diario de equipos
Administración de Obra	FR-AO-25	Control de vehículos
Administración de Obra	FR-AO-26	Control de combustible
Logística	FR-LO-03	Lista de proveedores aprobados
SSMA	N/A	Checklist de pre-uso de SSMA
No identificado	N/A	Guía de Remisión del Equipo
No identificado	N/A	Documentos Técnicos del Equipo
No identificado	N/A	Conformidad de recepción
No identificado	N/A	Inventario de obra
No identificado	N/A	Registro de Órdenes de Trabajo
No identificado	N/A	Presupuesto de Intervención de Reparación
No identificado	N/A	Certificado de calibración
No identificado	N/A	Etiquetas de calibración
No identificado	N/A	Valorización por Servicios de Alquiler de Equipo

**Tabla 6** Formatos utilizados en el Área de Equipos. Elaboración propia.

**3.2.3. Proceso de gestión de equipos.** El procedimiento de gestión de equipos identifica 4 subprocesos. Uno de estos subprocesos (Movilización, recepción, control en obra y desmovilización) se desglosa en un nivel inferior. Los procesos de Alquiler de terceros y Alquiler de equipo propio se consideran variantes de los otros procesos.



**Ilustración 31.** Subprocesos de la gestión de equipos. Elaboración propia.

### 3.2.3.1. Requerimiento y selección

#### 3.2.3.1.1. Descripción

**Proceso detallado con diagrama:** No

**Inicio:** Llegada de requerimiento de equipos a Logística, los días miércoles

**Actividades:**

- Equipo de Logística revisa requerimiento y envía a Gerente de Operaciones para su aprobación.
- Gerente de Operaciones revisa requerimiento y decide según inventario de equipos.
- Si no hay un equipo disponible, se ejecuta procedimiento de compras o alquiler PR-LO-01.
- Se comunica la decisión al Jefe de Equipos para que inicie movilización y coordinaciones.

**Fin:** Equipo asignado y decisión comunicada a Jefe de Equipos

#### 3.2.3.1.2. Documentos

Código	Nombre	Medio
FR-AO-16	Requerimiento de Materiales, Equipos y Herramientas	Archivo de Excel
FR-AO-27	Inventario	Archivo de Excel

*Tabla 7. Documentos del subproceso de Requerimiento y Selección. Elaboración propia.*

#### 3.2.3.1.3. Problemas identificados

- El requerimiento llega a área de logística, luego debe pasar a la bandeja del Gerente de Operaciones para aprobación y finalmente pasa al encargado de equipos. Es un flujo innecesariamente largo, que se realiza incluso para equipos de poco valor y tiene como consecuencia retrasos y que no siempre llegue la información al área de equipos.
- El ERP de la empresa no tiene un módulo que permita gestionar correctamente la información relacionada a los equipos. Impacto en este subproceso: no se puede planificar el uso de los equipos, conocer su estatus actual (operativo o no, próximo mantenimiento, etc.), o indicadores de los equipos.
- Las partes del subproceso que deberían gestionarse con el ERP no están correctamente identificadas. Existe duplicidad de registros e inconsistencias entre la data en el ERP y los registros que lleva el área en su documentación.
- No se ha establecido un tiempo de atención para los pedidos. Muchos llegan con una fecha de requerimiento para el mismo día que se solicitan.
- No se llevan indicadores del proceso.

### 3.2.3.2. Movilización

#### 3.2.3.2.1. Descripción

**Proceso detallado con diagrama:** Sí

**Inicio:** Equipo asignado

**Actividades:**

- Jefe de Equipos inspecciona equipo y prepara documentación
- Responsable de Almacén prepara y embala equipo
- Jefe de Logística contrata proveedor de transporte
- Responsable de Almacén despacha equipos con sus documentos y comunica la movilización

**Fin:** Equipo en obra

#### 3.2.3.2.2. Documentos

Código	Nombre	Medio
FR-EQ-01	Inventario para traslado de Equipos Mayores	Papel
FR-EQ-02	Inventario para traslado de Equipos Menores	Papel
FR-EQ-09	Inspección Mecánica por Sistemas	Papel
FR-EQ-03	Historial de Movilizaciones de Equipo	Papel
FR-EQ-04	Control de Equipos IME	Excel
FR-EQ-05	Estado de Equipos	Excel
N/A	Guía de Remisión del Equipo	Papel
N/A	Documentos Técnicos del Equipo	Papel
FR-LO-03	Lista de proveedores aprobados	Excel

*Tabla 8. Documentos del subproceso de Movilización. Elaboración propia.*

#### 3.2.3.2.3. Problemas identificados

- Documentos duplicados; formatos obsoletos dificultan seguimiento y control. El proceso fue concebido para llevar la trazabilidad en papel. Por ejemplo, el Historial de Movilizaciones de Equipo (FR-EQ-09), es un documento que lleva la trazabilidad histórica de las movilizaciones por equipo; mientras que el Control de Equipos IME (FR-EQ-04), y el Estado de Equipos (FR-EQ-05) contienen la ubicación actual de todos los equipos. Para muchos equipos, los documentos estaban desactualizados.
- Procedimiento no contempla las actividades relacionadas a la contratación del operario del equipo o de la renovación de pólizas del equipo.
- Actividades relacionadas a la contratación de transportistas incorrectamente atribuidas a este proceso. Corresponden a proceso de compras PR-LO-01.
- Procedimiento no contempla la preparación y envío de documentos necesarios para el control del uso del equipo en obra.

- El ERP de la empresa no tiene un módulo que permita gestionar correctamente la información relacionada a los equipos. Impacto en este subproceso: no existe un registro histórico de la movilización de la maquinaria, no existe un correcto control de artículos del inventario que están relacionados y deben controlarse en conjunto. En general la gestión de inventarios del ERP no está diseñada para activos.
- No se llevan indicadores del proceso.

### **3.2.3.3. Recepción**

#### **3.2.3.3.1. Descripción**

**Proceso detallado con diagrama:** Sí

**Inicio:** Llegada de equipo a obra

**Actividades:**

- Almacenero o Controlador de Equipos recibe y verifica equipos y documentos, y actualiza el inventario en obra
- Administrador de Obra da conformidad de recepción

**Fin:** Conformidad de recepción realizada

#### **3.2.3.3.2. Documentos**

<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Medio</b>
N/A	Conformidad de recepción	Email

*Tabla 9. Documentos del subproceso de Recepción. Elaboración propia.*

#### **3.2.3.3.3. Problemas identificados**

- Con frecuencia no se realiza la conformidad de recepción.
- Las partes del subproceso que deberían gestionarse con el ERP no están correctamente identificadas. El ERP hace innecesario el envío de un correo u otro mecanismo para notificar la conformidad de recepción, pero como la gestión de los equipos en el ERP no es consistente no se hace uso de esta ventaja.
- Indicadores utilizados (% de equipos recibidos conformes y cumplimiento de entrega en fecha requerida) están mal calculados y capturan información poco útil porque con frecuencia no se registra la fecha de conformidad de recepción.

### **3.2.3.4. Control en obra**

#### **3.2.3.4.1. Descripción**

**Proceso detallado con diagrama:** No

**Inicio:** Llegada de equipo a obra

**Actividades:**

- Controlador de equipos o almacenero llevan control de los equipos

- Ingeniero de Calidad controla vigencia de certificados de calibración
- Operario de equipo completa los formatos correspondientes antes de usar el equipo: checklist de pre-uso de SSMA, parte diario, control de combustible, etc.
- Administrador de Obra envía semanalmente documentos de uso del equipo: partes diarios, reporte de control de vehículos y control de combustible
- Jefe de Equipos revisa semanalmente la información enviada de obra
- Jefe de Equipos realiza control de pólizas de los equipos y vehículos

**Fin:** Salida de equipo de obra

#### **3.2.3.4.2. Documentos**

<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Medio</b>
FR-AO-19	Parte diario	Papel
FR-AO-25	Reporte de control de vehículos	Papel
FR-AO-26	Control de combustible	Papel
FR-EQ-06	Control de pólizas vehiculares	Excel
FR-EQ-07	Control de pólizas TREC	Excel
Varios	Checklist de pre-uso de SSMA	Papel

*Tabla 10. Documentos del subproceso de Control en Obra. Elaboración propia.*

#### **3.2.3.4.3. Sistemas**

- S10 – Gestión de Proyectos
- Excel
- Correo electrónico

#### **3.2.3.4.4. Problemas identificados**

- Formatos a papel dificultan seguimiento y control del uso de los equipos.
- El ERP de la empresa no tiene un módulo que permita gestionar correctamente la información relacionada a los equipos. El módulo de Gestión de Proyectos permite asignar horas de trabajo y consumo de combustible a una partida, pero esto no permite llevar un control a nivel de activo (el equipo); es decir, no se puede hacer seguimiento del combustible utilizado por el equipo, la cantidad de horas trabajadas del equipo o su horómetro actual, un registro de incidencias del equipo, etc.
- Poco alineamiento por parte del personal de obra para cumplir los lineamientos del proceso: no siempre realizan los partes y si los hacen no siempre los llenan correctamente. Si no los cumplen no les afecta.
- No se llevan indicadores del proceso.

#### **3.2.3.5. Desmovilización**

##### **3.2.3.5.1. Descripción**

**Proceso detallado con diagrama:** Sí

**Inicio:** Fin de partida o de obra

**Actividades:**

- Jefe de Obra o Administrador de Obra comunica la desmovilización
- Jefe de Equipos indica a dónde debe movilizarse el equipo
- Almacenero de obra o controlador de equipos realiza inspección de equipo antes de envío y completa documentos
- Personal en lugar de destino recibe equipo, realiza validación y envía correo de conformidad

**Fin:** Llegada de equipo a almacén o a nueva obra

**3.2.3.5.2. Documentos.** Igual que la movilización y recepción.

**3.2.3.5.3. Problemas identificados**

- Proceso redundante respecto a la movilización y recepción. Genera poca claridad y dificulta seguimiento.
- Iniciativa de desmovilización se genera en obra, lo cual resta capacidad de gestión al Área de Equipos.
- El ERP de la empresa no tiene un módulo que permita gestionar correctamente la información relacionada a los equipos. Impacto en este subproceso: no existe un registro histórico de la movilización de la maquinaria, no existe un correcto control de artículos del inventario que están relacionados y deben controlarse en conjunto. En general la gestión de inventarios del ERP no está diseñada para activos.

**3.2.3.6. Alquiler de terceros**

**3.2.3.6.1. Descripción**

**Proceso detallado con diagrama:** No

**Inicio:** Llegada de requerimiento de equipos a Logística, equipo no disponible

**Actividades:**

- Proceso de alquiler basado en la gestión de compras PR-LO-01.
- Jefe de Equipos valida documentos del equipo a alquilar y, en caso el equipo se alquile con operario, los documentos del operario.
- Jefe de Equipos genera una orden permanente de trabajo para registrar los gastos de operación del equipo.
- La operación del equipo se controla de la misma manera que un equipo propio.
- Jefe de Obra y Gerente de Operaciones aprueban valorizaciones de uso del equipo que sirven como sustento para la facturación.

**Fin:** Retorno del equipo al proveedor

**3.2.3.6.2. Documentos.** Los mismos que los procesos de Requerimiento y Selección; Movilización; Control en Obra; y Desmovilización. Las variaciones en los documentos no están estandarizadas.

**3.2.3.6.3. Problemas identificados**

- Proceso redundante respecto a otros procesos ya documentados. Genera poca claridad y dificulta seguimiento.
- El ERP de la empresa no tiene un módulo que permita gestionar correctamente la información relacionada a los equipos. Impacto en este subproceso: no es posible gestionar activos alquilados.

**3.2.3.7. Alquiler de equipo propio**

**3.2.3.7.1. Descripción**

**Proceso detallado con diagrama:** No

**Inicio:** Llegada de requerimiento de equipos a Logística por parte de empresa tercera

**Actividades:**

- Gerente de Operaciones revisa requerimiento y autoriza alquiler
- Jefe de Equipos prepara contrato de alquiler y Gerente de Operaciones lo firma
- El control del equipo se realiza de la misma manera que cuando se entrega a una obra propia
- Jefe de Equipos prepara la valorización por el uso del equipo con la frecuencia pactada con el cliente, Gerente de Operaciones aprueba, se comunica a Finanzas para que emita la factura y gestione el cobro

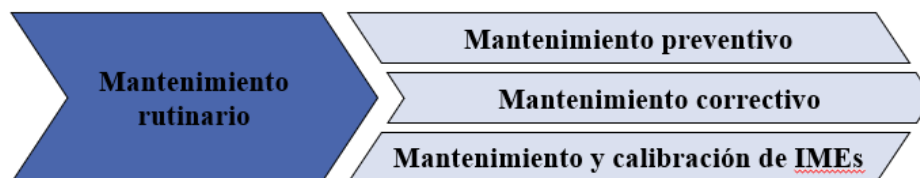
**Fin:** Retorno del equipo por parte del cliente

**3.2.3.7.2. Documentos.** Los mismos que los procesos de Requerimiento y Selección; Movilización; Control en Obra; y Desmovilización. Las variaciones en los documentos no están estandarizadas.

**3.2.3.7.3. Problemas identificados**

- Proceso redundante respecto a otros procesos ya documentados. Genera poca claridad y dificulta seguimiento.
- La generación de contratos y tarifario no está estandarizada.
- El ERP de la empresa no tiene un módulo que permita gestionar correctamente la información relacionada a los equipos. Impacto en este subproceso: no es posible gestionar ni registrar ingresos de otras actividades que no sean los proyectos de obras civiles.

**3.2.4. Proceso de mantenimiento de equipos** La gestión del mantenimiento identifica cuatro subprocesos. De las actividades realizadas durante el mantenimiento rutinario depende que se identifiquen o realicen los otros tipos de mantenimiento. El Mantenimiento preventivo, correctivo y de IMEs pueden considerarse variantes de un mismo proceso que varían en su tipo de inicio del proceso y tipo de equipo en cuestión.



*Ilustración 32. Subprocesos de mantenimiento de equipos. Elaboración propia.*

### 3.2.4.1. Mantenimiento rutinario

#### 3.2.4.1.1. Descripción

**Proceso detallado con diagrama:** Sí

**Inicio:** Momento previo al uso del equipo

**Actividades:**

- Operario verifica que el equipo esté en óptimas condiciones utilizando el checklist de pre-uso
- Si el equipo lo requiere, el operario engrasa las partes, rellena los niveles de fluido, solicita abastecimiento de gasolina al encargado y realiza ajustes menores; toda actividad respecto al equipo se apunta en los formatos correspondientes (parte diario, control de vehículos, control de combustible)
- Si los ajustes al equipo no fueran suficientes, el operario notifica al Administrador de Obra, quien lo comunica al Jefe de Equipos para que evalúen la necesidad de un Mantenimiento Correctivo

**Fin:** Inicio del uso del equipo

#### 3.2.4.1.2. Documentos

Código	Nombre	Medio
FR-AO-19	Parte diario	Papel
FR-AO-25	Reporte de control de vehículos	Papel
FR-AO-26	Control de combustible	Papel
Varios	Checklist de pre-uso de SSMA	Papel

*Tabla 11. Documentos del subproceso de Mantenimiento Rutinario. Elaboración propia.*

### **3.2.4.1.3. Problemas identificados**

- Proceso poco claro, pues incluye actividades de uso y control de uso del equipo. Adicionalmente, la verificación previa al uso del equipo no se justifica como un mantenimiento.
- Control en papel por cada uso del equipo hace difícil el seguimiento de la información.
- No se llevan indicadores del proceso.
- ERP no tiene funcionalidades para la gestión del mantenimiento.

### **3.2.4.2. Mantenimiento preventivo**

#### **3.2.4.2.1. Descripción**

**Proceso detallado con diagrama:** Sí

**Inicio:** Fecha de control de mantenimiento preventivo, se identifica que un equipo tiene un mantenimiento próximo

#### **Actividades:**

- Jefe de Equipos actualiza Programa de Mantenimiento con la información enviada desde obra
- Jefe de Equipos revisa el Programa de Mantenimiento e identifica que un equipo tiene un mantenimiento próximo
- Jefe de Equipos crea una Orden de Trabajo preventiva y coordina con el Administrador de Obra y el encargado de Logística la compra de repuestos y ejecución del mantenimiento
- Según se disponga, el mantenimiento lo puede realizar un mecánico de la empresa o como un servicio contratado a un tercero, quienes se tienen que guiar de la documentación técnica del equipo y deben realizar un informe al finalizar
- Jefe de Equipos actualiza el Programa de Mantenimiento y la información del equipo, y cierra la Orden de Trabajo

**Fin:** Mantenimiento realizado y Orden de Trabajo cerrada

### 3.2.4.2.2. Documentos

Código	Nombre	Medio
FR-AO-19	Parte diario	Papel
FR-AO-25	Reporte de control de vehículos	Papel
FR-EQ-14	Programa de Mantenimiento Preventivo	Excel
FR-EQ-08	Guía de Mantenimiento Preventivo	Papel
FR-EQ-10	Plano de mantenimiento	Papel
FR-EQ-11	Inspección preventiva	Papel
FR-EQ-12	Informe de mantenimiento	Papel / Word
FR-EQ-13	Ficha de vida del equipo	Excel
FR-LO-03	Lista de proveedores aprobados	Excel
N/A	Registro de Órdenes de Trabajo	Excel

**Tabla 12.** Documentos del subproceso de Mantenimiento Preventivo. Elaboración propia.

### 3.2.4.2.3. Problemas identificados

- Equipo de obra tiene mucha independencia al decidir respecto a los mantenimientos, muchas veces no los reportaban; algunos terminaban dañando los equipos.
- Proceso poco claro.
- Indicador utilizado (cumplimiento de plan de mantenimiento) está mal calculado y fue observado por la entidad certificadora de ISO 9001.
- El ERP de la empresa no tiene un módulo que permita gestionar correctamente la información relacionada a los equipos. Impacto en este subproceso: no es posible gestionar los planes de mantenimiento ni la gestión de stock de los repuestos vinculados a un equipo.

### 3.2.4.3. Mantenimiento correctivo

#### 3.2.4.3.1. Descripción

**Proceso detallado con diagrama:** Sí

**Inicio:** Falla detectada y registrada en parte diario

**Actividades:**

- Jefe de Equipos crea una Orden de Trabajo correctiva y coordina con el Administrador de Obra y el encargado de Logística la compra de repuestos y ejecución del mantenimiento
- Si es necesario, un mecánico realiza una inspección del equipo previa a las labores de mantenimiento para poder determinar un presupuesto de intervención de reparación (PIR)
- Si el PIR es muy alto, el Gerente de Operaciones tiene que dar el visto bueno de su justificación económica u ordenar la baja del equipo

- Según se disponga, el mantenimiento lo puede realizar un mecánico de la empresa o como un servicio contratado a un tercero, quienes se tienen que guiar de la documentación técnica del equipo y deben realizar un informe al finalizar
- Jefe de Equipos actualiza el Programa de Mantenimiento y la información del equipo, y cierra la Orden de Trabajo

**Fin:** Mantenimiento realizado y Orden de Trabajo cerrada

### **3.2.4.3.2. Documentos**

<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Medio</b>
FR-AO-19	Parte diario	Papel
FR-AO-25	Reporte de control de vehículos	Papel
FR-EQ-14	Programa de Mantenimiento Preventivo	Excel
FR-EQ-09	Inspección mecánica por sistemas	Papel
FR-EQ-12	Informe de mantenimiento	Papel / Word
FR-EQ-13	Ficha de vida del equipo	Excel
FR-LO-03	Lista de proveedores aprobados	Excel
N/A	Registro de Órdenes de Trabajo	Excel
N/A	Presupuesto de Intervención de Reparación	Papel

*Tabla 13. Documentos del subproceso de Mantenimiento Correctivo. Elaboración propia.*

### **3.2.4.3.3. Problemas identificados**

- Proceso de mantenimiento correctivo poco consistente con el proceso de mantenimiento preventivo, a pesar de ser muy semejante en las labores que se realizan. No es necesario que sean dos procesos distintos.
- Proceso poco claro.
- No se llevan indicadores del proceso.
- El ERP de la empresa no tiene un módulo que permita gestionar correctamente la información relacionada a los equipos. Impacto en este subproceso: no es posible gestionar los planes de mantenimiento ni la gestión de stock de los repuestos vinculados a un equipo.

### **3.2.4.4. Mantenimiento y calibración de IMEs**

#### **3.2.4.4.1. Descripción**

**Proceso detallado con diagrama:** No

**Inicio:** Fecha de control de calibraciones, se identifica que un IME tiene una calibración próxima

**Actividades:**

- Jefe de Equipos realiza el control de equipos IME e identifica que un equipo requiere una calibración próxima

- Jefe de Equipos coordina con el Administrador de Obra y el encargado de Logística la ejecución de la calibración
- La calibración y mantenimiento siempre la realiza un proveedor especializado, quien al final entrega un certificado de calibración y coloca una etiqueta que permite identificar rápidamente que el equipo está calibrado
- Jefe de Equipos actualiza la información del equipo

**Fin:** Calibración realizada e información del equipo actualizada

#### **3.2.4.4.2. Documentos**

<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Medio</b>
FR-EQ-04	Control de Equipos IME	Excel
N/A	Certificado de calibración	Papel
N/A	Etiquetas de calibración	Papel
FR-EQ-13	Ficha de vida del equipo	Excel
FR-LO-03	Lista de proveedores aprobados	Excel

**Tabla 14.** Documentos del subproceso de Mantenimiento y Calibración de IMEs. Elaboración propia.

#### **3.2.4.4.3. Problemas identificados**

- Proceso es una variante de un proceso de mantenimiento regular. Añade complejidad operativa identificarlo como un proceso distinto.
- No se llevan indicadores del proceso.
- Seguimiento al proceso errático, no siempre se actualiza la información o las etiquetas de los equipos.
- El ERP de la empresa no tiene un módulo que permita gestionar correctamente la información relacionada a los equipos. Impacto en este subproceso: no es posible gestionar los planes de mantenimiento ni la gestión de stock de los repuestos vinculados a un equipo.



## Capítulo 4

### Procesos propuestos

#### 4.1. Descripción de los modelos

El presente trabajo propone desglosar las labores realizadas en el Área de Equipos en dos modelos IDEF0. Ambos modelos están relacionados y hacen referencia uno del otro. Si bien es posible capturar todas las funciones del área en un solo modelo, esto resta claridad al entendimiento de las actividades. Recordemos que una de las premisas fundamentales en cualquier análisis consiste en descomponerlo en partes más accesibles (Armstrong & Bocast, 2003).

Los modelos son los siguientes:

- **Alquiler de Equipo:** Captura las actividades necesarias para atender un requerimiento de alquiler de un equipo, venga de un cliente interno o externo. Se podría decir que hace referencia al servicio que el Área de Equipos brinda.
- **Ciclo de Vida del Equipo:** Modela las actividades que el Área de Equipos tiene que realizar a lo largo del ciclo de vida de un equipo, desde su adquisición hasta su venta. En cierta forma, estas actividades son las operaciones internas que el área tiene que realizar para que un equipo se encuentre en óptimas condiciones y pueda brindar sus servicios.

Siguiendo las recomendaciones de Armstrong y Bocast (2003), la descomposición de cajas en el modelo sigue una regla de descomposición. Las cajas se descomponen hasta que se identifica un responsable del área de equipos que ejecute la actividad (jefe de equipos, asistente de equipos, mecánico, operario), o hasta que se alcance una caja que está fuera del alcance del área de equipos (en cuyo caso se identifica por ser color gris).

Todos los diagramas IDEF0 contenidos en el presente capítulo son de elaboración propia basados en las observaciones del autor y documentos de la empresa, y han sido validados por esta.

## 4.2. Alquiler de Equipos

### 4.2.1. Índice de nodos

#### A0 Alquilar Equipo

##### A1 Gestionar Inicio de Alquiler

###### A11 Atender Solicitud

A111 Validar Solicitud

A112 Determinar Capacidad para Atender Requerimiento

A113 Gestionar Respuesta

A114 Gestionar Contrato

A115 Abrir OT

###### A12 Movilizar Equipo

A121 Generar Orden de Movilización

A122 Asegurar Operatividad de Equipo

A123 Preparar Documentos de Traslado

A124 Gestionar Despacho

A125 Cambiar Ubicación en Póliza

A126 Cerrar Movilización

###### A13 Gestionar Operario

A131 Contratar Operario

A132 Gestionar Movilización de Operario

A133 Validar Operario Externo

#### A2 Gestionar Alquiler

##### A21 Controlar Uso de Equipo

A211 Realizar Jornada de Trabajo con Equipo

A2111 Recoger Equipo de Almacén

A2112 Realizar Rutina de Preuso

A21121 Realizar Checklist de Preuso

A21122 Realizar Mantenimiento Rutinario

A21123 Poner Combustible

A21124 Completar Preuso en Documentos de Control

A2113 Utilizar Equipo

A2114 Completar Documentos de Uso

A2115 Retornar Equipo a Almacén

A212 Consolidar Documentos de Uso

A213 Enviar Documentos

A214 Registrar Documentos

##### A22 Realizar Mantenimiento

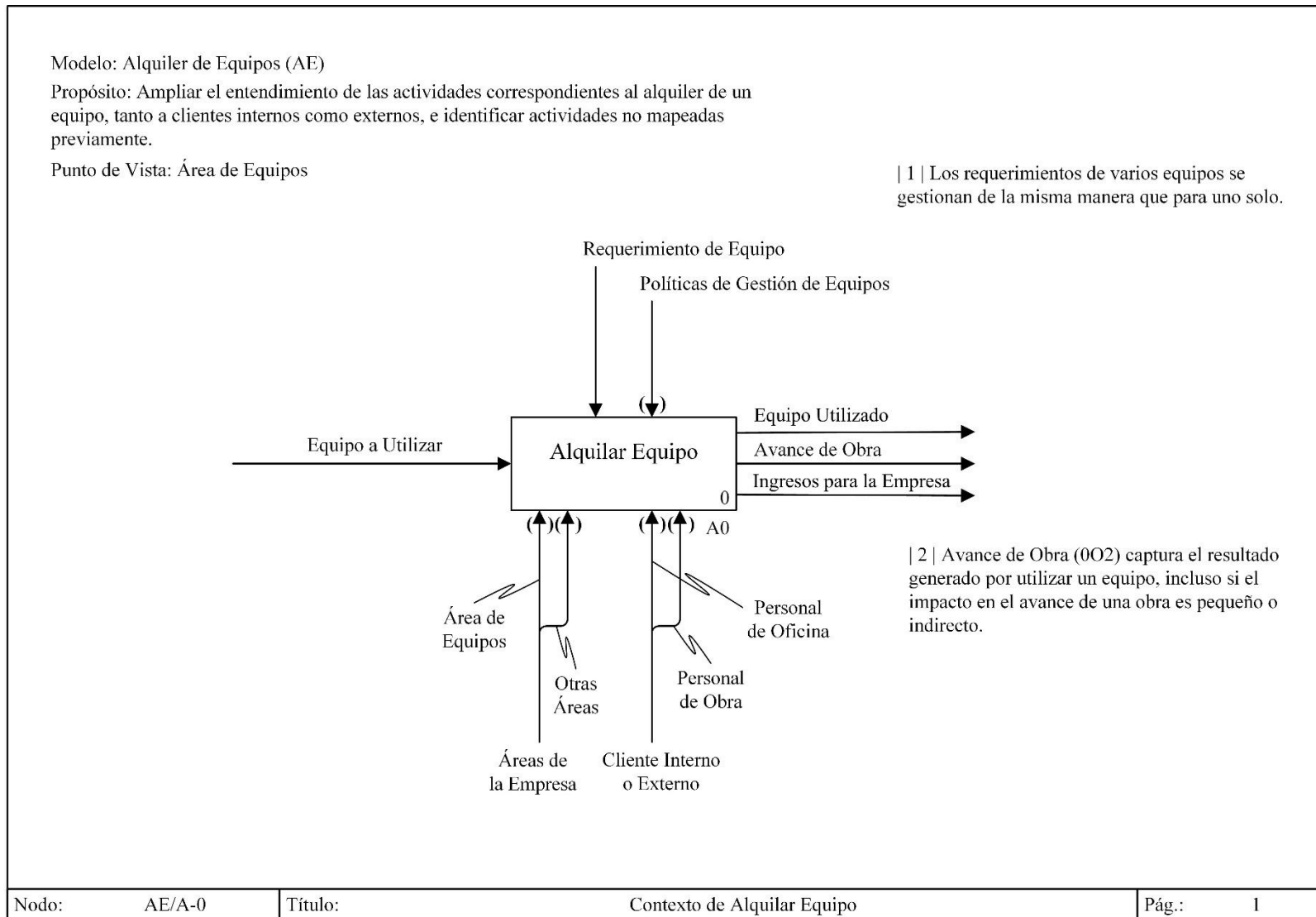
##### A23 Pagar Operario

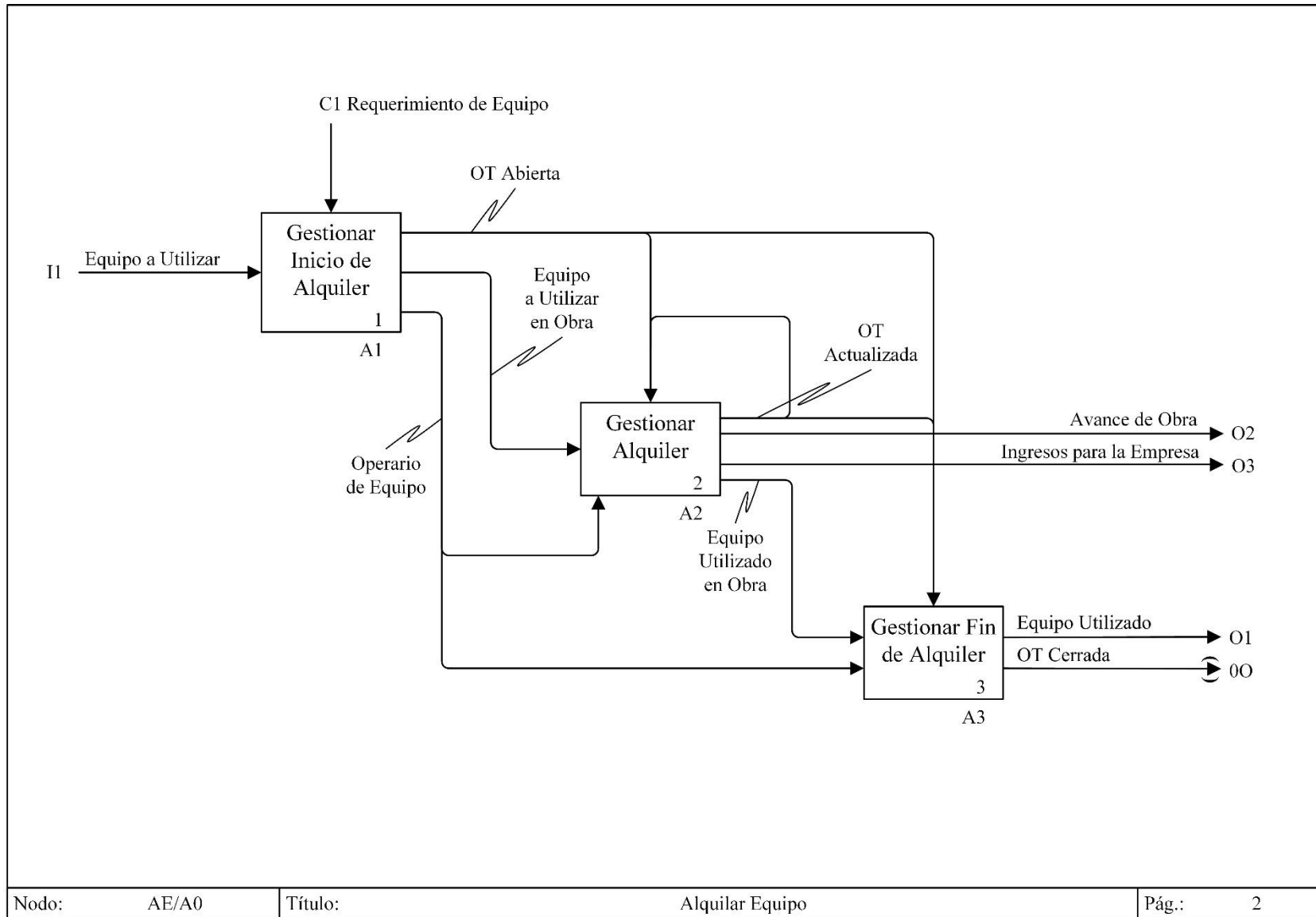
##### A24 Cobrar Alquiler

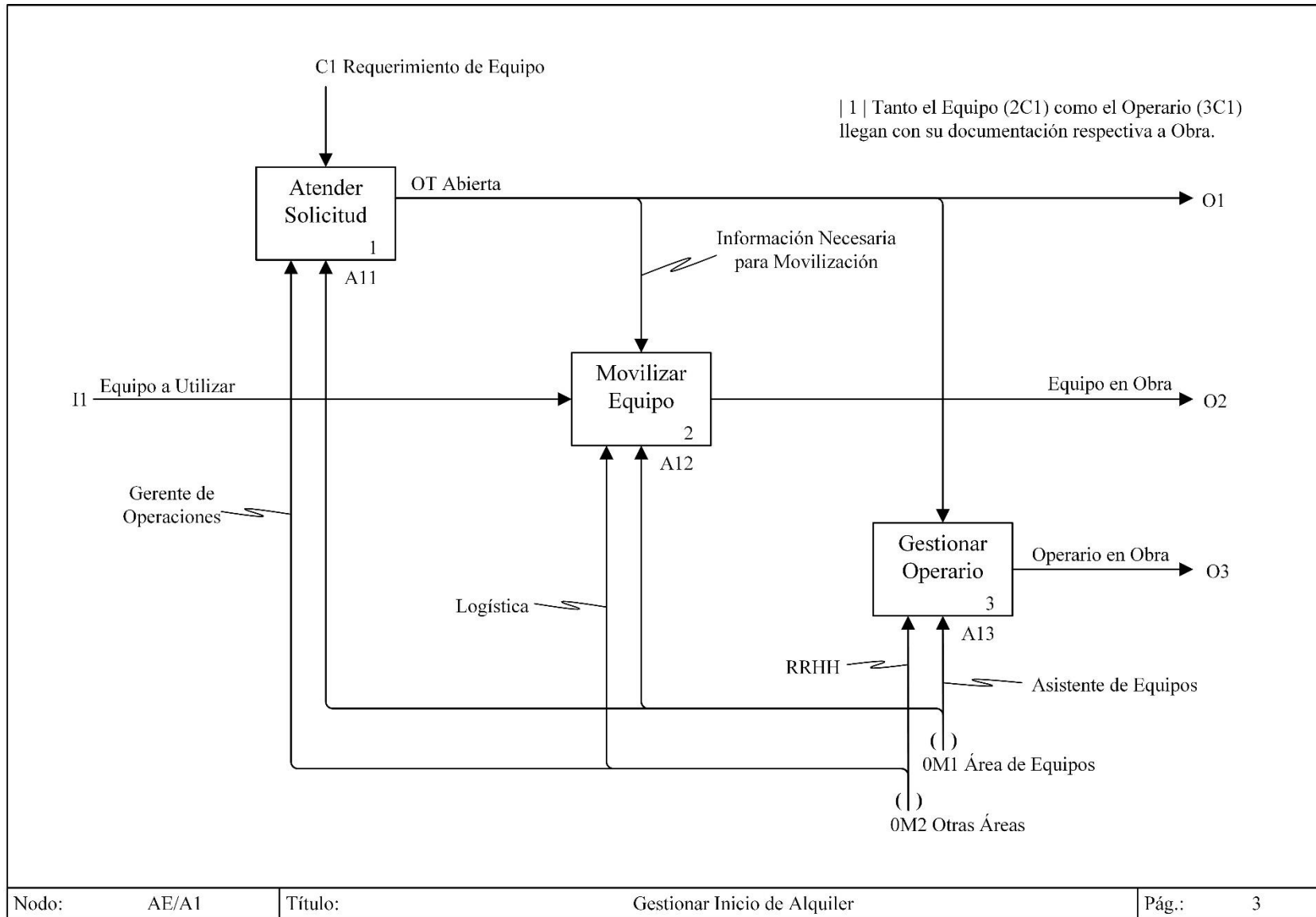
- A241 Realizar Valorización
- A242 Validar Valorización
- A243 Aprobar Valorización
- A244 Facturar y Cobrar
- A25 Gestionar Cambios en Alquiler
- A3 Gestionar Fin de Alquiler
  - A31 Coordinar Fin de Alquiler
  - A32 Desmovilizar Equipo
  - A33 Recolocar o Liquidar Operario
  - A34 Cerrar Alquiler

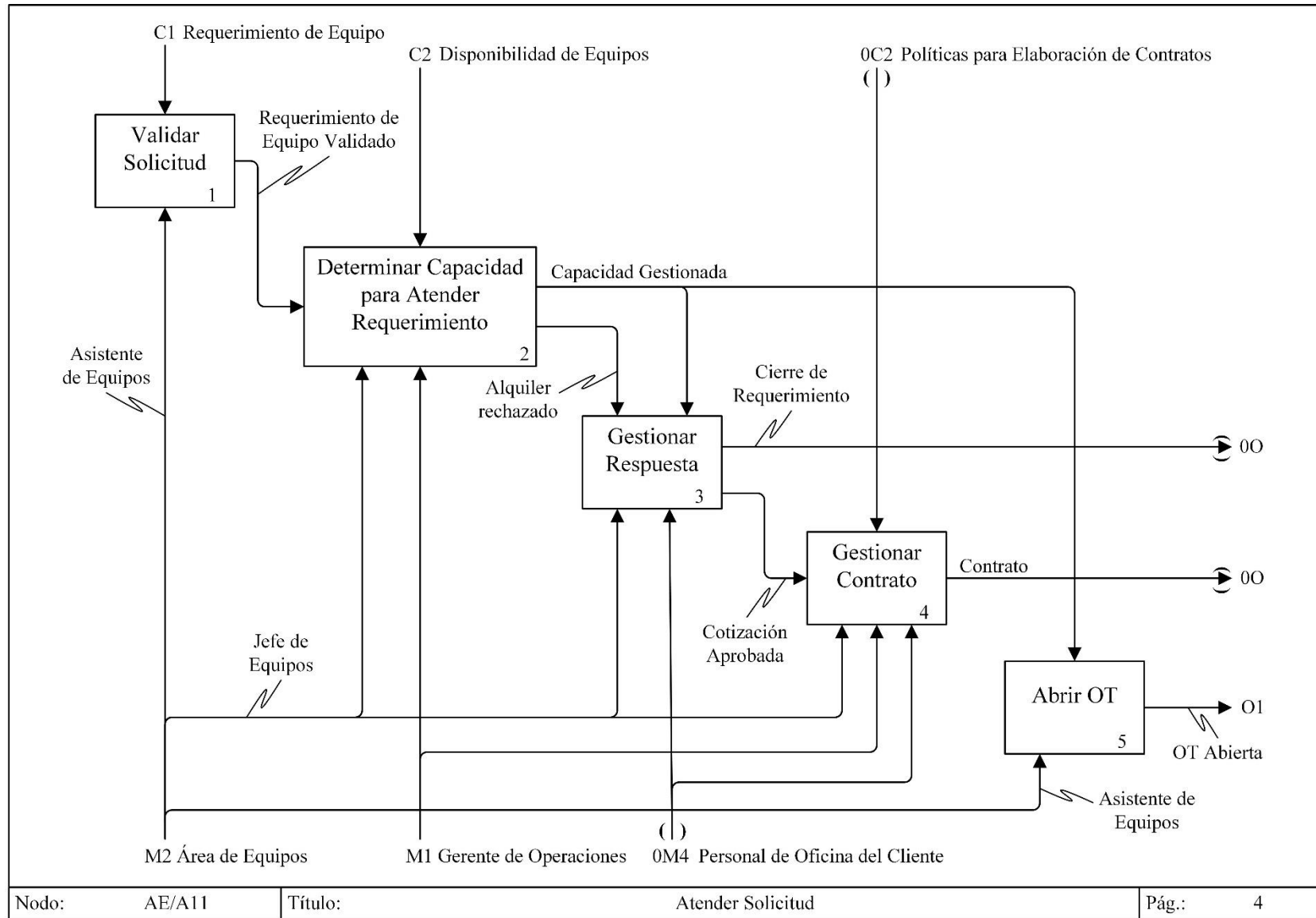


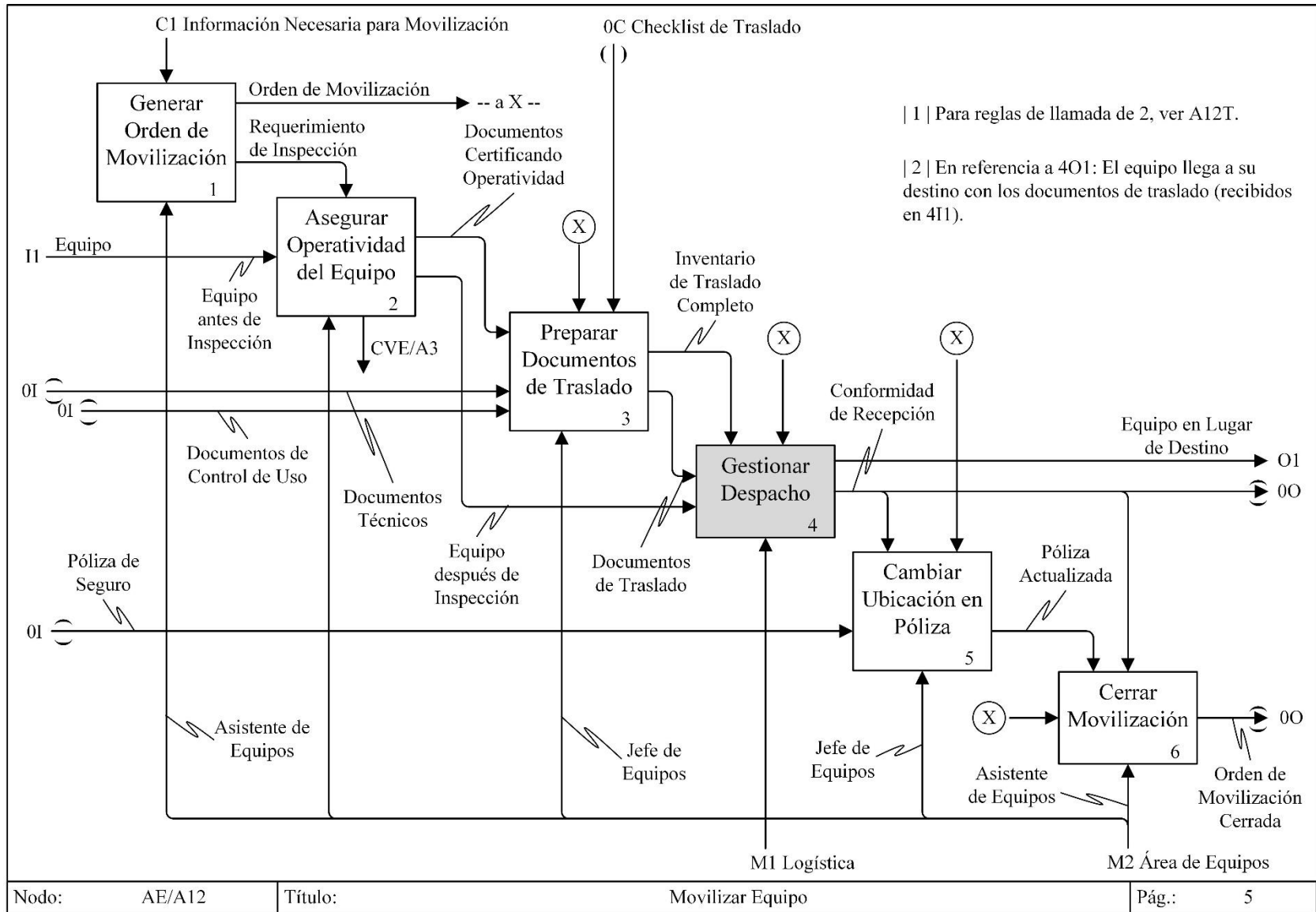
### 4.2.2. Modelo











**Reglas de Llamada para A122 (Asegurar Operatividad de Equipo)**Llamada de CVE/A3 (Gestionar Mantenimiento)

## Controles:

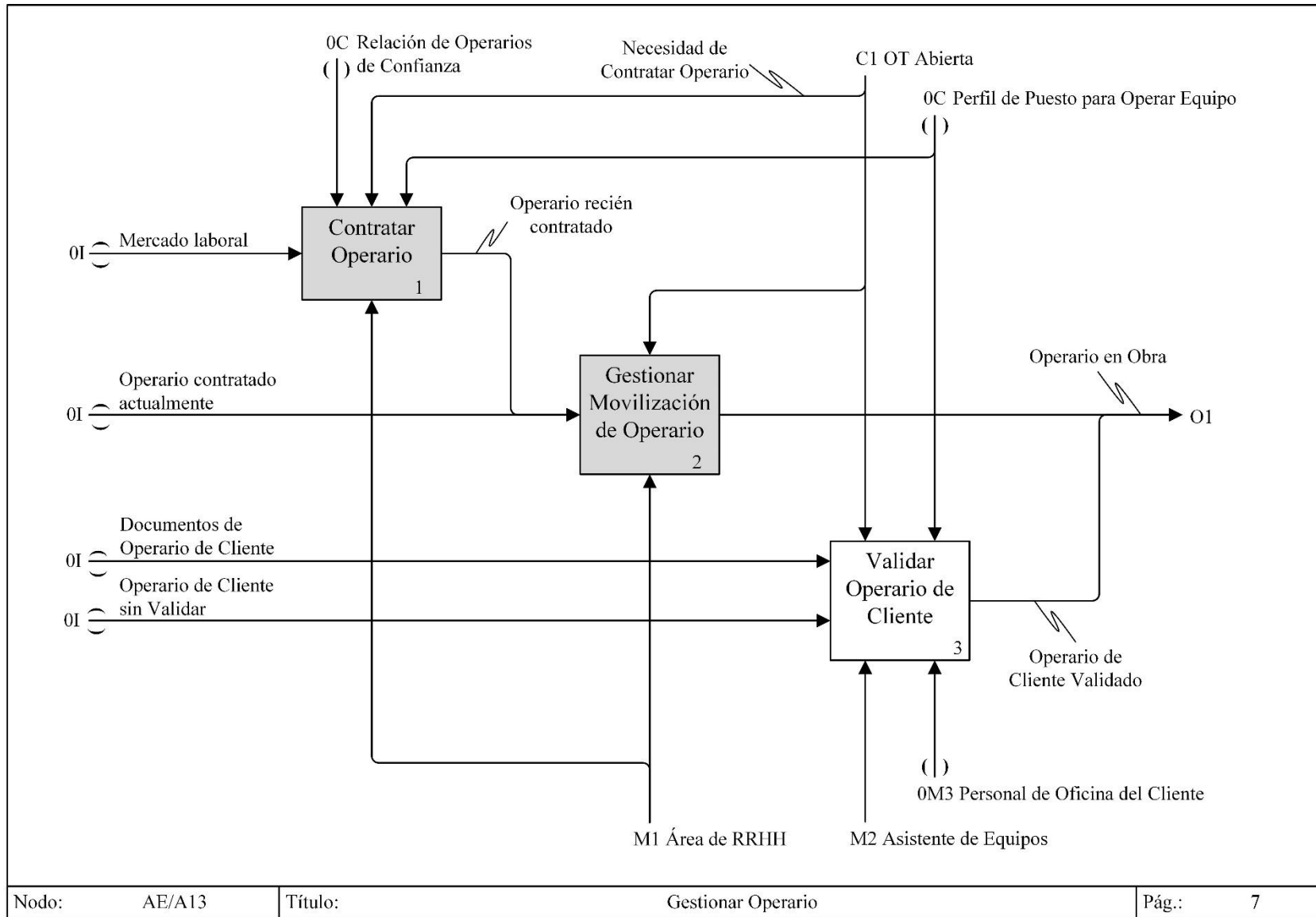
- 2C1 → CVE/A3.C2
- CVE/A3.C3 (Programa Preventivo) es un control necesario para la activación pero para el alcance del presente modelo puede considerarse como siempre disponible.
- Los demás controles en CVE/A3 no son utilizados en esta activación.

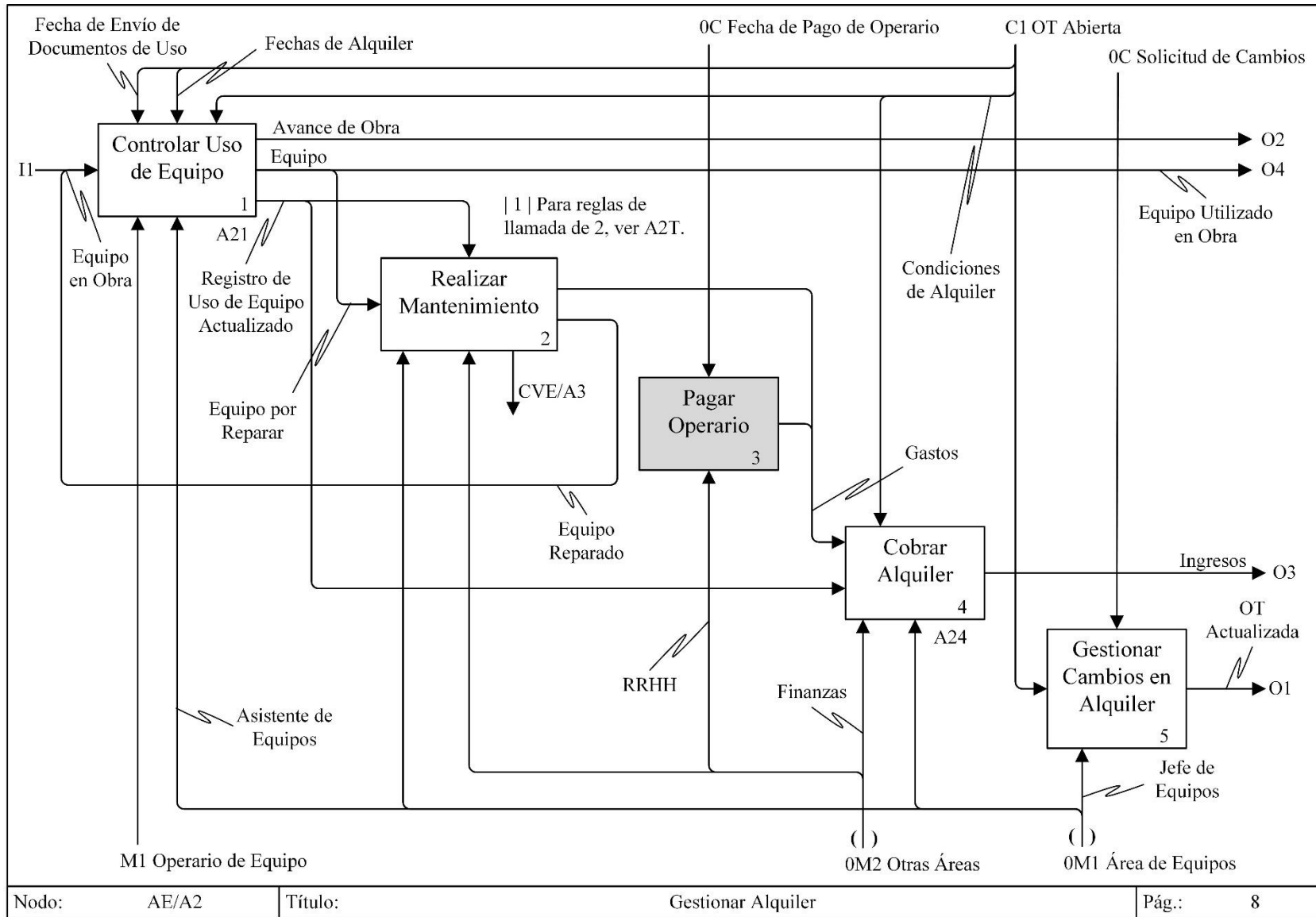
## Outputs:

- 2O1 → CVE/A3.4O2
- 2O2 → CVE/A3.O2
- Los demás outputs en CVE/A3 no son utilizados en esta activación.

## Mecanismos:

- 2M1 equivale a Área de Equipos en CVE/A3
- Los demás mecanismos en CVE/A3 son utilizados en esta activación y llegan tunelados desde 0M2 (Otras Áreas) y 0M3 (Personal de Obra).





**Reglas de Llamada para A22 (Realizar Mantenimiento)**Llamada de CVE/A3 (Gestionar Mantenimiento)

## Controles:

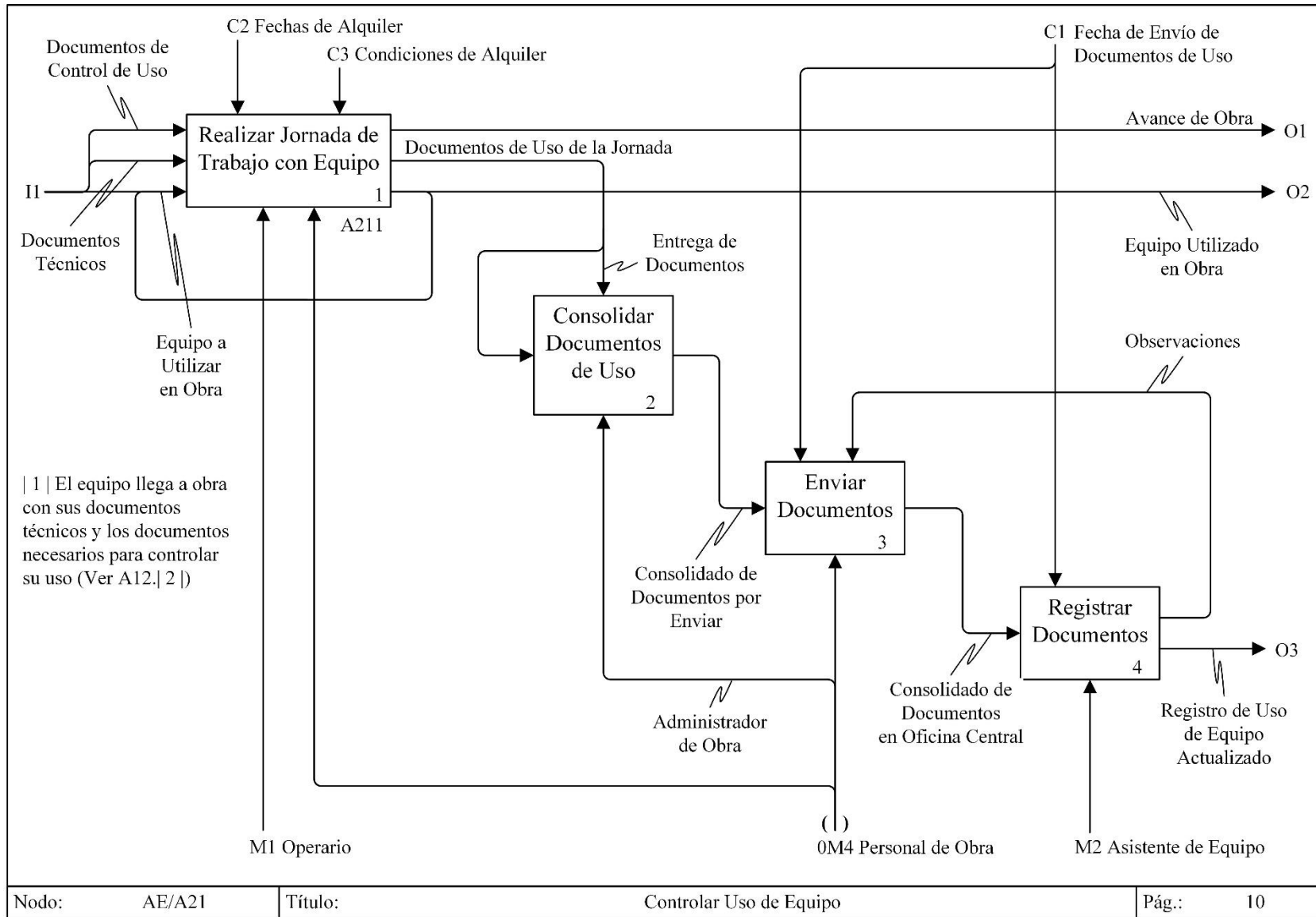
- 2C1 → CVE/A3.C1
- CVE/A3.C3 (Programa Preventivo) es un control necesario para la activación pero para el alcance del presente modelo puede considerarse como siempre disponible.
- Los demás controles en CVE/A3 no son utilizados en esta activación.

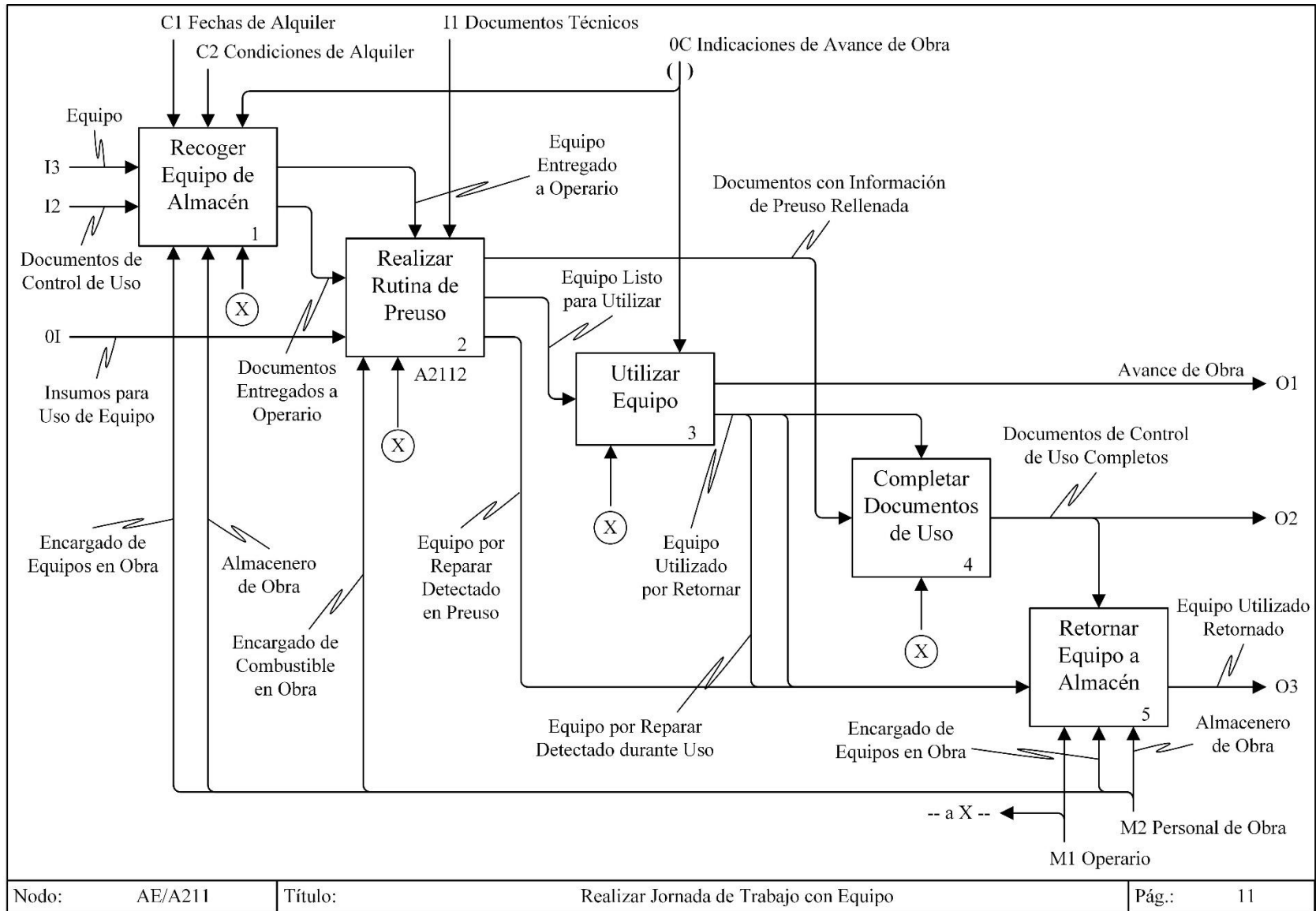
## Outputs:

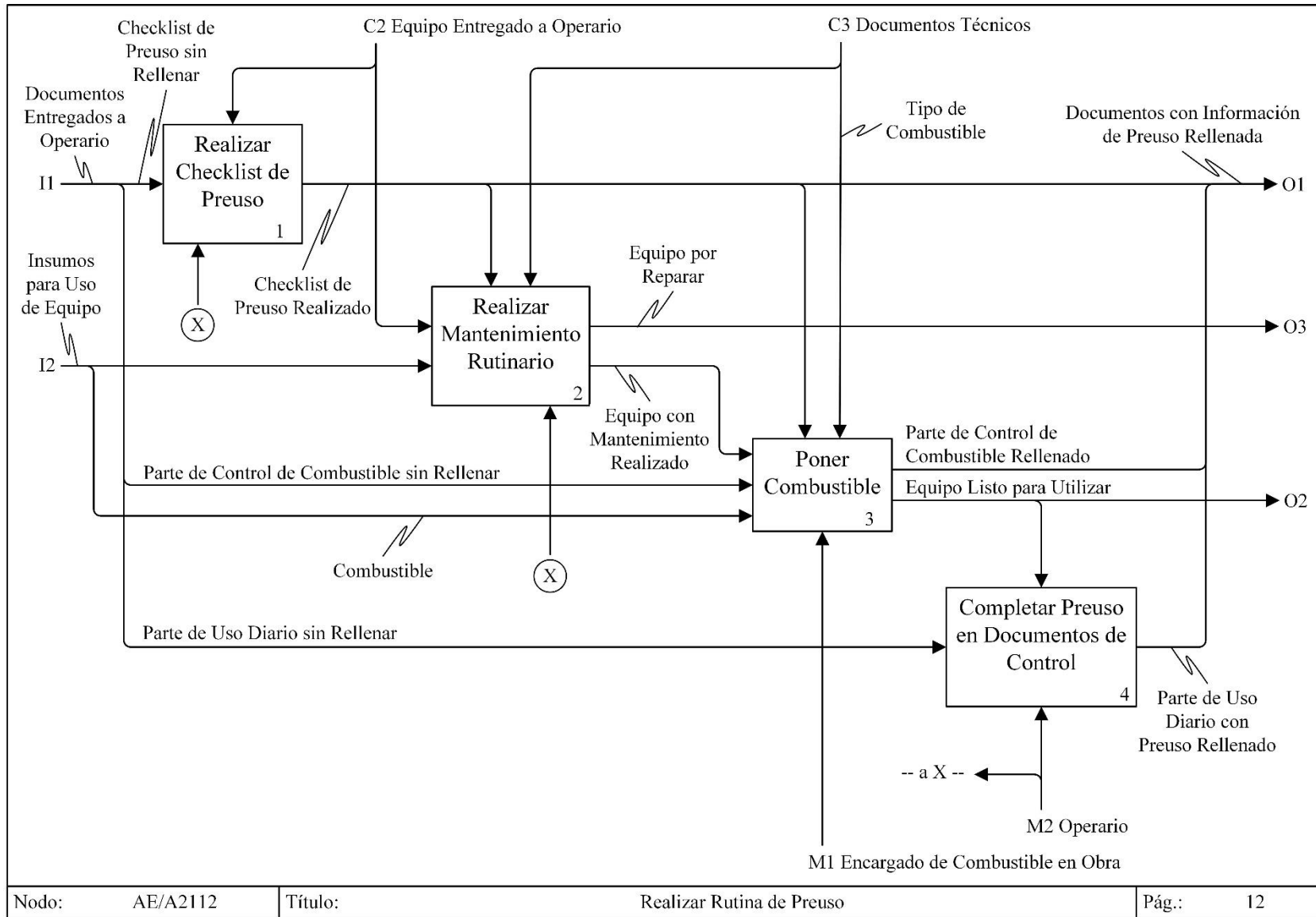
- 2O2 → CVE/A3.O2
- 2O1 no tiene una flecha equivalente directa en CVE/A3. Estos pueden considerarse tunelados y generados en las distintas actividades de CVE/A32.
- Los demás outputs en CVE/A3 no son utilizados en esta activación.

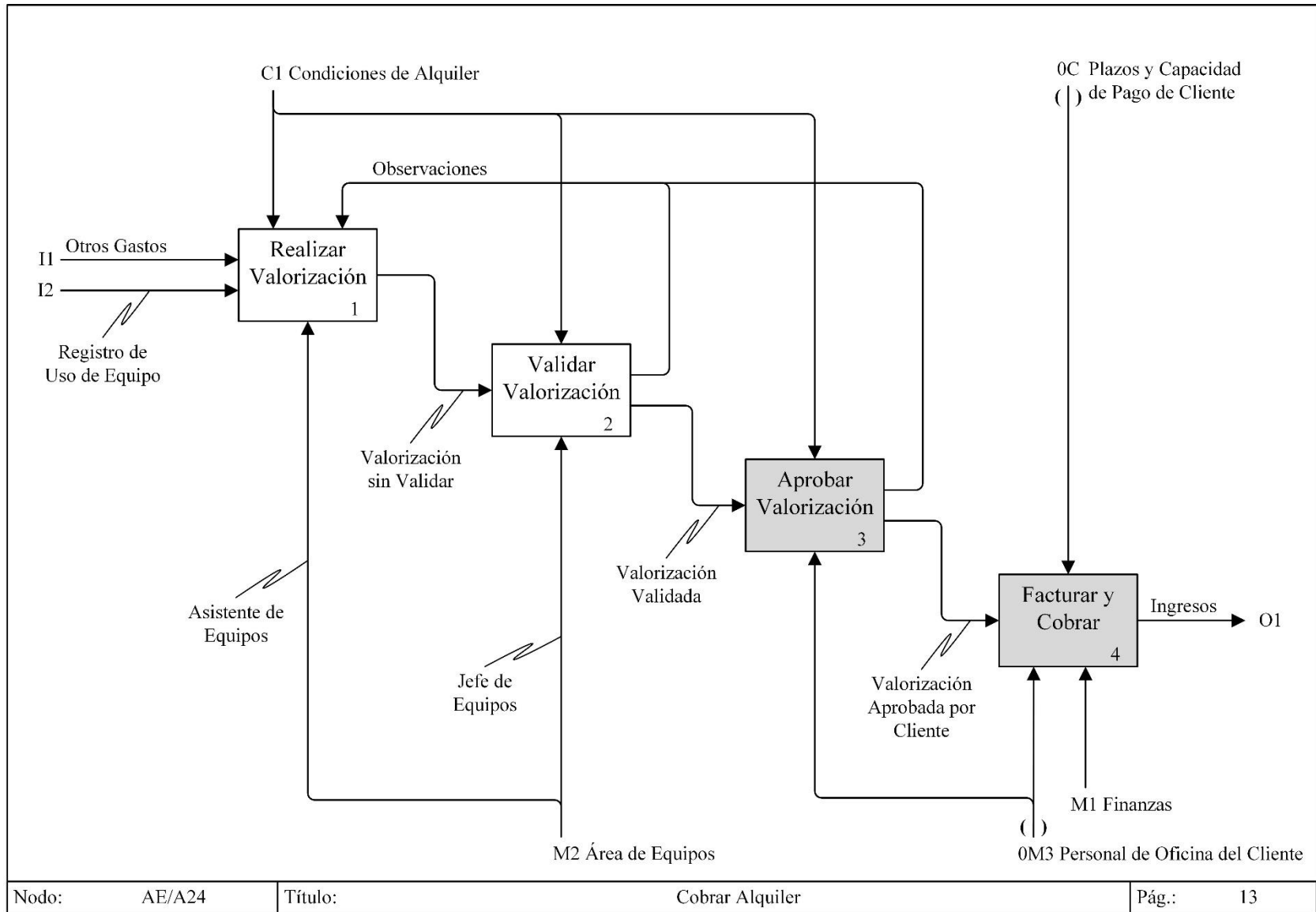
## Mecanismos:

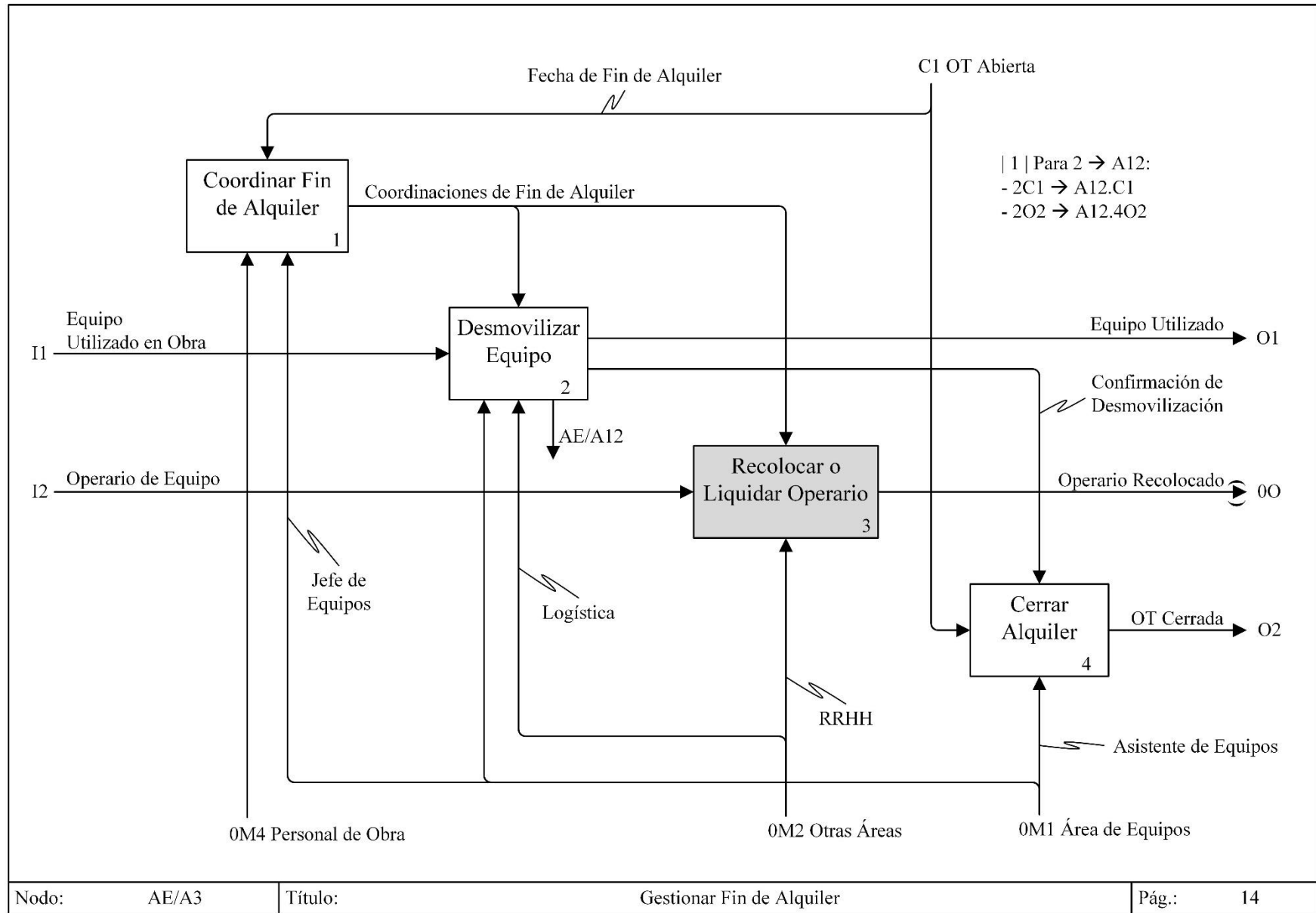
- 2M1 → CVE/A3.M1
- 2M2 equivale a Área de Equipos en CVE/A3
- El Personal de Obra utilizado en CVE/A3 proviene tunelado de 0M3.











### **4.3. Ciclo de Vida del Equipo**

#### **4.3.1. Índice de Nodos**

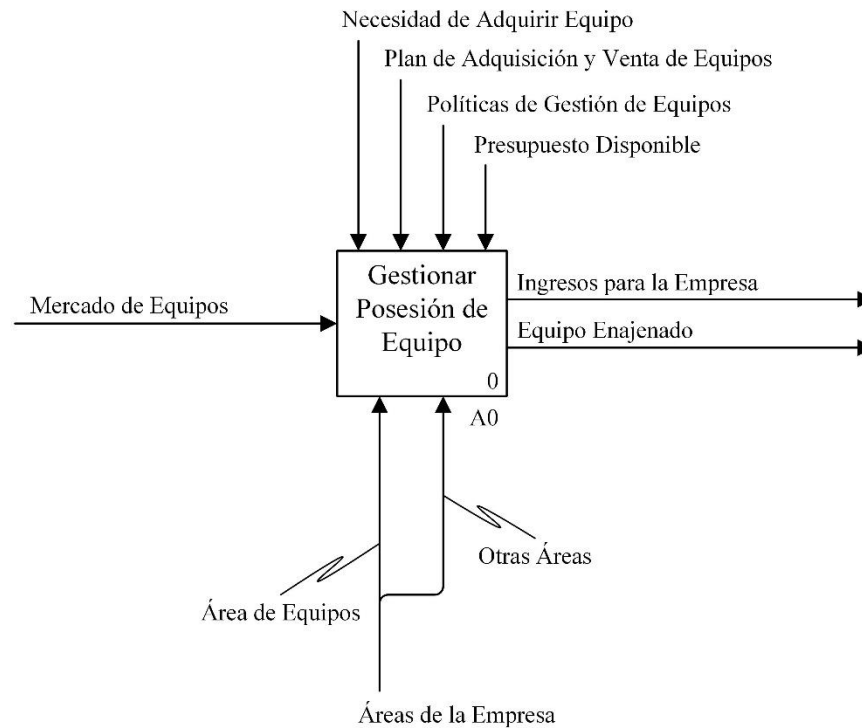
- A0 Gestionar Posesión de Equipo
  - A1 Adquirir Equipo
    - A11 Solicitar Cotizaciones
    - A12 Evaluar, Negociar y Decidir
    - A13 Gestionar Pago
    - A14 Asegurar Equipo
    - A15 Movilizar Equipo
    - A16 Gestionar Documentos
  - A2 Utilizar Equipo
  - A3 Gestionar Mantenimiento
    - A31 Planificar Mantenimiento
      - A311 Identificar Mantenimiento Correctivo
      - A312 Identificar Mantenimiento Preventivo
      - A313 Generar OT
      - A314 Planificar Mantenimiento
      - A315 Aprobar Plan de Mantenimiento
    - A32 Realizar Gestiones Previas al Mantenimiento
      - A321 Adquirir Repuestos
      - A322 Subcontratar Especialistas
      - A323 Movilizar Mecánico de la Empresa
      - A324 Movilizar Equipo
    - A33 Ejecutar Labores de Mantenimiento
    - A34 Realizar Cierre de Mantenimiento
      - A341 Registrar Informe de Mantenimiento
      - A342 Movilizar Equipo
      - A343 Movilizar Mecánico
      - A344 Actualizar OT
  - A4 Almacenar Equipo
  - A5 Enajenar Equipo
    - A51 Planificar Enajenación
    - A52 Ejecutar Plan de Enajenación
    - A53 Movilizar Equipo
    - A54 Gestionar Cobro

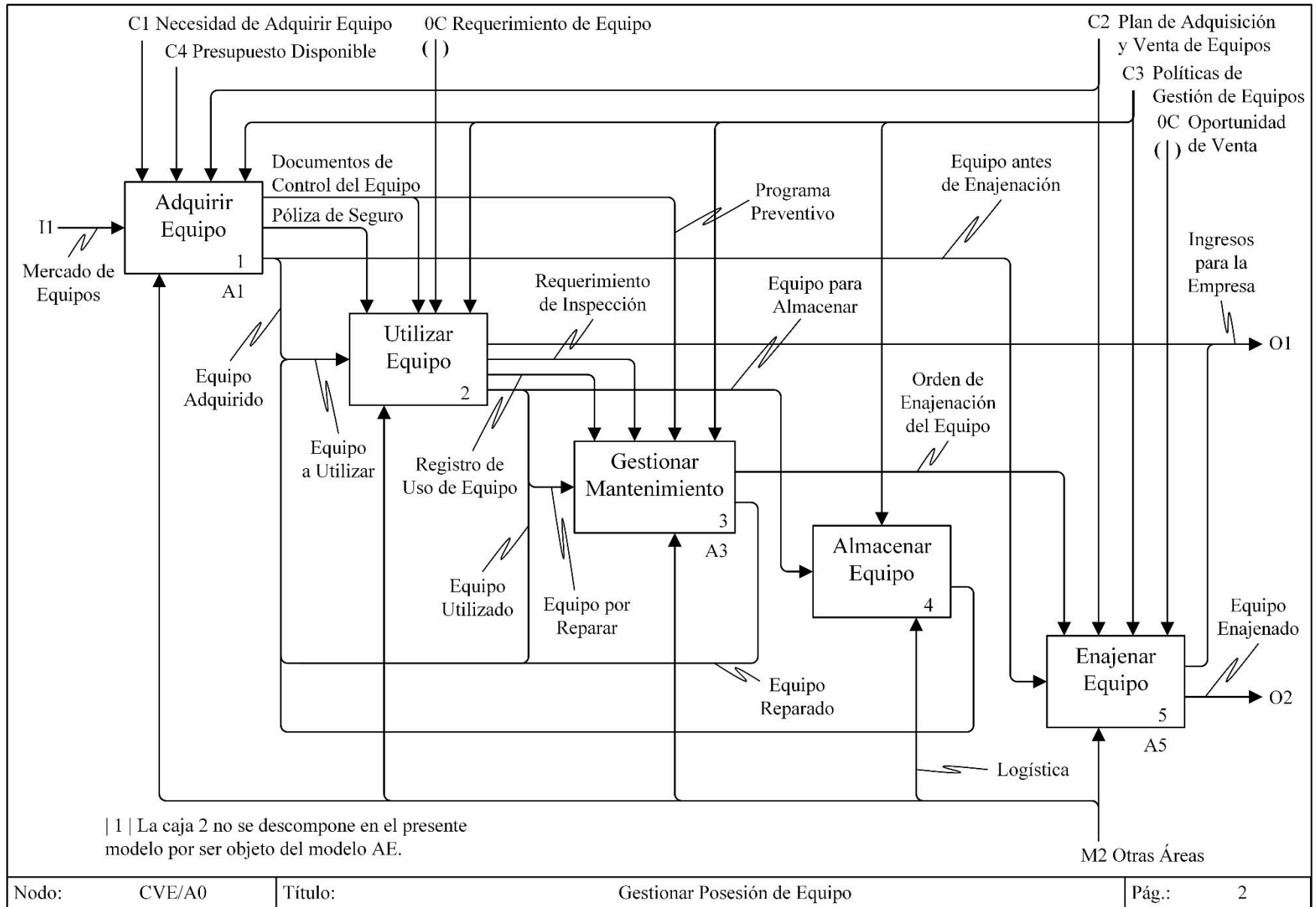
### 4.3.2. Modelo

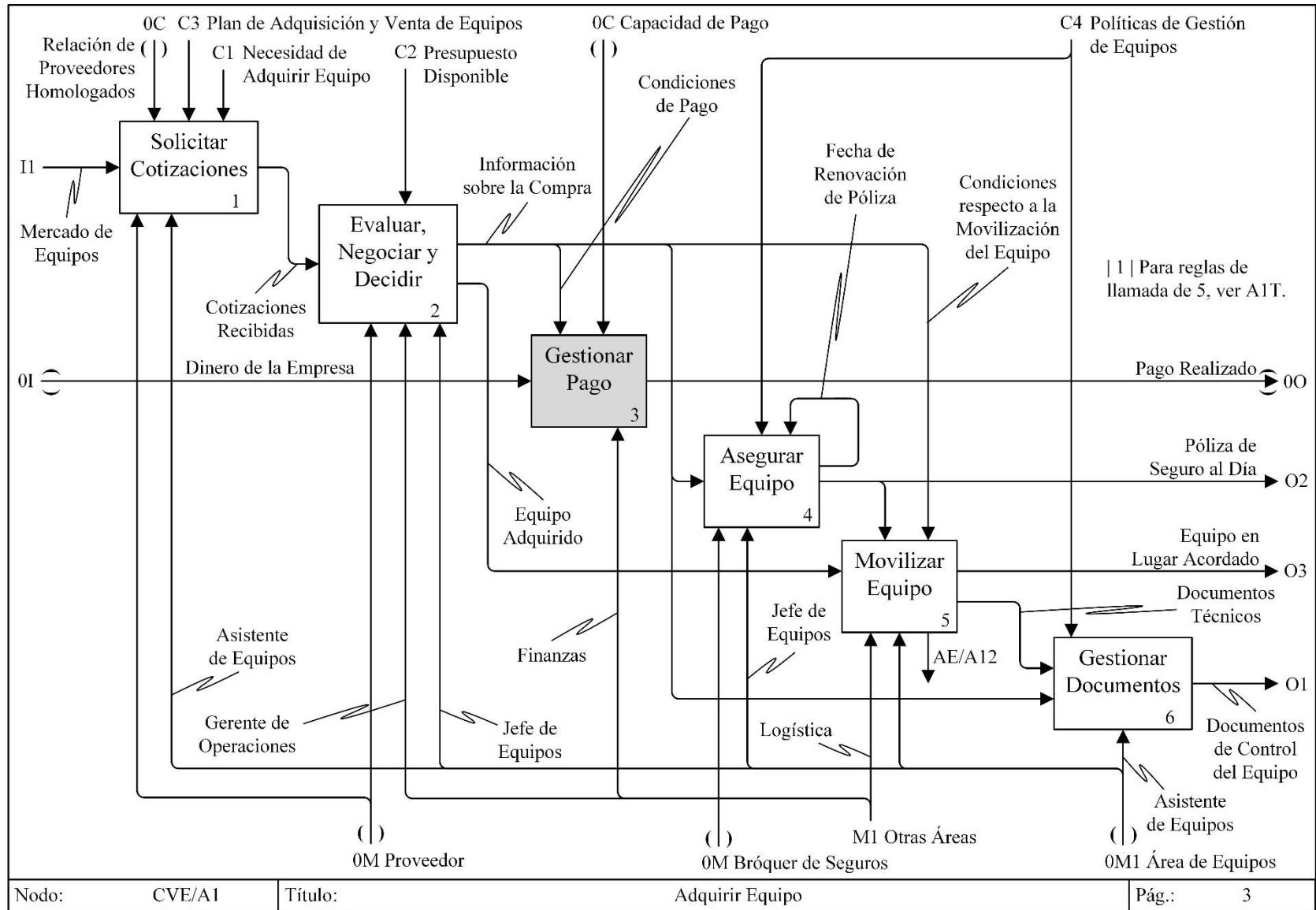
Modelo: Ciclo de Vida del Equipo (CVE)

Propósito: Ampliar el entendimiento de las actividades correspondientes a la gestión de equipos, desde su adquisición hasta su enajenación, e identificar actividades no mapeadas previamente.

Punto de Vista: Área de Equipos







**Reglas de Llamada para A15 (Movilizar Equipo)**Llamada de AE/A12 (Movilizar Equipo)

## Inputs:

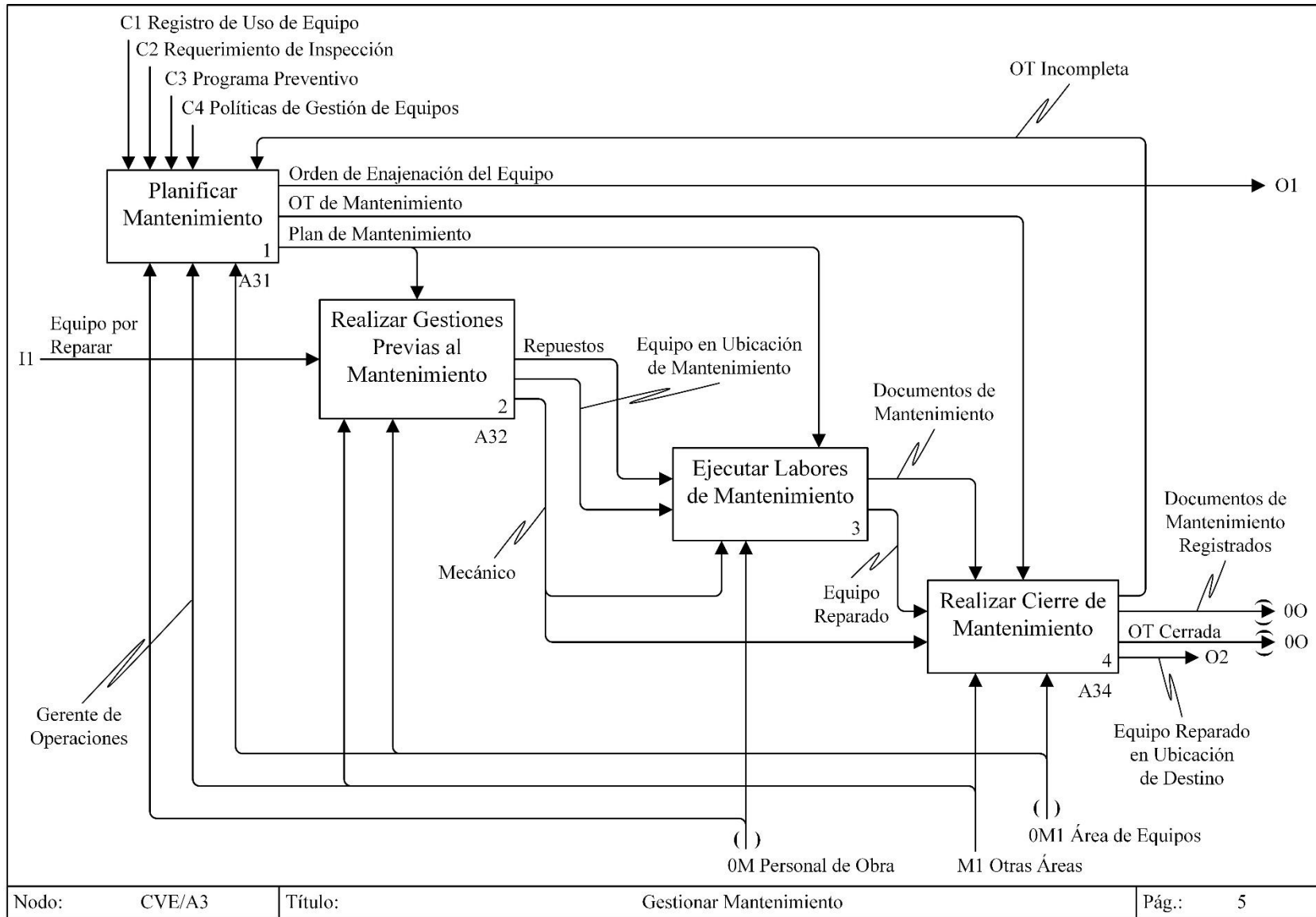
- 5I1 → AE/A12.I1
- AE/A12.3I3 no está disponible para esta activación porque los documentos de control de uso no se han elaborado todavía (se elaboran en A16). En este punto el equipo recién se ha adquirido.
- Es en esta movilización que se reciben los Documentos Técnicos del Equipo por parte del proveedor (AE/A12.3I2).

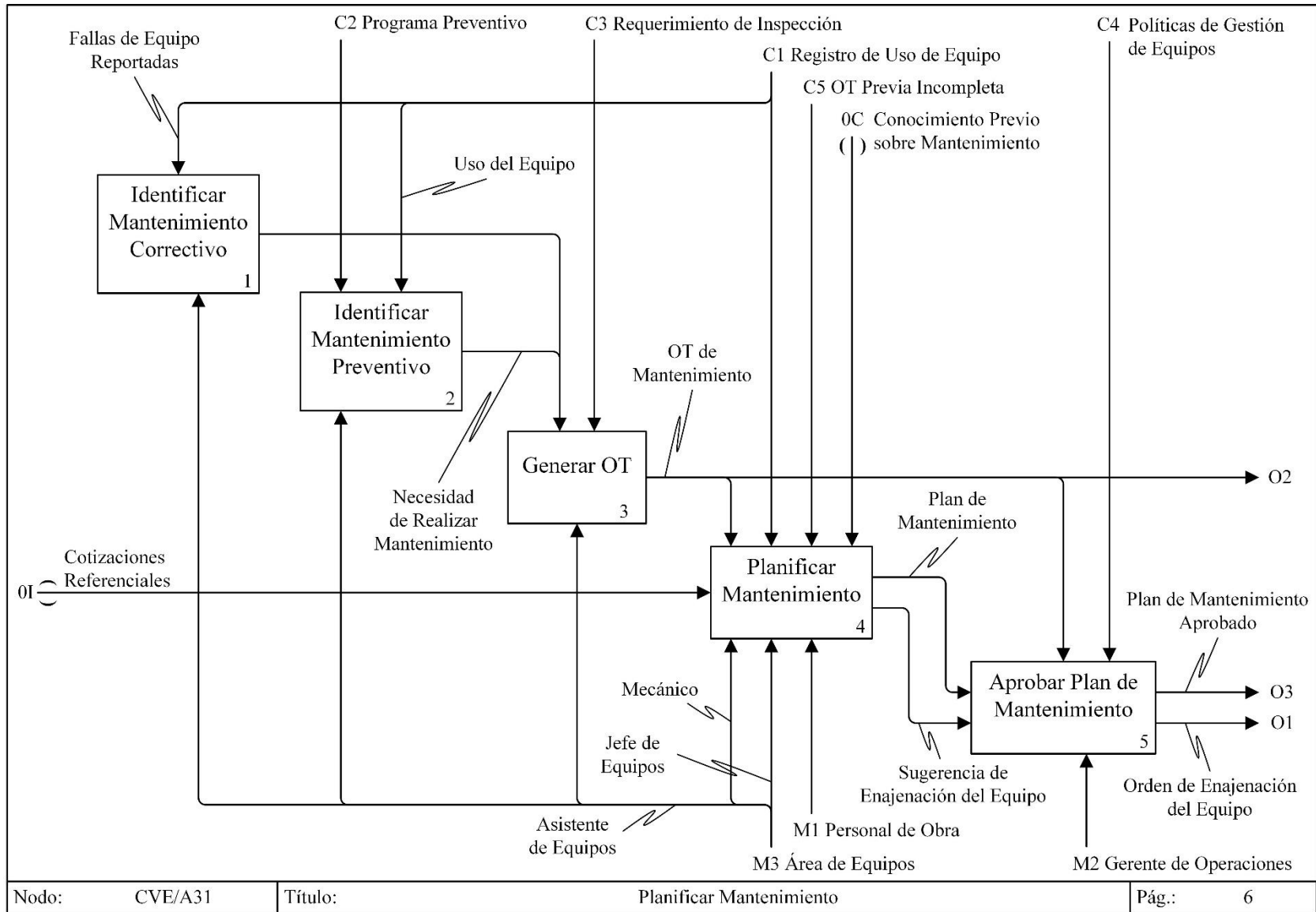
## Controles:

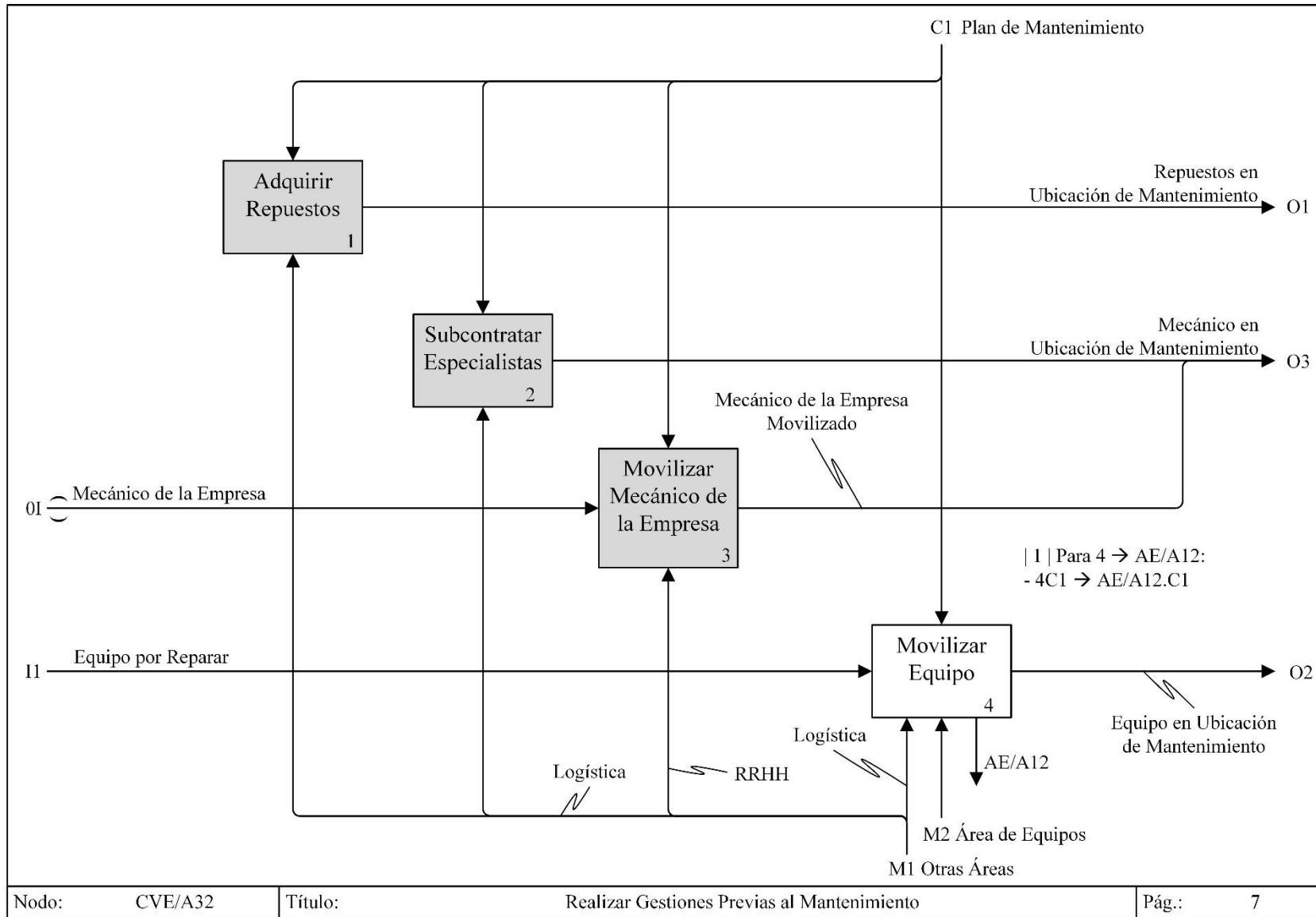
- 5C1 → AE/A12.5I1
- 5C2 → AE/A12.C1

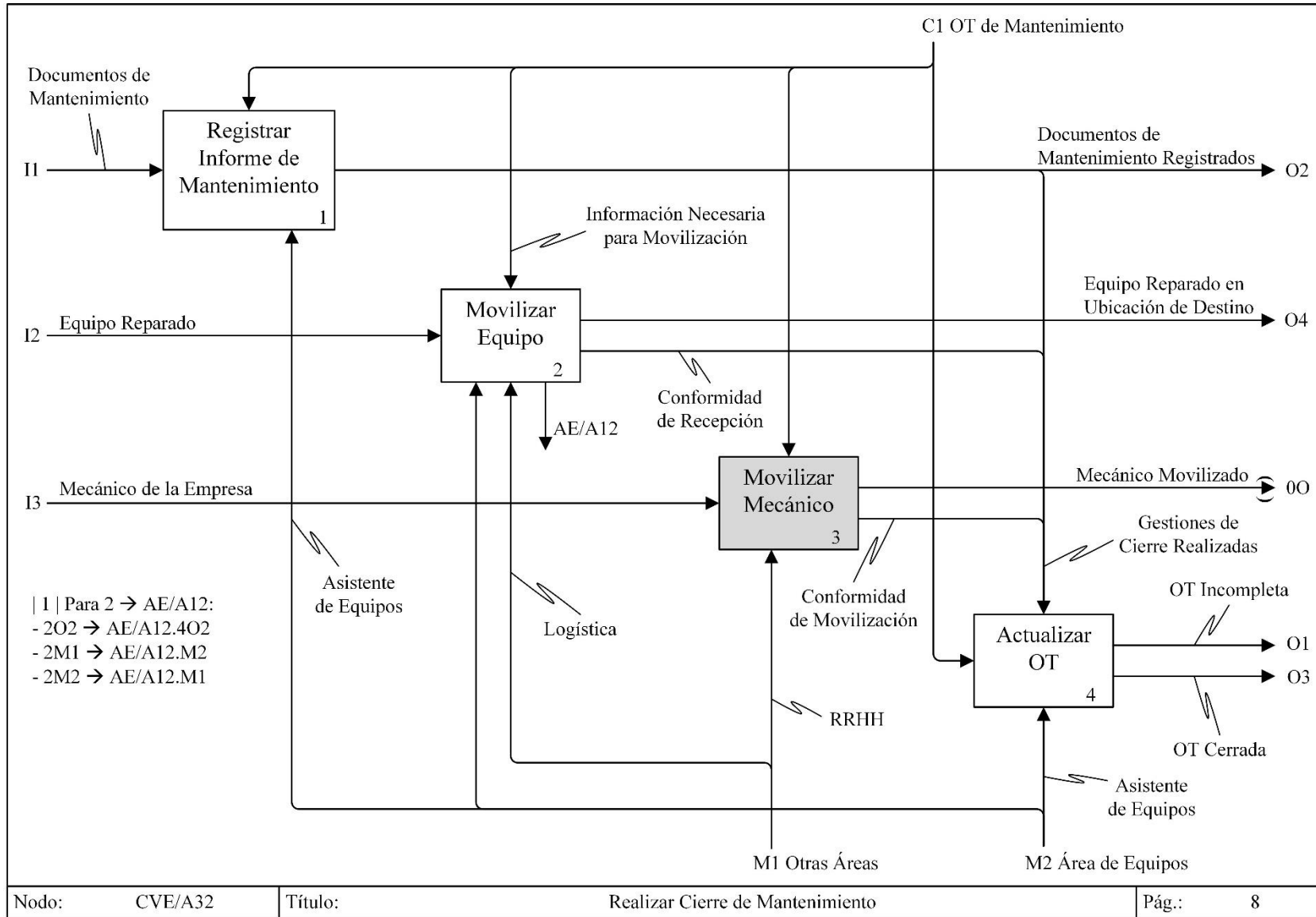
## Outputs:

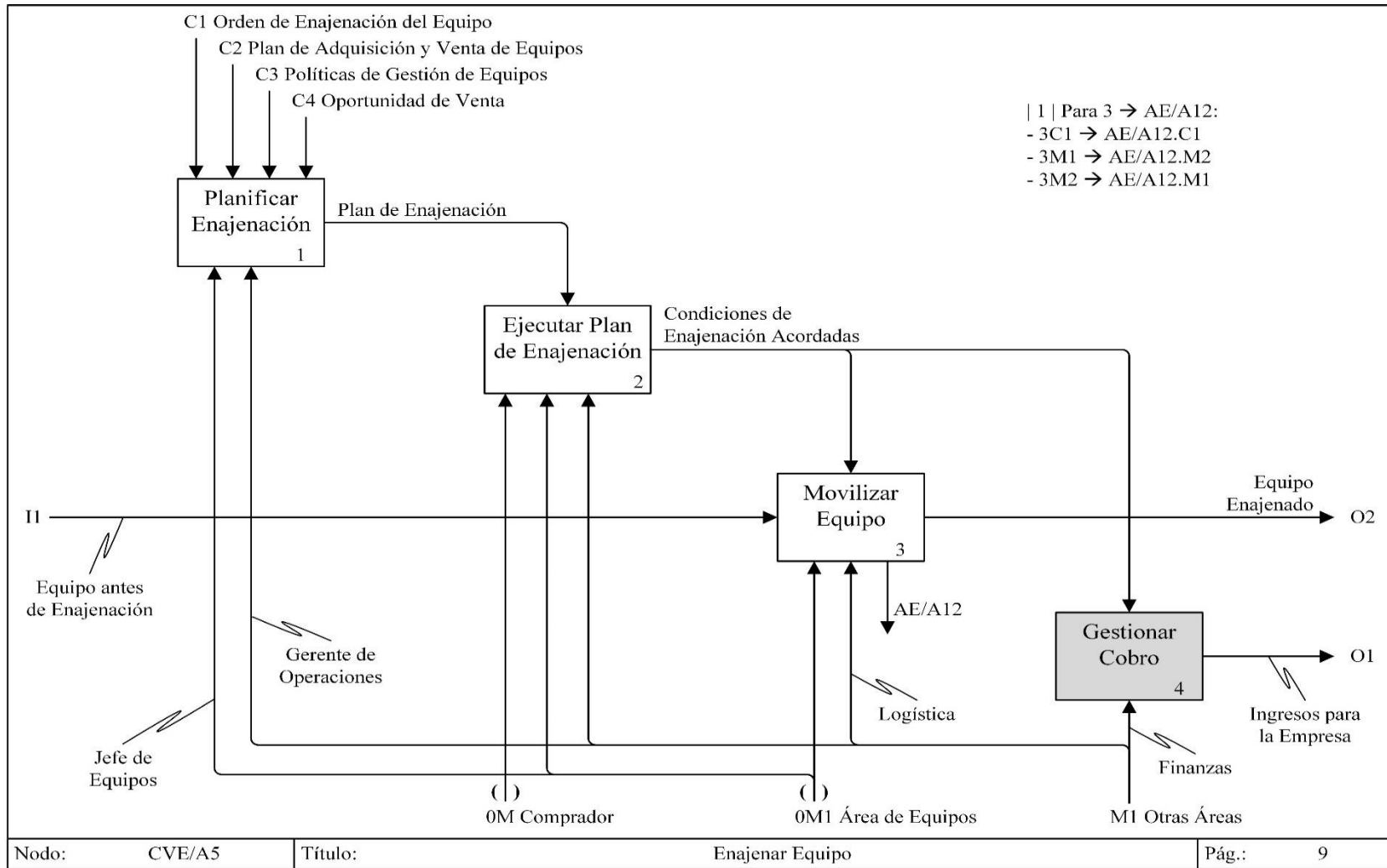
- 5O1 → AE/A12.O1
- 5O2 es parte de AE/A12.O1 (Ver AE/A12.| 2 |).













## Conclusiones

La gestión de la maquinaria es una parte importante dentro de las empresas de construcción. Las empresas deben ser cuidadosas en realizarla correctamente.

La gestión de procesos en una organización es una herramienta que permite entender y gestionar su capacidad de crear valor, y mejorar su eficiencia operativa. La gestión de procesos no debe convertirse en un medio para la burocracia dentro de la organización.

La metodología IDEF0 genera diagramas de restricciones, los cuales contrastan con los diagramas de flujo utilizados frecuentemente para modelar procesos. Los diagramas de restricciones tienen algunas ventajas respecto a los diagramas de flujo y proveen mayor detalle respecto al proceso.

Como resultado del análisis de los procesos actuales en la gestión de equipos de la empresa, se descubrió que algunas actividades no estaban mapeadas. Adicionalmente, se replantearon los procesos actuales en dos modelos para alinearlos mejor a las actividades que realiza la empresa y facilitar su seguimiento y entendimiento. Un primer modelo hace referencia a la gestión del alquiler de los equipos, sea interna o externamente. El segundo modelo hace referencia a la gestión del ciclo de vida de un equipo dentro de la organización.

También se identificaron 9 documentos y formatos utilizados dentro del área que no estaban identificados formalmente y no tenían seguimiento continuo, a pesar de tener una función importante dentro del proceso. El fenómeno opuesto, documentos y formatos que si estaban identificados pero eran innecesarios o redundantes también se daba.



## Recomendaciones

La empresa debe evaluar, en base a los resultados del área, si esta continúa siendo viable dentro del entorno del sector. La premisa por la cual se fundamenta mantener equipos propios es la rentabilidad que genera respecto a alquilar equipos de terceros. Sin embargo, la empresa no ha realizado recientemente un análisis que considere el costo total de poseer los equipos (incluyendo costos de adquisición y venta, mantenimiento, costo de oportunidad, riesgos asociados, etc.) respecto a las tarifas de alquiler del mercado dada su nivel de uso de los equipos (el cuál ha disminuido).

La empresa debe replantear los indicadores utilizados dentro del área. Los procesos planteados en el presente trabajo pueden ayudar a identificar la información relevante para apoyar en la gestión. Los indicadores actuales no abarcan la totalidad de las actividades realizadas, tienen un método de cálculo engorroso, generan poca visibilidad respecto al proceso y requieren de información difícil de obtener o no disponible en el momento.

El alcance del presente trabajo se limita al área de equipos solamente. Es posible que en otras áreas y procesos de la organización se encuentren situaciones semejantes a las identificadas en esta tesis. Adicionalmente, hacer una revisión utilizando consistentemente la metodología IDEF0 aseguraría una mejor integración entre los procesos multifuncionales. Se recomienda emprender un análisis de los demás procesos.

La metodología IDEF0 es muy potente para profundizar en el entendimiento de los procesos. Sin embargo, además de tener algunas limitaciones conceptuales que pueden ser corregidas, fue diseñada para trabajar dentro de las restricciones del papel. Es posible realizar una nueva metodología que se adapte a los medios digitales para facilitar el modelamiento y superar las limitaciones actuales.

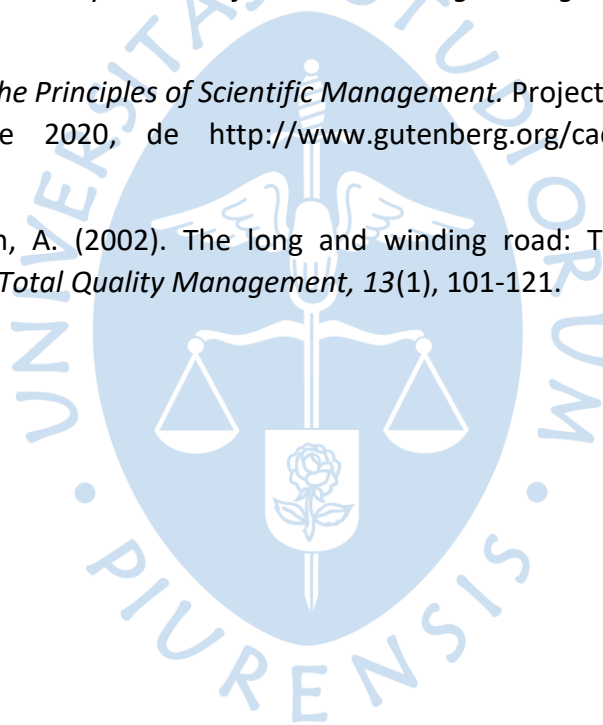


## Lista de referencias

- APICS. (2017). *Supply Chain Operations Reference Model, versión 12.0*.
- Armstrong, J., & Bocast, A. (2003). *The Integration of Systems Engineering and Software Development Based on the Object-Oriented Approach to Software Intensive Systems*. Hendon, Virginia: Software Productivity Consortium.
- Babbage, C. (1832). *On The Economy of Machinery and Manufactures* (Epub ed.). (T. a. propia, Trad.) Project Gutenberg. Recuperado el Agosto de 2020, de <http://www.gutenberg.org/ebooks/4238>
- Backus, J. (Agosto de 1978). Can Programming Be Liberated From The von Neumann Style? A Functional Style and Its Algebra of Programs. *Communications of the ACM*.
- BCRP. (13 de 11 de 2018). *BCRPData*. Obtenido de Producto bruto interno y demanda interna (variaciones porcentuales anualizadas) - Construcción: <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/resultados/PN01724AM/html>
- Belletich, E. (15 de Abril de 2016). *UDEP Hoy*. Obtenido de La construcción: el boom que ya no es boom: <http://udep.edu.pe/hoy/2016/la-construccion-el-boom-que-ya-no-es-boom/>
- CAPECO. (2016). *Informe Económico de la Construcción N° 11*.
- CAPECO. (2017). *Informe Económico de la Construcción N° 13*.
- Davenport, T. H., & Short, J. E. (1990). The New Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign. *Sloan Management Review*, 31(4), 11-27.
- Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la ONU. (2009). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas, Rev. 4*. Nueva York.
- Feigenbaum, A. V. (1983). *Total Quality Control*. New York: McGraw-Hill.
- Frigg, R., & Hartmann, S. (2016). Models in Science. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Obtenido de T: <https://plato.stanford.edu/archives/spr2020/entries/models-science>
- Gutiérrez, Á., & Oliva, E. (2010). *El sector de la construcción en el Perú*. ICEX.
- Hammer, M. (1990). Reengineering Work: Don't automate, Obliterate. *Harvard Business Review*.

- Harmon, P. (2007). *Business Process Change: A guide for Business Managers and BPM and Six Sigma Professionals*. Burlington, MA: Morgan Kaufman Publishers.
- INEI. (2010). *CIIU Revisión 4*. Lima.
- INEI. (2017). *Situación del Mercado Laboral en Lima Metropolitana*.
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 9000:2015*. Ginebra.
- International Organization for Standardization. (2015). *Moving from ISO 9001:2008 to ISO 9001:2015*. Geneva: ISO. Obtenido de Moving from ISO 9001:2008 to ISO 9001:2015.
- International Organization for Standardization. (15 de Noviembre de 2018). *ISO*. Obtenido de ISO 9001:2015: <https://www.iso.org/standard/62085.html>
- Jenofonte. (Siglo IV AC). *Ciropedia*. (F. Stawell, Ed., & t. a. H.G. Stawell, Trad.) Project Gutenberg. Recuperado el Agosto de 2020, de [https://www.gutenberg.org/files/2085/2085-h/2085-h.htm#2H\\_4\\_0011](https://www.gutenberg.org/files/2085/2085-h/2085-h.htm#2H_4_0011)
- Juran, J. M. (1995). *A History of Managing for Quality*. ASQ Press.
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1999). *Juran's Quality Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1992). The Balanced Scorecard: Measures that drive performance. *Harvard Business Review*.
- Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control* (6 ed.). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- National Institute of Standards and Technology. (1993). *Integration Definition for Function Modeling (IDEFO)*. Federal Information Processing Standards Publication.
- Niebel, B. W. (1993). *Ingeniería Industrial: Métodos, Tiempos y Movimientos*.
- Object Management Group (OMG). (2011). *Business Process Model and Notation, versión 2.0*. Obtenido de <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0>
- Pall, G. A. (1987). *Quality Process Management*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Petty, W. (1676). *Political Arithmetick*.
- Porter, M. (1985). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. The Free Press.
- Porter, M. (1985). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. The Free Press.
- Rosenberg, N. (8 de Enero de 1997). *Babbage: Pioneer Economist*. Recuperado el Agosto de 2020, de The Babbage Pages: Political Economy: [projects.exeter.ac.uk/babbage/rosenb.html](http://projects.exeter.ac.uk/babbage/rosenb.html)

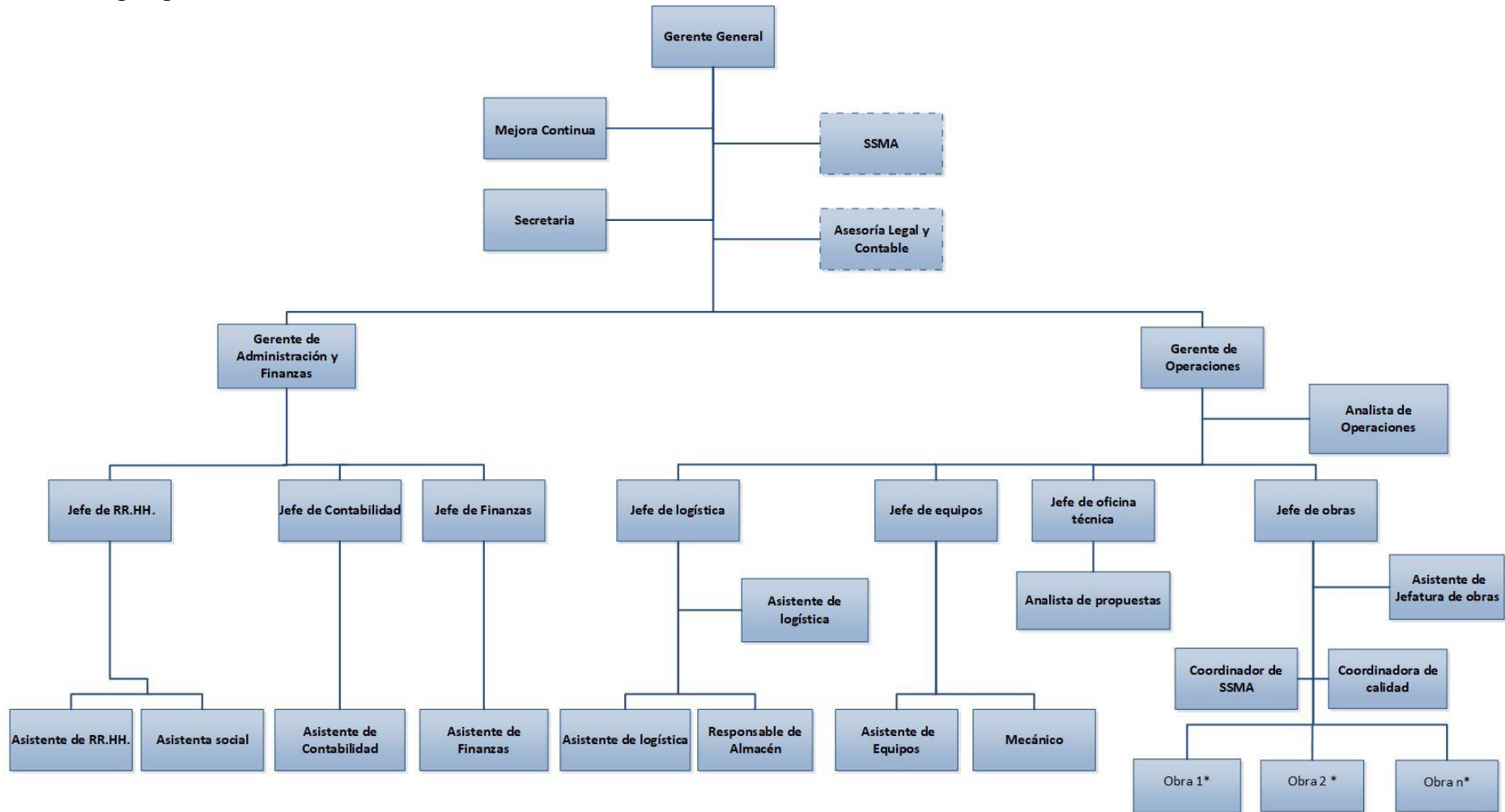
- RPP. (08 de Diciembre de 2017). *RPP Noticias*. Obtenido de 6 claves para entender la operación 'Lava Jato': <https://rpp.pe/mundo/latinoamerica/que-es-la-operacion-lava-jato-6-claves-para-entender-este-caso-noticia-943263>
- Rummler, G. A., & Brache, A. P. (1991). Managing the White space. *Training*, 55-70.
- Sampaio, P., Saraiva, P., & Guimarães, A. (2009). ISO 9001 certification research: questions, answers and approaches. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 26, 38-58.
- Schexnayder, C. J., & David, S. A. (Agosto de 2002). Past and Future of Construction Equipment - Part IV. *Journal of Construction Engineering and Management*, 128(4), 279-286.
- Smith, A. (1776). *An Inquiry Into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*.
- Tavakole, A., Taye, E. D., & Erktin, M. (Junio de 1989). Equipment Policy of Top 400 Constructors: A Survey. *Journal of Construction Engineering and Management*, 115(2), 317-329.
- Taylor, F. W. (1911). *The Principles of Scientific Management*. Project Gutenberg. Recuperado el Agosto de 2020, de <http://www.gutenberg.org/cache/epub/6435/pg6435-images.html>
- Yong, J., & Wilkinson, A. (2002). The long and winding road: The evolution of quality management. *Total Quality Management*, 13(1), 101-121.





# Anexo 1. Organigrama de la empresa

## Organigrama central



\* Cada obra tiene su propio organigrama (Organigrama base de Obra).

## Organigrama de obra

