



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE  
ESCUELA DE INGENIERIA

**USO DE HERRAMIENTAS DE  
PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS PARA  
LA ESPECIFICACIÓN TEMPORAL DE  
PROCESOS DE NEGOCIO**

**CAMILO IGNACIO FLORES BENAVIDES**

Tesis para optar al grado de  
Magíster en Ciencias de la Ingeniería

Profesor Supervisor:  
**MARCOS SEPÚLVEDA**

Santiago de Chile, Agosto de 2011.

© 2011, Camilo Flores



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE  
ESCUELA DE INGENIERIA

# **USO DE HERRAMIENTAS DE PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS PARA LA ESPECIFICACIÓN TEMPORAL DE PROCESOS DE NEGOCIO**

**CAMILO IGNACIO FLORES BENAVIDES**

Tesis presentada a la Comisión integrada por los profesores:

**MARCOS SEPÚLVEDA**

**VALERIA HERSKOVIC**

**BERNHARD HITPASS**

**PATRICIO DEL SOL**

Para completar las exigencias del grado de Magíster en Ciencias de la  
Ingeniería

Santiago de Chile, Agosto de 2011

A Catalina y a mi familia: Nelly,  
René y Pablo.

## **AGRADECIMIENTOS**

En el desarrollo de este trabajo quiero agradecer a Marcos Sepúlveda, por su incansable guía, paciencia, apoyo y su incansable entusiasmo, sin quien no me hubiera sido posible terminar este trabajo. Adicionalmente, quiero agradecer a Gustavo Pizarro, por su imprescindible aporte en la implementación de la propuesta.

Además quiero agradecer a los profesores Bernhard Hitpass, Valeria Herskovic y Patricio Del Sol por sus comentarios y aportes en el desarrollo de la tesis.

No puedo dejar de referirme a los muchos que me apoyaron durante el desarrollo de este trabajo, en especial a las personas del Grupo BPM, por sus ideas y aportes, y a todos en CETIUC, quienes me otorgaron la posibilidad de desarrollar este trabajo y poder aplicarlo a un contexto real.

Finalmente quiero agradecer a la universidad y a mi familia, por permitirme realizar el sueño de avanzar un poco más en el largo camino de la academia, y de la vida en general.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
INDICE DE TABLAS.....	vi
INDICE DE FIGURAS .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
1. Introducción .....	1
2. Análisis práctico de la capacidad de incorporación de la dimensión temporal.....	5
2.1. Caso de estudio .....	5
2.1.1. Caso de estudio en BPMN .....	6
2.1.2. Ejemplo en carta Gantt.....	8
3. El rol de las notaciones dentro de la gestión de procesos de negocio.....	11
3.1. Fortalezas y debilidades de los modelos desarrollados en BPMN:.....	12
3.2. Fortalezas y debilidades de los modelos desarrollados en MS Project: .....	13
4. Uso de MS Project para el soporte de la dimensión temporal de los procesos de negocio. ....	15
4.1. Marco de referencia para la especificación de la equivalencia.....	17
4.2. Definición de equivalencias entre los conceptos de MS Project y BPMN.....	20
4.2.1. Tarea.....	20
4.2.2. Otros conceptos.....	37
5. Implementación de la propuesta.....	39
5.1. Resultados de la implementación .....	42

6.	Conclusiones y trabajo futuro .....	43
6.1.	Restricciones de la propuesta.....	43
6.1.1.	Asignación en fechas en tiempo de ejecución.....	43
6.1.2.	Asignación de fechas estáticas y dinámicas .....	44
6.1.3.	Dependencias entre tareas de subprocesos.....	44
6.1.4.	Especificación de dependencias temporales .....	44
6.1.5.	Especificación de procesos sin caminos alternativos.....	45
6.2.	Complejidad de los resultados .....	45
6.3.	Análisis de la dimensión temporal.....	45
6.4.	Integración entre notaciones.....	46
	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>47</b>
	<b>A N E X O S .....</b>	<b>50</b>
	Anexo A : Correo de recibo de artículo en revista Software and system modeling.....	51

## INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 4-1: Notación usada en el modelo de orquestación .....	21
Tabla 4-2: Restricciones definidas para las diferentes dependencias temporales, según método de programación .....	34
Tabla 4-3: Patrones BPMN que implementan las dependencias temporales al programar desde el inicio .....	36

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2-1: Modelo BPMN propuesto para el caso de estudio.....	7
Figura 2-2: Carta Gantt propuesta para el caso de estudio.....	9
Figura 4-1 : El modelo de orquestación de procesos.....	18
Figura 4-2: Semántica de ejecución para una tarea sin restricciones .....	22
Figura 4-3: Patrón BPMN de ejecución de una tarea sin restricciones de ejecución .....	23
Figura 4-4: Patrón BPMN que implementa una tarea con instante definido para su inicio .....	24
Figura 4-5: BPMN implementando una tarea con cota superior para su inicio .....	25
Figura 4-6: Patrón BPMN que implementa una tarea con cota inferior para su inicio. ....	26
Figura 4-7: Patrón BPMN que implementa una tarea con instante definido para su fin. ....	27
Figura 4-8: Patrón BPMN que implementa una tarea con cota superior para el fin de su ejecución.....	28
Figura 4-9 : Patrón BPMN que implementa una tarea con cota superior para el fin de su ejecución .....	29
Figura 4-10: Patrón BPMN que implementa una tarea con duración definida .....	31
Figura 4-11: Representación en formato Gantt de la dependencia FS(A,B,Δ).....	33
Figura 4-12: Equivalencia definida para el concepto de recurso.....	38
Figura 4-13: Equivalencia definida para el concepto de grupo de tareas.....	38
Figura 5-1: Arquitectura de la implementación.....	40
Figura 5-2: Interfaz de la aplicación desarrollada .....	41
Figura 5-3: Modelo BPMN resultante a partir de la carta Gantt propuesta.....	42

## **RESUMEN**

Durante las últimas décadas, la gestión de procesos ha ganado importancia en las organizaciones como una forma de optimizar sus operaciones. Dentro de la gestión de procesos se encuentra la etapa de modelación, donde se especifican los comportamientos deseados para el proceso. En la actualidad, a pesar de la existencia de diversas notaciones de modelación, aún existen variados aspectos de los procesos que resultan difíciles de especificar, presentando el problema práctico para el diseñador de contar con un medio eficiente en el cual especificar comportamientos deseados para el proceso. En este trabajo se muestra la implementación de una interfaz sencilla para especificar uno de estos aspectos – la dimensión temporal de los procesos de negocio –, permitiendo a los modeladores que requieran incorporar información temporal, hacerlo de manera sencilla a través de MS Project, y contar con un equivalente en la notación de procesos estándar BPMN 2.0.

Palabras Claves: Modelación de procesos, BPMN, planificación de proyectos, dimensión temporal.

## **ABSTRACT**

During recent decades, process management has become increasingly important in organizations as a way to optimize their operations. Within process management is the modeling stage, where the process designer specifies the desired behaviors for the process. Today, despite the existence of various modeling notations, there are still many aspects of processes that are difficult to model, presenting the practical problem for the designer to have an efficient way to specify the desired process behaviors. In this work it is shown the implementation of a simple interface to specify the temporal dimension of business processes, enabling modelers to easily incorporate temporal information of processes through MS Project to build BPMN 2.0 process models.

Keywords: Process modeling, BPMN, project planning, temporal dimension.

## 1. INTRODUCCIÓN

A medida que la globalización genera una competencia cada vez más fuerte, la gestión y mejora de los procesos de negocio se han convertido en un aspecto estratégico para las organizaciones (McCormack, 2009). Esto ha cambiado la manera en que se conceptualizan y administran las empresas, pasando desde una visión dividida funcionalmente, a una basada en procesos de negocio (Hammer, 1999). Como consecuencia, es necesario cambiar la manera cómo se entiende el trabajo en la organización, y la manera en que se conceptualiza, diseñan e implementan los sistemas de información que apoyan su funcionamiento.

Dentro de la gestión de los procesos de negocio, el diseño – o modelación – es una etapa relevante, donde el diseñador especifica, a través de un lenguaje gráfico o notación, las características y comportamientos deseados del proceso. Los modelos gráficos resultantes de esta etapa pueden utilizarse como documentación del proceso para apoyar su ejecución manual y la realización de auditorías (Browning, 2002), así como también para especificar la automatización de su ejecución a través de sistemas de información. Esto último puede hacerse a través de la conversión del modelo del proceso a un lenguaje de ejecución como BPEL, a través de la implementación de procesos en sistemas como los BPMS/Workflows, o a través del desarrollo sistemas de manera ad-hoc. (Weske & van der Aalst, 2004)

La idea de representar por medio de un lenguaje gráfico las características de ejecución deseadas para el proceso, tiene sentido en cuanto permite visualizar e incorporar información de manera sencilla y comprensible para diferentes actores del negocio (Ko, Lee, & Lee, 2009). Sin embargo, en la práctica, la cantidad de información que es posible de incorporar es limitada, ya que la inherente complejidad de los procesos de negocio (Latva-Koivisto, 2001) requiere de un gran esfuerzo intelectual por parte del

diseñador. En consecuencia, para permitir al diseñador incluir toda la información relevante del proceso, es necesario contar con un lenguaje de modelación lo más simple posible. No hacerlo así puede impedir incorporar toda la información relevante, resultando en una implementación o documentación incompleta, que no representa el comportamiento necesario para un desempeño óptimo del proceso.

Actualmente existen diversas notaciones gráficas para modelar procesos, las que, dependiendo del propósito para el cual fueron diseñadas, enfatizan y permiten representar diferentes aspectos de los procesos de negocio (Recker, Rosemann, Indulska, & Green, 2009). Sin embargo, a pesar de esta gran variedad de notaciones, aún existen aspectos que son difíciles de especificar, impidiendo al diseñador incluirlos en los modelos. Uno de estos aspectos es la “dimensión temporal” de los procesos, que, aunque es posible ser representado parcialmente en notaciones como UML y BPMN, permanece siendo poco considerado en las notaciones, resultando complejo para el modelador incorporar información sobre la dimensión temporal. Esto es un problema, puesto que no incorporar esta información al especificar procesos puede provocar ejecuciones con una deficiente sincronización entre tareas, disminuyendo la eficiencia o, incluso, impidiendo su ejecución debido al no cumplimiento de restricciones temporales indispensables.

Para suplir la dificultad presentada, se han realizado diversos esfuerzos, los cuales se basan principalmente en la extensión de las actuales notaciones a través de nuevos conceptos y símbolos (Gagné & Trudel, 2009). Sin embargo, la efectividad de estos esfuerzos está en duda, puesto que no se ha analizado si el problema es producto de la imposibilidad de representar esta información con los símbolos existentes. Esto, sumado a que la complejidad de estos lenguajes gráficos es tal que solo un subconjunto de los conceptos disponibles es efectivamente utilizado a la hora de modelar procesos (zur Muehlen & Recker, 2008), permite inferir que agregar nuevos conceptos y/o símbolos a las actuales notaciones difícilmente resolvería el problema práctico para el diseñador de

procesos. El desafío pendiente es, entonces, encontrar un medio para incorporar la información de la dimensión temporal de los procesos de negocio de manera eficiente para el modelador.

Intentando resolver lo anterior, al conceptualizar el problema de la modelación de procesos como la representación gráfica de un conjunto de actividades, es posible encontrar numerosos lenguajes gráficos que han sido empleados para ello en otros ámbitos. Uno de estos lenguajes son las cartas Gantt, utilizadas para especificar el orden de ejecución de las tareas de un proyecto. Esta notación ha demostrado en la práctica ser eficiente en resolver el problema de especificar el orden de ejecución y las restricciones y relaciones temporales entre tareas, siendo utilizada en diversas aplicaciones para el apoyo de la gestión de proyectos (Wilson, 2003). Sin embargo, el problema que presentan las cartas Gantt es que no cuentan con una semántica de ejecución definida, dejando a criterio del coordinador del proyecto la ejecución de las tareas cuando contingencias desvían la ejecución del proyecto de los planes definidos. Curiosamente, este es un aspecto donde las notaciones de proceso destacan, en particular BPMN, puesto que su desarrollo ha estado orientado a la implementación de sistemas y, en su versión 2.0, se incorpora una especificación explícita de su semántica de ejecución. Esto permitiendo que los modelos desarrollados en BPMN no permitan ambigüedad y puedan ser ejecutados por agentes computacionales.

Dado el escenario presentado, la pregunta natural que surge es: ¿por qué no aprovechar las ventajas específicas de cada notación para representar diversos aspectos de los procesos a través de una equivalencia entre ellas? Esto no solo resolvería el problema de inclusión de información relevante, en particular del ámbito temporal en los modelos de procesos, sino que también permitiría la interoperabilidad de grupos de trabajo con

distintos intereses; tanto del ámbito de los procesos como del ámbito de la planificación de proyectos.

En este artículo se intenta resolver la problemática expuesta a través del desarrollo de una equivalencia entre los conceptos definidos en la herramienta para la planificación de proyectos MS Project, y la semántica de ejecución definida por la notación de modelos de procesos BPMN en su versión 2.0 (Object Management Group, 2010). Es importante destacar que, si bien anteriormente se han desarrollado equivalencias entre los conceptos involucrados en proyectos y procesos (Chan & Chung, 2002), (Dumas, van der Aalst, & ter Hofstede, 2005), (Travassos & Kienbaum, s/f), (Bahrami, 2005), estos se han realizado a un nivel conceptual alto, por lo que en la actualidad no existe una manera concreta de convertir modelos desarrollados en MS Project a BPMN. En este artículo se extiende la propuesta presentada anteriormente, (Flores & Sepúlveda, 2011), detallando equivalencias explícitas entre los conceptos de MS Project y patrones en BPMN, y mostrando la implementación de una herramienta capaz de leer un archivo XML exportable de MS Project y convertirlo a un archivo XPD 1.2 legible por herramientas de modelación en BPMN. De esta manera, se habilita una interfaz a través de la cual el diseñador puede incorporar fácilmente información temporal de los procesos, permitiendo modelos de procesos más específicos, que generan ejecuciones más eficientes y sincronizadas.

## **2. ANÁLISIS PRÁCTICO DE LA CAPACIDAD DE INCORPORACIÓN DE LA DIMENSIÓN TEMPORAL**

El tiempo es un aspecto inherente a toda actividad humana, siendo una variable relevante que no es posible controlar: una vez que transcurre, es imposible recuperarlo. Esto es un aspecto relevante para las organizaciones, donde, en un mundo cada vez más globalizado y competitivo, es necesario aumentar la eficiencia y la calidad de los procesos. Lo anterior se traduce en la necesidad de disminuir los tiempos de ciclo para aumentar la satisfacción de los clientes, así como también disminuir los tiempos improductivos que significan costos financieros asociados a capital de trabajo ocioso. Incluso, más allá de la búsqueda de la eficiencia, puede ocurrir que la gestión de la dimensión temporal de los procesos sea una condición necesaria para la ejecución, debido a que la naturaleza de las tareas del proceso requiere de una alta sincronización entre ellas, a que el proceso manipula productos o información perecedera en el tiempo (Glazer & Weiss, 1993), o a la existencia de plazos comprometidos con los clientes.

Se mostrará lo anterior a través de un caso de estudio:

### **2.1. Caso de estudio**

La exportación de vinos es una actividad relevante en Chile, siendo el quinto producto más exportado por esta economía (CONICYT & Unión Europea, 2007). En los últimos años, la competencia a nivel mundial ha aumentado, presionando a las viñas a ofrecer un mejor nivel de servicio y calidad en sus productos. Esto se traduce en la necesidad de producir vinos de calidad, mientras se mantienen precios competitivos a través de un proceso de producción con tiempos de ciclo cada vez menores. De esta manera la industria se ve en la necesidad de aumentar la eficiencia de sus procesos, lo que implica contar con un alto grado de coordinación de las diferentes actividades de producción para no dañar el producto por esperas más largas de lo necesario, así como no mantener

capital ocioso producto de insumos almacenados en bodega y de la espera de los barcos que llevarán los productos a destino.

### **2.1.1. Caso de estudio en BPMN**

El proceso de producción y despacho de una viña funciona, de manera simplificada, de la siguiente forma: una vez que llega el pedido de un cliente, éste se remite a la unidad de programación, quienes analizan la capacidad de la planta de acuerdo a la producción programada y entregan una fecha comprometida de despacho para el cliente. Posteriormente, se realizan las solicitudes de todos los insumos necesarios para la producción del vino, los cuales al llegar a bodega deben ser almacenados hasta la fecha de embotellado del vino. Por otro lado, la preparación del vino está a cargo del área de enología de la empresa, a quien se le debe informar con anticipación la fecha prevista de embotellado del vino, de manera que cuente con tiempo suficiente para prepararlo y despacharlo a las plantas productivas. En esta etapa, además, se envía la fecha de producción a las áreas de logística, quienes están encargadas de coordinar con anticipación la mano de obra requerida para embalar los productos, así como solicitar espacio en las empresas navieras con el fin de despachar los pedidos al extranjero. Finalmente, una vez que el vino es embotellado, éste es embalado y despachado a puerto, donde se cargan los barcos que finalmente llevan los pedidos a destino.

Un modelo BPMN que detalla la situación presentada se muestra en la Figura 2-1:

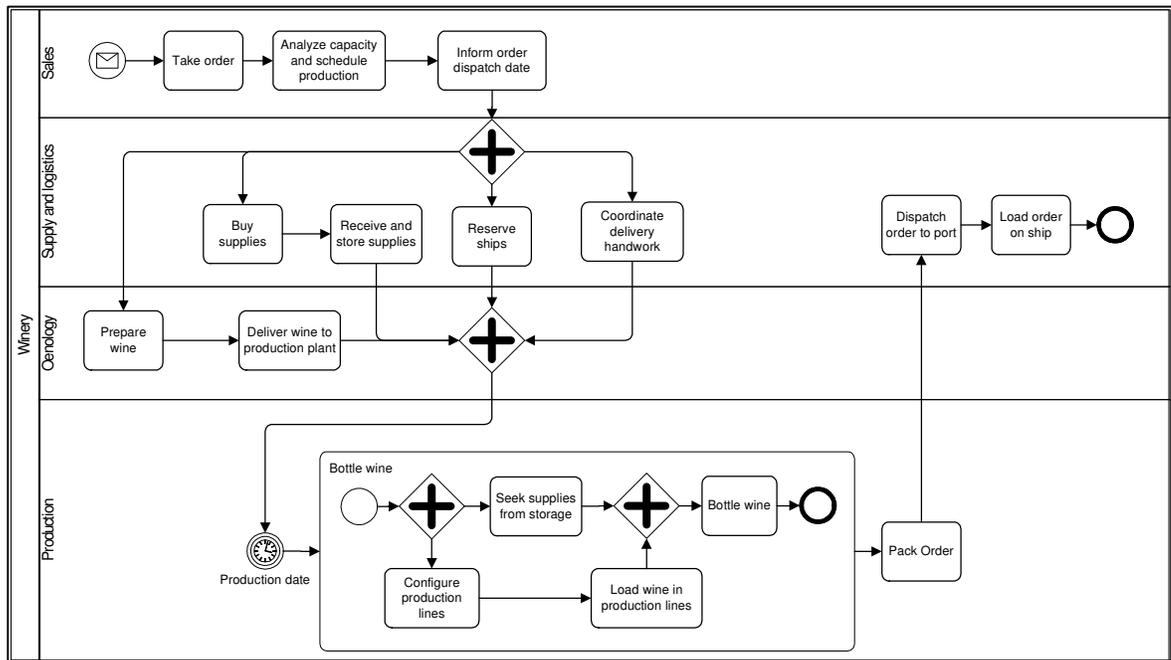


Figura 2-1: Modelo BPMN propuesto para el caso de estudio

Es posible observar que, a pesar que este modelo representa las restricciones lógicas en la ejecución del proceso, no entrega información suficiente respecto a los plazos necesarios para la ejecución de las tareas, ni la relación entre el proceso y la fecha de entrega comprometida con el cliente. De esta manera es imposible, basándose únicamente en el modelo BPMN presentado, predecir un orden temporal de sus ejecuciones, lo que a su vez se traduce en la imposibilidad de analizar cómo mejorar los tiempos de ciclo y aumentar la eficiencia del proceso. Esto se debe a que en el modelo del proceso en BPMN no se ha considerado la duración de las tareas ni restricciones y dependencias temporales entre ellas, generando un diseño de proceso que no refleja totalmente la complejidad del proceso y puede producir ejecuciones sub-óptimas o, incluso, no factibles.

### 2.1.2. Ejemplo en carta Gantt

De acuerdo con la realidad del proceso, es posible incorporar en una carta Gantt información adicional que no es posible incorporar de manera sencilla en los modelos BPMN. En particular, resulta relevante conocer los tiempos promedios de duración de cada una de las tareas y las dependencias y relaciones temporales entre ellas:

- La preparación de los vinos toma 15 días. Una vez que estos están preparados, idealmente debe transcurrir el menor tiempo posible entre que están listos y su embotellado, ya que por cada hora que pasa el vino sin finalizar su producción, la calidad de éste se ve perjudicada.
- El traslado de los vinos desde la planta de enología a la planta de producción toma en promedio 6 horas.
- La reserva de los barcos que llevarán los pedidos a destino debe hacerse con al menos 10 días de anticipación a la fecha de despacho a destino.
- El despacho de los productos entre la planta y el puerto donde se embarcan, toma, como mínimo, 24 horas.
- La compra de los insumos toma al menos 5 días.
- Los insumos deben estar disponibles en las plantas al menos 7 días antes del comienzo del embotellado del vino. Esto es con la finalidad de asegurar su disponibilidad y organizar las bodegas para optimizar la producción. Sin embargo, también es deseable que los insumos lleguen lo más tarde posible a la planta, puesto que de otra manera se incurre en mayores costos por almacenaje en bodega, así como mayores riesgos de deterioro de los mismos.

Una carta Gantt que considera la duración de las tareas del proceso, así como las restricciones presentadas, se presenta en la Figura 2-2:

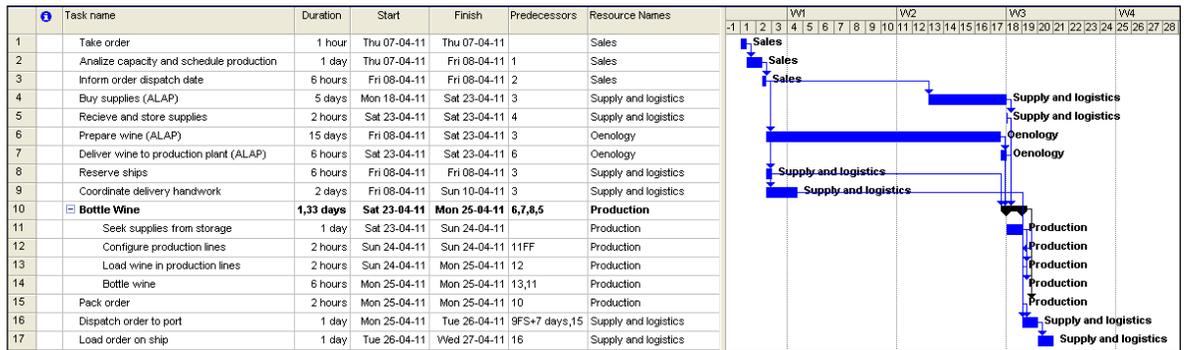


Figura 2-2: Carta Gantt propuesta para el caso de estudio.

Es posible observar que, con esta información adicional, la carta Gantt producida por la herramienta de planificación de proyectos MS Project entrega interesante información adicional, que es compatible con el modelo BPMN desarrollado, pero que refina aún más la ejecución del proceso. En particular:

- Es conveniente ejecutar la compra de insumos 3 días después de que se ha comenzado la producción del vino. De esta manera, se cumplen las restricciones temporales establecidas, pero se compran los insumos con la menor anticipación posible, disminuyendo los costos de almacenaje y el riesgo de deterioro de los mismos.
- El tiempo de ciclo completo del proceso, contemplando los días de descanso, es de 30 días aproximadamente. Esto es relevante, porque permite saber con certeza cuáles son los verdaderos niveles de servicios que son posibles ofrecer al cliente.
- Junto con lo anterior, es posible verificar que el camino crítico del proceso está compuesto por las actividades “Tomar pedido”, “Analizar capacidad y programar producción”, “Entregar fecha de despacho”, “Preparar vino”, “Embotellar vino”, “Embalar pedido”, “Despachar pedido a puerto” y “Cargar pedido en barcos”. Esta información es relevante, puesto que nos

indica las actividades donde es necesario invertir esfuerzo en mejoras para disminuir el tiempo de ciclo comprometido.

- Toda esta información adicional es relevante para permitir una correcta ejecución del proceso, así como establecer mejoras en los tiempos de ciclo. Sin embargo, no es posible incorporar esta información de manera eficiente para el modelador usando BPMN, lo que demuestra la necesidad de especificar de manera precisa la dimensión temporal de los procesos de negocio.

### **3. EL ROL DE LAS NOTACIONES DENTRO DE LA GESTIÓN DE PROCESOS DE NEGOCIO**

De acuerdo a lo planteado por van der Aalst (2003), existen 4 etapas en la gestión de los procesos de negocio: Diseño, Configuración, Ejecución y Análisis. Al analizar cada una de estas etapas bajo la perspectiva temporal, las tareas básicas que un sistema de automatización de procesos (y por ende la notación usada) debiera posibilitar, de acuerdo con Eder y Panagos (2001), y por Bettini y Wang (2002), son:

- I. **Diseño:**
  - Apoyar la representación y especificación de información sobre la dimensión temporal de los procesos (relaciones y restricciones temporales de tareas).
- II. **Configuración:**
  - Permitir chequear la factibilidad del modelo del proceso propuesto, de acuerdo a las restricciones y relaciones establecidas en la etapa de diseño.
- III. **Ejecución:**
  - Ejecutar el modelo de acuerdo con las restricciones y relaciones temporales especificadas.
  - Permitir visualizar el estado de la ejecución del proceso respecto de la planificación temporal del mismo.
  - Anticipar potenciales violaciones de las restricciones temporales de acuerdo con el estado presente de cada ejecución (predicción) y proveer un mecanismo para manejar las desviaciones respecto del plan especificado.
- IV. **Análisis**
  - Presentar información respecto del tiempo real consumido en las instancias ejecutadas, para analizar el funcionamiento histórico del proceso y permitir desarrollar mejoras.

En base a esta esquematización, analizaremos las ventajas y desventajas de BPMN y las cartas Gantt desarrolladas en MS Project en cada una de estas etapas.

### **3.1. Fortalezas y debilidades de los modelos desarrollados en BPMN:**

- I. **Diseño:** Actualmente esta notación, si bien permite la incorporación de información sobre la dimensión temporal a través del evento “tiempo”, no apoya de manera efectiva la representación de la dimensión temporal, ya que no permite incorporar de manera sencilla restricciones temporales ni dependencias entre tareas. Adicionalmente, la notación no permite representar un orden temporal, por lo que es muy difícil deducir, con la información existente en un modelo BPMN, un orden de ejecución de las tareas.
- II. **Configuración:** Si bien esto es un aspecto que depende de las diferentes herramientas que implementan la notación y no de la notación misma, hasta donde sabemos, ninguna herramienta para especificar procesos que ocupe BPMN permite verificar la factibilidad del diseño desarrollado.
- III. **Ejecución:** Esta notación apoya eficientemente a los procesos de negocio, ya que con el lanzamiento de la especificación BPMN 2.0, los modelos desarrollados en BPMN cuentan con una semántica de ejecución definida, y por lo tanto, tienen una interpretación inequívoca. De esta manera, estos modelos pueden ser ejecutados de acuerdo a la información temporal incluida. En cuanto al soporte de visualización de la ejecución del proceso, así como la anticipación de potenciales violaciones, ambos dependen exclusivamente de la herramienta que apoye la ejecución y no de la notación misma, por lo que no los consideraremos en este análisis.

- IV. **Análisis:** El soporte que ofrece actualmente BPMN es débil, puesto que no permite representar de manera sencilla el orden temporal de un conjunto de instancias ejecutadas. Esto es debido a la misma razón por la que BPMN no soporta la especificación de la dimensión temporal en tiempo de diseño.

### 3.2. Fortalezas y debilidades de los modelos desarrollados en MS Project:

En el caso de las herramientas de planificación de proyectos, y en particular de MS Project, se da un caso bastante complementario al de las notaciones de proceso:

- I. **Diseño:** La notación de las cartas Gantt, y esta herramienta en particular, permite incorporar de manera sencilla la información temporal, como restricciones y dependencias temporales entre tareas.
- II. **Configuración:** MS Project calcula automáticamente la factibilidad del modelo especificado, proponiendo alternativas en caso de que el plan desarrollado no sea factible.
- III. **Ejecución:** En este aspecto, el soporte de las cartas Gantt, independientemente de la herramienta, es pobre, puesto que no cuentan con una semántica de ejecución definida. Esto provoca que la ejecución de los modelos desarrollados no sea inequívoca, quedando a criterio del coordinador el curso a seguir cuando contingencias desvían la ejecución del plan contemplado.
- IV. **Análisis:** Hasta donde sabemos, no existe ninguna herramienta que permita representar en formato de carta Gantt, ejecuciones de instancias de un proceso de negocio. Sin embargo, debido a la representación explícita de la dimensión

temporal en estas cartas, inferimos que es posible desarrollar una herramienta que lo permitiese.

Debido a la complementariedad del apoyo de ambas notaciones, resulta conveniente establecer una equivalencia entre ellas, con el objetivo de aprovechar las ventajas de los modelos desarrollados en MS Project en tiempo de diseño y configuración, así como las ventajas en tiempo de ejecución de BPMN. De esta manera, es posible especificar la dimensión temporal de los procesos en tiempo de diseño y configuración a través de MS Project, para luego establecer un equivalente en BPMN que pueda ejecutarse de manera unívoca y finalmente, a través del desarrollo de una herramienta que lo permita, establecer una representación en carta Gantt de las instancias ejecutadas del proceso. Así se permite un soporte de la dimensión temporal de los procesos de negocio en todas las etapas de su gestión.

#### 4. USO DE MS PROJECT PARA EL SOPORTE DE LA DIMENSIÓN TEMPORAL DE LOS PROCESOS DE NEGOCIO.

En esta sección presentamos el modelo conceptual sobre el cual desarrollamos una equivalencia entre los modelos desarrollados en MS Project y BPMN. Sin embargo, antes de emprender esta tarea, es necesario considerar que existen diferencias entre la gestión de proyectos y procesos. En particular es relevante el hecho que los proyectos se diseñan considerando una única ejecución, mientras que los procesos se diseñan considerando múltiples ejecuciones a lo largo de su vida. Esta diferencia conceptual a la hora de diseñar provoca las siguientes diferencias:

- **Caminos alternativos:** Los proyectos contemplan un conjunto definido de actividades con 100% de probabilidad de ocurrencia, mientras que los procesos deben contemplar flujos alternativos de ejecución y actividades optativas para manejar los diferentes casos a los que se ven enfrentados. Es por este motivo que las cartas Gantt no incluyen actividades alternativas, resultando en la imposibilidad de establecer procesos con ejecuciones alternativas a través de cartas Gantt. Sin embargo, a pesar que esto ciertamente es una limitación, sí es posible especificar el camino ideal de un proceso – “happy path” – a través de las cartas Gantt, permitiendo incorporar la información temporal más relevante, para posteriormente refinar los modelos ocupando BPMN.
- **Fechas fijas v/s relativas:** Los proyectos están diseñados para ejecutarse en una fecha determinada del tiempo, con un inicio y/o fin de su ejecución definido en tiempo de diseño. Los procesos por su lado, se inician generalmente en momentos no conocidos en tiempo de modelación, por lo que las fechas de ocurrencia de las actividades no son fijas. En nuestra propuesta esto implica que no consideraremos las fechas definidas de ejecución de las tareas en las cartas Gantt, sino que consideraremos sólo las diferencias temporales entre las fechas calculadas por la herramienta y la fecha definida para el inicio del proyecto,

resultando en intervalos de tiempo que permiten la ejecución de múltiples instancias del proceso, cuyos inicios sean aleatorios al mismo tiempo de cuidar que las ejecuciones respeten las restricciones y relaciones temporales definidas en el diseño, en términos relativos al inicio del proceso.

- **Roles versus Recursos:** Los proyectos generalmente cuentan con una cantidad de recursos conocida a priori, por lo que la responsabilidad de ejecución de las actividades se asigna a los recursos específicos ya conocidos. En los procesos, en cambio, la cantidad de recursos asignados para la ejecución de las tareas puede cambiar en el tiempo, por lo que la responsabilidad de ejecución recae sobre roles. En la equivalencia desarrollada, consideraremos las asignaciones de ejecución de los recursos en MS Project como roles en los procesos, teniendo la precaución, al especificar cartas Gantt, de especificar nombres de roles y no recursos, al contrario del uso frecuente de estas cartas.
- **Tareas repetitivas o de múltiples instancias:** Es común encontrar en los procesos de negocio tareas que deben ejecutarse de manera repetitiva o para múltiples instancias dentro de un proceso. Estos comportamientos se encuentran cubiertos en BPMN, a través de las tareas de múltiple instancia y de “loop”. Sin embargo, en MS Project no es posible especificar tareas con este comportamiento, por lo que se considerará nuevamente que este comportamiento será posible de incluir sólo al refinar los modelos BPMN resultantes.
- **Calendario de trabajo:** Es muy importante en Project la definición de calendarios de trabajo, en base a los cuales se consideran los días en los cuales no se realiza trabajo y se calculan las fechas reales de ejecución de las tareas. En BPMN esto es un aspecto que no está cubierto (aunque sí por los sistemas que toman estos modelos para automatizarlos), por lo que para hacer la conversión más sencilla se optó por considerar a las cartas Gantt ejecutadas sobre calendarios 24x7. Un aspecto interesante de estudiar a futuro es cómo extender la definición de calendarios para implementaciones en BPMN, de manera de

contemplar en tiempo de diseño las restricciones propias de los calendarios de trabajo de los ejecutores del proceso.

Habiendo detallado estas diferencias, a continuación establecemos un marco de referencia a través del cual es posible establecer una equivalencia entre los modelos desarrollados en MS Project y los conceptos involucrados en la notación BPMN.

#### **4.1. Marco de referencia para la especificación de la equivalencia.**

Las notaciones y lenguajes para la especificación de procesos pueden dividirse en dos tipos: aquellos orientados a la orquestación y aquellos orientados a la coreografía. Las notaciones orientadas a la coreografía no centran la descripción del proceso desde ningún punto de vista en particular, describiendo la colaboración y el intercambio de información que debe existir entre los participantes del proceso, dejando la implementación de la ejecución de cada tarea a criterio de los participantes. Por otro lado, el objetivo de las notaciones orientadas a la orquestación es presentar información detallada de la ejecución de un proceso desde el punto de vista de un participante en particular, incluyendo toda la información necesaria para llevar a cabo las tareas que se requiere ejecutar (Tahmtan, 2009). De esta manera, tanto las cartas Gantt como los modelos desarrollados en BPMN pueden verse como especificaciones para la orquestación de procesos: en ambos casos se incluye información desde el punto de vista del dueño de proceso, de manera de poder ser usados por un agente coordinador para ejecutar el proceso y coordinar las actividades de todas las partes involucradas. En BPMN esto se llama la representación de “procesos públicos”, que pueden ser traducidas a un lenguaje de orquestación como WS-BPEL (Recker & Mendling, 2006) (Ouyang, Dumas, & ter Hofstede) (Dumas, 2009), permitiendo la automatización a través de motores para la ejecución de procesos. En las cartas Gantt, en cambio, el equivalente es la lectura del plan y el control de la ejecución del proceso por parte de un agente humano

– el “coordinador del proyecto” – quien es responsable de guiar la ejecución. Este esquema de coordinación se representa en la Figura 4-1, donde se definen tres roles relevantes: el diseñador de proceso, el coordinador de la ejecución del proceso y los ejecutores del mismo.

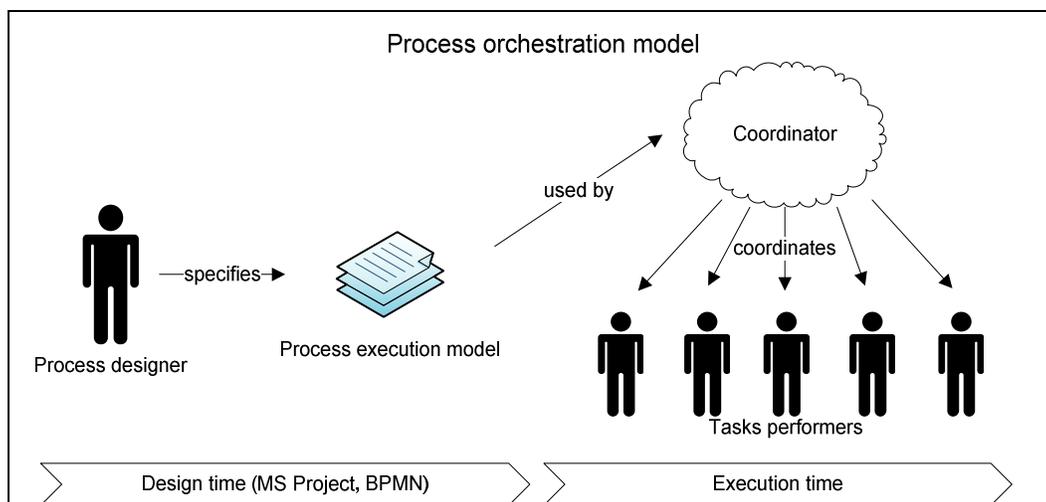


Figura 4-1 : El modelo de orquestación de procesos

#### 4.2. Marco de ejecución de procesos a través de notación para la orquestación

En esta sección se describe el marco de ejecución de procesos sobre el cual se definen las equivalencias entre los conceptos de MS Project y la semántica de ejecución de BPMN.

En primer lugar, es necesario identificar los diferentes roles en la gestión de procesos, cada uno de los cuales realiza diversas funciones en base al modelo del proceso y su posterior ejecución, de acuerdo a lo presentado en la Figura 4-1:

- **Diseñador:** Es el encargado de definir un modelo de ejecución ocupando una notación definida. Debe incorporar información relativa a las tareas que se

desarrollarán, las responsabilidades de ejecución de éstas, e información relativa al orden de ejecución deseado para el proceso.

- **Coordinador:** Es el encargado de coordinar la ejecución del proceso de acuerdo a las definiciones contenidas en el modelo de ejecución que se ha definido en tiempo de diseño y a la semántica de ejecución de la notación en la cual se encuentra definido el modelo.
- **Ejecutores:** Se encargan de ejecutar las tareas encomendadas por el coordinador, de acuerdo al orden de ejecución que éste establece a partir de la lectura del modelo de ejecución existente.

La principal dificultad que surge a la hora de definir una semántica de ejecución común entre las cartas Gantt y los diagramas BPMN, es que generalmente se asume la ejecución del modelo definido como perteneciente a un único participante, sin considerar la interacción entre el ente coordinador, el modelo de ejecución definido y los ejecutores del proceso. Esto es un problema, puesto que es justamente en la coordinación temporal entre estos elementos donde es necesario ser preciso y definir un esquema de reglas de ejecución – heurísticas – que determinen qué debe hacer el coordinador cuando los planes se desvían de lo planeado.

Eder, Pichler y Vielgut (2006) ya estudiaron este problema desde el punto de vista de la interacción entre participantes de procesos inter-organizacionales, definiendo patrones de ejecución entre los participantes desde el punto de vista temporal. En base al modelo de orquestación de procesos y la semántica de ejecución definida en BPMN 2.0, definiremos la semántica de ejecución para los diferentes conceptos existentes en MS Project a través de la definición de un esquema de conversación entre los diferentes actores involucrados en la ejecución de un proceso.

### **4.3. Definición de equivalencias entre los conceptos de MS Project y BPMN**

En base al modelo de orquestación presentado, a continuación se definen las equivalencias para todos los conceptos relevantes para la especificación a través de MS Project.

#### **4.3.1. Tarea**

Este es el principal concepto para el cual definir una una equivalencia, y del cual se genera la interpretación básica para definir los demás conceptos encontrados en MS Project.

De acuerdo con el modelo de ejecución orquestada, la real ejecución de las tareas escapa al control del coordinador del proceso, quien sólo puede controlar el instante en que delega la responsabilidad de ejecución de una tarea a su respectivo ejecutor. De la misma forma, desde el punto de vista del coordinador del proceso, no es posible conocer el instante real en el cual el ejecutor comienza a desarrollar la tarea encomendada, sino sólo cuando éste le comunica que ha comenzado. Nuestro interés se centra en los instantes percibidos desde el punto de vista del coordinador, para los cuales definimos la notación mostrada en la Tabla 4-1:

Tabla 4-1: Notación usada en el modelo de orquestación

	Inicio de tarea	Fin de tarea
Según la especificación del modelo	$A^-$	$A^+$
De acuerdo con los mensajes entregados por el coordinador	$A_c^-$	$A_c^+$
De acuerdo con los instantes informados por el ejecutor	$A_p^-$	$A_p^+$

Para simplicidad del modelo, asumiremos que no transcurre tiempo alguno entre que el coordinador lee el diseño del proceso y toma las decisiones correspondientes, lo que implica que  $A^- = A_c^-$ .

Debido a la naturaleza del intercambio de mensajes y las restricciones temporales que existan para su ejecución, es necesario definir diferentes semánticas de ejecución. Así, de manera general, podemos clasificar las tareas en dos grandes tipos: tareas libres y tareas con restricciones temporales para su ejecución.

#### 4.3.1.1. Tarea sin restricciones para su ejecución

Definimos la ejecución de una tarea sin restricciones temporales para su ejecución a través del patrón SCP1 “Request Reply” propuesto por Eder, Pichler y Vielgut (Eder, Pichler, & Vielgut, 2006), entre el coordinador de la tarea y el ejecutor, con el intercambio de mensajes de acuerdo se muestra en la Figura 4-2.

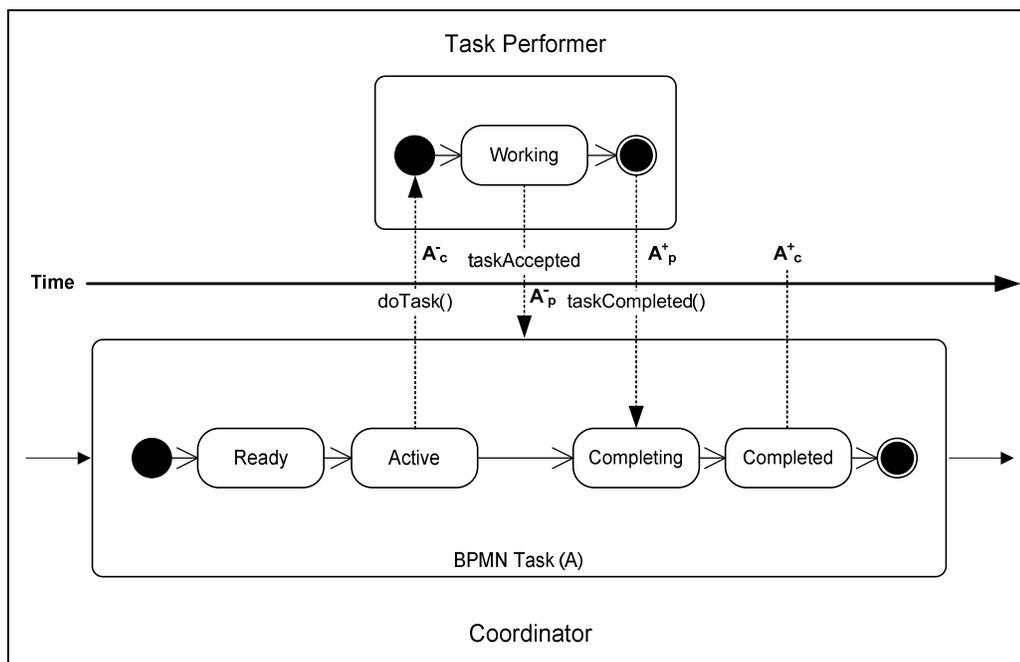


Figura 4-2: Semántica de ejecución para una tarea sin restricciones

En la parte inferior de la Figura 4-2, se muestran los estados de ejecución de una tarea de acuerdo a la especificación de BPMN 2.0 (Object Management Group, 2010). Es a este conjunto de estados, ejecutados por el coordinador del proceso, a los cuales agregamos el intercambio de mensajes con el ejecutor, representado en la parte superior de la figura, donde el instante  $A_c^-$  queda definido cuando el coordinador, al pasar al estado “Active” de ejecución de la tarea, envía el mensaje *doTask()* al ejecutor. De esta manera, el proceso desde el punto de vista del coordinador queda en estado Active. El ejecutor envía el mensaje *taskAccepted* al coordinador como una constancia del momento exacto en que comienza a ejecutar la tarea ( $A_p^+$ ). Finalmente, desde el punto de vista del coordinador, el proceso pasa al estado Completing al recibir el mensaje *taskCompleted()* de partea del ejecutor, con lo cual se registra el instante  $A_p^+$  y la tarea comienza a cerrarse. Finalmente, la tarea se da por finalizada por parte del coordinador y se registra el instante  $A_c^+$ . Es importante notar que, en este caso, el coordinador siempre esperará el mensaje desde

el ejecutor de la tarea, independientemente del tiempo que tome, lo que implica que, para tareas sin restricción en su ejecución, siempre se cumplirá la relación  $A_p^+ \leq A_c^+$ . La implementación de este patrón en BPMN es la tarea normal, con un único flujo de entrada y salida, como muestra la Figura 4-3.



Figura 4-3: Patrón BPMN de ejecución de una tarea sin restricciones de ejecución

#### 4.3.1.2. Tareas con restricciones para su ejecución

##### **Tareas con restricciones para el inicio de su ejecución**

En estos casos, es necesario considerar que, si bien el coordinador tiene total dominio sobre el instante de inicio de las tareas ( $A^-$ ), para ser coherentes con el diseño del proceso es necesario considerar el estado de ejecución de la tarea que la antecede. Esto requiere definir una semántica de ejecución para administrar los casos en que la ejecución de las tareas antecesoras provoca la violación de una de estas restricciones.

##### **Tarea con instante definido para el inicio de su ejecución (Must Start On $\rightarrow A^- = K, \text{constante.}$ )**

En este caso es necesario ajustarse a la restricción temporal, por lo que escogemos privilegiar su cumplimiento por sobre la ejecución de las tareas antecesoras. Así, no consideraremos el flujo de sucesión de las tareas y la ejecutaremos sólo en el instante en que se define su ejecución, sin importar si las tareas antecesoras han terminado o no. De esta manera, en el mejor de los

casos, si las predecesoras terminan antes, se cumple con la ejecución de las tareas tal como estaba definido, y en caso contrario se da prioridad a la restricción temporal definida. El patrón BPMN definido que implementa esta restricción se presenta en la Figura 4-4.

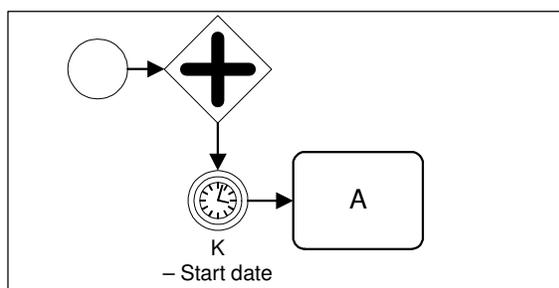


Figura 4-4: Patrón BPMN que implementa una tarea con instante definido para su inicio

**Tarea con cota superior para el inicio de su ejecución (Start No Later Than  $\rightarrow A^- \leq K, \text{constante.}$ )**

Dos situaciones pueden darse en este caso: que la ejecución del proceso sea tal que la tarea antecesora de A haya terminado antes que la cota definida, en cuyo caso no hay problema; o que la ejecución de la tarea antecesora haya demorado por lo que, de continuar con la secuencia de sucesión, la restricción se haya violado. En este caso, se propone interpretar que el diseñador ha considerado relevante para la ejecución de la tarea cumplir con la restricción, por lo que, en tiempo de ejecución, se define que la tarea comience tan pronto como haya terminado la anterior y, en caso que aún las tareas previas no hayan terminado, se comenzará con la ejecución de ésta, en el momento máximo especificado. Este comportamiento se representa a través del siguiente patrón BPMN presentado en la Figura 4-4, donde se

define como  $Pre(A)$  a todas aquellas tareas con las que el inicio de  $A$  tenga una dependencia.

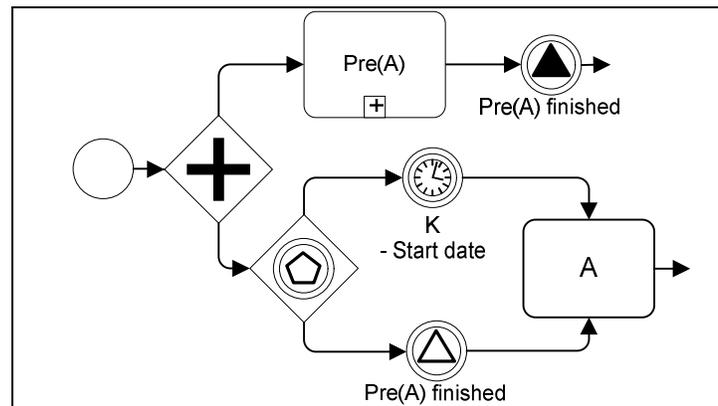


Figura 4-5: BPMN implementando una tarea con cota superior para su inicio

Como se puede desprender del modelo BPMN, la ejecución de este tipo de tarea consiste en la ejecución de una tarea normal de acuerdo al flujo de secuencia (en el caso que la tarea predecesora de  $A$  termine antes de la cota), o de una tarea con instante definido para su ejecución en caso contrario.

**Tarea con cota inferior al inicio de su ejecución (Start No Earlier Than  $\rightarrow A^- \geq K, constante$ )**

En esta situación puede darse el caso que la ejecución de las tareas previas finalice antes de lo esperado, lo que implica que debe esperarse que transcurra un tiempo para cumplir con la cota. Este comportamiento se representa de manera muy similar al caso anterior, salvo que se debe esperar que se cumpla tanto la cota definida como el fin de las actividades



caso, apegándose lo máximo posible al plan, el coordinador marcará la tarea como completada una vez que llegue el instante definido (*timeout*), sin considerar ningún tipo de mensaje de parte del ejecutor.

La implementación en BPMN de este patrón se define en la Figura 4-7:

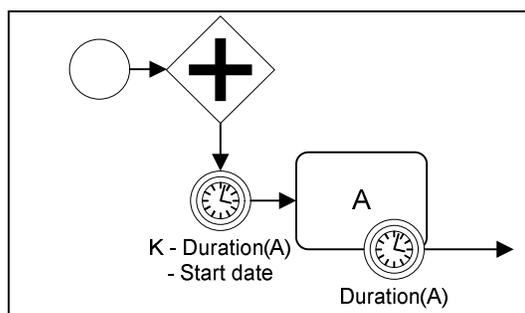


Figura 4-7: Patrón BPMN que implementa una tarea con instante definido para su fin.

### **Tarea con cota superior para el fin de su ejecución (Finish No Later Than $\rightarrow A^+ \leq K, \text{constante.}$ )**

En este caso, puede ocurrir que el ejecutor informe del fin de la tarea antes que el instante límite definido, o bien que transcurra la duración estimada para la tarea, debiendo el coordinador tomar una decisión respecto si respetar la ejecución de la tarea o atenerse al plan determinado. La elección depende de la criticidad de las tareas y del estado de ejecución del proceso, lo que sólo se puede conocer en tiempo de ejecución. En el contexto de este trabajo, se escogió respetar de manera estricta el plan de ejecución definido, por lo que la relación entre los instantes de tiempo que utilizaremos será  $A_c^+ = \min \{ A_p^+ ; K \}$  (el coordinador esperará la notificación del fin de la ejecución de la tarea, y, en caso de que se cumpla el plazo determinado, no se esperará y se continuará la ejecución del proceso).

La implementación en BPMN de este comportamiento se muestra en la Figura 4-8.

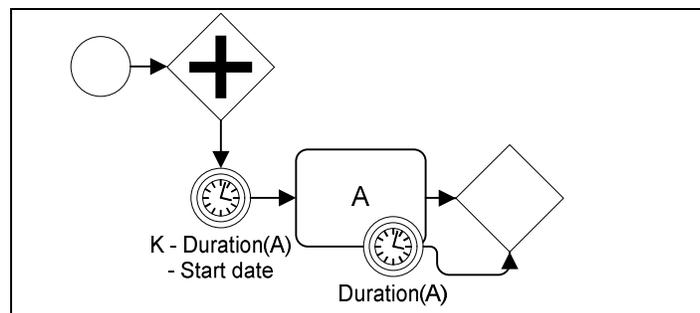


Figura 4-8: Patrón BPMN que implementa una tarea con cota superior para el fin de su ejecución

**Tarea con cota inferior para el fin de su ejecución (Finish No Earlier Than  $\rightarrow A^+ \geq K$ , constante.)**

En este caso, dos cosas pueden suceder: que el ejecutor termine la tarea después de la cota inferior definida, en cuyo caso no es necesario tomar una decisión y se define la ejecución como una tarea normal, o que la tarea finalice antes de lo que está estipulado en el diseño del proceso. En este caso, como la ejecución real de la tarea no está en manos del coordinador, el comportamiento que definimos para seguir será que el coordinador marcará como completada la tarea y esperará hasta que se cumpla la cota inferior para pasar a ejecutar la siguiente tarea en el flujo. El patrón BPMN definido se muestra en la Figura 4-9.

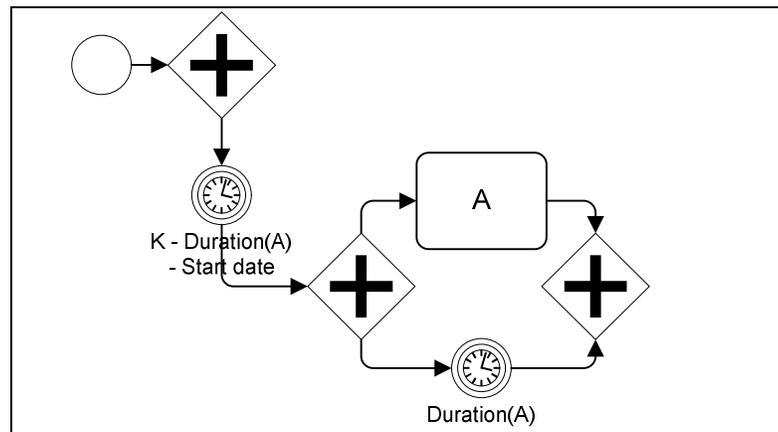


Figura 4-9 : Patrón BPMN que implementa una tarea con cota superior para el fin de su ejecución

### Tareas con duración restringida

Una de las grandes diferencias entre los modelos de carta Gantt desarrollados en MS Project y los modelos desarrollados en BPMN, es que en los primeros es necesario que el diseñador entregue información adicional sobre la duración de todas las tareas. Es en base a esta información, y a la relación definida en la ecuación 4.1, que la herramienta calcula el orden de ejecución estimado de las tareas y los posibles conflictos que surjan en la programación.

### Duración estimada

En este caso, se asume que el diseñador ingresa información sobre la duración estimada de la tarea, representando el intervalo de tiempo esperado que tomará la ejecución de la tarea. Como en la práctica el diseñador no especifica una restricción adicional, la implementación de estas tareas será de una tarea sin

restricciones para su ejecución y la duración real de la tarea dependerá de la ejecución del proceso.

### **Duración definida**

A diferencia del caso anterior, el diseñador ingresa a través de la herramienta un horizonte temporal de ejecución, el cual puede ser en diferentes unidades y al que le atribuimos diferentes interpretaciones de ejecución según el tipo de duración ingresado. Dado que la relación ocupada por la herramienta para calcular la duración en tiempo de las tareas es:

$$Duration[Time] = \frac{Work \left[ \frac{Time}{Units} \right]}{Assigned\ resources\ [Units]} \quad (4.1)$$

Las posibilidades de definición de la duración de la tarea son:

- **Recursos fijos:** Asumimos que la intención del diseñador es indicar la cantidad de recursos que deben ejecutar la tarea y que el fin de ésta será tan pronto como sea posible. La ejecución será igual que en el caso de duración estimada.
- **Esfuerzo fijo (*work*):** En este caso, asumimos que la intención del diseñador es indicar cuánto esfuerzo demanda la tarea, por lo que la duración en tiempo dependerá de los recursos asignados y el rendimiento de éstos. Al igual que el caso anterior, la semántica de ejecución será la misma que en el caso de duración estimada.
- **Duración fija:** Finalmente, asumimos para este caso que el diseñador tiene la intención de indicar que la tarea debe durar un plazo determinado de ejecución. En este caso, implementaremos la semántica de ejecución

de la tarea basándonos en los comportamientos antes definidos a través de la relación presentada en la ecuación 4.2.

$$A^+ = A^- + Duration(A) \quad (4.2)$$

Esto es muy similar al caso de una tarea con instante definido para el fin de su ejecución, salvo que este instante depende del momento en que se haya iniciado la tarea. Es por este motivo que la implementación es similar, salvo que no es necesario sacar a la tarea de su flujo de secuencia normal. En este caso definimos la semántica de ejecución de acuerdo al patrón BPMN presentado en la Figura 4-10.

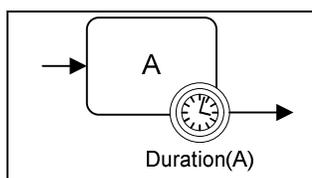


Figura 4-10: Patrón BPMN que implementa una tarea con duración definida

### **Comportamiento de ejecución de las tareas (ASAP, ALAP)**

Un aspecto interesante de MS Project es que en tiempo de diseño esta herramienta realiza cálculos sobre la planificación realizada permitiendo entregar información útil para la ejecución del proyecto. De esta manera, MS Project permite definir dos tipos de comportamiento para la ejecución de una tarea: lo más temprano posible (ASAP) o lo más tarde posible (ALAP)

**Lo más temprano posible (ASAP)**

Este es el comportamiento predeterminado de ejecución de las tareas en los procesos. En concreto, las tareas definidas como ASAP se ejecutan tan pronto como la tarea antecesora se encuentra finalizada. Ya implícitamente se definen las tareas en BPMN con este comportamiento, la implementación de la equivalencia será a través de una tarea sin restricciones para su ejecución.

**Lo más tarde posible (ALAP)**

A través de especificar este comportamiento en MS Project, la herramienta calcula la fecha más tardía en que es posible comenzar la ejecución de una tarea, sin que esto resulte en un retraso en la ejecución total del proyecto. Esta información es útil, puesto que en tiempo de diseño no es posible ingresar en BPMN cuál es la duración de las tareas, y, por ende, calcular la holgura de las tareas. Para definir la semántica de ejecución, ocuparemos la fecha de inicio calculada por MS Project y la tarea se ejecutará de acuerdo a lo definido para una tarea con cota inferior para el inicio de su ejecución (SNET), donde la cota inferior  $k$  estará definida por la fecha de inicio de la tarea calculada por la herramienta.

### Tareas con dependencias temporales entre ellas.

Adicionalmente a las restricciones individuales para la ejecución de las tareas, a través de las cartas Gantt es posible definir dependencias temporales entre los diferentes instantes de inicio y fin entre un par de tareas dado. Es importante notar que estas dependencias no son simétricas, ya que se determina el instante de ejecución (inicio o fin) de una tarea en relación al instante de inicio o fin de otra, en una asignación de un solo sentido.

De acuerdo con lo investigado, MS Project interpreta de diferente forma estas dependencias, de acuerdo al estilo de programación que se elija para el proyecto. Las posibilidades son: elegir el cálculo de la programación a partir de la fecha de inicio del proyecto, o a partir de su fecha de término. Las restricciones temporales equivalentes para cada uno de los casos se enumeran en la Tabla 4-2, donde se define, por ejemplo, la abreviación  $FS(A, B, \Delta)$  para designar que la tarea B tiene una relación de dependencia del tipo comienzo-a-fin (*finish-to-start*) con la tarea A y desplazamiento  $\Delta$ , de acuerdo se muestra en la Figura 4-11. En la tabla, se ocupa la notación  $Pre(B)$  para designar a todas las tareas con las que el fin de la Tarea B,  $B^+$ , tiene una dependencia; de la misma manera, la notación  $Suc(A)$  representa el conjunto de todas las tareas de las que depende el inicio de A,  $A^-$ .

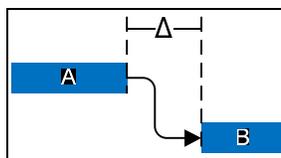


Figura 4-11: Representación en formato Gantt de la dependencia  $FS(A, B, \Delta)$

Tabla 4-2: Restricciones definidas para las diferentes dependencias temporales, según método de programación

<b>Dependencia</b>	<b>Programado a partir de la fecha de inicio</b>	<b>Programado a partir de la fecha de término</b>
$FS(A, B, \Delta)$	$B^- := \text{Max}\{A^+ + \Delta; \text{Pre}(B)\}$	$A^+ := \text{Min}\{B^- - \Delta; \text{Suc}(A)\}$
$FF(A, B, \Delta)$	$B^+ := \text{Max}\{A^+ + \Delta; \text{Pre}(B)\}$	$A^+ := \text{Min}\{B^+ - \Delta; \text{Suc}(A)\}$
$SS(A, B, \Delta)$	$B^- := \text{Max}\{A^- + \Delta; \text{Pre}(B)\}$	$A^- := \text{Min}\{B^- - \Delta; \text{Suc}(A)\}$
$SF(A, B, \Delta)$	$B^+ := \text{Max}\{A^- + \Delta; \text{Pre}(B)\}$	$A^- := \text{Min}\{B^+ - \Delta; \text{Suc}(A)\}$

Es posible observar, en base a esta particularidad de MS Project, que se incorporan las siguientes restricciones para la especificación de la dimensión temporal:

- No se permite la especificación de más de una dependencia temporal entre un par de tareas.
- No es posible definir relaciones de dependencias derivadas de un proyecto programado a partir de la fecha de inicio y de uno programado a partir de la fecha de término simultáneamente en un mismo proyecto.

Estas restricciones son propias de la herramienta MS Project y limitan las posibilidades de especificación de restricciones temporales. Un desafío futuro sería implementar otra interfaz de especificación de la dimensión temporal de los procesos, permitiendo así incorporar todo tipo de restricciones temporales.

A continuación, definiremos la semántica de ejecución sólo para las dependencias temporales definidas a partir de un proceso programado desde la fecha de inicio, definidas en la segunda columna de la Tabla 4-2

### **Tareas con dependencias temporales entre ellas definidas en un proyecto programado a partir de su fecha de inicio.**

Como hemos comentado, el coordinador del proceso sólo tiene control sobre el instante en que entrega la responsabilidad de ejecutar la tarea. Es por esto que, para las dependencias que involucran el límite final para la ejecución de la tarea ocuparemos la misma semántica de ejecución que para tareas con cota inferior para su ejecución, esto es, esperar que se cumpla el fin de la tarea y que se cumpla la cota inferior de ejecución definida, en este caso dependiente de la ejecución de otra tarea. Finalmente, para establecer las equivalencias, es necesario considerar lo siguiente:

- Ya que la duración real de las tareas es aleatoria, salvo que se especifique de duración fija, no es posible conocer con certeza el instante de fin de éstas. Es por esto que para las relaciones que requieran conocer con anticipación el instante de fin de una tarea dada, se usará la estimación dada por MS Project para coordinar las tareas.
- En el caso que dos tareas no tengan dependencia temporal entre ellas, se ejecutarán en flujos de ejecución paralelos, representando así la independencia en su ejecución.
- Puesto que es necesario mantener un flujo de secuencia continuo en los diagramas BPMN, así como respetar la sintaxis de paralelismo y sincronización de éstos, se proponen dos alternativas equivalentes para el caso de las relaciones Finish-to-Start. De esta manera, dependiendo de si la tarea desde la cual se genera la dependencia no está en otro flujo de ejecución paralelo, se implementa la primera alternativa; en caso contrario, se implementa la segunda, sin intervenir en la sintaxis de flujos paralelos.

Los patrones propuestos que implementan estas relaciones de dependencia, están basados en las definiciones de restricciones temporales definidos anteriormente (en particular de las restricciones de cota inferior) y se presentan en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3: Patrones BPMN que implementan las dependencias temporales al programar desde el inicio

	Finish to Start (FS)	Start to Start (SS)	Finish to Finish (FF)	Start to Finish (SF)
$\Delta = 0$	  	 	 	 
$\Delta > 0$	  	 	 	 
$\Delta < 0$	 	 	 	 

### 4.3.2. Otros conceptos

Adicionalmente a los conceptos involucrados con la definición temporal de la ejecución de las tareas, MS Project incorpora otros conceptos que son necesarios de incorporar para permitir la representación de diagramas BPMN completos.

#### 4.3.2.1. Recurso

Dentro de la planificación de recursos para la ejecución de los proyectos, es relevante considerar los recursos que ejecutarán cada una de las tareas definidas, de manera de analizar las cargas de trabajo reales de éstos y ver así cómo su asignación influye en los tiempos de ejecución del proyecto.

En BPMN es posible asignar la ejecución de las tareas a distintos participantes, a través del concepto *Lane*. Sin embargo, es interesante considerar diferencias entre la especificación de procesos y la planificación de proyectos, puesto que en los primeros los *Lanes* son ocupados para asignar tareas a roles, en vez de asignar tareas a recursos específicos, como ocurre comúnmente en el ámbito de la planificación de proyectos.

Para este caso, asumiremos que el modelador diseñará el proceso en MS Project considerando los recursos como roles de los procesos. Considerando esto, la equivalencia propuesta es simplemente mapear las tareas asignadas a recursos en MS Project a una tarea asignada a un *Lane*, cuyo nombre sea el mismo del recurso definido en la carta Gantt:

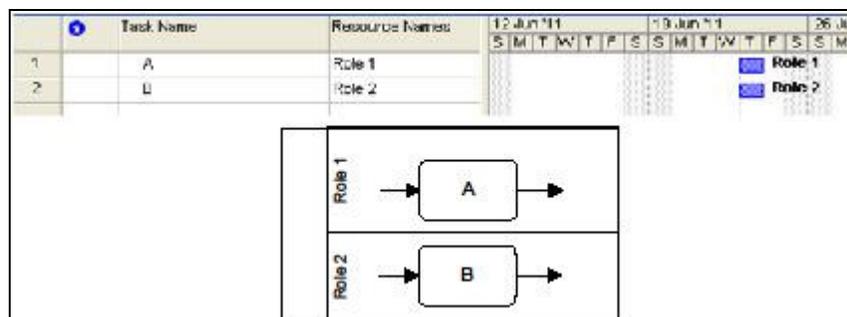


Figura 4-12: Equivalencia definida para el concepto de recurso

#### 4.3.2.2. Grupo de tareas

Otra posibilidad en MS Project es definir conjuntos de tareas, agrupándolas en conjuntos que pueden ser, a su vez, agrupados. El concepto que equivalente que se puede identificar en los diagramas BPMN es el de sub-proceso. La equivalencia propuesta se muestra en la Figura 4-13.

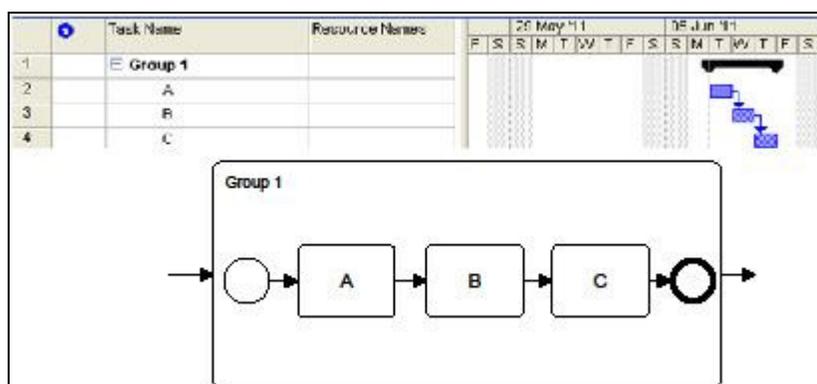


Figura 4-13: Equivalencia definida para el concepto de grupo de tareas

## 5. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Para implementar la propuesta presentada se ocuparon estándares públicos con el objetivo de lograr independencia de la herramienta de modelación de procesos usada. Dentro de los estándares existentes para el intercambio de modelos BPMN, se escogió ocupar XPDL 2.1. La razón de la elección es que, a pesar que actualmente se incorpora en la especificación de la notación BPMN 2.0 un estándar XML para el intercambio de modelos BPMN, este aún no se encuentra masivamente adoptado, por lo que la utilidad práctica de implementar la propuesta ocupando este nuevo formato, a la fecha de escritura de este artículo, es menor que ocupando el estándar XPDL 2.1.

El funcionamiento de la solución propuesta se encuentra esquematizado en la Figura 5-1, y consiste en el siguiente procedimiento:

- 1) A través de MS Project se exporta un archivo XML en formato “MS Project XML”. La estructura XML de estos archivos es fácilmente legible y contiene toda la información relativa al modelo Gantt exportado, de acuerdo con la descripción de la semántica descrita en la documentación de desarrollo de MS Project (MS Corporation, 2010).
- 2) La aplicación desarrollada lee el archivo XML generado por MS Project y convierte la información incorporada en una representación abstracta de los conceptos de MS Project, como por ejemplo, Tareas y Recursos.
- 3) A través de la heurística definida para la ejecución de las cartas Gantt, se procede a construir los patrones BPMN equivalentes, consistentes de Tareas, Eventos y flujos de secuencia entre ellos.
- 4) A partir de los patrones BPMN definidos, la aplicación procede a construir el archivo XPDL 2.1 que representa el modelo conceptual en BPMN desarrollado en el paso anterior.

- 5) El archivo XPDL se puede abrir con los editores BPMN que soportan la especificación. En particular se probó la herramienta BizAgi Process Modeler para abrir estos documentos.

Una de las características que se buscó implementar en la arquitectura de la solución, es permitir un desacople entre la lógica de equivalencia de conceptos y la lógica de implementación de los formatos en los cuales se describen los modelos. De esta manera, a futuro se permite incorporar nuevos formatos de archivo (para incorporar la especificación de intercambio de BPMN 2.0, por ejemplo), así como también se permite la incorporación de cambios en la equivalencia diseñada, pudiéndose implementar otras heurísticas de interpretación, de manera modular y sin la necesidad de intervenir de manera completa la solución.

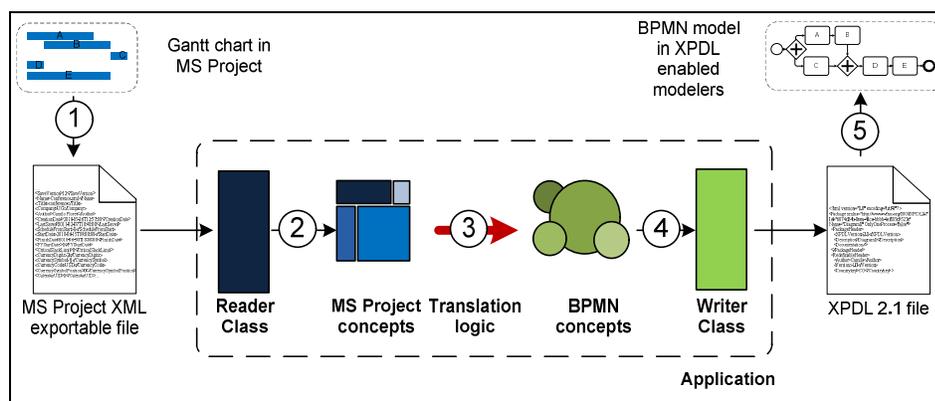
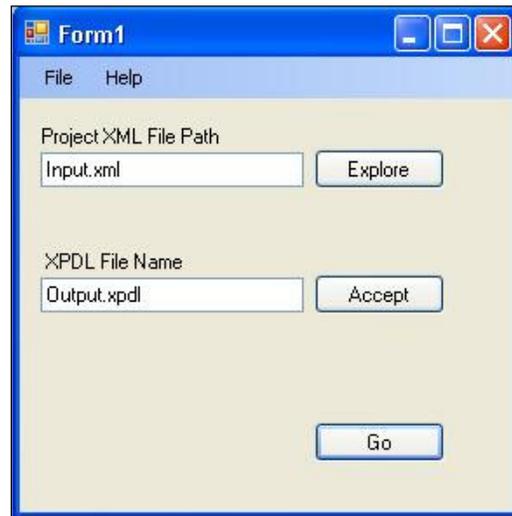


Figura 5-1: Arquitectura de la implementación

La solución se implementó en el lenguaje de programación C#, donde a través de una simple interfaz gráfica se selecciona el archivo en formato XML de MS Project a convertir y el nombre deseado para el archivo XPDL resultante, la cual se muestra en la Figura 5-2.



The image shows a screenshot of a Windows application window titled "Form1". The window has a standard Windows interface with a blue title bar and a menu bar containing "File" and "Help". The main content area is light beige and contains two input fields. The first input field is labeled "Project XML File Path" and contains the text "Input.xml". To the right of this field is a button labeled "Explore". The second input field is labeled "XPDL File Name" and contains the text "Output.xpd". To the right of this field is a button labeled "Accept". At the bottom center of the window is a button labeled "Go".

Figura 5-2: Interfaz de la aplicación desarrollada

### 5.1. Resultados de la implementación

En base a la propuesta realizada, se presenta en la Figura 5-3 el modelo BPMN resultante de aplicar las reglas y patrones propuestos a la carta Gantt presentada en la Figura 2-2. Este modelo fue importado utilizando la herramienta para modelación de procesos BizAgi Process Modeler, la cual permite importar archivos en formato XPD, tal como los generados por la herramienta propuesta.

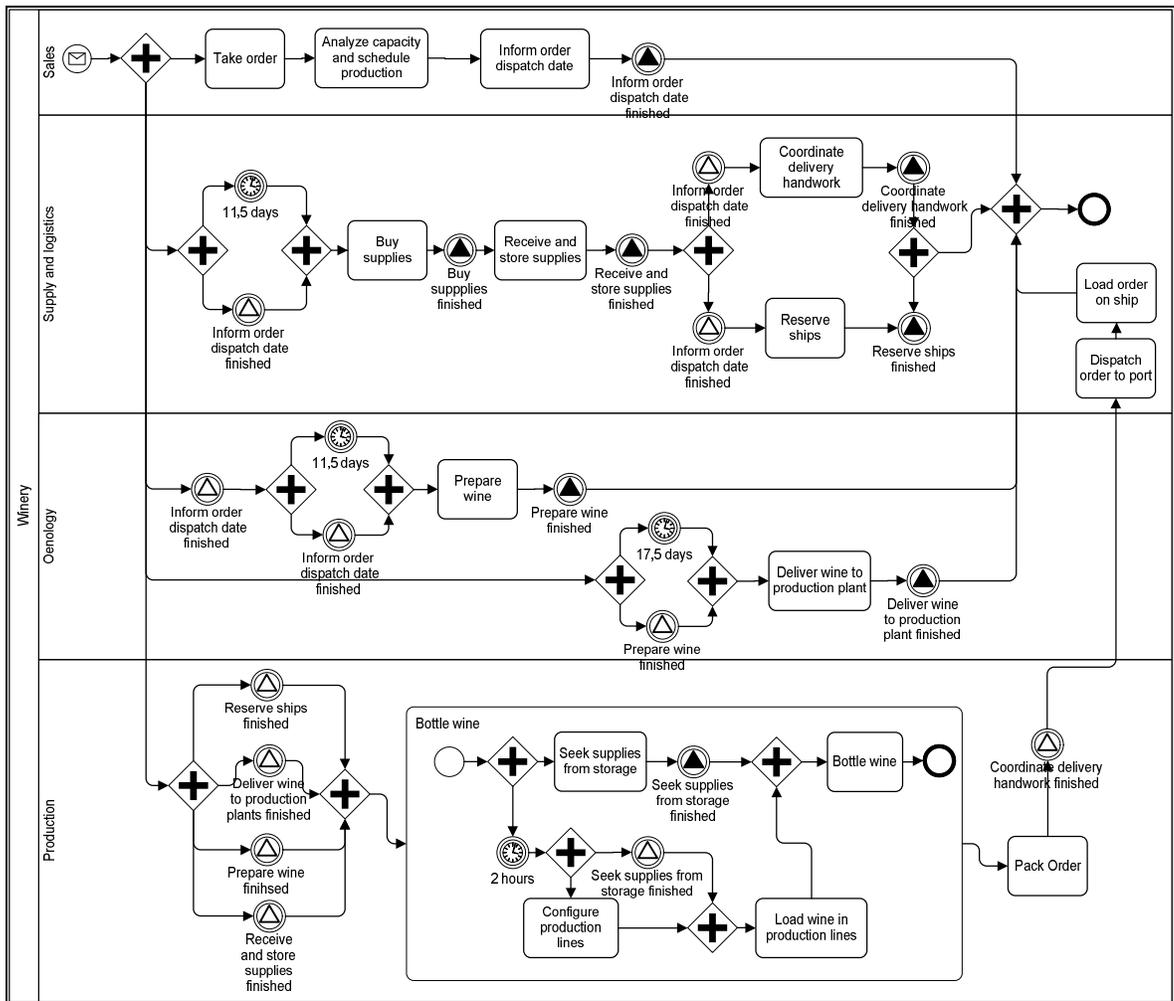


Figura 5-3: Modelo BPMN resultante a partir de la carta Gantt propuesta

## **6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO**

En este trabajo se presenta la debilidad de BPMN para representar la dimensión temporal de los procesos de negocio, en comparación con las posibilidades ofrecidas por las herramientas de planificación de proyectos, así como también la debilidad de las segundas para guiar la ejecución cuando contingencias la desvían de los planes establecidos. Dada esta situación se desarrolló una equivalencia entre los conceptos involucrados en una herramienta de planificación de proyectos – MS Project – y patrones de BPMN, permitiendo especificar de manera efectiva restricciones y relaciones temporales en los procesos de negocio. Finalmente, la equivalencia propuesta fue implementada a través de una aplicación que permite transformar un archivo XML generado por esta herramienta de gestión de proyectos a un archivo XPD, legible por diversas aplicaciones para la modelación de procesos en BPMN, siendo testeada en la herramienta BizAgi Business Process Modeler.

En base al trabajo desarrollado, es posible plantear las siguientes conclusiones:

### **6.1. Restricciones de la propuesta**

A pesar que con la propuesta se facilita la especificación de la dimensión temporal de los procesos de negocio, existen algunos aspectos que presentan limitación debido a la capacidad de las herramientas seleccionadas y de la propuesta presentada:

#### **6.1.1. Asignación en fechas en tiempo de ejecución.**

En ciertos casos puede ser necesario la asignación dinámica en tiempo de ejecución de los plazos que definen las restricciones, duraciones o dependencias temporales entre tareas, dependiendo de las condiciones de ejecución de cada

instancia del proceso. En MS Project no es posible hacer esto, puesto que se asume un diseño estático del proceso, con fechas conocidas y definidas en tiempo de diseño, impidiendo la especificación de procesos donde se requiere la especificación en tiempo de ejecución de estos parámetros.

### **6.1.2. Asignación de fechas estáticas y dinámicas**

En esta propuesta, para hacer compatible la especificación de proyectos, diseñados para ser ejecutados una sola vez, con la especificación de procesos, se tomó la determinación de ocupar, en lugar de fechas estáticas, los intervalos de tiempo entre las fechas especificadas y la de inicio del proyecto, definidas en tiempo de diseño en MS Project. Esto, que permite la especificación de procesos para ser ejecutados múltiples veces en el tiempo, introduce una nueva restricción: la imposibilidad de incorporar fechas fijas en los modelos (para especificar, por ejemplo, eventos que suceden una vez al año), lo que ciertamente es una limitación inherente a la propuesta y puede superarse sólo con la elección de otra herramienta para la especificación de la dimensión temporal, diferente a MS Project.

### **6.1.3. Dependencias entre tareas de subprocessos**

Si bien es posible establecer dependencias temporales entre tareas de subprocessos (o sub-tareas) dentro de MS Project, esto no está implementado en nuestra equivalencia en BPMN, puesto que complejiza de gran manera la implementación y el modelo resultante.

### **6.1.4. Especificación de dependencias temporales**

En la propuesta se establece una equivalencia para especificar dependencias temporales entre tareas, pero, debido a limitaciones de MS Project, en la actualidad no se puede especificar múltiples dependencias temporales entre tareas ni tareas con dependencias de cota superior e inferior simultáneamente en un mismo proyecto. Como una futura línea de investigación se propone el

desarrollo de otros medios de especificación de restricciones temporales para tareas, que permitan sobrellevar esta limitación.

#### **6.1.5. Especificación de procesos sin caminos alternativos**

Debido a la naturaleza de las cartas Gantt, no es posible especificar proyectos con tareas cuya realización dependa del estado del proyecto al momento de su ejecución, algo que es frecuente encontrar en los procesos de negocio. Como trabajo futuro proponemos la posibilidad de levantar esta restricción al incorporar un mecanismo que permita considerar varias cartas Gantt y presentar un proceso en BPMN a través de la “composición” de éstas.

### **6.2. Complejidad de los resultados**

A través del desarrollo de la equivalencia presentada, se muestra la capacidad de la notación BPMN para especificar aspectos complejos de la dimensión temporal de los procesos, sin necesidad de agregar nueva simbología para ello. Sin embargo, los modelos resultantes son complejos de entender, lo que reafirma el hecho de que es necesario utilizar una interfaz más sencilla que los símbolos presentados por la notación para incorporar información temporal.

### **6.3. Análisis de la dimensión temporal**

Se ha definido exitosamente un soporte que permite gestionar la dimensión temporal de los procesos en tiempo de Diseño, Configuración y Ejecución. Sin embargo, aún está pendiente aportar en la etapa de Diagnóstico, a través de una herramienta que permita realizar un análisis de la dimensión temporal de los procesos de negocio en base a sus ejecuciones históricas.

#### **6.4. Integración entre notaciones**

Con el trabajo presentado se muestra que es posible utilizar notaciones ajenas a la gestión de procesos e integrarlas a aquellas específicas a los procesos de negocio – en particular BPMN -, lo que permite especificar de manera efectiva aspectos en los que las notaciones actuales proveen un débil soporte, sin recargarla innecesariamente de símbolos y conceptos adicionales. Adicionalmente, la implementación de esta equivalencia, permite incorporar los análisis existentes en la herramienta MS Project a los procesos de negocio especificados, como lo son el análisis de la ruta crítica, el análisis del uso de recursos o la incorporación de restricciones de calendario en la ejecución de las tareas. A futuro puede ser interesante investigar con qué otras notaciones es posible y deseable integrar BPMN – por ejemplo con la modelación de datos en UML o la notación usada para el análisis de inventarios y flujo de valor – de manera de hacer coherentes y compatibles diferentes conceptos que están relacionados con la gestión de procesos, pero que en la actualidad se hayan inconexos.

## BIBLIOGRAFIA

- Bahrami, A. (2005). Integrated process management: From planning to work execution. *Proceedings of the IEEE EEE05 international workshop on Business services networks*.
- Bettini, C., & Wang, X. S. (2002). Temporal Reasoning in Workflow Systems. *Distributed and Parallel Databases*, 269-306.
- Browning, T. R. (2002). Process integration using the Design Structure Matrix. *Systems Engineering*, 5, 180–193.
- Chan, K., & Chung, L. (2002). Integrating Process and Project Management for Multi-Site Software Development. *Annals of software engineering*, 115-143.
- CONICYT & Unión Europea. (2007). *El sector vitivinícola en Chile*.
- Dumas, M. (2009). Case Study: BPMN to BPEL Model. *5th International Workshop on Graph-Based Tools*.
- Dumas, M., van der Aalst, W., & ter Hofstede, A. (2005). *Process-aware information systems: bridging people and software through process technology*.
- Eder, J., & Panagos, E. (2001). Managing time in workflow systems. En F. s. Coalition, *Workflow handbook 2001* (págs. 109-132).
- Eder, J., Pichler, H., & Vielgut, S. (2006). Avoidance of Deadline-violations for Inter-organizational Business Process. *7th International Baltic Conference on Databases and Information Systems*, (págs. 33-40).

Flores, C., & Sepúlveda, M. (2011). Temporal specification of business processes through project planning tools. *Lecture Notes in Business Information Processing*, 66, 85-96.

Gagné, D., & Trudel, A. (2009). Time-BPMN. *IEEE Conference on Commerce and Enterprise Computing*.

Glazer, R., & Weiss, A. (1993). Marketing in turbulent environment: Decision processes and time-sensitivity of information. *Journal of Marketing Research*, 509-521.

Hammer, M. (1999). How process enterprises really work. *Harvard Business Review*.

Ko, R., Lee, S., & Lee, E. W. (2009). Business process management (BPM) standards: a survey. *Business Process Management Journal*, 15 (5), 744-791.

Latva-Koivisto, A. M. (2001). Finding a complexity measure for business process models.

McCormack, K. (2009). A global investigation of key turning points in business process maturity. *Business Process Management Journal*, 792-815.

MS Corporation. (10 de 06 de 2010). *MS Developer Network*. Obtenido de <http://msdn.MS.com/en-us/library/bb251741%28v=office.12%29.aspx>

Object Management Group. (2010). *BPMN 2.0 Specification*.

Ouyang, C., Dumas, M., & ter Hofstede, A. H. (2006). From BPMN process models to BPEL web services. *IEEE International Conference on Web Services (ICWS'06)*, (págs. 285-292).

Recker, J., & Mendling, J. (2006). On the Translation between BPMN and BPEL: Conceptual mismatch between process modeling Languages. *11th International Workshop on Exploring Modeling*.

Recker, J., Rosemann, M., Indulska, M., & Green, P. (2009). Business Process Modeling: A Comparative Analysis. *Journal of the Association for Information Systems*, 3333-363.

Tahmtan, A. (2009). *Modeling and Verification of Web Service Composition*.

Travassos, P. R., & Kienbaum, G. d. (s.f.). Arquitetura para um Ambiente Integrado Web de Simulação de Processos e Gerência de Projetos.

van der Aalst, W. (2003). Business Process Management: A survey. *International Conference in Business Process Management*.

Weske, M., & van der Aalst, W. V. (2004). Advances in business process management. *Data Knowledge Engineering*, 1 (8).

Wilson, J. (2003). Gantt charts: A centenary appreciation. *European Journal of Operational Research*, 430-437.

zur Muehlen, M., & Recker, J. (2008). How Much Language is Enough? Theoretical and Practical Use of Business Process Modeling Notation. *20th Conference on Advanced Information Systems Engineering*.

**ANEXOS**

## ANEXO A : CORREO DE RECIBO DE ARTÍCULO EN REVISTA SOFTWARE AND SYSTEM MODELING

Correo de Pontificia Universidad Católica de Chile...

<https://mail.google.com/mail/u/3/?ui=2&ik=8923...>



CAMILO IGNACIO FLORES <[ciflores@uc.cl](mailto:ciflores@uc.cl)>

---

### Software and Systems Modeling - Manuscript ID SOSYM-11-00000953

1 mensaje

---

[ggms@sosym.org](mailto:ggms@sosym.org) <[ggms@sosym.org](mailto:ggms@sosym.org)>

27 de julio de 2011 05:48

Para: [ciflores@uc.cl](mailto:ciflores@uc.cl)

Cc: [submissions@sosym.org](mailto:submissions@sosym.org)

27-Jul-2011

Dear Mr. Flores:

Your manuscript entitled "Including temporal dimension in business processes using project planning tools" has been successfully submitted online and is presently being given full consideration for publication in the Software and Systems Modeling.

Your manuscript ID is SOSYM-11-00000953.

Please mention the above manuscript ID in all future correspondence. If there are any changes in your street address or e-mail address, please log in to Manuscript Central at <https://mc.manuscriptcentral.com/sosym> and edit your user information as appropriate.

You can also view the status of your manuscript at any time by checking your Author Center after logging in to <https://mc.manuscriptcentral.com/sosym>.

Additional information about Open Choice:

Springer offers authors the option of making their articles available with open access via our Open Choice programme. We advise you to familiarise yourself with the details of Springer Open Choice in advance, to be able to decide quickly should your paper be accepted for publication. Further information can be found at [www.springer.com/openchoice](http://www.springer.com/openchoice).

Thank you for submitting your manuscript to the Software and Systems Modeling Journal.

Sincerely,

Geri Georg and Martin Schindler for

Robert France

Bernhard Rumpe, co-Editors-in-Chief, SoSyM

---