

**Anexo 1. METODOLOGÍAS DE
LOS SISTEMAS
MULTIAGENTE.**

METODOLOGÍAS DE SMA

1. VOWELENGINEERING

Fue una de las primeras en considerar diferentes aspectos (Agente, Interacción, Entorno y Organización) en el desarrollo de SMA. El término Vowel Engineering indica que el sistema final depende de la ordenación y agrupamiento de cuatro vocales:

- A (por agentes)
- E (por entorno)
- I (por interacciones)
- O (por organización)

Para cada aspecto, se utilizan componentes y técnicas específicas. Para representar agentes se usa desde simples autómatas hasta complejos sistemas basados en conocimiento. La forma de ver las interacciones va desde modelos físicos hasta los actos de habla. Las organizaciones van desde aquellas inspiradas en modelos biológicos hasta las gobernadas por leyes sociales basadas en modelos sociológicos.

El propósito de esta metodología es lograr librerías de componentes que den soluciones al diseño de cada uno de estos aspectos, para que posteriormente, el diseñador seleccione un modelo de agente, un modelo de entorno, un modelo de interacciones y modelo de organización a instanciar.

Esta metodología ha sido una de las primeras en modelar sistemas usando varias vistas; sin embargo, a Vowel Engineering le hacen faltan herramientas de soporte y no tiene instrucciones de cómo describir cada uno de los aspectos considerados.

El proceso de desarrollo es el punto débil de esta metodología. Vowel Engineering solo proporciona las vocales como resumen de elementos a considerar en el desarrollo y un conjunto de tecnologías aplicadas [1]

2. MAS-COMMONKADS

Se trata de una metodología orientada al desarrollo utilizando la experiencia de los sistemas expertos. Esta metodología extiende el modelo definido en CommonKADS, aplicando ideas de metodologías orientadas a objetos para su aplicación a la producción de SMA.

La metodología CommonKADS gira en torno del modelo de experiencia y está pensada para desarrollar sistemas expertos que interactúan con el usuario. De hecho considera solo dos agentes básicos: El usuario y el sistema. Este hecho influye en el modelo de comunicación que, consecuentemente, trata de interacciones hombre – máquina.

MAS-CommonKADS ha sido la primera en hacer un planteamiento de SMA integrado con un ciclo de vida de software. Propone siete modelos para la definición del sistema:

- Agente
- Tareas
- Experiencia
- Coordinación
- Comunicación
- Organización
- Diseño

Cada modelo presenta una reseña a la teoría sobre la que se basa. Existe por cada modelo una descripción de las dependencias respecto de otros modelos y de las actividades involucradas.

Esta metodología ha sido la primera en incorporar la idea de proceso de ingeniería y es la metodología que más se acerca a las líneas principales de la metodología INGENIAS. Sin embargo, el nivel de detalle que maneja esta metodología no es posible llevarlo a cabo sin el apoyo de herramientas de soporte. Lo que propone MAS-CommonKADS es una lista detallada de elementos y relaciones a identificar en el sistema. El diseñador puede seguir la lista y generar la documentación requerida de forma manual, pero el proceso es demasiado costoso y dado a errores.

Los modelos que expone esta metodología están descritos en lenguaje natural, complementándose con otras notaciones como SDL para describir el comportamiento de los agentes cuando interaccionan. A pesar del apoyo de una herramienta de soporte y al tener la especificación en lenguaje natural, se dificulta el análisis automático de la especificación generada [2].

3. ARQUITECTURA BDI

Es una arquitectura que ha influido enormemente en el control de agentes. Está inspirada en el modelo cognitivo del propio ser humano, de modo que los agentes utilizan una representación interna de su entorno, un modelo del mundo que les rodea.

Esta metodología define dos vistas: Vista Externa y Vista Interna. La vista externa consiste en la descomposición del sistema en agentes y la definición de sus interacciones. Aquí, se emplean dos modelos:

- Modelo de Agente: Describe las relaciones jerárquicas entre clases de agentes y las relaciones entre agentes concretos.
- Modelo de Interacción: Describe las responsabilidades, servicios e interacciones entre los agentes y los sistemas externos.

Mientras que la vista interna realiza el modelado a través de tres modelos:

- Modelo de Creencias: Describe las creencias sobre el entorno.

- Modelo de Objetivos: Describe los objetivos que un agente adopta o los eventos a los que responde.
- Modelo de Planificación: Describe los planes que un agente puede emplear para alcanzar sus objetivos.

Al seguir esta metodología, se dificulta generar los modelos que describen el SMA porque existen dependencias entre los diferentes modelos. Como solución se propone un proceso iterativo e incrementa con realimentaciones, pero estas realimentaciones no se llegan a mostrar con detalle.

BDI echa de menos las herramientas de soporte. Pero, los modelos que se generan con esta metodología constituyen una referencia obligada para aquellos interesados en la integración de teorías de agentes y las prácticas de ingeniería [3].

4. ZEUS

Consta de una herramienta y una metodología. Se ha convertido en referencia de cómo debe ser una herramienta para el desarrollo de SMA.

Esta es una metodología orientada a la aplicación de tecnología de agentes. Metodológicamente, ZEUS propone un desarrollo en cuatro etapas:

- Análisis del dominio: Se orienta a obtener el modelo de roles.
- Diseño de los agentes: Consiste en determinar qué necesita cada agente para poder desempeñar su cometido.
- Realización de los agentes y Soporte en tiempo de ejecución: Se usa la herramienta de ZEUS para trasladar los conceptos de diseño.

Solo las dos primeras etapas no cuentan con herramientas de soporte.

El ámbito de esta metodología se limita a estudiar cómo agrupar la funcionalidad del sistema dentro de cada rol, dejando aparte consideraciones acerca de cómo organizar las tareas, definir las ontologías y las dependencias sociales, aspectos que son modelables dentro de la herramienta.

El uso de la herramienta de ZEUS no es trivial, presenta tantas posibilidades que aun diseñador con pocos conocimientos en agentes puede hacerlo dudar, por eso, ZEUS carece de un proceso de desarrollo detallado que indique en que aspectos de la herramienta hay que concentrarse en cada momento.

ZEUS demuestra la aplicación de diferentes técnicas en la producción de SMA; sin embargo, en este trabajo se busca una metodología que especifique SMA [4].

5. MASE

Metodología que concibe como una abstracción del paradigma de orientado a objetos donde los agentes son especializaciones de objetos. Aquí, los agentes se coordinan unos con otros vía conversaciones y actúan proactivamente para alcanzar metas individuales y del sistema. Estos agentes pueden tener o no inteligencia.

El proceso de desarrollo de MaSE es un conjunto de pasos, la mayoría de los cuales se ejecutan dentro de la herramienta que soporta esta metodología, AgentTool. El análisis en MaSE consta de tres pasos: capturar los objetivos, capturar los casos de uso y refinar roles. El diseño consta de cuatro pasos: crear clases, construir conversaciones, ensamblar clases de agentes y diseño del sistema.

MaSE propone un proceso más simple que el de MAS-CommonKADS. Esta metodología podría traducirse como tome la herramienta de soporte, AgentTool, y rellene los diferentes apartados. Su ventaja sería entonces experimentar con la herramientas. Pero, como en BDI, se tienen dependencias entre los diagramas propuestos lo que hace que se dificulte definir y describir los modelos planteados [5].

6. GAIA

Es una metodología para el diseño de sistemas basados en agentes cuyo objetivo obtener un sistema que maximice alguna medida de calidad global (no se llega a detallar cual).

Se entiende que el objetivo del análisis es conseguir comprender el sistema y su estructura sin referenciar ningún aspecto de implementación y se consigue a través de la idea de Organización, que es una colección de roles, lo cuales mantienen ciertas relaciones con otros y toman parte en patrones institucionalizados de interacción con otros roles. En esta etapa de análisis se usan dos modelos:

- ✓ Modelo de Roles: Para identificar los roles clave en el sistema junto con sus propiedades.
- ✓ Modelo de Interacciones: Se define las interacciones mediante una referencia a un modelo institucionalizado de intercambio de mensajes.
- ✓ En la etapa de diseño, se generan tres modelos:
- ✓ Modelo de Agentes: Define los tipos de agentes que existen, cuantas instancias de cada tipo y qué papeles juega cada agente.
- ✓ Modelo de Servicios: Identifica los servicios (funciones del agente) asociados a cada rol.
- ✓ Modelo de Conocidos: Define enlaces de comunicaciones que existen entre los agentes.

GAIA solo busca especificar cómo una sociedad de agentes colabora para alcanzar los objetivos del sistema, y qué se requiere de cada uno para lograr esto último.

Esta metodología se queda a un nivel de abstracción demasiado alto, luego el esfuerzo a invertir para pasar de una especificación GAIA hasta su implementación es alto.

En el proceso de desarrollo de esta metodología, se omiten las diferentes dependencias entre los modelos propuestos, lo que es fundamental a la hora de proponer un proceso que dé como salida la especificación del sistema. Además, GAIA tampoco tiene herramientas de soporte [6].

7. MESSAGE

Propone el análisis y diseño de SMA desde cinco puntos de vista para capturar los diferentes aspectos de un SMA:

- ✓ Organización: Captura la estructura global del sistema.
- ✓ Tareas & Objetivos: Determina que hace el SMA y sus agentes constituyentes de los objetivos que persiguen y las tareas implicadas en el proceso.
- ✓ Agente: Contiene una descripción detallada y extensa de cada agente y rol dentro del SMA.
- ✓ Dominio: Actúa como repositorio de información (para entidades y relaciones) concernientes al dominio del problema.
- ✓ Interacción: Trata de interacciones a distintos niveles de abstracción.

Esta metodología aporta mejoras en cuanto a conceptos de ingeniería respecto de las alternativas existentes, entre ellas dentro de un paradigma de ingeniería del Software (El proceso racional unificado), aportación de métodos para la traducción de entidades de análisis a entidades de diseño y guías para la generación de los modelos.

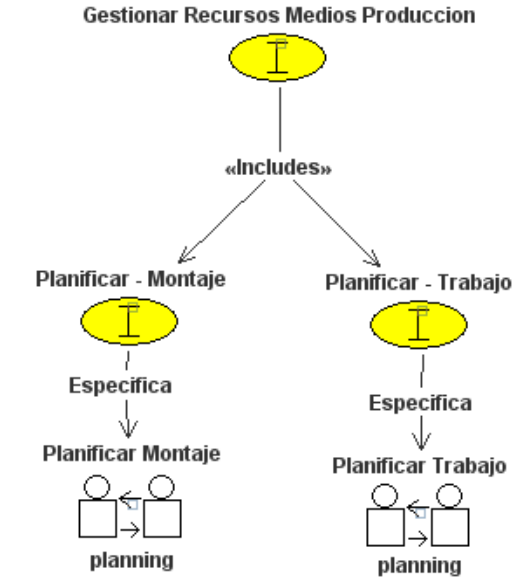
Pero, la integración con el proceso racional unificado no fue total, debido a que las actividades definidas no se adecuaban a las necesidades reales y no se indicó como encajaban dentro de este proceso. Además, faltó trabajo en el estudio de interdependencias entre los diversos modelos propuestos.

MESSAGE ha sido la primera metodología en usar una herramienta para soporte del proceso de especificación de SMA de forma visual, como UML. En la parte de implementación, esta metodología provee guías en cuantas posibles arquitecturas y componentes a usar en esta etapa [7].

**Anexo 2. MODELADO DEL
SISTEMA DE
PLANIFICACIÓN DE
LA PRODUCCIÓN**

- **Casos de uso**

Figura 1. Casos de uso asociados a *Gestionar Recursos de medios de producción.*



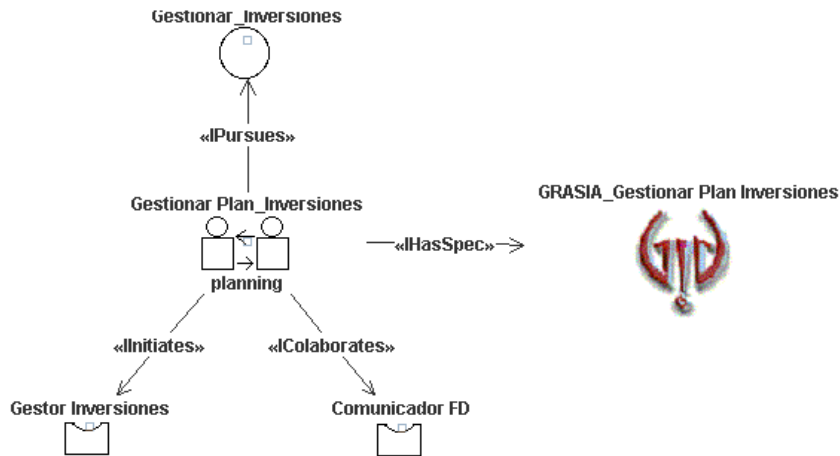
Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

En la figura 1, el caso de uso *Gestionar recursos de medios de producción* se divide en dos casos de uso:

- Caso de uso *Planificar Montaje*, se encarga de planificar y administrar las secuencias de montaje.
- Caso de uso *Planificar Trabajo*, se encarga de planificar y administrar las secuencias de trabajo y embalaje.

- **Modelo de Interacciones.**

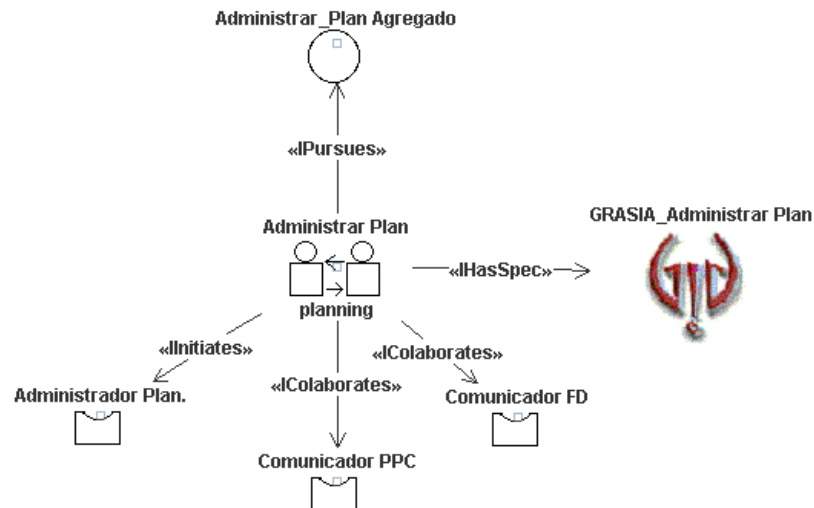
Figura 2. Interacción para detallar la realización de caso de uso *Gestionar Plan de Inversiones.*



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

En la figura 2, se muestra la interacción *Gestionar Plan de Inversiones*, la cual persigue alcanzar el objetivo *Gestionar inversiones*. Esta interacción es iniciada por el rol Gestor de Inversiones cuando le llegan las necesidades de la capacidad de producción y cuenta con la colaboración del rol *Comunicador FD* para enviar y recibir el marco de inversiones de PE, y para enviar los requerimientos para la orden de compra de M&E a Compras.

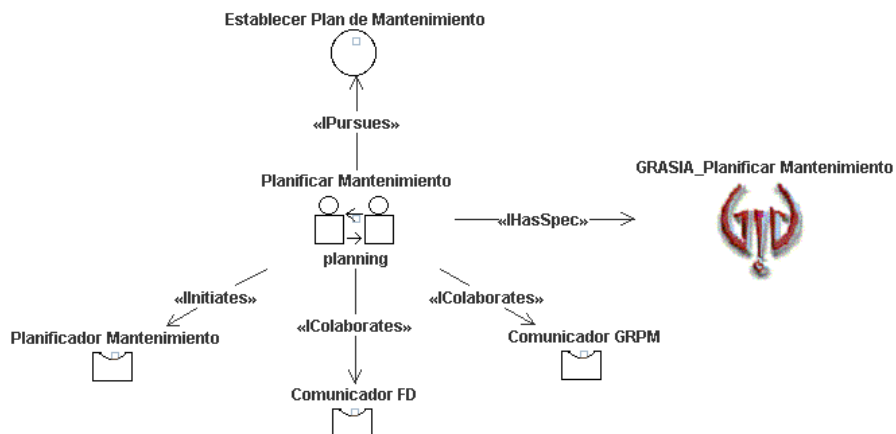
Figura 3. Interacción para detallar la realización de caso de uso *Administrar Plan Agregado*.



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

La interacción *Administrar Plan* persigue el objetivo *Administrar Plan Agregado*, como se muestra en la figura 4, y es inicializada por el rol *Administrador del plan* cuando le es enviado el plan agregado y cuenta con la colaboración del *Comunicador PPC*, para enviar la orden de producción fija a PPC, y el *Comunicador FD*, para enviar PE los objetivos de costos de producción por periodos y para enviar al agente gestor el plan agregado satisfactorio.

Figura 4. Interacción para detallar la realización de caso de uso *Determinar Plan de Mantenimiento*

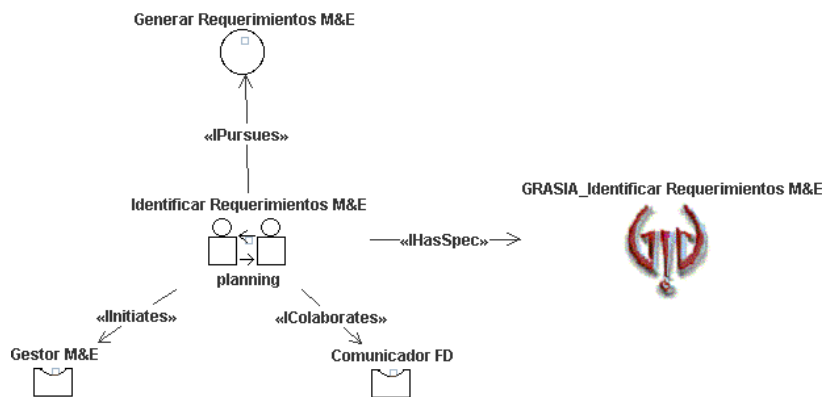


Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

La figura 5 muestra la interacción *Planificar Mantenimiento* que persigue el objetivo de *Establecer un plan de mantenimiento* con ayuda del miembro *Planificador de Mantenimiento* y con los colaboradores *Comunicador FD*, para recibir de Conservación las estadísticas de fallos de los medios de producción y enviarle la orden de mantenimiento que contiene el plan de mantenimiento junto con los estándares y métodos de mantenimiento, y *Comunicador GRPM*, para recibir de CAD los estándares y métodos de mantenimiento.

El *Comunicador GRPM* es el encargado de comunicar, en la fase de gestión de recursos de medios de producción y/o fase de diseño, al agente gestor de los recursos de medios de producción o al agente diseñador de la producción con los siguientes ámbitos: Diseño, Control de fabricación y Calidad.

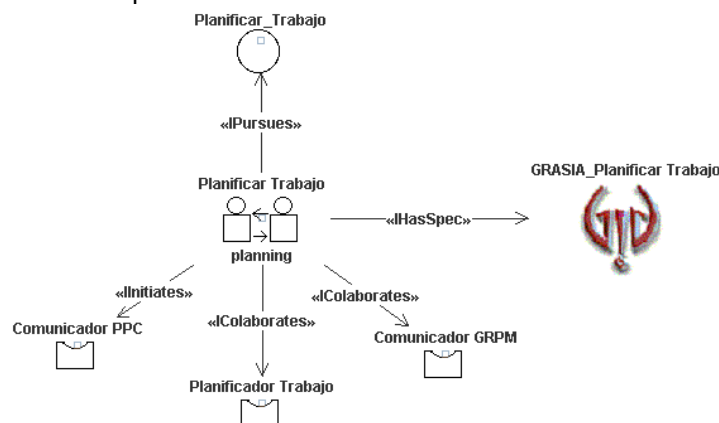
Figura 5. Interacción para detallar la realización de caso de uso *Determinar Requerimientos Orden Compra M&E*.



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

La interacción *Identificar Requerimientos* para la compra de Materiales y Energía (*Identificar Requerimientos M&E*), mostrada en la figura 6, tiene por objeto *Generar requerimientos de Materiales y Energía (M&E)*. Esta interacción es inicializada por el *Gestor de M&E* cuando recibe el plan agregado satisfactorio y cuenta con la colaboración del *Comunicador FD*, para enviar a compras los requerimientos para la compra de M&E y recibir de almacén el inventario de M&E.

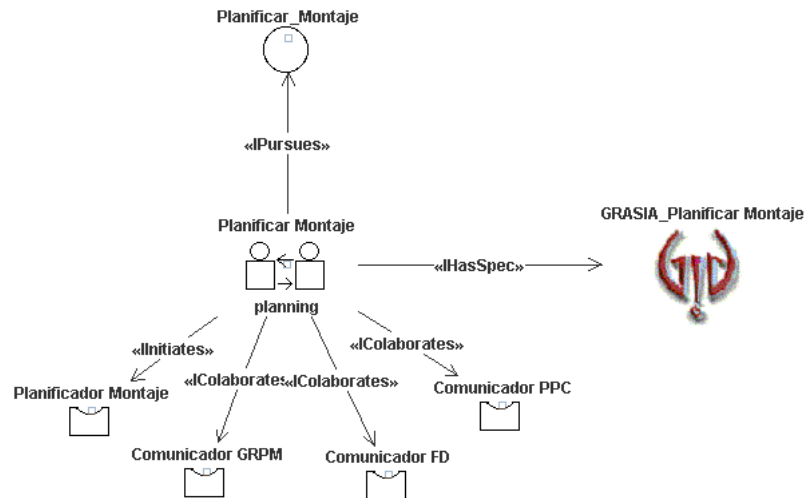
Figura 6. Interacción para detallar la realización de caso de uso *Planificar Trabajo*.



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

En la figura 7, se presenta la interacción *Planificar Trabajo*, que persigue el objetivo *Planificar trabajo* con la ayuda de un miembro iniciador *Comunicador PPC*, a través del cual se envía la solicitud de la planificación del trabajo y del montaje, y unos miembros colaboradores: *Planificador del Trabajo*, encargado de ejecutar todas las tareas necesarias para obtener la planificación del trabajo, y *Comunicador GRPM*, para recibir de CAD el producto y proceso Know – How.

Figura 7. Interacción para detallar la realización de caso de uso *Planificar Montaje*.

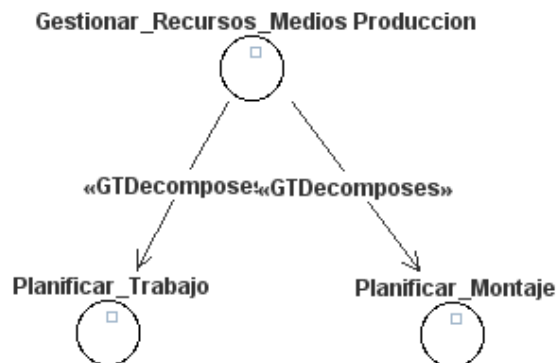


Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

La figura 8, se presenta la interacción planificar montaje cuyo objetivo es *Planificar el montaje* con ayuda de miembros colaboradores como *Comunicador PPC*, *Comunicador FD*, *Comunicador GRPM* y el miembro iniciador *Planificador del Montaje*, el cual se activa cuando recibe la solicitud de la planificación de montaje.

- **Modelo de Objetivos & Tareas**

Figura 8. Estructuración Inicial de Objetivos (III).

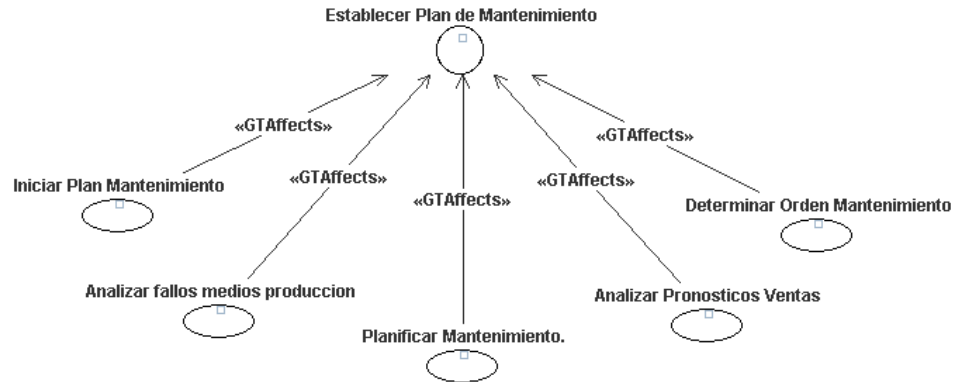


Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

A su vez, el objetivo *Gestionar Recursos Medios de Producción* se descompone en los objetivos *Planificar Trabajo* y *Planificar Montaje*, como se muestra en la figura 9.

A continuación, se presenta la descomposición de los objetivos generales en objetivos más específicos.

Figura 9. Tareas Asociadas al Objetivo: *Establecer Plan de Mantenimiento*.

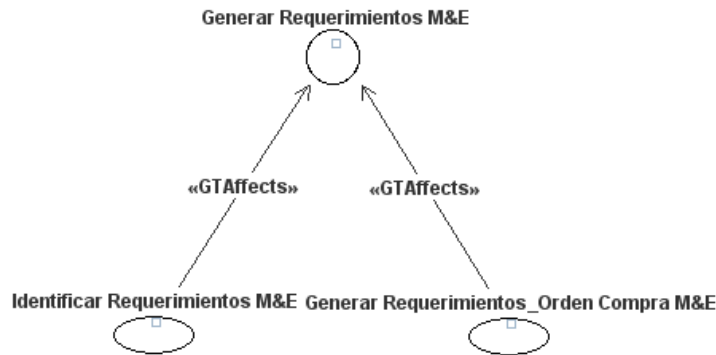


Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

Como se muestra en la figura 10, el objetivo *Establecer plan de mantenimiento* tiene asociada las siguientes tareas:

- Iniciar Plan de Mantenimiento: su labor es dar inicio al proceso de planificar el mantenimiento dado el informe de capacidad o que el plan agregado sea insatisfactorio.
- Analizar fallos medios producción: entregadas las estadísticas de fallos de medios de producción, se analiza los fallos de los diferentes medios de producción así como también, en qué momento han ocurrido.
- Planificar Mantenimiento: esta tarea realiza el plan de mantenimiento para el horizonte de planificación.
- Analizar Pronósticos de ventas: dado el plan de ventas, analizar en que periodos del horizonte de planificación la demanda es menor y procurar que en dichas periodos de baja producción se realice el plan de mantenimiento.
- Determinar orden mantenimiento: con los estándares, métodos y planificación de mantenimiento se genera una hoja de ruta con la orden de mantenimiento que será enviada a conservación.

Figura 10. Tareas Asociadas al Objetivo: *Generar Requerimientos de M&E.*

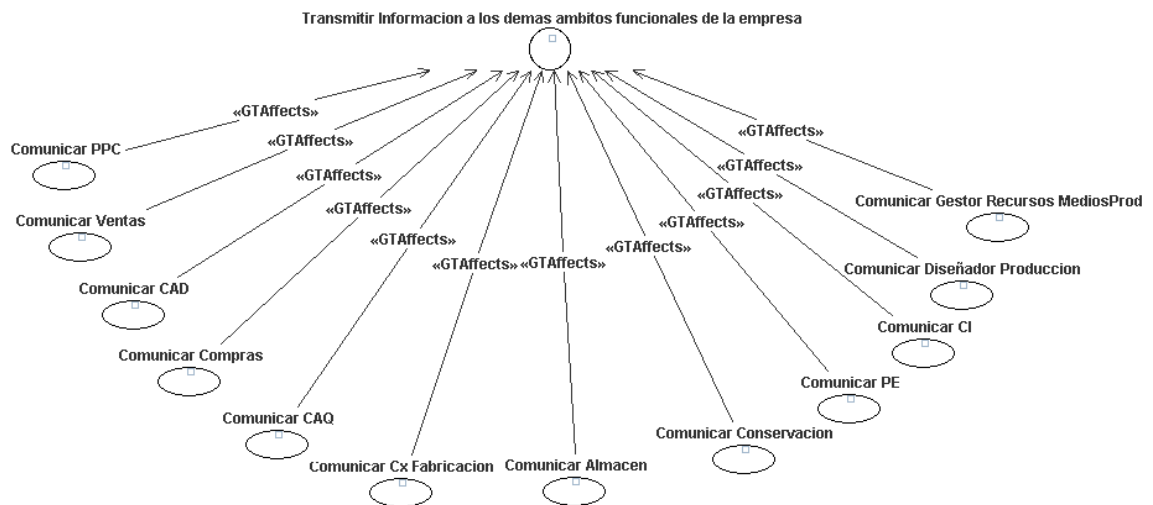


Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

En la figura 11, se muestra el objetivo *Generar requerimiento M&E* asociado con sus tareas:

- Identificar Requerimientos M&E: a partir del plan agregado satisfactorio, se identifican los requerimientos para la compra de materiales y energía a mediano plazo.
- Generar requerimientos para orden de compra de M&E: identificados los requerimientos de M&E, se genera una orden de compra de los mismos.

Figura 11. Tareas Asociadas al Objetivo: *Transmitir Información a los demás ámbitos funcionales de la empresa.*



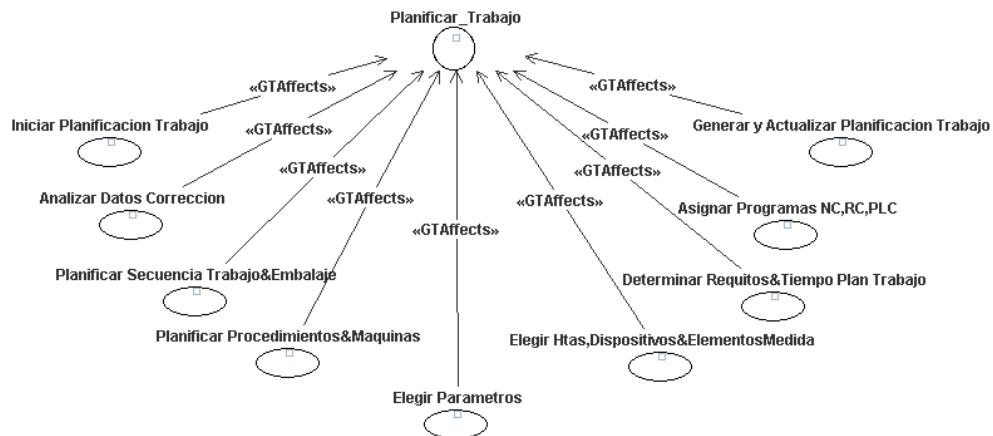
Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

El objetivo *Transmitir información a los demás ámbitos funcionales de la empresa*, como se muestra en la figura 12, tiene asociadas las siguientes tareas:

- Comunicar PPC: su función es transmitir la información proveniente de PPC a los agentes diseñador y/o gestor.

- Comunicar Ventas: su función es transmitir la información proveniente de Ventas a los agentes diseñador y/o gestor.
- Comunicar Compras: su función es transmitir la información proveniente de Compras a los agentes diseñador y/o gestor.
- Comunicar PE: su función es transmitir la información proveniente de PPC a los agentes diseñador y/o gestor.
- Comunicar CI: su función es transmitir la información proveniente de CI a los agentes diseñador y/o gestor.
- Comunicar CAQ: su función es transmitir la información proveniente de CAQ a los agentes diseñador y/o gestor.
- Comunicar Control de fabricación: su función es transmitir la información proveniente de Control de fabricación a los agentes diseñador y/o gestor.
- Comunicar Conservación: su función es transmitir la información proveniente de Conservación a los agentes diseñador y/o gestor.
- Comunicar Almacén: su función es transmitir la información proveniente de Almacén a los agentes diseñador y/o gestor.
- Comunicar CAD: su función es transmitir la información proveniente de CAD a los agentes diseñador y/o gestor.
- Comunicar Diseñador de Producción: su función es transmitir la información proveniente del agente diseñador al agente gestor.
- Comunicar Gestor recursos de medios de producción: su función es transmitir la información proveniente del agente gestor al agente diseñador.

Figura 12. Tareas Asociadas al objetivo: *Planificar Trabajo*.



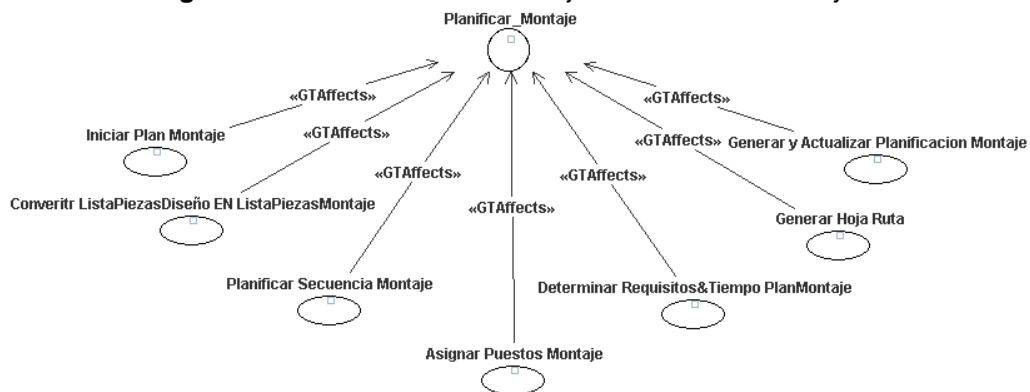
Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

En la figura 13, al objetivo *Planificar Trabajo* se le asocian las siguientes tareas:

- Iniciar Planificación del Trabajo: su función es dar inicio a la etapa del proceso de planificación.
- Analizar Datos de Corrección: teniendo en cuenta la capacidad disponible y los datos de corrección de los procesos de trabajo, se hace un análisis de los mismos.
- Planificar secuencia de Trabajo & Embalaje: se planifica que secuencia de trabajo, para una familia de productos, se tendrá en cuenta y en qué momento se implementara en el horizonte de planificación, de acuerdo al plan agregado elaborado anteriormente.

- Planificar Procedimientos & Máquinas: se planifica que procedimientos acordes con una secuencia de trabajo se implementaran de acuerdo al plan agregado y se seleccionaran las maquinas que se necesitan disponibles para cumplir con dicho plan.
- Elegir herramientas, dispositivos y elementos de medida: dados los requisitos y especificaciones de calidad, así como, los proceso de trabajo de una familia de productos, se eligen las herramientas, dispositivos y elementos de medida se utilizaran durante dicho proceso
- Elegir Parámetros: su función es la elección de los parámetros del proceso.
- Determinar requisitos & tiempos del plan de trabajo: tarea que se encarga de establecer cuál es el tiempo apropiado para la producción, de acuerdo a un estudio de tiempos.
- Asignar programas NC, RC, PLC: asigna a las familias de productos, de acuerdo a las secuencias, procedimientos y maquinas, los programas NC, RC y PLC para su producción.
- Generar y Actualizar Planificación del Trabajo: se actualizan los planes de procesos de trabajos existentes cuando se ha presentado alguna modificación o por la inclusión de un nuevo producto en el catálogo de la empresa.

Figura 13. Tareas Asociadas al objetivo: *Planificar Montaje*.



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

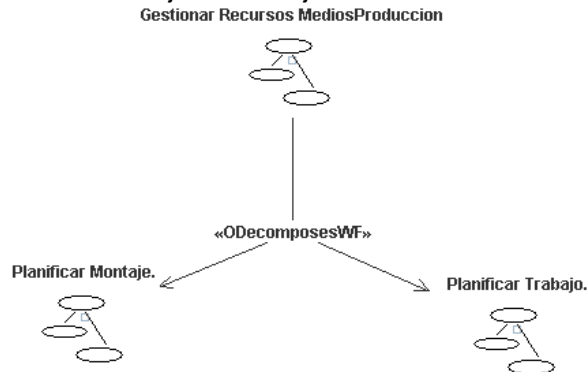
El objetivo *Planificar Montaje*, como muestra la figura 24, tiene asociadas las siguientes tareas:

- Iniciar Plan de Montaje: recibida la solicitud del plan de montaje, se inicia la etapa de la misma.
- Convertir Lista de piezas de diseño en lista de piezas de montaje: dadas la lista de piezas de diseño enviadas por CAD, esta tarea lo que hace es convertir dicha lista en una lista de piezas de montaje.
- Planificar secuencia de montaje: se Planifica que secuencia de montaje para una familia de productos se tendrá en cuenta y en qué momento se implementará en el horizonte de planificación.
- Asignar puestos de montaje: de acuerdo a la planeación de las secuencias de montaje, se asignan los puestos de montaje.
- Determinar requisitos & Tiempos Plan de montaje: con base en un estudio de tiempos, se establece el tiempo apropiado de ensamble.

- Generar y Actualizar Planificación del Montaje: se actualizan los planes de montaje existente cuando se ha presentado alguna modificación o por la inclusión de un nuevo producto en el catálogo de la empresa.
- Generar Hoja de Ruta: el proceso y producto Know - How, la planeación del trabajo y la planificación del montaje se plasman en una hoja de ruta para ser enviadas a PPC y CAQ.

- **Flujos de Trabajo (Modelo de Organización)**

Figura 14. Descomposición de Flujo de Trabajo *Gestionar Recursos Medios de Producción*.

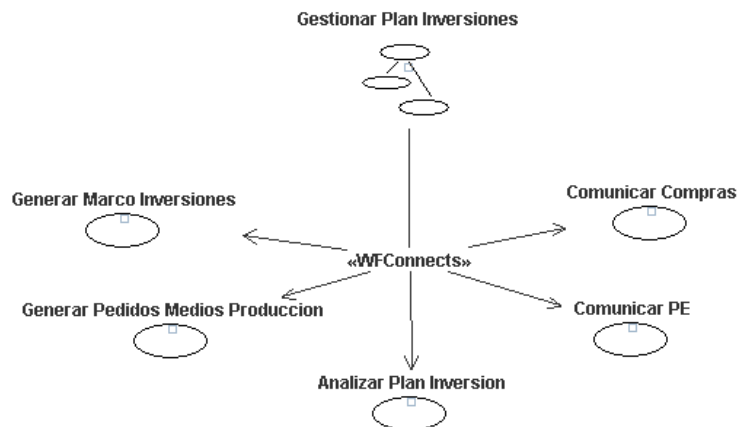


Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

Y en la figura 15, se muestra como el flujo de trabajo *Gestionar Recursos de Medios de Producción* se refina en los flujos de trabajo: *Planificar Montaje* y *Planificar Trabajo*.

Para cada flujo de trabajo se identifican las tareas que lo componen.

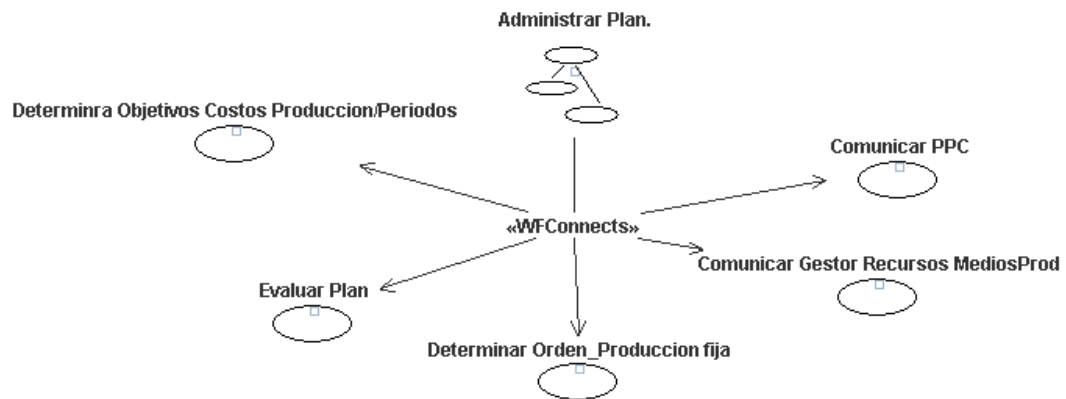
Figura 15. Tareas que componen flujo de trabajo: *Gestionar Plan Inversiones*.



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

El flujo de trabajo *Gestionar Plan de Inversiones* se rige por las siguientes tareas: *Generar Marco de Inversiones*, *Generar Pedidos de Medios de Producción*, *Comunicar PE*, *Comunicar Compras* y *Analizar Plan de Inversión* (Figura 16).

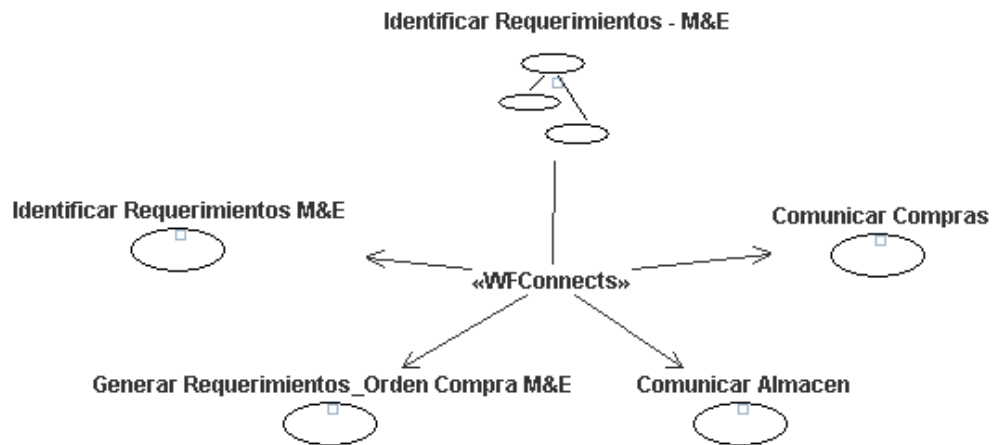
Figura 16. Tareas que componen flujo de trabajo: *Administrar plan.*



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

En la figura 17, las tareas *Determinar Objetivos Costos de Producción*, *Comunicar PPC*, *Comunicar Gestor Recursos Medios de Producción*, *Evaluar Plan* y *Determinar Orden de Producción fija* rigen el flujo de trabajo *Administrar Plan*.

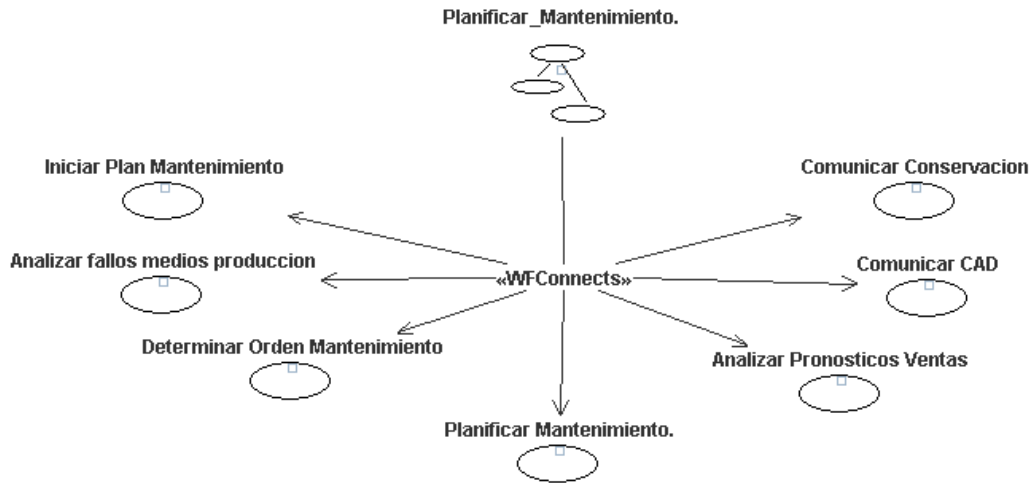
Figura 17. Tareas que componen flujo de trabajo: *Identificar Requerimientos M&E.*



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

Las tareas *Identificar requerimientos M&E*, *Comunicar Compras*, *Comunicar Almacén* y *Generar Requerimientos Orden de Compra M&E* rigen el flujo de trabajo *Identificar Requerimientos de M&E* (Figura 18).

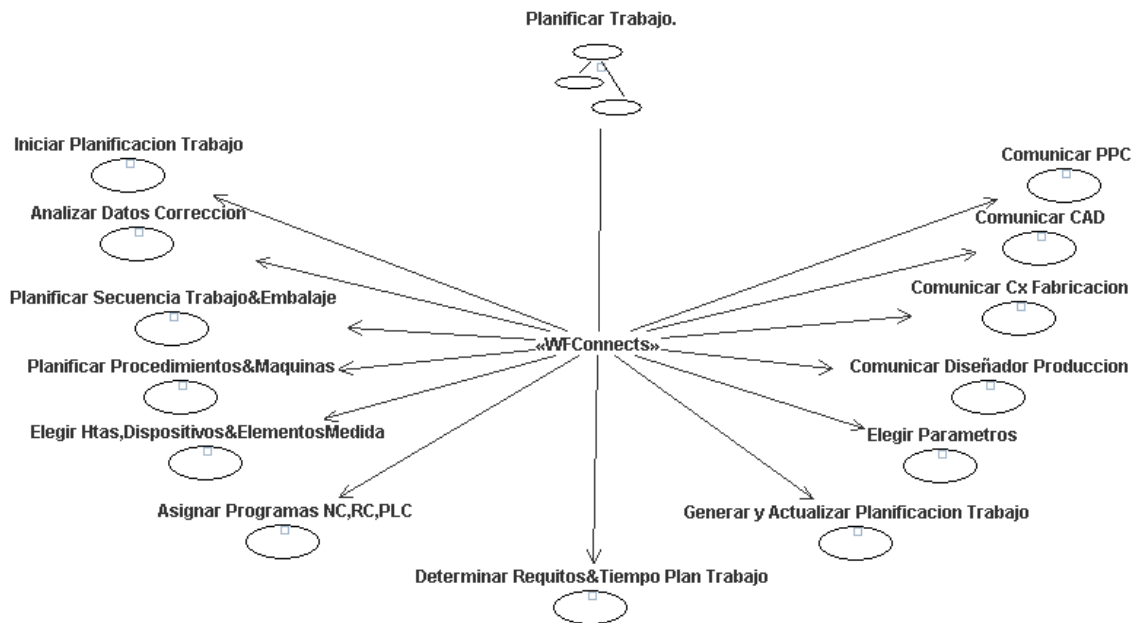
Figura 18. Tareas que componen flujo de trabajo: *Planificar Mantenimiento*.



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

En la figura 19, el flujo de trabajo *Planificar Trabajo* se rigen por siete tareas como: *Iniciar Plan Mantenimiento*, *Planificar Mantenimiento*, *Comunicar CAD*, etc.

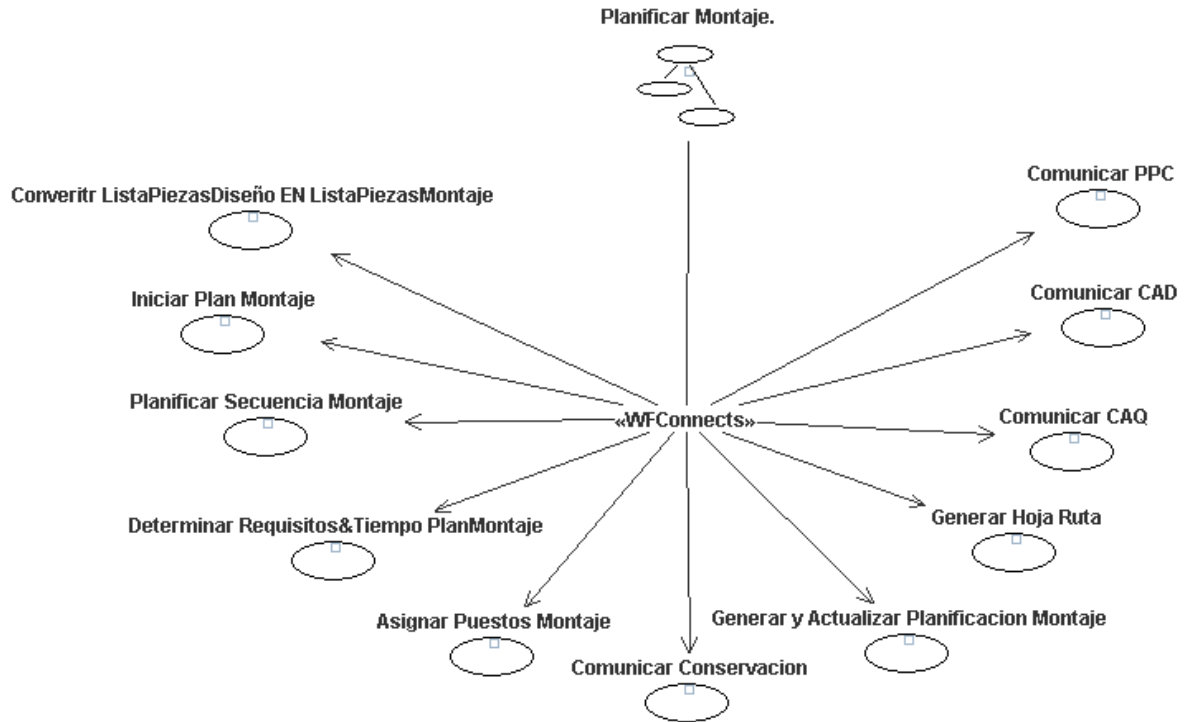
Figura 19. Tareas que componen flujo de trabajo: *Planificar Trabajo*.



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

El flujo de trabajo *Planificar Trabajo* se rige por trece tareas como *Elegir parámetros*, *Analizar Datos de corrección*, entre otros (Figura 20).

Figura 20. Tareas que componen flujo de trabajo: *Planificar Montaje*.

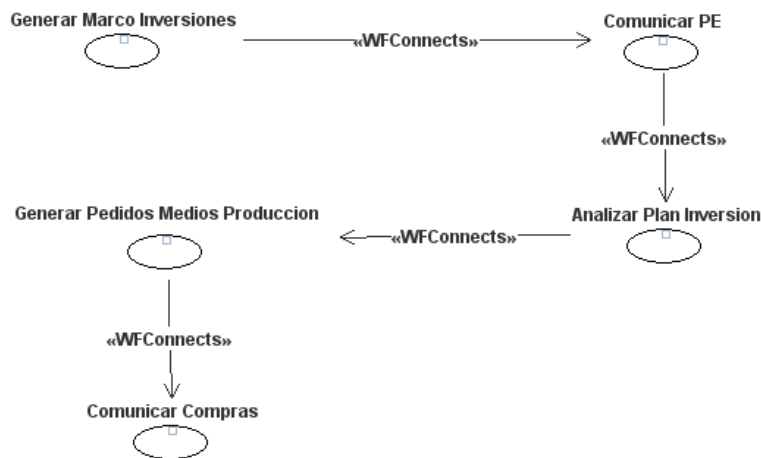


Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

En la figura 21, se muestra el flujo de trabajo *Planificar Montaje* regido por once tareas como por ejemplo *Iniciar Plan Montaje*, *Comunicar Conservación*, *Generar Hoja de Ruta*, entre otras.

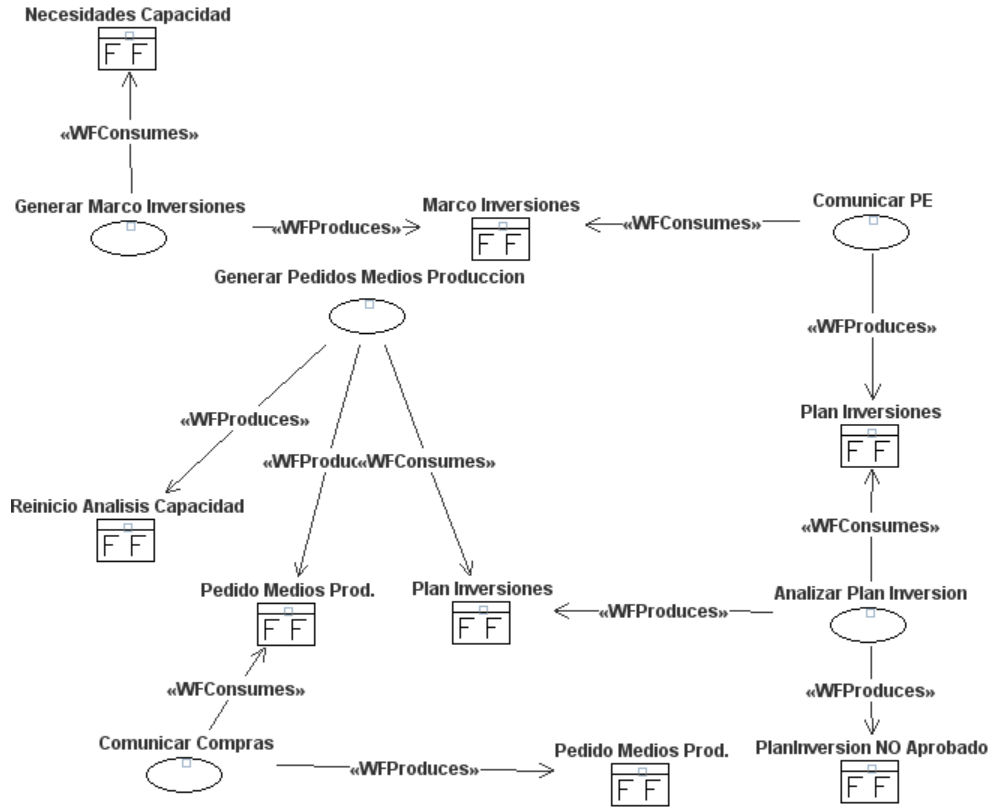
Con lo anterior, se procede a conectar las tareas e identificar las entidades mentales para cada flujo de trabajo.

Figura 21. Dependencias entre las tareas de flujo: *Gestionar Plan de Inversiones*.



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

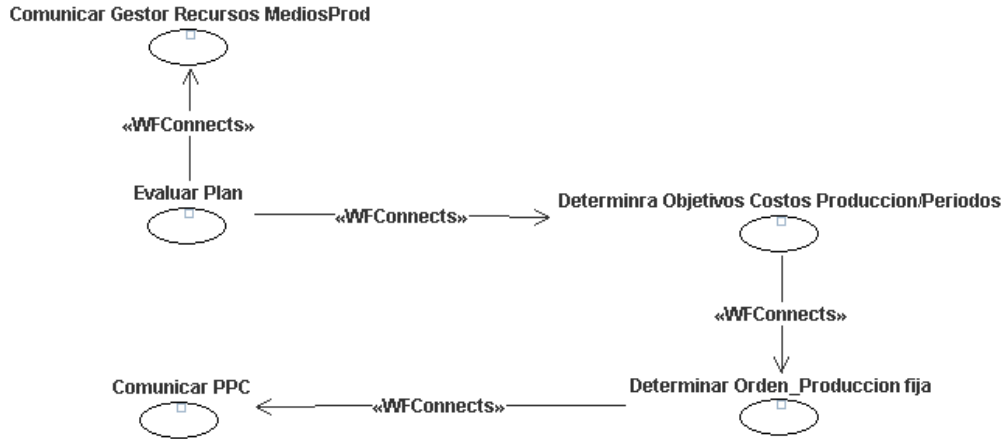
Figura 22. Descripción detallada del flujo: *Gestionar Plan de Inversiones*



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

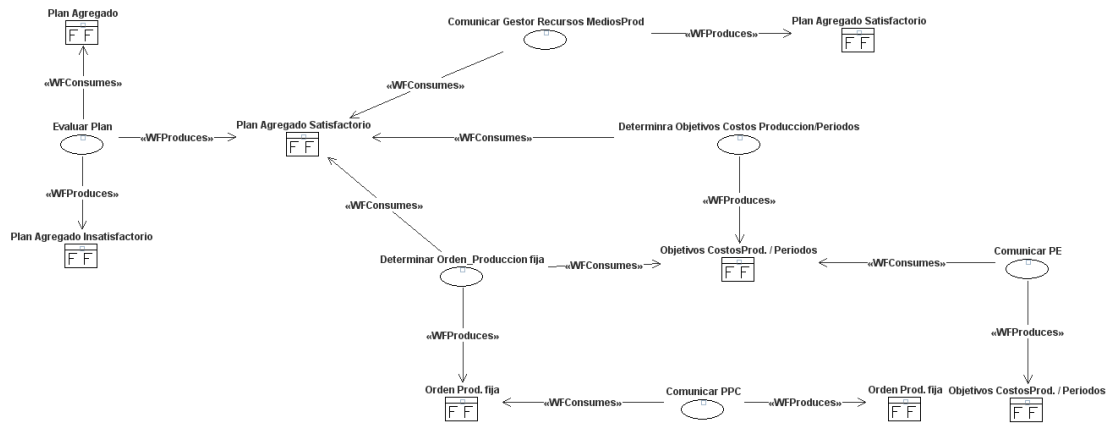
La tarea *Generar Marco de Inversiones* inicia el proceso de gestionar plan de inversiones, cuando recibe las *Necesidades de Capacidad*, para generar un reporte del marco de inversiones y enviárselo a PE. Posteriormente al recibir el reporte, este ámbito envía un plan de inversiones y este es estudiado a través de la tarea *Analizar Plan de Inversión* y es aquí donde se determina si el plan fue o no aprobado. De ser aprobado en parte o en su totalidad, se realiza un pedido de medios de producción, por medio de la tarea *Generar Pedidos de Medios de Producción*, para enviárselo a Compras. De no ser aprobado, se envía a la tarea que se encarga de generar el informe de la capacidad de producción para elaborar el plan agregado con la capacidad disponible (Figuras 22, 23).

Figura 23. Dependencias entre las tareas de flujo: Administrar Plan.



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

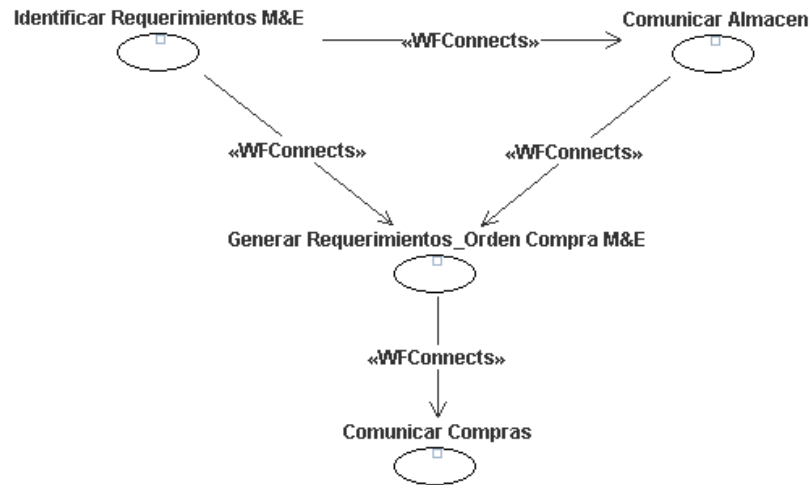
Figura 24. Descripción detallada del flujo: Administrar Plan.



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

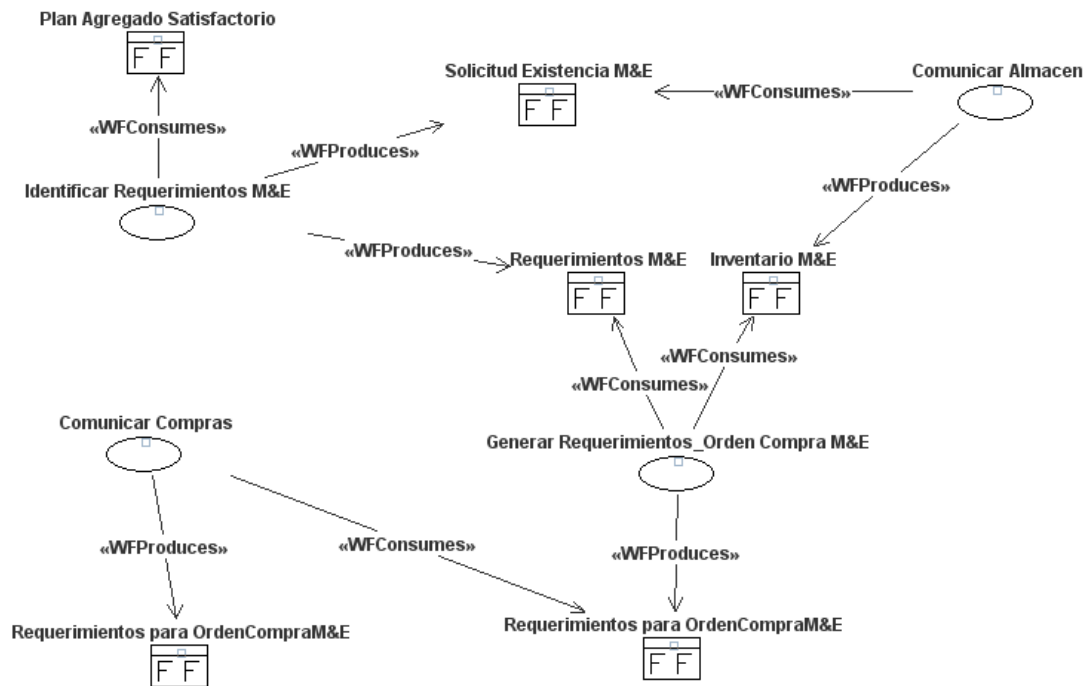
Al recibir el Plan Agregado, a través de la tarea *Evaluar Plan* se da inicio al flujo de trabajo *Administrar Plan*. Con esta primera tarea, se determina si el plan es o no satisfactorio. De ser satisfactorio el plan se envía al agente gestor y se determinarlos objetivos de costos de producción por periodos (ya sean mensuales o trimestrales), que se envían junto con el plan agregado satisfactorio en una hoja de ruta a PPC, además, de enviar dichos objetivos al ámbito PE (Ver figuras 24, 25).

Figura 25. Dependencias entre las tareas de flujo: Identificar Requerimientos M&E.



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

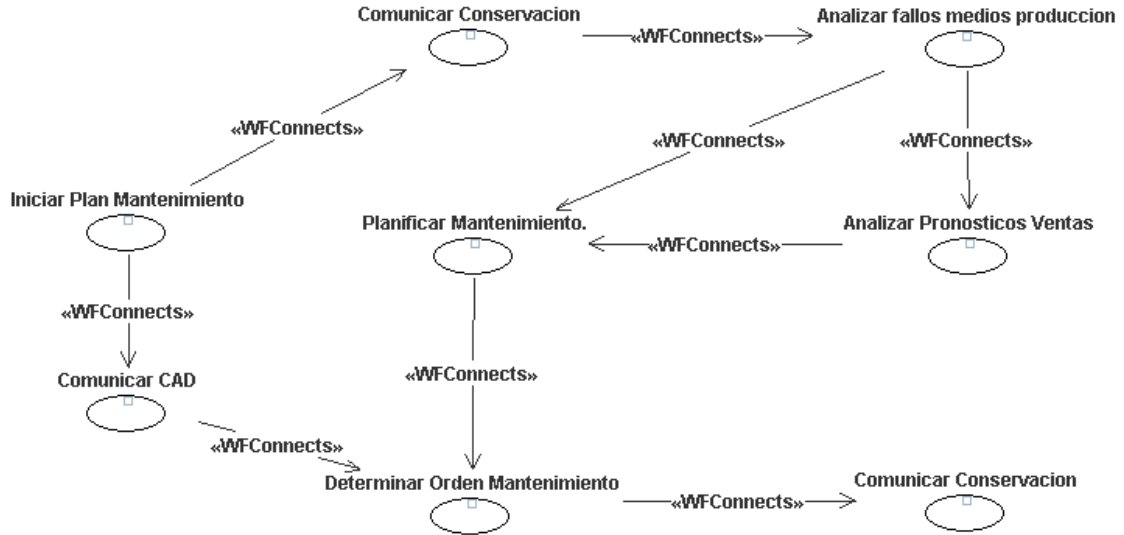
Figura 26. Descripción detallada del flujo: Identificar Requerimientos M&E.



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

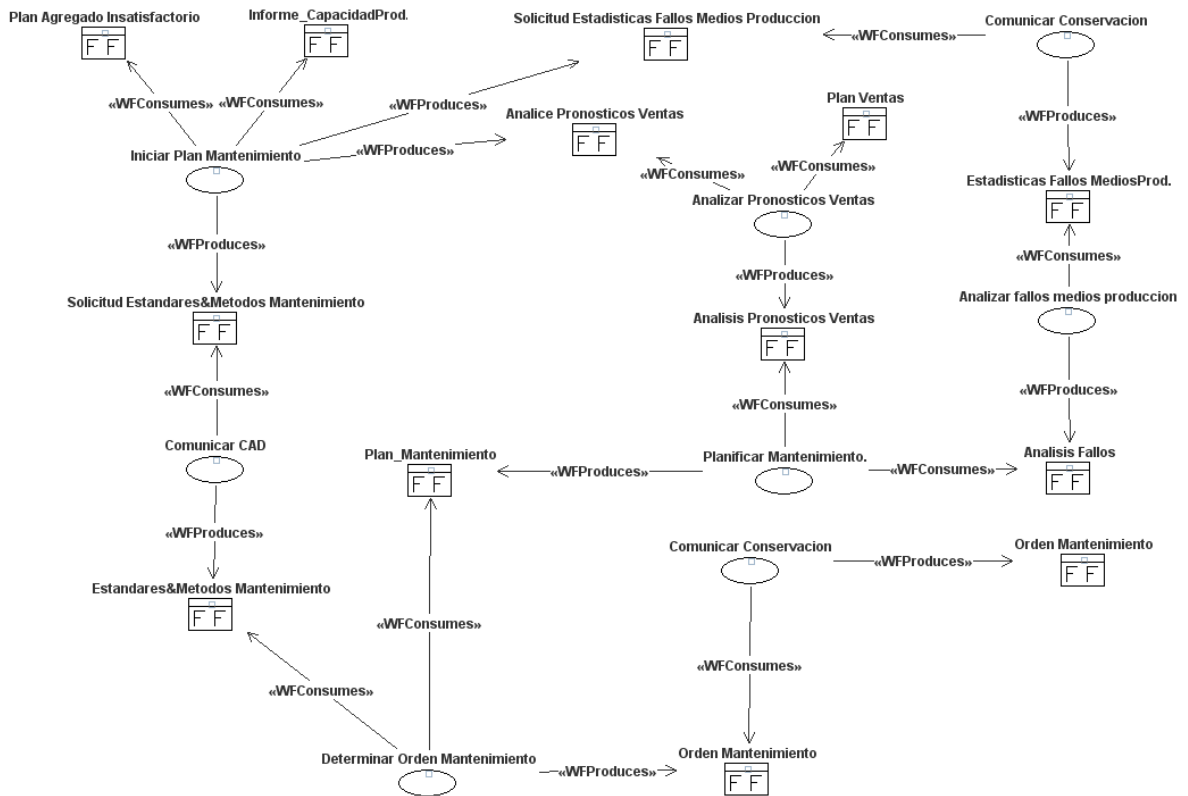
La tarea *Identificar requerimientos M&E* da inicio al flujo de trabajo *Identificar requerimientos M&E*, al recibir el plan agregado satisfactorio. Iniciado este proceso, se recibe la información de la existencia de M&E en almacén y junto con los requerimientos de M&E se genera los requerimientos para la orden de compra de M&E que va dirigido hacia Compras (Ver figuras 26, 27).

Figura 27. Dependencias entre las tareas de flujo: Planificar Mantenimiento.



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

Figura 28. Descripción detallada del flujo: Planificar Mantenimiento.

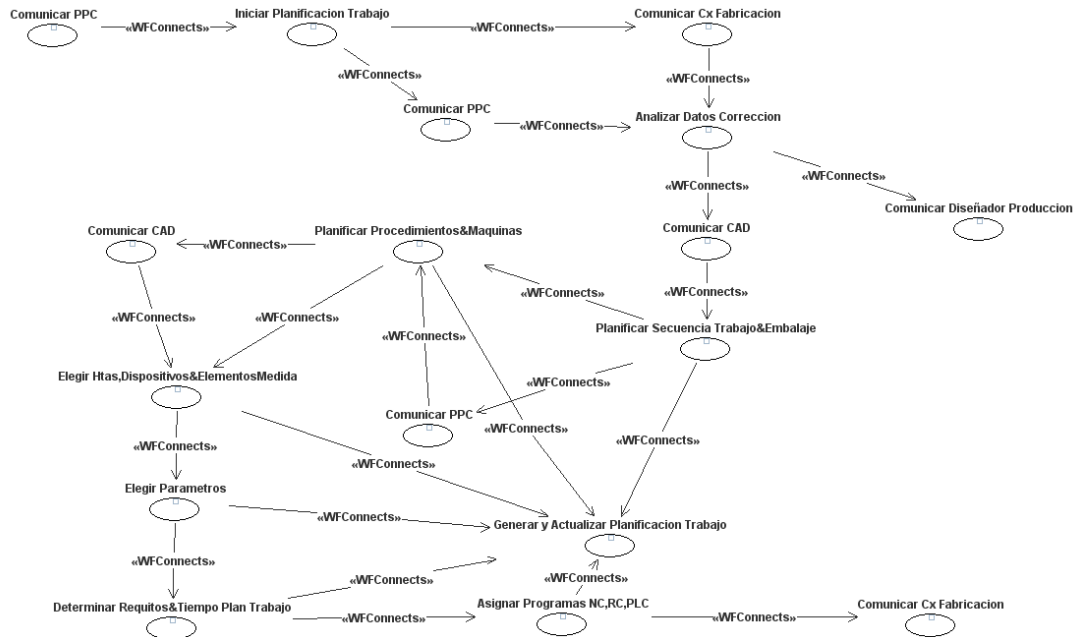


Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

El flujo de trabajo *Planificar mantenimiento* comienza con la tarea *Iniciar Plan de mantenimiento* cuando se recibe el informe de capacidad de producción y/o el plan agregado insatisfactorio, a partir de eso, se solicita estándares y métodos de mantenimiento y las estadísticas de fallos de los medios de producción. Se hace un

análisis de estos fallos y junto con el análisis del pronóstico de ventas se planifica el mantenimiento a través de la tarea *Planificar Mantenimiento*. Tanto este plan como los estándares y métodos de mantenimiento se plasman en una orden de mantenimiento para enviárselo a *Conservación*.

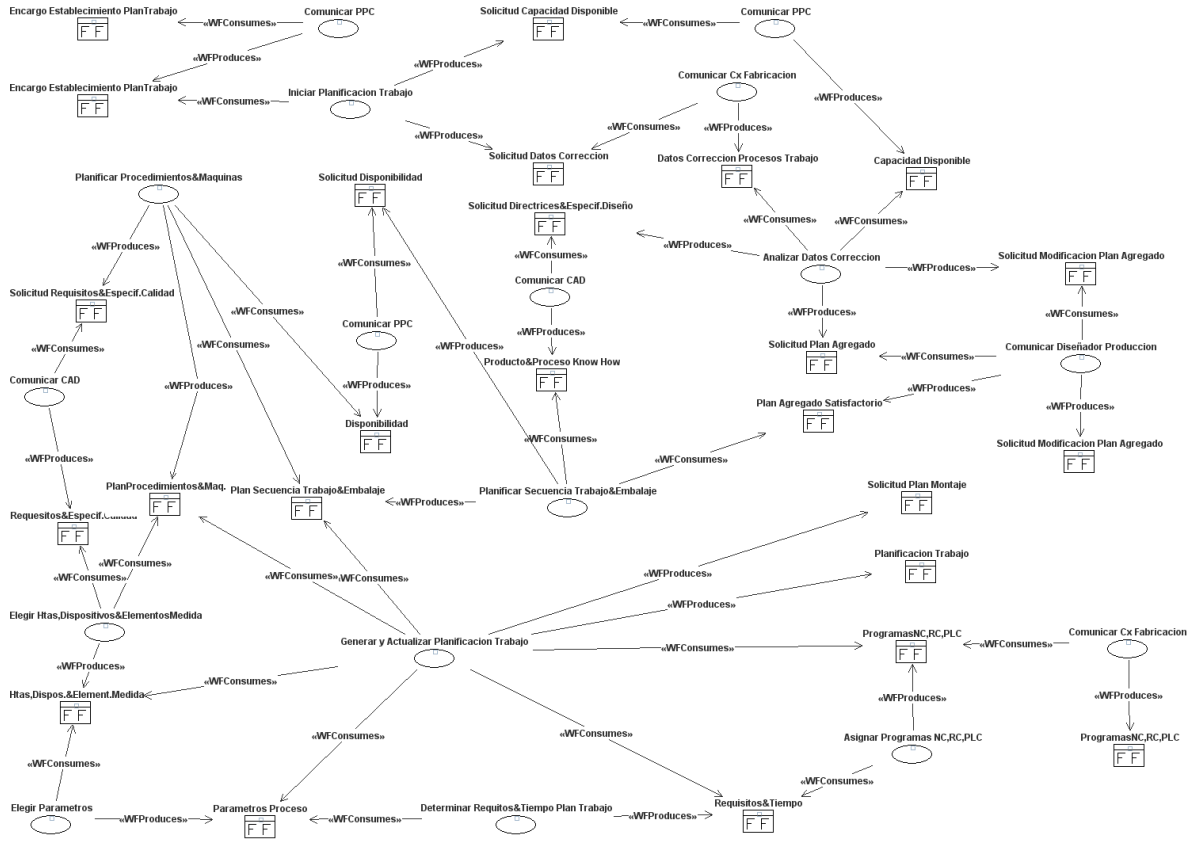
Figura 29. Dependencias entre las tareas de flujo: Planificar Trabajo.



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

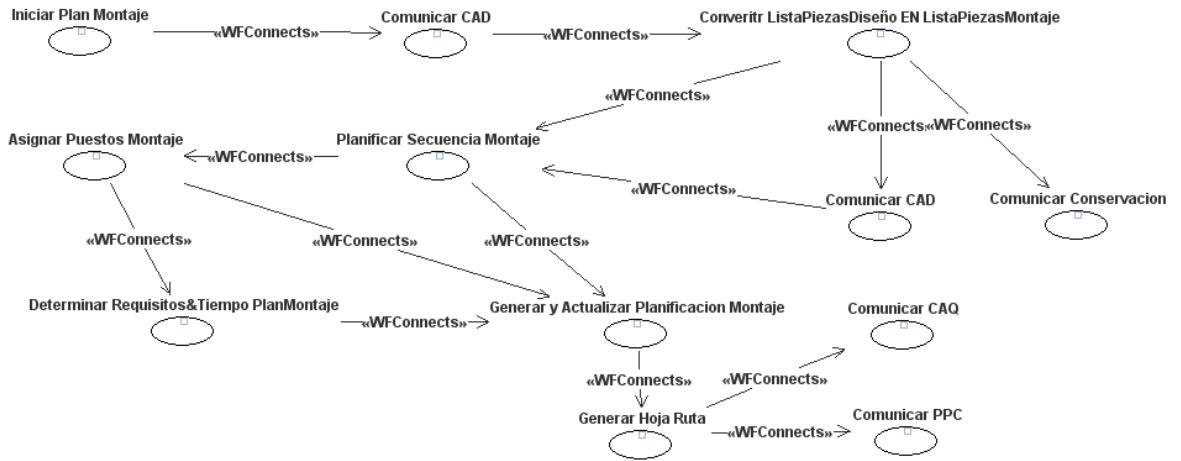
El proceso de planificar trabajo comienza al recibir el encargo de establecimiento del proceso de trabajo; dado esto, se solicita la capacidad disponible y los datos de corrección de los procesos de trabajo para hacer un análisis de los mismos y determinar si se envía una solicitud de modificación del plan agregado o se solicita el plan agregado satisfactorio; además, se solicita el producto y proceso Know-How que junto con el plan agregado se hace la planeación de las secuencias de trabajo y embalaje, y con base en esta y en la disponibilidad enviada por PPC se hace la planeación de los procedimientos y máquinas. Realizada esta planeación, se solicita los requisitos y especificaciones de calidad para elegir las herramientas, dispositivos y elementos de medida; a partir de esto, se eligen los parámetros, se determinan los requisitos y tiempo y se asigna los programas NC, RC, y PLC que serán enviados a Control de Fabricación. A continuación, la tarea *Generar y Actualizar Planeación de trabajo* actualiza la hoja de ruta con la nueva información anteriormente generada y solicita la planeación del montaje (Ver figuras 30,31).

Figura 30. Descripción detallada del flujo: Planificar Trabajo.



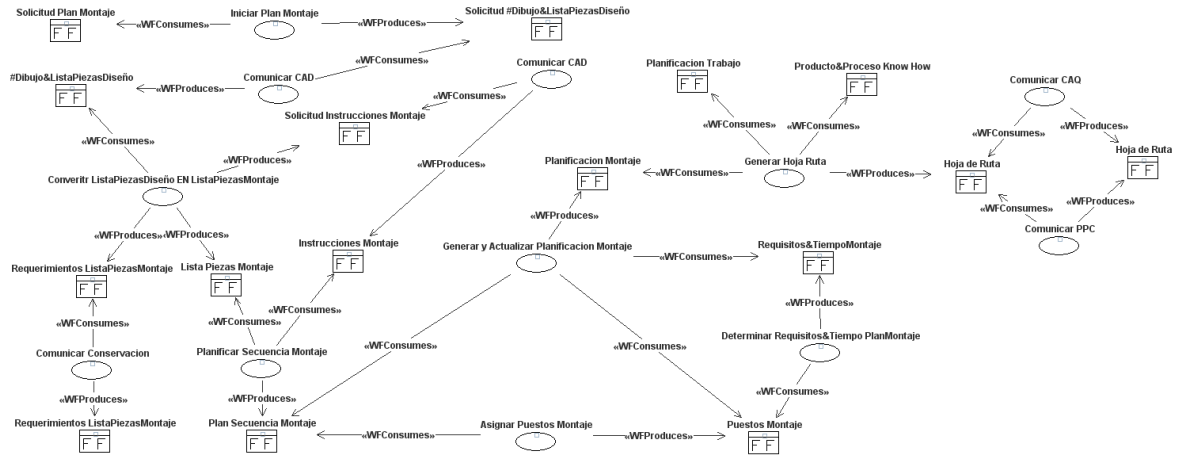
Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

Figura 31. Dependencias entre las tareas de flujo: Planificar Montaje.



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

Figura 32. Descripción detallada del flujo: Planificar Montaje.

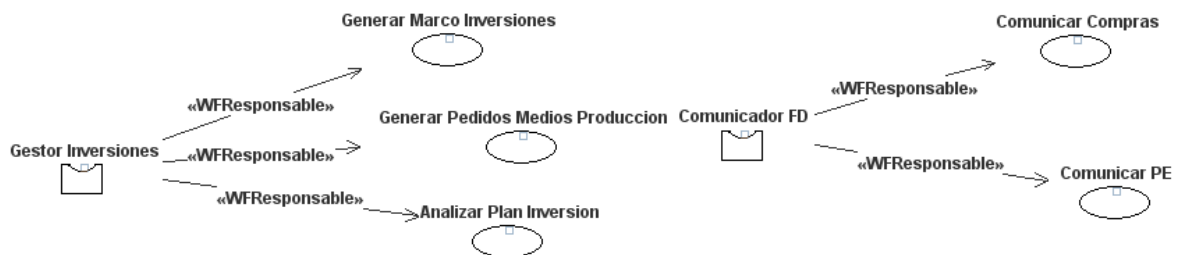


Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

Iniciar Plan de montaje inicia la etapa de proceso Planificar Montaje, al recibir la solicitud del plan montaje; a partir de esto, se solicita número de dibujos y lista de piezas de diseño a CAD para convertir esa lista a una lista de piezas de montaje que serán enviadas a conservación y a la tarea *Planificar secuencia de montaje*; de aquí resulta el plan de las secuencias de montaje para permitir asignar los puestos de montaje y posteriormente determinar los requisitos y tiempos de montaje. A continuación, la tarea *Generar y Actualizar Planeación de montaje* actualiza la hoja de ruta con la nueva información anteriormente generada y envía la planeación del montaje, así la tarea *Generar hoja de ruta*, que junto con la planeación del trabajo y el producto Know - How serán enviadas a PPC y CAQ.

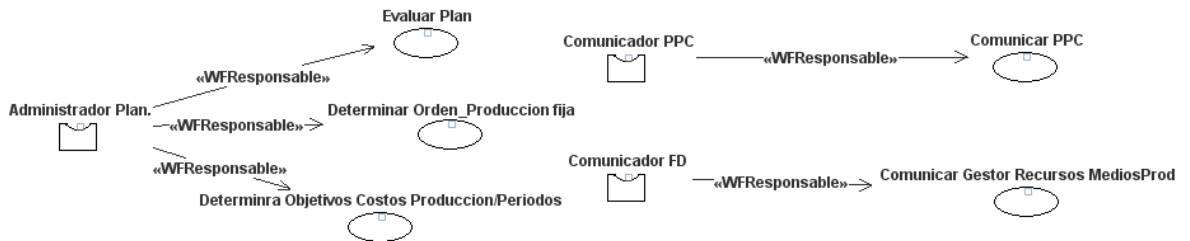
Posteriormente se indican los responsables de las tareas que hacen parte de cada flujo de trabajo.

Figura 33. Responsables de la ejecución de tareas en el flujo de trabajo: Gestionar Plan de Inversiones.



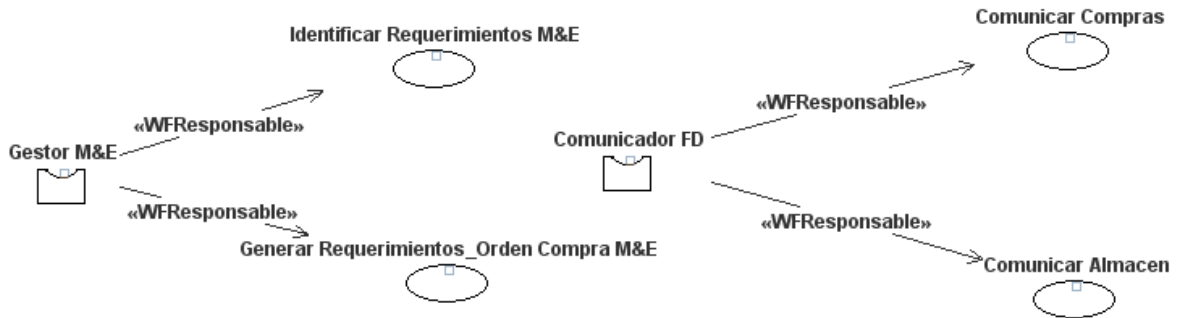
Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

Figura 34. Responsables de la ejecución de tareas en el flujo de trabajo: Administrar Plan.



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

Figura 35. Responsables de la ejecución de tareas en el flujo de trabajo: Identificar Requerimientos M&E.



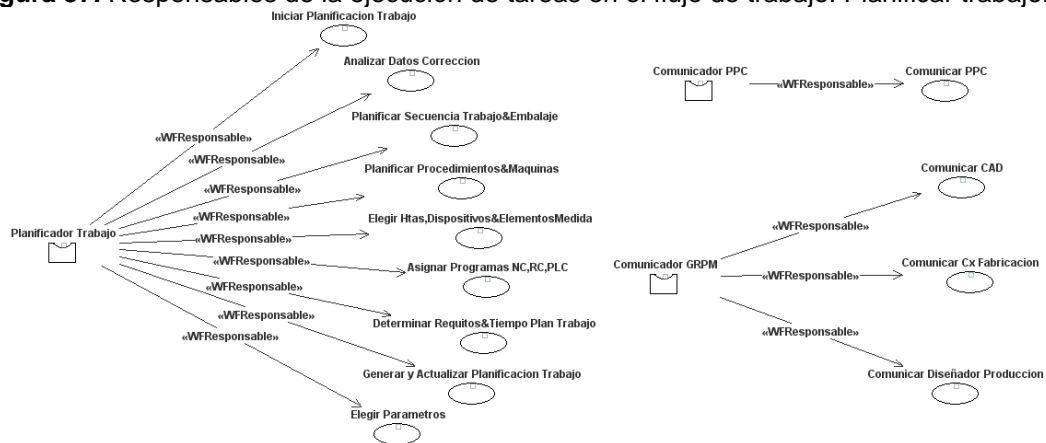
Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

Figura 36. Responsables de la ejecución de tareas en el flujo de trabajo: Planificar Mantenimiento.



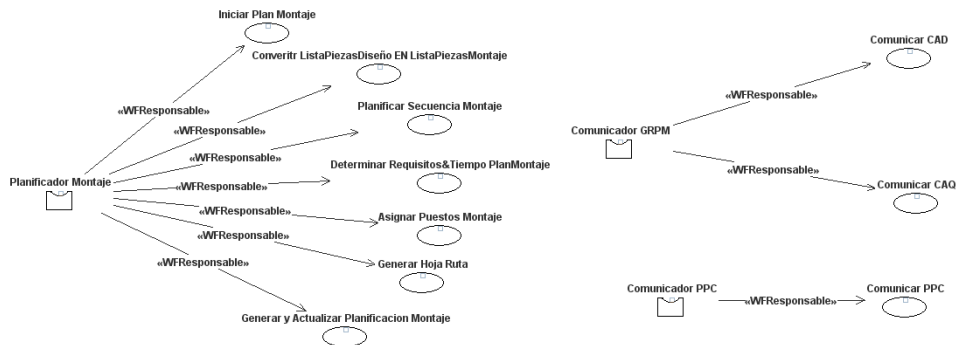
Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

Figura 37. Responsables de la ejecución de tareas en el flujo de trabajo: Planificar trabajo.



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

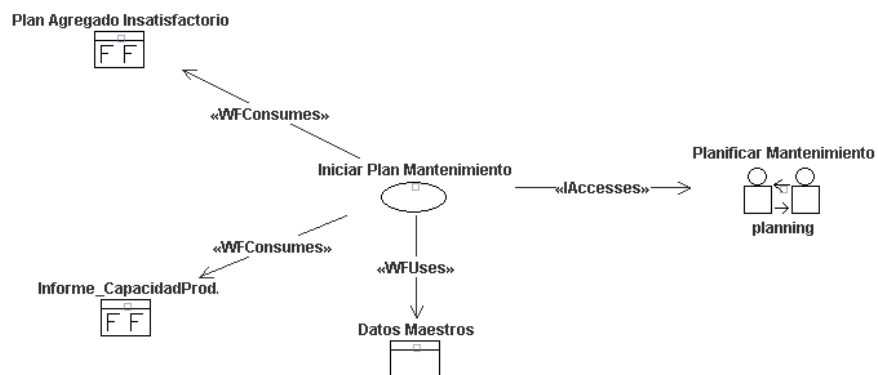
Figura 38. Responsables de la ejecución de tareas en el flujo de trabajo: Planificar Montaje.



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

- **Entidades producidas y consumidas por tareas que inicializan una interacción.**

Figura 39. Entidades consumidas y producidas por tareas (III).



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

En la figura 40, la interacción *Planificar Mantenimiento* es inicializada por la tarea *Iniciar Plan de Mantenimiento* cuando se consume los hechos, *Plan Agregado Insatisfactorio* e *Informe de Capacidad de Producción*, y usa los *Datos Maestros*.

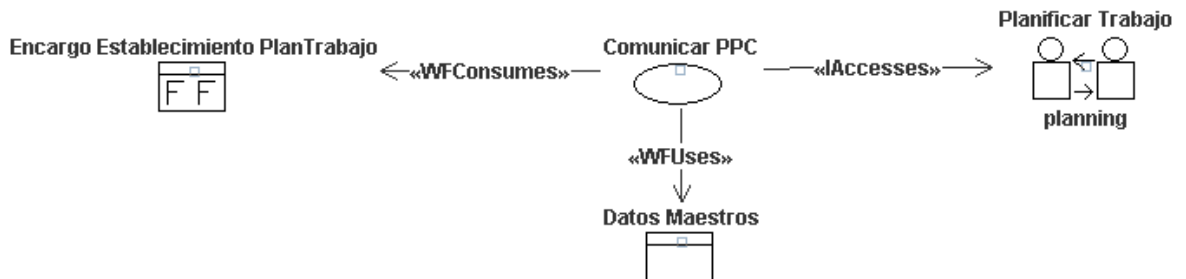
Figura 40. Entidades consumidas y producidas por tareas (IV).



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

La tarea *Identificar Requerimientos M&E* al consumir el hecho *Plan Agregado Satisfactorio* y usar los *Datos Maestros*, inicializa la interacción *Identificar Requerimientos de M&E* (Figura 41)

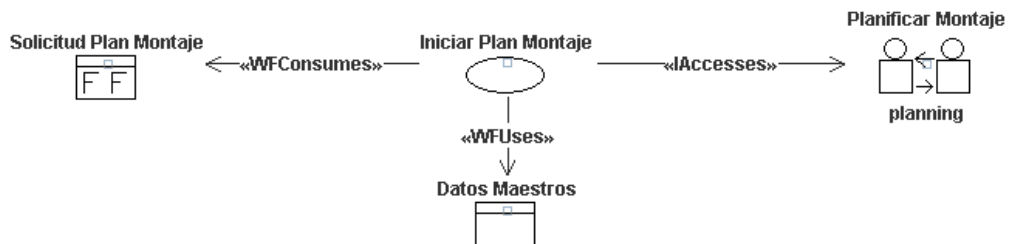
Figura 41. Entidades consumidas y producidas por tareas (V).



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

En la figura 42, la tarea *Comunicar PPC* al consumir el hecho *Encargo de Establecimiento de Plan de trabajo* y usar los *Datos Maestros*, inicializa la interacción *Planificar Trabajo*.

Figura 42. Entidades consumidas y producidas por tareas (VI).

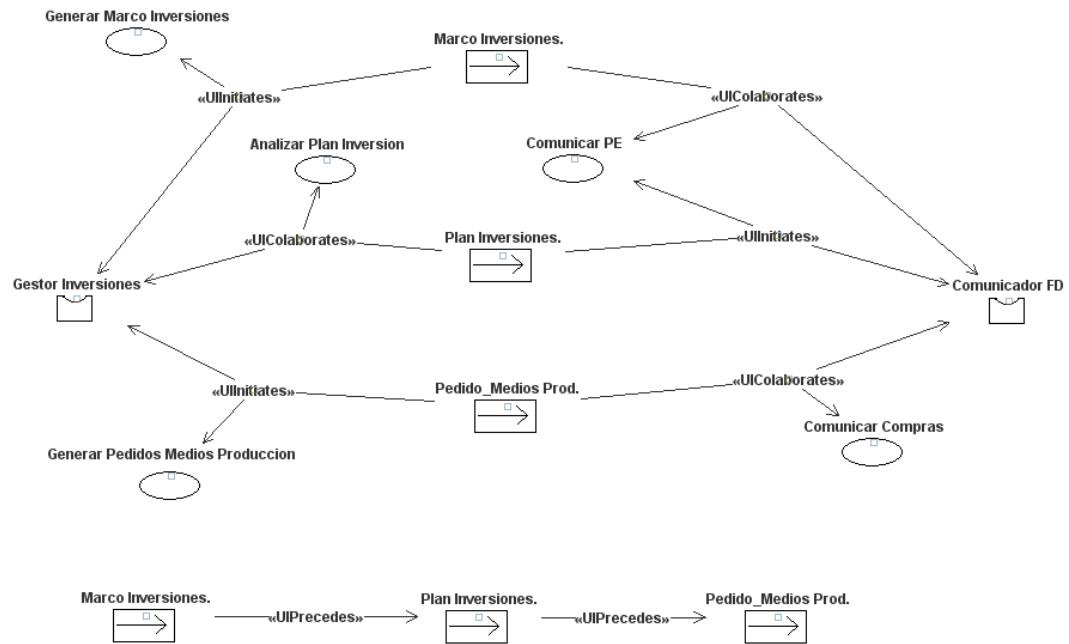


Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

La interacción *Planificar Montaje* es inicializada por la tarea *Iniciar Plan Montaje*, cuando esta consume el hecho *Solicitud de Plan de Montaje* y use la aplicación *Datos Maestros* (Figura 43).

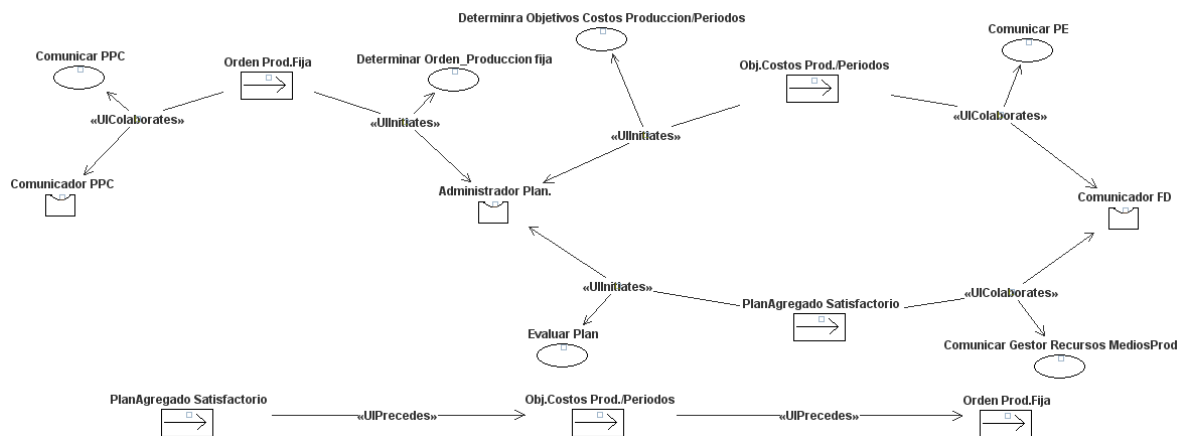
- **Unidades de Interacción (Modelo de Interacción)**

Figura 43. Identificación y Ordenación de las unidades de interacción para la interacción: Gestionar Plan de Inversiones.



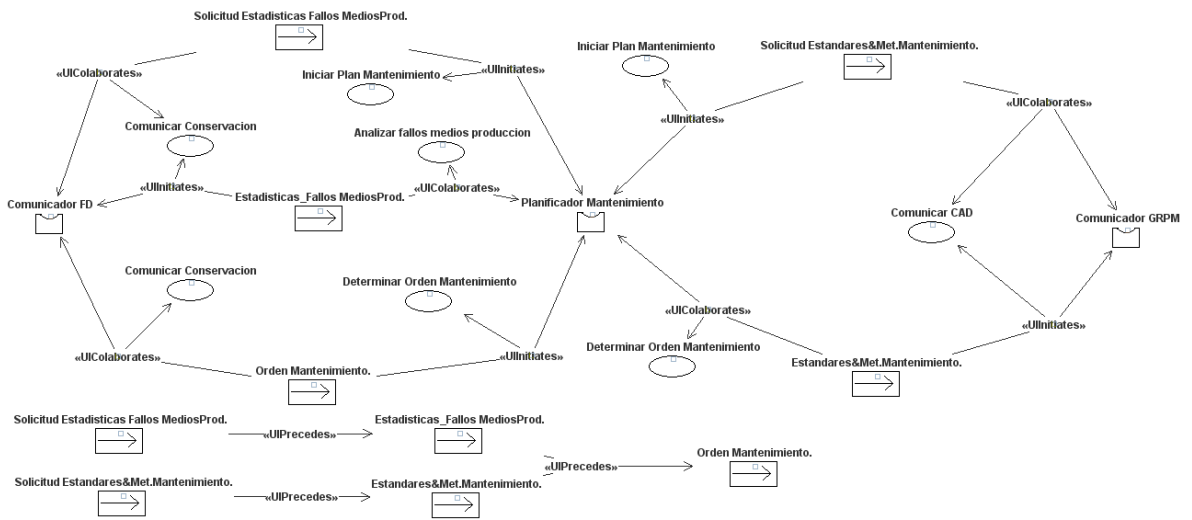
Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

Figura 44. Identificación y Ordenación de las unidades de interacción para la interacción: Administrar Plan.



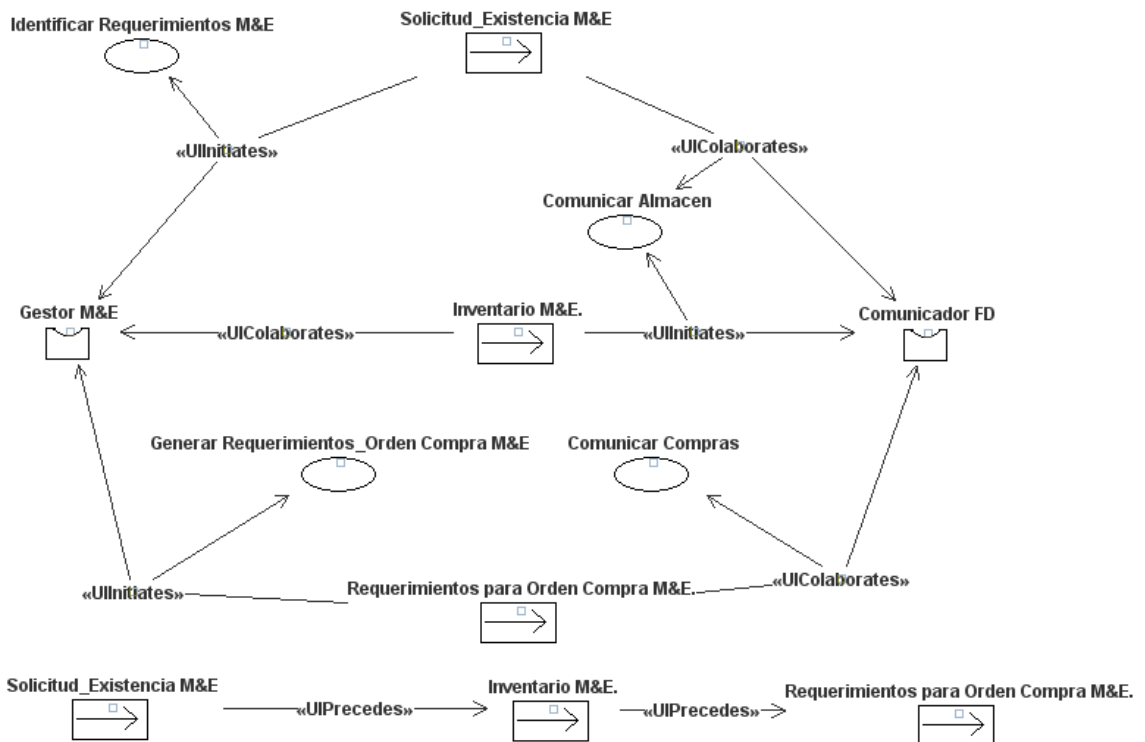
Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

Figura 45. Identificación y Ordenación de las unidades de interacción para la interacción: Planificar Mantenimiento.



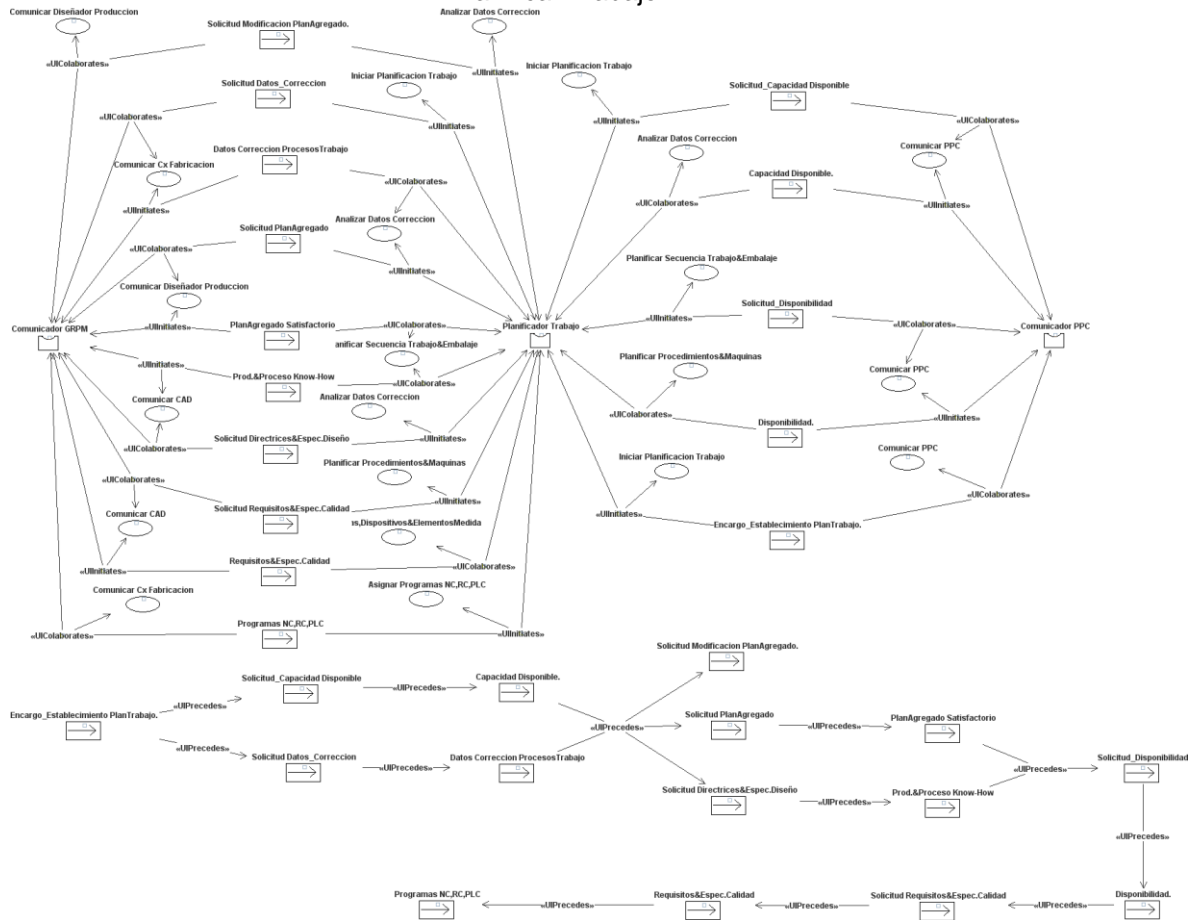
Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

Figura 46. Identificación y Ordenación de las unidades de interacción para la interacción: Identificar Requerimientos M&E.



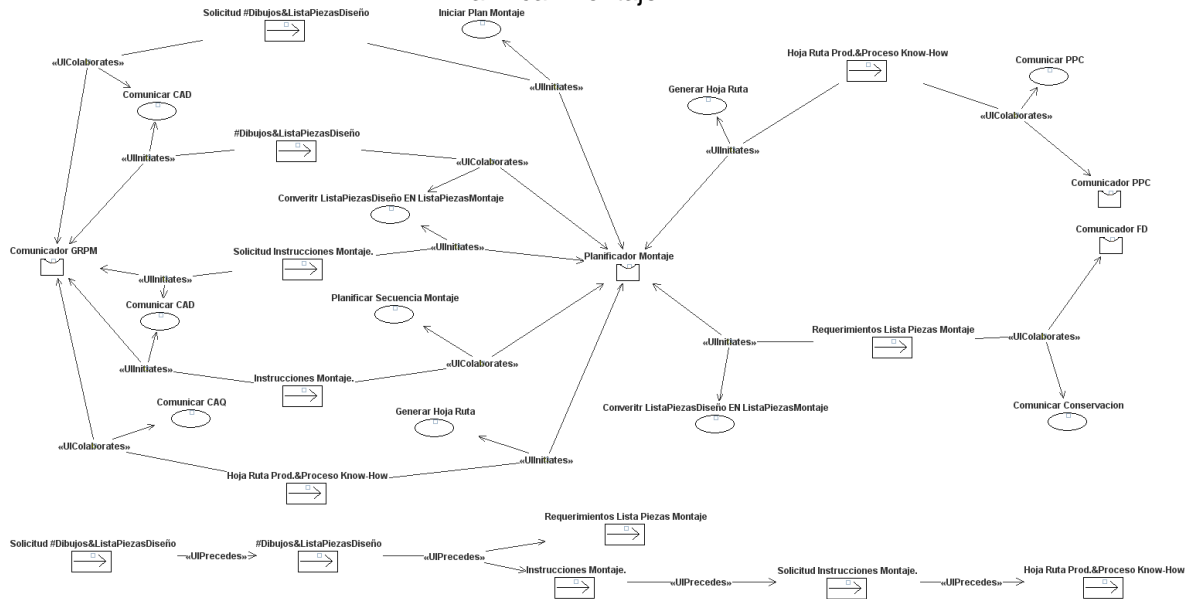
Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

Figura 47. Identificación y Ordenación de las unidades de interacción para la interacción: Planificar Trabajo.



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

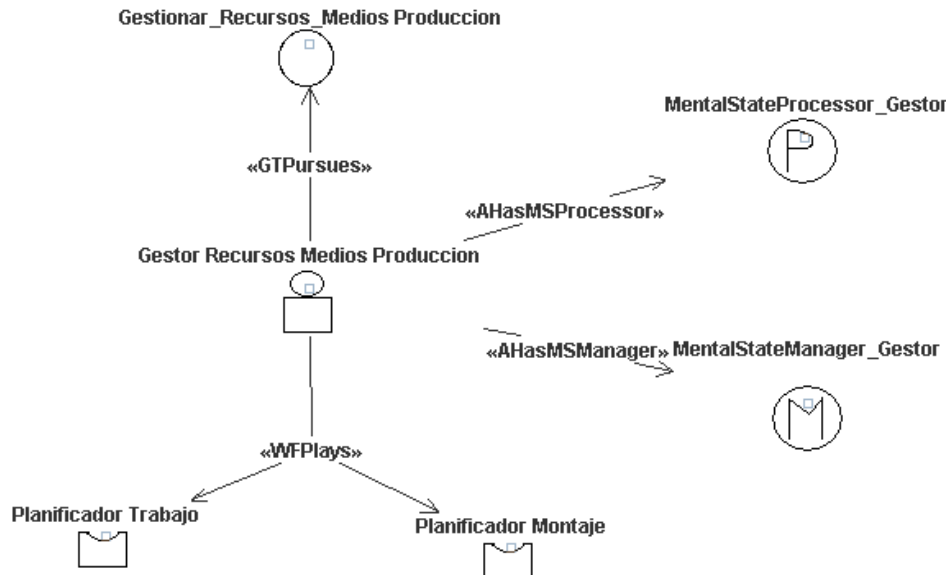
Figura 48. Identificación y Ordenación de las unidades de interacción para la interacción: **Planificar Montaje.**



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

- **Modelo Agente**

Figura 49. Modelo Agente para el Agente Gestor de Recursos Medios de Producción.



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

El agente Gestor de los recursos de medios de producción presenta cualidades de autonomía para establecer la gestión de los recursos de los medios de producción.

Además, el agente podrá decidir qué acciones realizar, en qué momento ejecutarlas, y solicitar y recibir información de manera autónoma.

El procesador mental del agente tendrá que decidir de manera autónoma la siguiente situación:

- Al ejecutar la tarea *Analizar Datos de corrección* en el flujo *Planificar Trabajo*, se pueden presentar dos situaciones: La primera en caso de que el gestor no pueda solucionar los datos de corrección de los procesos de trabajo se le envía una solicitud de modificación, a través de la ejecución de la tarea *Solicitud de modificación del plan agregado*, al agente diseñador para que este lo solucione. La segunda es cuando las correcciones de los procesos de trabajo dependen del gestor y al solucionarlas se continúa con la planeación del trabajo solicitando el plan agregado y las directrices y especificaciones de diseño para dar inicio a la tarea *Planificar secuencia de trabajo y embalaje*.

El Agente Gestor de los recursos de medios de producción asume el objetivo de gestionar los recursos de medios de producción necesarios para un horizonte de planificación establecido por Planificación Empresarial (PE). Para alcanzar este objetivo, el agente desempeña dos roles:

- Planificador de Trabajo: Se encarga de la planeación de las secuencias de trabajo y embalaje, así como, elección de maquinas, herramientas y parámetros del proceso.
- Planificador de Montaje: Su función es realizar la asignación de secuencias de montaje y medios auxiliares.

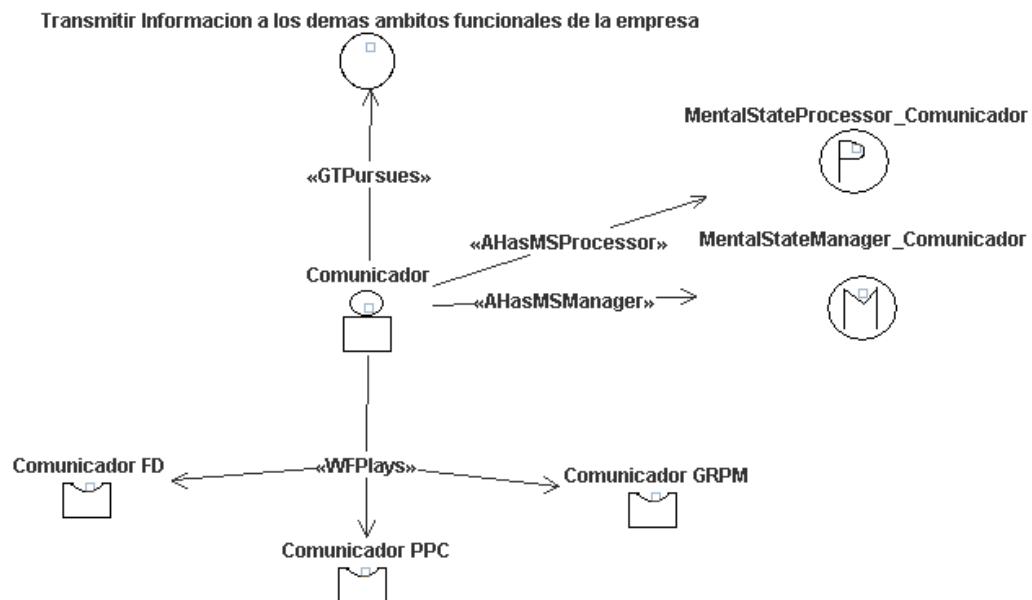
El gestor de estado mental es el encargado de definir como se pasa de un estado mental a otro, además de definir el cumplimiento de los objetivos del agente. A continuación en un breve texto se explica cómo es la transición entre los estados mentales que terminan e inician los flujos de trabajo y como algunos de estos, son los encargados de satisfacer los objetivos propuestos para el agente.

El primer flujo de trabajo es *Planificar Trabajo* que tiene asociada la interacción *Planificar Trabajo* y persigue el objetivo *Planificar Trabajo*. Tiene como finalidad establecer la planeación de los procesos de trabajo y al producirse el hecho *Plan de trabajo y solicitud de plan de montaje* se da por terminado este flujo y se da inicio al flujo *Planificar Montaje* donde su primera tarea *Iniciar plan de montaje* consume el hecho *Solicitud de plan de montaje*, que sirve como activador mas no como información necesaria para elaborar el plan.

El segundo flujo de trabajo es *Planificar Montaje* que tiene asociada la interacción *Planificar montaje* y persigue el objetivo *Planificar Montaje*. Tiene como finalidad determinar la planificación del montaje a lo largo del horizonte de planificación y al establecer dicho plan a través del hecho *Plan de montaje* y junto con el hecho *Plan de trabajo* dan inicio a la tarea *Generar hoja de ruta* que es la encargada de plasmar el plan de trabajo, plan de montaje y el producto Know – How para enviárselo a PPC y CAQ.

Cumplidos estos objetivos se da por cumplido el objetivo general del agente *gestionar recursos de medios de producción*.

Figura 50. Modelo Agente para el Agente Comunicador.



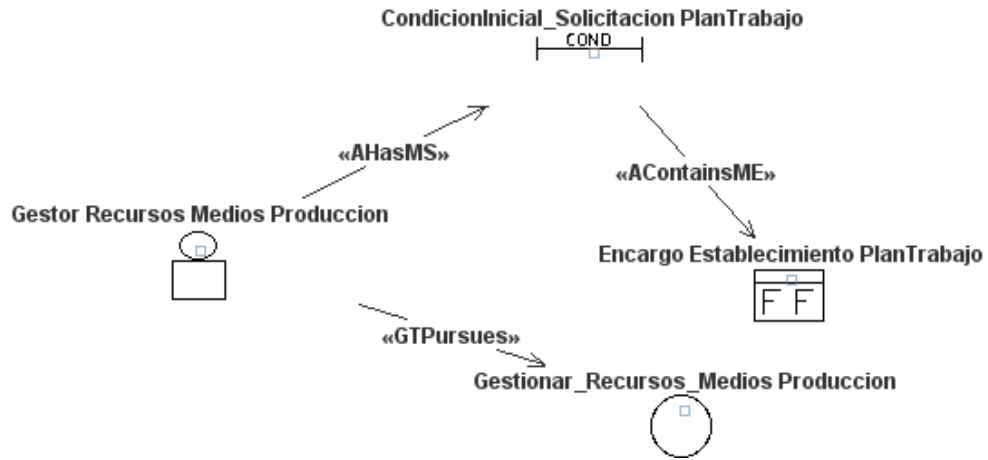
Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

El agente Comunicador presenta cualidades de autonomía para comunicar información desde y hacia los demás ámbitos de la empresa. Además, el agente podrá decidir a quién enviar información, en qué momento y solicitar y recibir información de manera autónoma.

El Agente Comunicador tiene por objeto transmitir información a los demás ámbitos funcionales de la empresa tales como Compras, Ventas, PPC, Control de fabricación, entre otros. Para ello, juega tres roles: Comunicador FD, Comunicador GRPM y Comunicador PPC explicados anteriormente.

En la figura 52, se aprecia el estado mental inicial del agente gestor. Aquí el agente se encuentra en espera de la solicitud de la orden de planificación del trabajo.

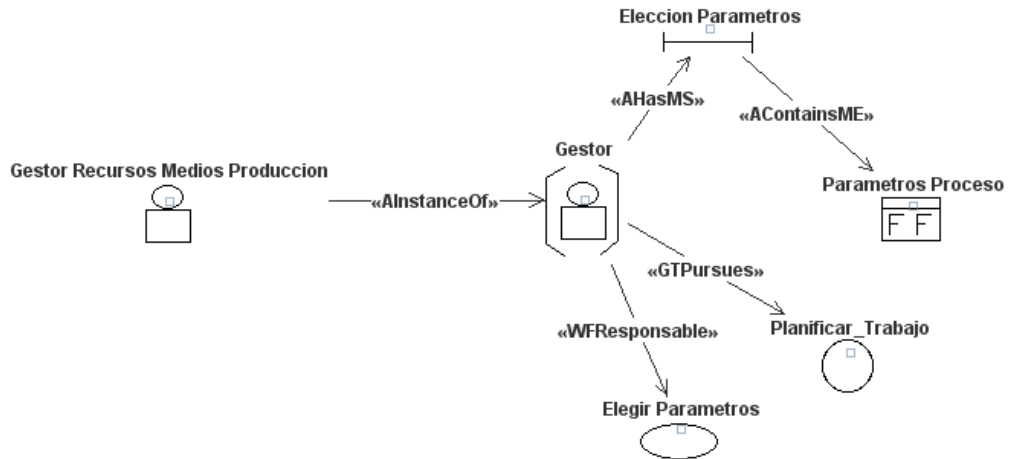
Figura 51. Estado inicial para el agente gestor



Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

Este diagrama (Figura 53) muestra un ejemplo de estados intermedios que asume el agente ejecutor, aquí se representa el instante en que el agente *Gestor* se encuentra ejecutando la tarea *Elegir Parámetros* para producir el hecho *Parámetros de proceso* en busca de la satisfacción del objetivo *Planificar trabajo*.

Figura 52. Agente ejecutor: Representación de la instancia Elección de Parámetros del agente Gestor.

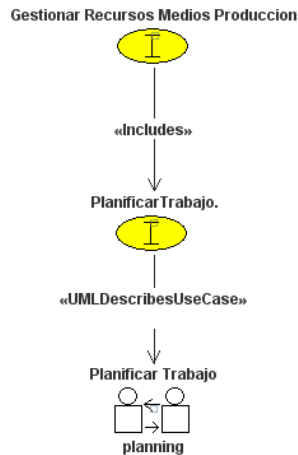


Fuente: Elaboración propia, mayo 2010

**Anexo 3. PROPUESTA Y
EVALUACIÓN DEL
MODELO EN LA
EMPRESA CASO DE
ESTUDIO.**

A continuación, se presenta la aplicación de la metodología INGENIAS a la función *Gestión de los recursos de los medios de producción* del ámbito: planificación de la producción. Y Al igual que el modelo general del ámbito planificación de la producción, el modelo de la propuesta se inicia con la identificación de los casos de uso.

Figura 53. Casos de uso asociados a *Gestionar Recursos de medios de producción*.

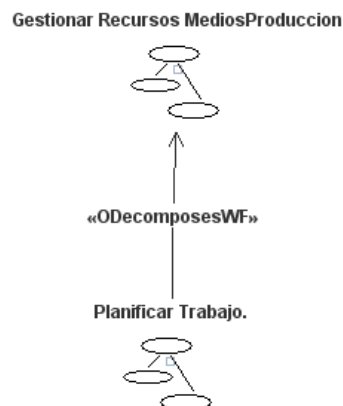


Fuente: Elaboración propia, junio 2010

Cada interacción al final del diagrama persigue un objetivo relacionado con el caso de uso asociado.

El modelo de organización está compuesto por flujos de trabajo que son los que contienen la funcionalidad del sistema, en este caso, la funcionalidad del ámbito de planificación de la producción. El flujo de trabajo *Gestionar Recursos de medios de producción* en el modelo general se descompone en *Planificar Trabajo* y *Planificar Montaje*, pero como la empresa en su proceso productivo no ensambla, el flujo de trabajo *Planificar Montaje* se omite.

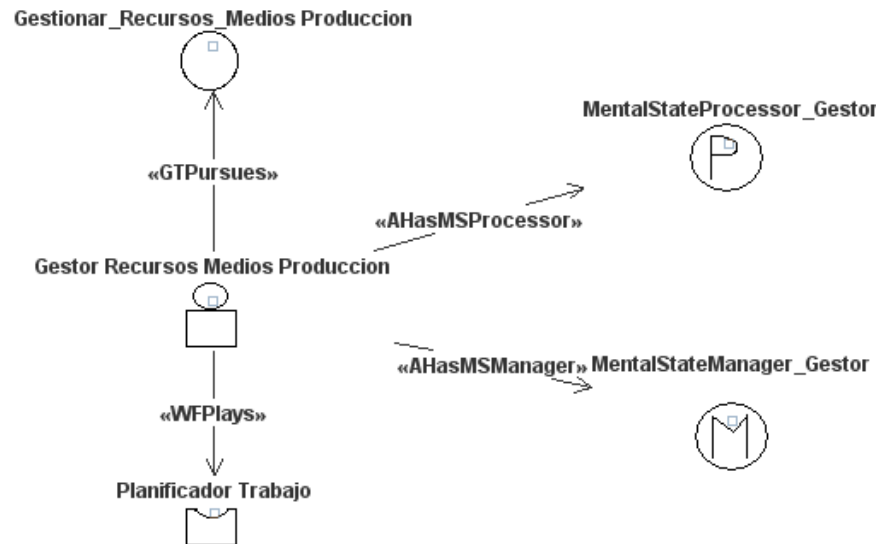
Figura 54. Descomposición de Flujo de Trabajo *Gestionar Recursos Medios de Producción*.



Fuente: Elaboración propia, junio 2010

A continuación, se evalúa como actúa el agente gestor (Ver figura 56) de los medios de producción ante la solicitud de la planificación de la producción enviada por PPC.

Figura 55. Modelo Agente para el Agente Gestor de Recursos Medios de Producción.



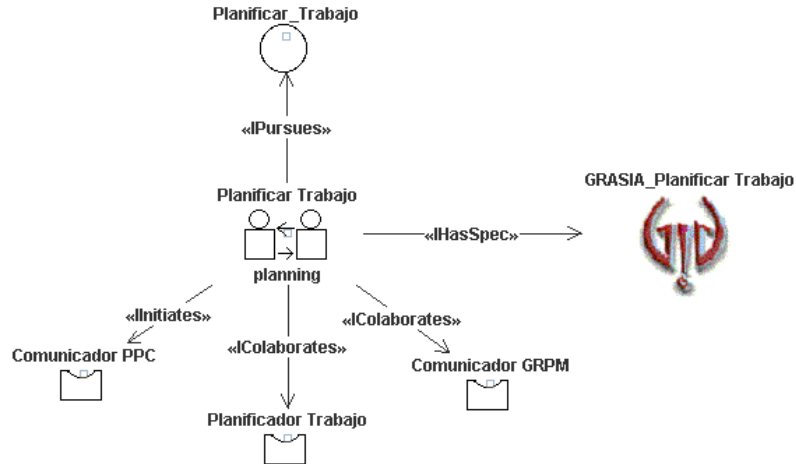
Fuente: Elaboración propia, junio 2010

El proceso de gestión de los medios de producción se inicia cuando desde PPC se envía el encargo de establecimiento del plan de trabajo a través del agente comunicador quien ejecuta la tarea *Comunicar PPC* y envía al agente la solicitud.

Esta señal inicia el flujo de trabajo *Planificar Trabajo* y a partir de aquí el gestor ejecuta la tarea *Iniciar planificación trabajo* (ver figura 57) que solicita a PPC la capacidad de producción disponible con la que cuenta la empresa, y a Mantenimiento los datos de corrección de los procesos de trabajo, con el objeto de analizar en que momentos se han presentado estos fallos y si el gestor puede solucionarlos o necesita enviar al agente diseñador la solicitud de modificación del plan agregado.

En este flujo de trabajo, interviene el agente Comunicador con los roles: *Comunicar PPC*, y tanto el rol *planificador del trabajo* como el rol *Comunicar PPC* son los que colaboran en el desarrollo de esta interacción.

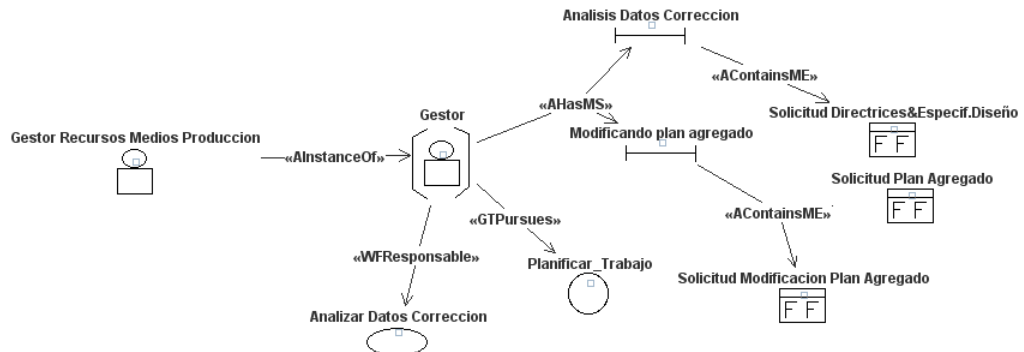
Figura 56. Interacción para detallar la realización de caso de uso *Planificar Trabajo*.



Fuente: Elaboración propia, junio 2010

Como se ve en la figura 58, el agente a continuación ejecuta la tarea *Analizar datos de corrección* y con ella solicita a Control de Calidad las directrices y especificaciones de diseño o envía al agente diseñador la solicitud de modificación del plan agregado dado que los correcciones de los procesos de trabajo no dependen del gestor.

Figura 57. Agente ejecutor en su estado mental intermedio Análisis de datos de corrección

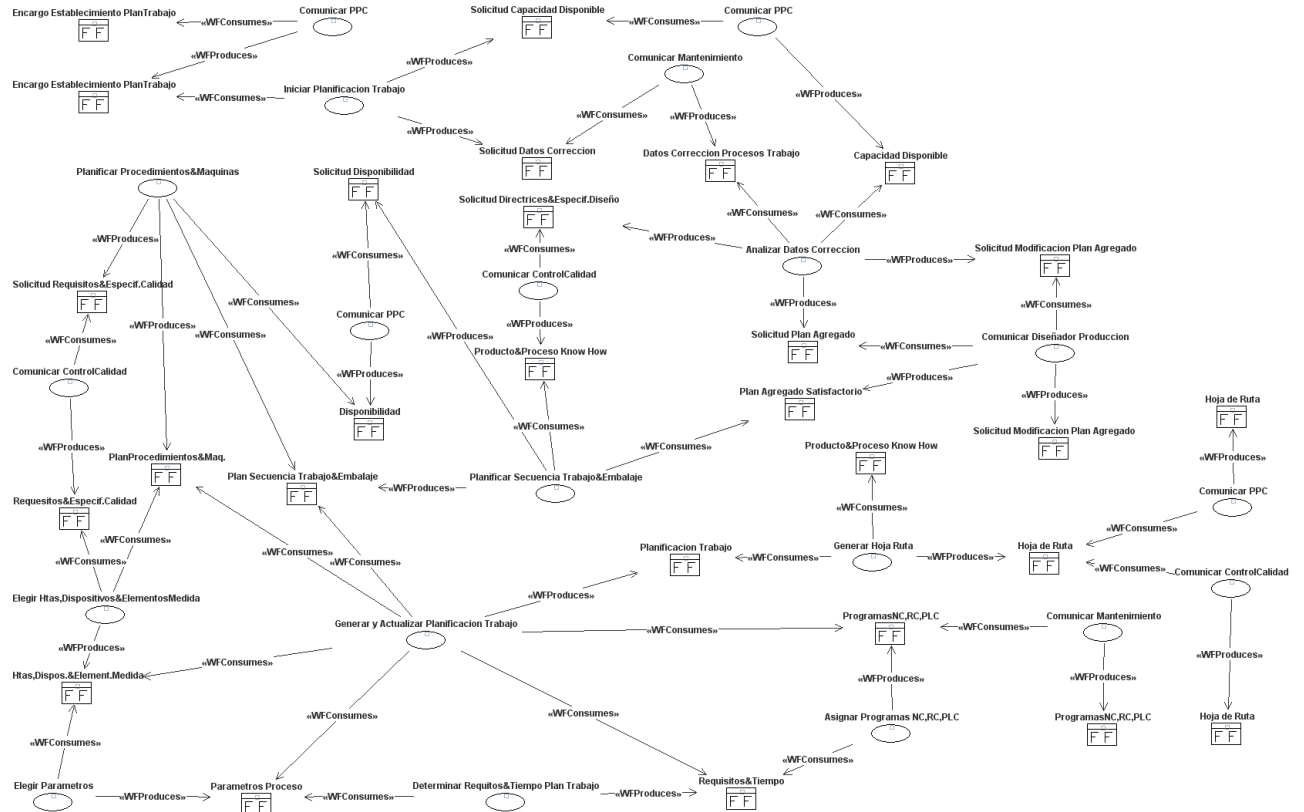


Fuente: Elaboración propia, junio 2010

Analizado los datos de corrección de los procesos de trabajo, se recibe el producto y proceso Know – How enviado por Control de calidad que junto con el plan agregado satisfactorio enviado por el agente diseñador, se da inicio a la planificación de la secuencias de trabajo y embalaje, y con base en esta y la disponibilidad de los medios de producción, enviados por PPC a través del agente comunicador, se hace la planeación de los procedimientos y maquinas. Realizada esta planificación, el rol *Planificador del trabajo* recibe los requisitos y especificaciones de calidad enviadas por Control de Calidad para elegir las herramientas y dispositivos de medida. Con lo hecho anteriormente, el agente gestor elige los parámetros, determina los requisitos y tiempos, y asigna los programas NC, RC, y PLC respectivamente. Finalmente al ejecutar la tarea *Generar y Actualizar Planificación del trabajo* actualiza la hoja de ruta con la nueva información anteriormente generada, y junto con el producto y proceso Know-How la envía a través del rol

Comunicar PPC del agente comunicador al ámbito PPC (ver figura 59), cumpliendo con esto su objetivo: *Planificar el trabajo*.

Figura 58. Descripción detallada del flujo: Planificar Trabajo.



Fuente: Elaboración propia, junio 2010

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. GÓMEZ SANZ Jorge J. METODOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS MULTI-AGENTE. Universidad de Complutense. 2008. Páginas 4.
- [2]. IGLESIAS FERNÁNDEZ Carlos Ángel. DEFINICIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS MULTI-AGENTE. Universidad Politécnica de Madrid. 2008. Páginas 322.
- [3]. GALLEGO DURAN Francisco José. LLORENS LARGO Faraón. RIZO ALDEGUER Ramón. BREVE ANÁLISIS DE ALGUNAS METODOLOGÍAS DE DISEÑO DE SMA. Universidad de Alicante. 2004. Páginas 9.
- [4]. PÉREZ ARDILA Yanis Stanley. APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS INGENIAS, ZEUS, MASINA AL DESARROLLO DE SISTEMAS MULTI-AGENTE, PARTIENDO DE SMA DE SUBASTAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE MEJORES PRACTICAS. Universidad de Pamplona. 2007. Páginas 194.
- [5]. CATILLO CHAMORRO José Miguel. METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MODELOS MULTI-AGENTE EN ENTORNOS DE PLANIFICACIÓN. Universidad Rey Juan Carlos de Madrid. 2007. Páginas 86.
- [6]. PARDO CASTILLO Alexandra. AVENDAÑO GALINDO Diana Marcela. METODOLOGÍAS DE DISEÑO Y DESARROLLO PARA AGENTES Y SISTEMAS MULTI-AGENTE. Universidad Católica de Colombia. 2009. Páginas 102.
- [7]. ESPINOSA REYNOSO Miguel Ángel. DISEÑO DE SISTEMAS MULTI-AGENTE. Universidad Autónoma de Puebla. 2006. Páginas 23.
- [8]. GÓMEZ SANZ Jorge J. MODELADO DE SISTEMAS MULTI-AGENTE. Universidad de Complutense de Madrid. 2002.