

Integración de Sistemas ERP para el Monitoreo de Planes y Detección de Eventos Disruptivos en Cadenas de Suministros

Erica S. Fernández^{1,2}, Pedro L. Querini¹, Carlos M. Toledo³

¹ Depto. Ing. Industrial UTN, FRRA.

M. Acuña 49, Rafaela, Argentina

² GEMPRO – UTN, FRSF

Lavaisse 610, Santa Fe, Argentina

³ Instituto de Desarrollo y Diseño INGAR (CONICET-UTN)

Avellaneda 3657, Santa Fe, Argentina

erica.fernandez@frra.utn.edu.ar

pedroquerini@gmail.com

cmtolledo@santafe-conicet.gov.ar

Resumen. Los sistemas de Planificación de Recursos Empresariales (ERP Enterprise Resource Planning) se definen como un conjunto de aplicaciones que permiten gestionar de manera integrada los procesos de negocio de las empresas. En la actualidad, los sistemas ERP carecen de flexibilidad suficiente para generar Cadenas de Suministros (CS) flexibles capaces de reaccionar rápidamente a eventos disruptivos. Es por ello, en este trabajo se propone un servicio MASM-ERP que integra los planes de abastecimiento, producción y distribución definidos en los ERP de las empresas involucradas en una CS. También permite monitorear la ejecución de estos planes y notificar la ocurrencia de eventos disruptivos a los actores pertinentes. El monitoreo durante la ejecución de planes permite anticiparse a los cambios que podrían tener lugar en el horizonte de tiempo considerado y mejorar los procesos de toma de decisión.

Palabras claves: ERP, Cadena de Suministro, Eventos Disruptivos.

1 Introducción

Una Cadena de Suministro (CS) es una red de empresas autónomas, colectivamente responsables por la obtención, producción y distribución de productos [1]. Los ambientes altamente competitivos y dinámicos en los que actualmente opera la CS generan fuertes obligaciones entre los participantes con el fin de lograr ventajas competitivas. Tal condición hace necesario establecer vínculos más estrechos entre las empresas que la integran. Los proveedores, mayoristas y minoristas se ven como “socios”, comparten información, delinean planes de negocios, ventas y promociones, analizan en forma conjunta la demanda, planifican y generan los planes de

abastecimiento y distribución. Esta nueva forma de relacionarse se denomina *colaboración*.

Las CS deben ser gestionadas de tal forma que los productos sean producidos y distribuidos de modo correcto (cantidad, lugar y fecha) para minimizar los costos totales cumpliendo con los requerimientos de los clientes. En los últimos años, las empresas que pertenecen a una CS han incorporado a sus prácticas habituales la utilización de los sistemas de Planificación de Recursos Empresariales (ERP, Enterprise Resource Planning) [2,3,4]. Los ERP, compuestos por módulos completamente integrados, posibilitan la disminución de los costos operativos, mejoran el servicio al cliente y la productividad, entre otros.

Tradicionalmente, el desarrollo de sistemas ERP se focalizaba en proveer funcionalidades para dar respuestas a requerimientos propios de una empresa. Sin embargo, en un entorno competitivo, el éxito de una empresa depende de su habilidad para establecer relaciones de colaboración con otras empresas, razón por la cual los sistemas ERP evolucionaron incorporando módulos relacionados a la gestión de la CS (SCM, Supply Chain Management), sistemas avanzados de planificación (APS, Advances Planning and Scheduling), gestión de relaciones con el cliente (CRM, Customer Relationship Management) y negocios inteligentes (BI, Business Intelligent).

A pesar de estos nuevos módulos, en la actualidad, los ERP carecen de flexibilidad suficiente para generar CS flexibles capaces de detectar/anticipar eventos disruptivos, tales como: la disminución de la cantidad de una orden o el retraso de la fecha de entrega de un producto. A partir de la detección/anticipación de estos eventos, las empresas pueden reaccionar rápidamente y ajustar sus planes de ejecución [5,6].

Los Sistemas de Información para la Gestión de Eventos de la CS, conocidos por su sigla en inglés SCEM (Supply Chain Event Management) [7-11] son herramientas tecnológicas que dan respuesta a los requerimientos funcionales de monitoreo de los planes en ejecución para detectar y/o anticipar la ocurrencia de un evento disruptivo [1,12-14]. Además de estas funcionalidades estos sistemas son capaces de evaluar la factibilidad de un plan afectado por un evento disruptivo y definir una estrategia de solución para reparar el plan afectado utilizando holguras previamente consideradas [15-16].

En la literatura se han propuesto enfoques de monitoreo reactivo [17,18], predictivos [19, 20] y reactivo/predictivo [21,22]. Cada uno de estos trabajos recolecta datos de ejecución de los planes para el monitoreo de órdenes [23, 21], recursos [17, 19, 20] u órdenes/recursos [18, 23]. Entre estos enfoques, Fernández et al. desarrollaron un sistema multi-agente de monitoreo (MASM, Multi-Agent Monitoring System) que realiza la función de monitoreo de planes de un sistema SCEM [13]. Durante la ejecución de un plan integrado, los agentes recolectan datos de las órdenes y recursos de dicho plan y; del entorno a efectos de evaluarlos para detectar/ anticipar eventos disruptivos.

A pesar de las funcionalidades, MAMS permite únicamente el monitoreo de planes previamente sincronizados. Además, MAMS no se encuentra integrado a los sistemas ERPs de las empresas que integran la CS y la recopilación de los datos debe realizarse en diferentes lugares de las empresas afectando los tiempos de búsqueda y procesamiento y, aumentando la complejidad en la implementación de la recolección y duplicación de datos.

Ante esta falta de integración, este trabajo propone una extensión (MASM-ERP, Multi-Agent Monitoring System for Enterprise Resource Planning) que permite integrar los ERP mediante la sincronización de los planes de abastecimiento, producción y distribución en una CS, como así también monitorear la ejecución de estos planes y notificar la ocurrencia de eventos disruptivos a los actores pertinentes a fin de realizar las correcciones necesarias.

El resto del trabajo se estructura de la siguiente manera: la Sección 2 presenta la arquitectura MASM-ERP, la integración y monitoreo de planes para detectar eventos disruptivos, la Sección 3 presenta un caso de estudio para mostrar el funcionamiento de MASM-ERP y por último la Sección 4 presenta las conclusiones y trabajos futuros.

2 Integración de sistemas ERPs para sincronizar y monitorear planes en una CS

2.1 Arquitectura de integración

Para la sincronización y monitoreo de planes y la detección de eventos disruptivos en una CS, la extensión MASM-ERP implementa un Servicio de Datos ERP que permite a los Agentes ERP ubicado en las empresas enviar datos extraídos de la base de datos de los ERP (Fig. 1). Además, cada Agente ERP implementa un Servicio de Notificación de Eventos que le permite a MASM-ERP comunicarse para solicitar datos adicionales ante la posible presencia de un evento disruptivo como así también informar a las empresas sobre su ocurrencia.

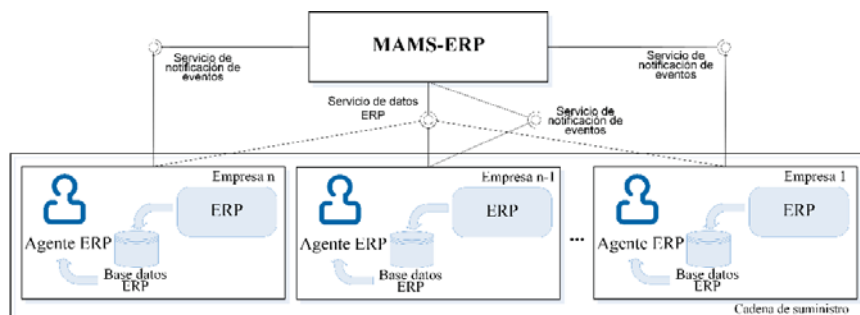


Fig. 1. Arquitectura del servicio MASM-ERP

Durante la ejecución de un plan integrado, cada Agente ERP extrae datos relacionados a los módulos de compras, manufactura, depósitos y ventas que se encuentran en las bases de datos del ERP. Los principales datos de compras incluyen aquellos relacionados al proceso de aprovisionamiento de productos/subproductos/materia prima incorporados en las órdenes de compra. La Fig. 2 presenta un ejemplo de los datos de un plan de compras de una empresa que

tiene planificado recibir de un proveedor X, 100 unidades del producto A en la fecha 21 de octubre de 2017.

Número de Orden	Producto/Subproducto	Proveedor	Fecha de entrega	Cantidad
O1	Producto A	Empresa X	21/10/2017	100

Fig. 2. Datos extraídos de un plan de abastecimiento

Los principales datos de manufactura están relacionados a las órdenes de fabricación, incluyendo la cantidad a producir de un producto/subproducto, fecha de producción. Una vez que las empresas definen una orden de producción, se consumen los materiales necesarios del depósito. Para ello, las empresas deben definir la BOM (Bill of Materials, Lista de Materiales) y los datos de los artículos que ingresan a los almacenes. La BOM contiene una descripción completa del producto enumerando los materiales, las partes, los componentes y la secuencia en que el producto es fabricado.

Los principales datos de ventas están relacionados con los planes de ventas de los productos/subproductos/materia prima. Si los productos incluidos en un plan no se encuentran en el inventario, el módulo de compra del ERP genera automáticamente los pedidos para que estén a disposición los materiales necesarios y comunica esta información. En caso de ser una fábrica, se emite además una orden de producción. Seguidamente, se contabiliza los recursos materiales disponibles en el almacén y en caso que estos no sean suficientes, y se emite un presupuesto hacia el proveedor del producto, el cual se transformará en orden de compra una vez confirmado manualmente el mismo.

Con estos datos incorporados a las bases de datos de los ERP de cada empresa de la CS, el Agente ERP accede a los mismos y los notifica al MASM-ERP. A partir de estos datos, el MASM-ERP sincroniza los planes de suministro utilizando un algoritmo específico que se detalla a continuación.

2.2 Sincronización de planes

Dado un conjunto de empresas $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ que pertenecen a una CS que se integran sus sistemas ERP para la detección de eventos disruptivos y un plan P compuesto por un conjunto de órdenes $O_j \in P$ que representan la compra, venta o producción del producto j . A cada empresa e_i se les asigna un rol: Proveedor-Fabricante-Cliente. Una empresa proveedora e_i^p tendrá un conjunto de órdenes de venta (O^v) que pertenecen a su programa de distribución. Una empresa cliente e_i^c tendrá un conjunto de órdenes de compra (O^c) que pertenecen a su programa de abastecimiento. Una empresa fabricante e_i^f tendrá un conjunto de órdenes de compra (O^c), de producción (O^p) y de venta (O^v).

Definida las empresas interesadas en participar de la colaboración y el horizonte de planificación, se selecciona la empresa e_n^c que pertenece al último eslabón de la CS con el rol cliente y busca las órdenes de compra (O_j^c) de un producto j de dicha empresa y que es objeto de la colaboración. A continuación, identifica las órdenes de

venta O_j^v de la empresa e_{n-1}^v y producto j que van a cumplimentar con dichas O_j^c , resultando una relación $O_j^c - O_j^v$.

Luego se pueden generar dos alternativas. En la primera alternativa, la empresa e_{n-1}^f a la que le pertenece la O_j^v tiene un rol Fabricante. En esta alternativa, se establece la asociación entre la orden de venta O_j^v y la orden de producción O_j^p del producto j . Posteriormente, se asocia la orden de producción O_j^p con las órdenes de compra O_k^c de cada subproducto o materia prima k necesaria para la elaboración de j . Finalmente, se asocia cada orden de compra O_k^c de la empresa e_{n-1}^f con las órdenes de venta O_k^v de la empresa con el rol proveedor e_{n-2}^p .

En la segunda alternativa, la empresa e_{n-1}^p a la que pertenece la O_j^v tiene un rol de proveedora, entonces se debe establecer la relación entre las órdenes O_j^c de compra de la empresa e_n^c y las órdenes de venta O_j^v de la empresa e_{n-2}^p .

Este proceso se repite hasta obtener la trazabilidad de cada producto/subproducto/materia prima (estableciendo asociaciones entre órdenes) resultando el plan sincronizado P de la CS. Dicho plan estará compuesto de un conjunto de órdenes con sus atributos cantidad de producto j o subproducto/materia prima k y la fecha de envío, arribo o producción según el rol de la empresa. A partir de este plan se monitorea y detectan eventos disruptivos.

2.3 Monitoreo y detección de eventos disruptivos

Obtenido el plan sincronizado P para una CS, P debe ser monitoreado a efectos de detectar dichos eventos disruptivos que pueden afectar a O^v, O^c u O^p del conjunto $O_j \in P$.

Cuando comienza la ejecución del plan P , cada orden $O_j \in P$ es controlada. La empresa a la que pertenece la orden mantiene informado al MASM-ERP sobre el estado de la orden (recibida, en producción, enviada) junto con la cantidad especificada y en la fecha planificada. El MASM-ERP analiza la existencia de desvíos. Si no hay desvíos, la orden ha sido cumplimentada satisfactoriamente. Caso contrario se debe analizar si el desvío representa una interrupción. Para ello, la empresa informa al MASM-ERP la holgura permitida que puede ser de cantidad de producto/subproducto/materia prima (recibir menor cantidad) o tiempo (una orden se retrasa o adelanta) [15-16].

La empresa que posee el inconveniente (que puede dar lugar a una interrupción) debe especificar también cuánto material del planificado va a poder satisfacer y/o con cuánto tiempo de atraso se entregará. Esta información es necesaria para que las empresas de la CS puedan tomar mejores decisiones. Por ejemplo, una empresa es notificada que va a recibir una menor cantidad de material de una orden de abastecimiento, dicha empresa podría verificar su nivel de inventario y decidir que recibir esa menor cantidad no afecta la ejecución de su plan, entonces la interrupción no ocurrirá.

Para la anticipación de eventos disruptivos, el sistema MASM-ERP utiliza funciones de evaluación predictivas implementadas en MASM propuestas por Fernández et al. [1,12-14]. Estas funciones utilizan una Red Bayesiana que permite

representar conocimiento incierto y razonar con base en teoría de probabilidades. Esta red incluye una serie de nodos que permite recolectar datos de variables del proceso de suministro y/o producción (proceso para ejecutar una orden), y están conectados entre sí con cierto grado de influencia expresados a través de un grado de probabilidad de ocurrencia de un evento disruptivo. A partir de estos valores de probabilidades y de un razonamiento probabilístico, se puede anticipar con suficiente grado de certeza que, dada las condiciones actuales del proceso, en un futuro puede ocurrir un evento disruptivo. Esto les permite a las empresas anticiparse y generar planes de contingencia para poder corregir y/o disminuir el impacto de los eventos que se produzcan.

Cuando hay una disrupción, el MASM-ERP notifica mediante el envío de un mensaje a las empresas que tienen órdenes relacionadas al evento. Esta notificación se propaga a todas las empresas afectadas en la CS.

2.4 Implementación

La extensión MASM-ERP como el sistema MASM fueron implementados con la plataforma de programación de agentes JaCaMo [13,24]. JaCaMo abarca los tres principales niveles de abstracción de un sistema multi-agente: agente, organización y entorno. JaCaMo permite la programación de agentes BDI (Belief, Desire and Intention – Creencias, Deseos e Intenciones) gobernados por modelo organizacional Moise, y el soporte del metamodelo A&A [25]. Moise describe las colaboraciones organizacionales y aborda el comportamiento colectivo por las restricciones de comportamiento individuales [26]. El metamodelo A&A permite la implementación de mecanismos de coordinación basada en el medio ambiente, y servicios no autónomos y herramientas [27].

JaCaMo fue seleccionada ya que es una plataforma de programación operacional que incluye soporte integrado para la programación de artefactos, lo que facilitó la integración de funcionalidades no orientadas a objetivos tales como los modelos de detección y anticipación de eventos disruptivos del sistema MASM. Además de JaCaMo permite la implementación de servicios web mediante el lenguaje WSDL (Web Services Description Language) [28].

3 Caso de Estudio

3.1 Presentación

El caso de estudio consiste en una CS integrada por tres empresas. La empresa A es un tambo el cual posee 192 vacas y una capacidad de ordeño de 144.000 litros mensuales. Se encuentra ubicado en la ruta provincial N°13 en la localidad el Trebol – Santa Fe y posee como cliente exclusivo la empresa B.

La empresa B produce quesos duros, semiduros y blandos, manteca y crema. Debido a su posicionamiento como empresa líder del sector, la elaboración de quesos representa el 40% de su producción. Actualmente, procesa 360.000 litros de leche

mensuales y recibe 144.000 litros mensuales de la empresa A. También se abastece de leche de otros tambos no integrados a la CS. Su planta industrial está emplazada en la localidad de Rafaela y la comercialización de sus productos la hace a través de ventas directas, distribuidores del rubro y supermercados hiper-mayoristas.

La empresa C es un distribuidor hiper-mayorista y uno de los productos que comercializa son hormas de queso duro. Se encuentra ubicada en la ciudad de Buenos Aires. Posee varios proveedores, pero recibe la mayor cantidad de hormas de queso duro de la empresa B debido a la calidad del producto.

La empresa A y B se encuentran a una distancia aproximada de 130 km por lo que se envían todos los días de la semana 4.800 lts/día. La B y C se encuentran a mayor distancia (550 km aproximadamente) por lo que el tiempo de entrega de las hormas de queso duro a la empresa C son cada día por medio y se envían 200 hormas de queso en cada viaje. La empresa B aprovecha el camión para el envío de otros productos a la provincia de Buenos Aires.

Para usar el servicio MASM-ERP, las empresas que integran la CS establecen un contrato el cual define que se va a monitorear la materia prima leche (Le) y el producto queso duro (Qd). La codificación Le y Qd se asigna a efectos de evitar problemas de interoperabilidad semántica. Además, se define el horizonte de planificación en 14 días (periodo de tiempo durante el cual se llevará a cabo el monitoreo del plan sincronizado). Luego, cada empresa define su plan de abastecimiento, producción y/o distribución en su sistema ERP (Sección 3). La empresa A (rol Proveedor) tendrá un conjunto de órdenes de venta O^v que pertenecen a su plan de distribución. La empresa B (rol Fabricante) tendrá un conjunto de órdenes de compra O^c , producción O^p y venta O^v que pertenecen a 3 planes (abastecimiento-producción-distribución). La empresa C (rol cliente) tendrá un conjunto de órdenes de compra O^c que pertenecen a su plan de abastecimiento. A continuación, se definen un conjunto de posibles escenarios que pueden presentarse.

3.2 Escenario inicial

Definidos los planes, el agente ERP extrae los datos relacionados a los módulos de compras, manufactura y ventas que se encuentran en la base de datos del ERP de cada empresa y son enviados al MASM-ERP, el cual genera un plan sincronizado para un horizonte de planificación de 14 días. La Fig.3 resume y sintetiza los datos de un plan sincronizado extraído de las bases de datos del sistema MASM-ERP. Esta sincronización implica que la $O^c = \{Qd: 200, fecha: 06/06/2017\}$ de la empresa C, se encuentra relacionada a las $O^v = \{Qd = 200, fecha: 05/06/2017\}$ y a dos $O^p = \{Qd: 100, fecha: 03/06/2017, Qd: 100, fecha: 05/06/2017\}$ de la empresa B. A su vez, las 2 O^p se encuentran relacionadas a las cuatro O^c de la misma empresa y a las cuatro O^v de la empresa A.

Empresa A: Ov			Empresa B: Oc			Empresa B: Op			Empresa B: Ov			Empresa C: Oc		
Fecha	Materia Prima	Cantidad	Fecha	Materia Prima	Cantidad	Fecha	Producto	Cantidad (hormas)	Fecha	Producto	Cantidad (hormas)	Fecha	Producto	Cantidad (hormas)
01/06/2017	Le	4800 litros	01/06/2017	Le	4800 litros	01/06/2017	Qd	100	01/06/2017	Qd	200	01/06/2017	Qd	
02/06/2017	Le	4800 litros	02/06/2017	Le	4800 litros	02/06/2017	Qd		02/06/2017	Qd		02/06/2017	Qd	200
03/06/2017	Le	4800 litros	03/06/2017	Le	4800 litros	03/06/2017	Qd	100	03/06/2017	Qd	200	03/06/2017	Qd	
04/06/2017	Le	4800 litros	04/06/2017	Le	4800 litros	04/06/2017	Qd		04/06/2017	Qd		04/06/2017	Qd	200
05/06/2017	Le	4800 litros	05/06/2017	Le	4800 litros	05/06/2017	Qd	100	05/06/2017	Qd	200	05/06/2017	Qd	
06/06/2017	Le	4800 litros	06/06/2017	Le	4800 litros	06/06/2017	Qd		06/06/2017	Qd		06/06/2017	Qd	200
07/06/2017	Le	4800 litros	07/06/2017	Le	4800 litros	07/06/2017	Qd	100	07/06/2017	Qd	200	07/06/2017	Qd	
08/06/2017	Le	4800 litros	08/06/2017	Le	4800 litros	08/06/2017	Qd		08/06/2017	Qd		08/06/2017	Qd	200
09/06/2017	Le	4800 litros	09/06/2017	Le	4800 litros	09/06/2017	Qd	100	09/06/2017	Qd	200	09/06/2017	Qd	
10/06/2017	Le	4800 litros	10/06/2017	Le	4800 litros	10/06/2017	Qd		10/06/2017	Qd		10/06/2017	Qd	200
11/06/2017	Le	4800 litros	11/06/2017	Le	4800 litros	11/06/2017	Qd	100	11/06/2017	Qd	200	11/06/2017	Qd	
12/06/2017	Le	4800 litros	12/06/2017	Le	4800 litros	12/06/2017	Qd		12/06/2017	Qd		12/06/2017	Qd	200
13/06/2017	Le	4800 litros	13/06/2017	Le	4800 litros	13/06/2017	Qd	100	13/06/2017	Qd	200	13/06/2017	Qd	
14/06/2017	Le	4800 litros	14/06/2017	Le	4800 litros	14/06/2017	Qd		14/06/2017	Qd		14/06/2017	Qd	200

Fig. 3. Plan sincronizado para una CS realizado por MASM-ERP

3.3 Escenario de disrupción

Definido el plan sincronizado, comienza su ejecución. El día 02/06/2017 el MASM-ERP recibe información de la empresa A sobre el estado de la $O^v = \{Le: 4800 \text{ litros, fecha: } 02/06/2017\}$. Si la O^v fue cumplimentada, el MASM-ERP continúa el monitoreo de las órdenes de las restantes empresas para el horizonte de planificación.

Dado que algunas vacas sufrieron una enfermedad que ocasionó que la producción de leche del tambo disminuyera de 4800 litros a 4500 litros. Entonces, el día 02/06/2017 el MASM-ERP evalúa si la $O^v = \{Le: 4800 \text{ litros, fecha: } 02/06/2017\}$ de la empresa A fue cumplimentada a partir de los datos recibidos de la empresa A. Dado que la empresa A no podrá cumplir con dicha orden notifica la cantidad efectiva de leche que podrá enviar a la empresa B, $O^v = \{Le: 4500 \text{ litros, fecha: } 02/06/2017\}$. En base a estos datos, MASM-ERP detecta un posible evento y envía un mensaje a la empresa B consultando si esta situación de escasez de envío de leche podría afectar a su producción de quesos duros. Para ello, la empresa B posee definida una holgura, que dependerá si puede cubrir el faltante con leche enviada por otro proveedor que no se encuentra integrado a la CS. Suponiendo que la holgura de la empresa B es de 200 litros de leche, se analiza: $4800 - 4500 = 300 > 200$ (holgura). Como la diferencia entre ambas cantidades es mayor que la holgura, se produce un evento disruptivo y MASM-ERP notifica a la empresa C la ocurrencia del mismo. La Fig.4 sintetiza los datos resultantes en la base de datos del MASM-ERP del plan sincronizado afectado por la disrupción.

Empresa A: Ov			Empresa B: Oc			Empresa B: Op			Empresa B: Ov			Empresa C: Oc		
Fecha	Materia Prima	Cantidad	Fecha	Materia Prima	Cantidad	Fecha	Producto	Cantidad (hormas)	Fecha	Producto	Cantidad (hormas)	Fecha	Producto	Cantidad (hormas)
01/06/2017	Le	4800 litros	01/06/2017	Le	4800 litros	01/06/2017	Qd	100	01/06/2017	Qd	200	01/06/2017	Qd	
02/06/2017	Le	4500 litros	02/06/2017	Le	4500 litros	02/06/2017	Qd		02/06/2017	Qd		02/06/2017	Qd	200
03/06/2017	Le	4800 litros	03/06/2017	Le	4800 litros	03/06/2017	Qd	100	03/06/2017	Qd	200	03/06/2017	Qd	
04/06/2017	Le	4800 litros	04/06/2017	Le	4800 litros	04/06/2017	Qd		04/06/2017	Qd		04/06/2017	Qd	200
05/06/2017	Le	4800 litros	05/06/2017	Le	4800 litros	05/06/2017	Qd	100	05/06/2017	Qd	200	05/06/2017	Qd	
06/06/2017	Le	4800 litros	06/06/2017	Le	4800 litros	06/06/2017	Qd		06/06/2017	Qd		06/06/2017	Qd	200

Fig. 4. Plan sincronizado afectado por una disrupción

4 Conclusiones

Este trabajo presentó una propuesta que permite sincronizar planes de abastecimiento, producción y distribución y anticipar/detectar eventos disruptivos de

las empresas involucradas en una CS utilizando sistemas ERP. Esta propuesta permite que las empresas que apoyan sus actividades diarias con estos sistemas no requieran su reemplazo o convivencia con nuevos sistemas de planificación para gestionar de manera integrada su CS.

Dada la independencia del algoritmo que realiza la sincronización de los planes del sistema ERP, las empresas solamente debieron respetar la carga de datos específicos (cantidad de producto, fecha de entrega, etc.) en los módulos de compra, manufactura, depósito y venta a efectos de poder realizar la extracción de datos necesarios. Durante la ejecución de los planes integrados, MASM-ERP fue capaz de acceder a la base de datos de los ERP para obtener datos de ejecución. Esto evitó recopilar datos en sistemas externos u otros utilizados por las empresas a efectos de analizar la posible ocurrencia de un evento disruptivo. MASM-ERP, como extensión del sistema MASM, fue capaz de gestionar eventos disruptivos independientemente de las características de los procesos involucrados en la CS y notificar a las empresas involucradas sobre su ocurrencia.

Como trabajo futuro, se pretende la integración completa con MASM y otros sistemas que permiten corregir los eventos disruptivos mediante métodos de optimización y replanificación, como así también agregar herramientas semánticas que permitan independizar la nomenclatura de productos, subproductos y materia primas utilizada en empresas que forman parte de CS internacionales.

Referencias

- [1] Fernández, E. Proceso de Monitoreo Colaborativo de Planes de Abastecimiento para anticipar Eventos Disruptivos en la Cadena de Suministro. Tesis Doctoral, ISBN 978-987-33-2613-4 (2012).
- [2] Davenport T. H. Misión crítica: Promesas y riesgos de los sistemas empresariales. Primera edición, Editorial Oxford University Press México (2002).
- [3] Gattikera T. F., Goodhue D. L. Understanding the local level costs and benefits of ERP through organizational information processing theory, *Information & Management*, 41, pp. 431–443 (2004).
- [4] Davenport T. H. Misión crítica: Promesas y riesgos de los sistemas empresariales. Primera edición, Editorial Oxford University Press México (2002).
- [5] Ben Clegg Yi Wan. Managing enterprises and ERP systems: a contingency model for the enterprization of operations. *International Journal of Operations & Production Management*, 33, 1458 – 1489, DOI: <http://dx.doi.org/10.1108/IJOPM-07-2010-0201> (2010).
- [6] Yi-fen Su, Chyan Yang. Why are enterprise resource planning systems indispensable to supply chain management? *European Journal of Operational Research*, 203, 81–94 (2010).
- [7] Masing N. SC Event Management as Strategic Perspectiva – Market Study: CMDESC Software Performance in the European Market. Master Thesis. Université du Québec en Outaouasis (2003).
- [8] Software Agent Technologies, Eds: Marius Walliser, Stefan Brantschen, Monique Calisti and Thomas Hempfling (2006).
- [9] Guarnaschelli A., Fernández E., Chiotti O., Salomone E. A Service-Oriented Approach to Collaborative Management of Disruptive Events in Supply Chains. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control (IJICIC)*, 8, 5341-5368, ISSN 1349-4198, (2012).

- [10] Liu R., Kumar A., Van Der Aalst W. A formal modeling approach for supply chain event management. *Decision Support Systems*, 43, 3, 761-778 (2007).
- [11] Montgomery N., Waheed R. Event Management Enables Companies to Take Control of Extended Supply Chains. *AMR Research* (2001).
- [12] Fernández E., Salomone E., Chiotti O, A model driven development approach based on a reference model for predicting disruptive events in a supply process, *Computers in Industry* 63, 482–499 (2012).
- [13] Fernández E., Toledo C. M, Galli M. R., Salomone E., Chiotti O. Agent-based Monitoring Service for Management of Disruptive Events in Supply Chains. *Computers in Industry*. 70, 89-101. DOI 10.1016/j.compind.2015.01.009 (2015)
- [14] Fernández E., Bogado V., Salomone E., Chiotti O. Framework from Modelling and Simulating the Supply Process Monitoring to Detect and Predict Disruptive Events. *Computers in Industry*, 80, 30-42 (2016)
- [15] Rittiner J., Gonzalez M., Fernandez E., Chiotti O. Modelo de negociación cooperativa del nivel de servicio de almacenes. Argentina. Sarmiento 440 - (C1041AAJ) - Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina. 2015. Libro. Artículo Completo. Congreso. VIIIº Congreso Argentino de Ingeniería Industrial. UTN-Facultad Regional Chubut (2015).
- [16] Fagiolani B., Fernandez E., Chiotti O. Modelo de negociación de holguras para reparar programas de abastecimiento afectados por eventos disruptivos. Argentina. Cesar Bustelo, et.al. VII Congreso Argentino de Ingeniería Industrial. UTN FRCH (2014).
- [17] Winkelmann A., Fleischer S., Herwig S., Becker J., A conceptual modeling approach for supply chain event management, in: *Proceedings of the 17th European Conference on Information Systems* (2009).
- [18] Bansal M., Adhitya A., Srinivasan R., Karimi I., An online decision support framework for managing abnormal supply chain events, in: L. Puigjaner, A. Espuña (Eds.), *European Symposium on Computer-Aided Process Engineering*, volume 20 of *Computer Aided Chemical Engineering*, Elsevier, 985–990 (2005).
- [19] Kurbel K., Schreiber D., Agent-based diagnostics in supply networks, *Issues in Information Systems* 8 (2007).
- [20] K. Kwangmyeong, C. Injun, Active data acquisition for proactive exception handling in manufacturing, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 43 (2009) 365–378.
- [21] Zimmermann R., S. Käs, Butscher R., Bodendorf F., An ontology for agent-based monitoring of fulfillment processes, in: *Whitestein Series in Software Agent Technologies and Autonomic Computing*, 2005, 323–345.
- [22] Xu H.H., A web-based system for proactive management of supply exceptions, *Journal of Manufacturing Systems* 29 (2010) 91–101.
- [23] Ozteme E, Tekez E.K., A general framework of a reference model for intelligent integrated manufacturing systems (remims), *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 22 (2009) 855–864, *Artificial Intelligence Techniques for Supply Chain Management*.
- [24] Boissier O., Bordini R.H., Hübner J.F., Ricci A., Santi A., Multi-agent oriented programming with JaCaMo, *Science of Computer Programming*, 78, 747–761 (2013).
- [25] Omicini A., Ricci A., Viroli M., Artifacts in the A&A meta-model for multi- agent systems, *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems* 17, 432–456 (2008).
- [26] Hübner J., Bordini R., G Picard., Jason Using, MOISE+, and CArtAgO to develop a team of cowboys, in: K. Hindriks, A. Pokahr, S. Sardina (Eds.), *Programming Multi- Agent Systems*, volume 5442 of *LNCSS*, Springer, Berlin/Heidelberg, 238–242 (2009).
- [27] Weyns D., Omicini A., Odell J., Environment as a first-class abstraction in multiagent systems, *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems* 14, 5–30 (2007).
- [28] Erl T., A Karmarkar., Walmsley P., Haas H., Yalcinalp U., Liu K., Orchard D., Tost A., Pasley J., *Web Service Contract Design and Versioning for SOA*, Prentice Hall, New York, (2009)