

Análisis del Entorno de la Cloud Manufacturing para la Introducción de una Ontología de Familia de Productos

Sonzini M. Soledad^{1,2}, Vegetti Marcela¹, Leone Horacio¹

¹INGAR, Instituto de Desarrollo y Diseño.

²Universidad Nacional de La Rioja

Abstract

En este trabajo se presenta una revisión del estado del arte de las características más relevantes de las estrategias y tecnologías con la que se presentan servicios en Internet. Estos servicios emergen de las nuevas economías de información y las necesidades de redes interorganizacionales, basándose en los conceptos de Cloud Computing y Cloud Manufacturing. El propósito de esta contribución es introducir el modelo propuesto por la ontología de productos PRONTO (PProduct ONTOlogy) [1] como un servicio complementario, en la infraestructura basada en un modelo de la Cloud Manufacturing. La disponibilidad de PRONTO en este contexto facilitaría la integración semántica y la consistencia de la información de productos, para reducir la diversidad de interpretaciones y contribuir a la interoperabilidad entre las partes, por medio de un lenguaje común. Además, el trabajo adopta la tecnología de datos enlazados, con el objetivo de homogeneizar los diversos modelos y compartir estructuras de datos comunes por medio de la tecnología de la web semántica.

Palabras Clave

Cloud Manufacturing, Cloud Computing, Ontología de Producto, Datos enlazados.

1. Introducción

El paradigma de los procesos de negocios actuales ha sufrido un cambio, a causa de las nuevas economías globalizadas, los avances en la tecnología de la información y los requerimientos de consumidores, proveedores y organizaciones afines. Estos cambios introdujeron el enfoque de redes interorganizacionales, adoptando nuevas estructuras y formas de administrar los procesos de negocios, a través de enlaces para colaborar y enfrentar entornos muy cambiantes y competitivos. Las nuevas estructuras organizacionales se denominan redes interorganizacionales. Se conforman por relaciones de colaboración y coordinación entre entidades que cooperan para desarrollar nuevos productos, procesos

o servicios, lograr la entrada a nuevos mercados y lograr distintos tipos de sinergias. Los enlaces entre las entidades constituyen intercambios de recursos económicos, materiales, de información o de conocimiento, donde las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TICs) juegan un rol importante, constituyéndose en el soporte para el desarrollo de las relaciones y las plataformas comunes para el intercambio entre las entidades dentro de las redes [2]. Adicionalmente, un escenario que se presenta es que tanto las organizaciones pertenecientes a una red como organizaciones independientes están utilizando los nuevos paradigmas de empleo de la Tecnología de la Información (TI) para migrar sus servidores, gestionados por terceros, a la *Cloud* o *Cloud Computing* (CC). Este término es definido por el NIST (National Institute of Standards and Technology) [3] como un modelo para obtener acceso a un conjunto de recursos informáticos en la red, configurables y compartidos, que pueden ser rápidamente provistos con una mínima configuración o interacción con el servicio. Esencialmente, el término hace referencia a la informática en internet, que pone a disposición de los usuarios numerosos servicios virtuales y recursos informáticos. Este enfoque presenta una gran potencialidad para las organizaciones demandantes y, en paralelo, genera un nuevo conjunto de problemáticas que serán introducidas en las siguientes secciones.

Asociado a este modelo, surge el concepto de *Cloud Manufacturing* (CM), que subyace al paradigma DAMA (Design Anywhere, Manufacture Anywhere) y se refiere a la integración de recursos distribuidos comprometidos para realizar

una única tarea de manufactura. Estos recursos son encapsulados y gestionados de una forma centralizada internamente en la *Cloud* [2]. Por medio de este paradigma, los clientes podrían acceder a la CM con el fin de obtener productos específicos y personalizados, de una forma rápida y ágil. Por otra parte, dentro de las redes interorganizacionales, los sistemas PLM (Product Lifecycle Management) gestionan la información de producto, durante su ciclo de vida. Esta información puede provenir de diferentes fuentes heterogéneas y ser accedida para diferentes fines por parte de diversos actores. Por esto es necesario integrar estas fuentes con el objetivo de compartir e intercambiar información de una forma semánticamente consistente a través de la tecnología de datos enlazados (“Linked Data”) [4]. De esta forma, los bancos de información de productos, puede integrarse en un formato homogéneo, con el fin de evitar diversas interpretaciones o duplicidad en las estructuras de datos.

En base a lo mencionado anteriormente, se pretende introducir la ontología PRONTO [1] en el entorno de la CM, como un servicio complementario a otras ontologías durante el proceso de manufactura distribuida, contribuyendo con la representación de información de productos en diferentes niveles de abstracción y la representación de procesos de agregación y desagregación de información entre esos niveles. El principal beneficio de adoptar esta ontología, es su composición de estructuras de datos enlazados, que contribuyen con la consistencia durante la representación de información de productos para su diseño y manufactura.

Este artículo se organiza como sigue. La sección 2 introduce las características principales de la CC y la CM. La sección 3 presenta brevemente el mecanismo de los datos enlazados. La sección 4 desarrolla la propuesta de la ontología PRONTO y se analiza la introducción de ésta en la CM. Finalmente, la conclusión y los trabajos futuros se presentan en la sección 5.

2. Cloud Computing y Cloud Manufacturing

En los últimos tiempos la demanda de servicios informáticos confiables, escalables, personalizados y disponibles en un entorno distribuido, ha aumentado considerablemente. La implementación de nuevos modelos, como la CC y la CM, ha cambiado el paradigma de los negocios y la tecnología de la información, haciendo responsables a terceras partes de la gestión de servicios informáticos, almacenamiento y procesamientos de datos, puestos a disposición de los clientes. A continuación se detallan las características fundamentales de los dos enfoques.

2.1. Cloud Computing (CC)

La tendencia de trasladar las aplicaciones e información de una computadora local a la *Cloud*, brinda economías de escalas desde una perspectiva empresarial. Además, facilita el empleo de la tecnología por parte de las pequeñas empresas debido a los bajos costos de ingresos. La CC ofrece el acceso rápido a recursos hardware, sin la necesidad de realizar una gran inversión en las instalaciones de equipos informáticos, acceso a servicios y almacenamiento de la información en servidores.

Los principales beneficios del modelo, desde la perspectiva de los usuarios, están en el acceso casi inmediato a los servicios provistos, la posibilidad de obtener procesamiento de grandes volúmenes de información en tiempos relativamente pequeños y efectuar el pago en función al consumo realizado, como lo haría con un servicio de corriente eléctrica. Sin embargo, existen un conjunto de requerimientos de los usuarios, que aún no han sido satisfechos en su totalidad. Estos requerimientos tienen que ver con un conjunto de características en los servicios y pueden resumirse como: la interoperabilidad y colaboración de trabajos, la seguridad y la privacidad de los datos, la tolerancia a fallas, las actualizaciones automáticas y el balance de carga de procesamiento.

Desde una perspectiva de los usuarios finales, la CC establece modelos para la entrega de servicio, que son separados y organizados en una arquitectura de capas, y se adapta a las necesidades de cada negocio en particular.

Diferentes autores han presentado diversos modelos adaptados a sus propuestas [3] [7] [5]. A partir de esta estrategia, se adoptó para el presente trabajo un modelo de 4 capas, que contempla una perspectiva de la *Cloud* en la manufactura de productos, como lo muestra la Figura 1.

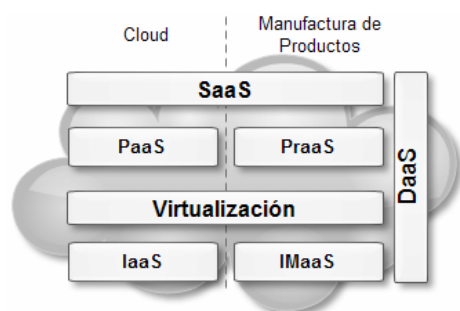


Figura 1. Modelo de Arquitectura adoptado.

La capa superior en la Figura 1 es la capa de aplicación conocida como “Software como un Servicio” o SaaS (Software as a Service) la cual tiene la función de ofrecer una plataforma con múltiple arrendamiento, mediante el cual los recursos son comunes y una sola instancia, tanto del código de una aplicación y como de la base de datos subyacente, se utilizan para soportar múltiples clientes simultáneamente. Las aplicaciones pueden ser de diferentes índoles destinadas a atender la demanda de sectores particulares, como aplicaciones CAD (Computer Aided Design), CAM (Computer Aided Manufacture), ERP (Enterprise Resource Planning), entre otras aplicaciones.

La siguiente capa se denomina “Plataforma como Servicio” o PaaS (Platform as a Service), comprende un conjunto de productos para el desarrollo de aplicaciones en línea, puesta a disposición de los desarrolladores, donde podrán diseñar, crear prototipos, desarrollar, testear, documentar, desplegar y alojarlo en la web para ofrecerlo como un SaaS. PaaS también puede soportar múltiples aplicaciones en

una misma plataforma. En el mismo nivel, desde una perspectiva de la manufactura de productos, se identifica el Proceso como Servicio o PaaS, introducido por Maciá Pérez y colab. en [5]. La diferencia fundamental entre estas, es que PaaS se enfoca en la administración y organización de procesos, además de los servicios de despliegue mencionados en PaaS.

La tercera capa, llamada virtualización, tiene la responsabilidad de separar los recursos lógicos de los físicos, con el fin de aprovechar los recursos disponibles en la *Cloud* de una forma ágil y compartir los componentes balanceando dinámicamente la carga de trabajo para gestionar sistemas complejos o sencillos.

La capa de Infraestructura como un Servicio (IaaS) o Hardware como un Servicio (HaaS), es la cuarta capa y provee a los clientes un conjunto de recursos hardware, con el fin de implementar y ejecutar diferentes aplicaciones. Los clientes no tienen control sobre la infraestructura, sino por el contrario, ellos gestionan el funcionamiento de sistemas operativos, almacenamiento, control de componentes de redes y el despliegue de aplicaciones. Del mismo modo, que la capa anterior, desde una perspectiva de la manufactura de productos, se identifica el concepto de IMaaS [5] o Maquinaria Industrial como un servicio y ofrece la infraestructura y los recursos de manufactura de productos.

Finalmente, los Datos como un Servicio o DaaS [4], atraviesa transversalmente las 4 capas mencionadas anteriormente y se encarga de proveer un conjunto de datos bajo demanda de los stakeholder, sin importar la ubicación geográfica o la separación organizacional entre los proveedores y los consumidores de estos datos. Es decir, independientemente del dominio donde se aplique, tantos los usuarios como las empresas y recursos, pueden acceder a este servicio para migrar sus datos a la *Cloud* y obtener datos de los procesos de negocio de forma sencilla, oportuna, de bajo costo y de fácil

integración. Bajo este enfoque, los stakeholders se enfrentan a los problemas de interoperabilidad de datos, resolviéndolos por medio del uso de la tecnología de datos enlazados (Linked Data) [4], detallada en la sección 3.

Dentro de la CC existen 4 modos para su despliegue. La *Cloud Privada* es provista para uso exclusivo de una única organización que agrupa a múltiples clientes, aplicada como una unidad de negocios, por ejemplo. La *Cloud Comunitaria* es compartida por varias organizaciones que poseen intereses similares tales como: requerimientos de seguridad, políticas y consideraciones de cumplimiento. La *Cloud Pública* es provista para uso abierto y destinada al público en general, donde comparten los recursos y servicios ofrecidos por terceras partes en un entorno de múltiple arrendamiento. Finalmente, la *Cloud Híbrida* consiste en la composición de dos o más *Clouds*, que pueden ser privadas, comunitarias o públicas, y de manera controlada, un cliente puede ser propietario de una *Cloud* y compartir otras.

Independiente de los modos de despliegue, la CC en la actualidad, no es una solución óptima para sistemas que requieran un alto nivel de confianza o de alta complejidad dado que existe un conjunto de inconvenientes que aún no han sido resueltos completamente, tales como la sincronización y la gestión del almacenamiento de los datos, desde un punto de vista de la performance, o la falta de visibilidad de la operación interna de una *Cloud*, la necesidad de estándares para la interoperabilidad y la falta de un marco regulatorio consolidado, para la integridad y privacidad de los datos [6].

2.2. Cloud Manufacturing (CM)

Las barreras de entradas a los mercados competitivos y globalizados, para las empresas de manufactura son mayores, dificultando la introducción de empresas de manufactura. Por ello, estas se ven forzadas a cambiar modelos cerrados de gestión

institucional por modelos abiertos, que le permitirán adaptarse rápidamente a la demanda del mercado por medio de una cooperación e intercambio de datos entre compañías. Teniendo en cuenta esto, la filosofía DAMA (Design Anywhere, Manufacture Anywhere), impulsa la habilidad de las industrias para intercambiar datos de diseño y manufactura entre múltiples empresas, independiente de su localización geográfica. Este enfoque facilita la vinculación de sistemas de gestión de manufactura, como los MRP (Manufacturing Resource Planning), ERP y PLM (Product Lifecycle Management) a través de la tecnología de la CC. Los tres grupos de sistemas representan un mercado de abastecimiento de demanda único, que motivará la implementación de la *Cloud Manufacturing (CM)*, definida en [7] como: “Modelo de Manufactura centrado en el cliente que aprovecha el acceso bajo demanda a un conjunto compartido de recursos de manufactura diversificados y distribuidos, para formar líneas de producción temporales y configurables, favoreciendo la reducción de costos, mayor eficiencia en el ciclo de vida de productos y permitiendo un empleo óptimo de recursos de acuerdo a la demanda variable de las tareas generadas por el cliente”.

La CM se fundamenta en la tecnología de la CC y en recursos distribuidos e integrados, adaptados a un entorno de manufactura. Los conjuntos de recursos son requeridos durante el ciclo de vida de un producto y se encapsulan como servicios en la *Cloud*, gestionados de una forma centralizada, que pueden ser accedidos, invocados y desplegados en función del conocimiento mediante el empleo de tecnologías de virtualización y de la web semántica. Estos servicios están relacionados con las capacidades de los procesos de manufactura, enfocándose en el diseño de producto, su elaboración, experimentación, gestión, comunicación e intercambio de datos de manufactura entre aplicaciones y dispositivos.

Dazhong y colab. en [7], propone un modelo basado en el dominio de aplicación y los roles desempeñados por los actores (“stakeholders”) que intervienen en el desempeño de las funciones de la CM, formados en 3 grupos:

Los *usuarios/clientes* son aquellos que necesitan desarrollar la manufactura de algún producto, pero carecen de la capacidad y/o de los recursos para llevarlo a cabo. Pueden ser individuos o empresas, que generan requerimientos acerca del objeto y sus condiciones. Estos requerimientos son las entradas para ser interpretadas por las aplicaciones de la capa de aplicación de la arquitectura de la CM, detallada en la sección 2.1.

Los *proveedores de aplicaciones* ofrecen el servicio de intermediario entre los usuarios y los proveedores de recursos físicos, gestionando y controlando todas las aplicaciones puestas a disposición de los clientes.

Los *proveedores de recursos físicos* son los propietarios y encargados de gestionar los equipamientos, las tecnologías de mecanizado, finalizado, envasado, inspección y de prueba de recursos. Son expertos en la utilización de las máquinas de forma efectiva y eficiente. No tienen una limitación geográfica, por lo que son capaces de conformar una red de organizaciones, basada en las experiencias de cada nodo, ofreciendo a los usuarios el acceso casi instantáneo de las capacidades de manufactura provistas a través de la *Cloud* como un servicio.

Los *proveedores de recursos físicos* reciben como entrada los datos de manufactura originados por las aplicaciones, y se obtiene como salida, el producto finalizado de acuerdo con los requerimientos del *usuario*. En esta sección se presenta una arquitectura en capas de la CM, combinando las propuestas de [3] y [7] (Figura 2). En la misma se muestran las funciones involucradas en cada dominio específico y la responsabilidad de los diferentes roles de stakeholders. En [3] Xun propone una arquitectura de 4 capas, que puede

complementarse con los dominios de cada stakeholder interviniente en el proceso de la CM, presentado en la sección anterior. La primera de ellas, recibe el nombre de *Capa de Aplicación* (Figura 2) y pertenece al dominio del usuario/cliente, proveyendo una interfaz entre los recursos de la CM y las computadoras o terminales de los clientes, quienes pueden desarrollar una aplicación de manufactura por medio de la virtualización de recursos. Los usuarios pagan el servicio basado en el consumo, al igual que en la CC.

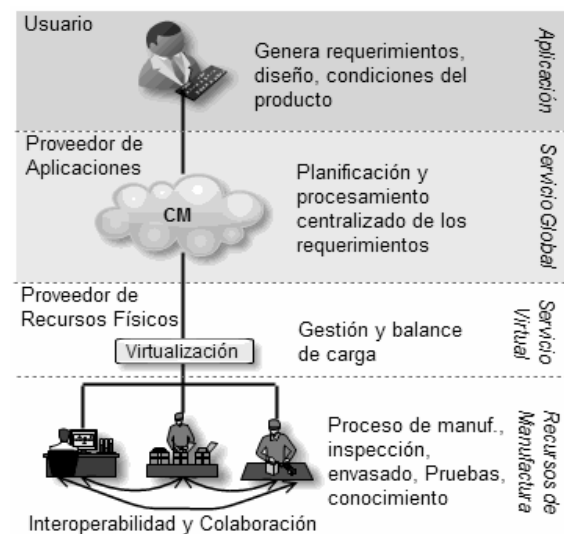


Figura 2. Arquitectura CM.

La principal preocupación de los clientes en éste ámbito está en el almacenamiento y tratamiento de la información del producto a lo largo de su ciclo de vida. Ese conocimiento tiene mucho valor para la empresa, ya que constituye el núcleo del conocimiento de una organización de manufactura. Por ello, los usuarios requieren que la CM pueda ofrecer la integridad, confidencialidad y seguridad de la información de productos, por medio de la compresión y encriptación en el almacenamiento, comunicaciones remotas seguras y conexiones a prueba de fallas. En [6] el NIST presenta un conjunto de recomendaciones para la confección de políticas y condiciones de uso y aceptación del servicio, contemplando todos los aspectos de seguridad, integridad y confidencialidad que deberían ser pactados

en el instante contractual de la CC. Este conjunto podría extenderse y adaptarse a la CM incluyendo aspectos relevantes en el dominio de las manufacturas de productos, con los temas relacionados a propiedades intelectuales, para fortalecer los aspectos legales y los vínculos contractuales.

La portabilidad de datos en la capa de aplicación, es otro aspecto de gran importancia que aún no está muy consolidado, pero existe una tendencia para aplicar un formato de datos abiertos y APIs abiertas, para establecer un lenguaje común e intercambiar información de producto entre los stakeholders, aplicado en todo el ciclo de vida del producto (diseño, manufactura y otra información pertinente). Se han propuesto varias soluciones, entre ellas STEP (Standard for Exchange of Product data) [8] capaz de describir datos de productos independiente del sistema. En el contexto del comercio electrónico, surge el estándar ecl@ss para dar solución al intercambio de información y clasificación de productos. Posteriormente, deriva de ecl@ss la ontología OWL denominada ecl@ssOWL [9], incluyendo la descripción de propiedades y tipos de servicios de la Web Semántica, además de los productos. Este estándar está destinado a ser utilizado en conjunto con la ontología GoodRelations, que contempla los aspectos comerciales de la oferta y la demanda, por ejemplo: precios, pagos u opciones de entrega.

Este conjunto de estándares, no contemplan el modelado de estructuras de familias de productos, de este modo se podría aplicar el estándar ISO 15926 [10], cual propone un modelo de datos genérico con el fin de modelar la información de producto y obtener un formato neutro para la interoperabilidad y colaboración de sistemas de información, a través de la aplicación de tecnologías de la web semántica. Es un estándar que ha adquirido gran aceptación y aplicación en los últimos años en diferentes industrias.

La siguiente capa (Figura 2), se sitúa en el dominio de proveedores de aplicaciones y

se denomina *Capa de Servicio Global*. Contempla un conjunto de tecnologías de despliegue de la *Cloud*, la cual es similar a la capa de PaaS de la arquitectura de la CC. Existen dos modos de operación: un modo de servicio completo, donde la capa de servicio global tiene la completa responsabilidad de la gestión efectiva y centralizada de las actividades operacionales, tanto de los recursos virtualizados (CPU, redes, RAM) como de las aplicaciones, y el modo de servicio parcial, establece actividades adicionales que son necesarias regularmente, tal es el caso de un proveedor de una máquina específica o dispositivos experimentales. La *Capa de Servicio Global* tiene la responsabilidad de localizar, asignar, monitorear y calcular las tarifas de los recursos de manufactura, a diferencia de las capas siguientes (insertas en el dominio de proveedores), que sólo asume la responsabilidad de ejecutar y asegurar la calidad de las tareas de fabricación de un producto. Además, comparada con la arquitectura de la CC, involucra los servicios de PaaS y de PaaS (mencionados en la sección 2.1).

El *Servicio Virtual*, situado en el dominio del Proveedor de recursos físicos, es la tercera capa que desempeña un conjunto de funciones fundamentales: identificar los recursos de manufactura, virtualizarlos y empaquetarlos como servicios de manufactura de la *Cloud*. Comparado con la capa de virtualización de la CC, esta capa es más desafiante para realizar esas funciones en la aplicación de la CM. Para la identificación de recursos, se aplica la filosofía de “Internet de las cosas” (Internet of things), donde todo objeto es reconocible por medio de un identificador como RFID (Radio Frequency IDentification), WSN (Wireless Sensor Network), GPS, entre otros. La virtualización de recursos tiene la tarea de abstraer mediante recursos de manufactura lógicos los recursos de manufactura físicos subyacentes, de la misma manera que se lleva a cabo en la arquitectura de la CC. Una vez

virtualizados los recursos, se procede a empaquetarlos como servicios, por medio de protocolos de descripción de recursos y lenguajes de descripción de servicios, tales como ontologías en OWL, SHOE, DAML, entre otros lenguajes.

Finalmente, la capa de *Recursos de Manufactura*, situada también en el dominio de la capa anterior, abarca el conjunto de recursos necesarios para el desarrollo del producto en su ciclo de vida. Los recursos pueden ser clasificados como Recursos Físicos de Manufactura y Capacidades de Manufactura. La primera clasificación contempla tanto el equipamiento como la materia prima, software de simulación, herramientas de análisis, estándares, empleados y otros. Las capacidades de manufactura son las competencias y habilidades de una organización para llevar a cabo una tarea de manufactura, tales como las habilidades de diseño de producto, capacidad de simulación, experimentación y capacitación. Esta capa incluye las características de la capa IMaaS, propuesta por Maciá Pérez y colab. en [5], sólo que ésta última, contempla los recursos físicos tangibles, sin considerar las competencias. Además, en la definición de IMaaS, contiene la virtualización de recursos como lo establece la capa de *Servicio Virtual*.

3. Tecnología de Datos Enlazados

El desarrollo de la web semántica, tiene por objetivo dar soluciones a las necesidades de integración de las organizaciones, introduciendo redes semánticas capaces de procesar el contenido de la información, razonarlo, combinarlo y realizar deducciones lógicas para atender las consultas de forma personalizada, según el nivel de detalle requerido por el stakeholder. Esta tecnología está centrada en la web y es adecuada para implementar los servicios de la *Cloud*, permitiendo integrar estructura de datos de forma consistente, en un formato estándar y accesible, haciendo uso del mecanismo de datos enlazados (“Linked Data”) [8]. Este

mecanismo se basa en el formato web estándar RDF (Resource Description Framework), con el fin de representar la información, adoptando la estructura de una “tripleta”, para ser interpretada por una computadora. Es decir, se crean construcciones atómicas de un Sujeto, Predicado y Objeto, para representar las declaraciones.

Cada tripleta es identificada de forma inequívoca por medio de una cadena de caracteres, que recibe el nombre de URI (Uniform Resource Identifier) y pueden interconectarse para formar redes semánticas, descritas por lenguajes de ontologías. Existen diversos lenguajes, como ser: RDF, RDF Schema y OWL (Ontology Web Language).

Curry y colab. en [4] caracterizan a los datos enlazados como:

- *Abiertos*: porque son accedidos por ilimitadas aplicaciones, dado a su formato no propietario y libre.
- *Modular*: porque pueden ser combinados (“Mashup”) con cualquier otra pieza de datos enlazados.
- *Escalable*: son fáciles de conectar con otros datos enlazados.

Mediante la combinación de los datos enlazados, se obtiene una red semántica de mayor alcance y amplitud, estableciendo un vocabulario controlado y comprensible por parte de los stakeholders. El conjunto de redes semánticas están a disposición de la capa de aplicación de la arquitectura de la CM y CC, para gestionar información y obtener resultados que sean consistentes, válidos e inmediatos. Así por ejemplo, una aplicación CAD (Computer Aided Design) podría requerir información tanto de medidas estándares para el modelado geométrico de un producto, como especificaciones de la documentación de los planos. Para acceder a esta información, la aplicación podría hacer uso de las redes semánticas, específicas de cada dominio y mantenida por terceros, combinando los resultados de búsqueda con el fin de obtener información de calidad y acorde a lo requerido.

4. Una Ontología de Productos en la CM

La tecnología Linked-Data introducida en la sección 3 brinda las herramientas necesarias para desarrollar un lenguaje común que permita a las organizaciones de manufactura colaborar utilizando la CM. La columna vertebral de este vocabulario lo constituye la información de productos. En particular, la información respecto a cómo los productos son fabricados, es decir su estructura o BOM (Bill of Materials). Una ontología que permite una representación eficiente de la estructura de productos con un elevado número de variantes es PRONTO (PRoduct ONTOlogy) [1]. Es por ello que se propone a PRONTO como base para la construcción del mencionado lenguaje. Las siguientes secciones introducen la ontología PRONTO y presentan un conjunto de otras ontologías que pueden ser enlazadas con la misma a fin de representar otros aspectos de la información de productos no contemplados por PRONTO.

4.1. Ontología de Familia de Productos

Como se mencionó con anterioridad, las empresas deben enfrentar un escenario de alta competencia que las impulsan a utilizar una gestión de información de productos más compleja, por lo que se expandieron los enfoques tradicionales hacia la gestión de variantes, a través de la construcción de BOM para cada una de ellas.

Las empresas de manufactura incrementaron la demanda de sistemas informáticos, capaces de integrar de forma inteligente la información de producto, para evitar interpretaciones redundantes e inconsistentes. Además, es evidente que las empresas comienzan a intercambiar datos y establecer nuevas relaciones con otras organizaciones (redes organizacionales), generando un contexto de alta complejidad a partir del empleo de las tecnologías web, Internet y las ontologías. Estas últimas, facilitaron la integración semántica de las diversas fuentes, proporcionando modelos formales que son interpretados de forma

precisa, para transmitir información entre los nodos interconectados.

Vegetti y colab. en [1], proponen para este escenario una ontología de Familia de productos denominada PRONTO. La cual se adoptó para el presente trabajo, debido a su capacidad de representar conjuntos de variantes en la información de producto de forma consistente y comprensiva. PRONTO utiliza 2 jerarquías para representar los datos de productos en diferentes niveles de abstracción: la jerarquía de abstracción (AH- Abstraction Hierarchy) y la jerarquía estructural (SH- Structural Hierarchy). La primera permite la representación de información no estructural de productos en diferentes niveles de abstracción y expresar los procesos de agregación y desagregación de información entre estos niveles. Por su parte, la SH modela eficientemente toda la información concerniente a los productos y componentes que participan en la manufactura de productos (Ver Figura 3).

El modelo de productos formaliza una representación del conocimiento que integra las jerarquías SH y AH, poniendo énfasis en el tratamiento de la información estructural.

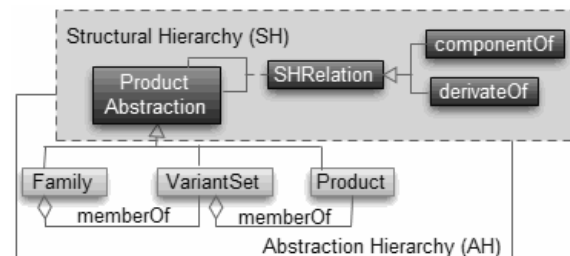


Figura 3. Jerarquía de Abstracción y Jerarquía estructural.

El modelo propone tres niveles de abstracción para la descripción de información de producto. Estos niveles se resumen como:

- Familia (*Family*): Nivel más alto de abstracción que representa un conjunto de productos similares, que comparten una o más estructuras comunes.
- Conjunto de Variantes (*VariantSet*): Nivel intermedio que representa un subconjunto de integrantes del nivel Familia que comparten una misma

estructura, la cual puede incluir modificaciones respecto de la estructura de la familia de la cual es miembro.

- Producto (*Product*): Nivel más bajo de abstracción que representa ítems individuales, que son miembros de un conjunto de variantes. Poseen una estructura y representan productos concretos con existencia real.

Estos tres niveles se relacionan entre sí mediante una asociación *memberOf*, indicando que las entidades que comprenden un nivel inferior, son miembros de una instancia de abstracción de un nivel superior. La SH considera dos tipos de relaciones de estructuras, que se especializan por medio de la relación *componentOf*, para aquellas estructuras que vinculan al producto con sus partes componentes, y la relación *derivateOf*, para aquellas estructuras que enlazan al producto con sus derivados constituyentes. Esto quiere decir que una entidad puede tener otras entidades como componentes o derivados siempre en el mismo nivel de abstracción, lo cual permite representar las diferentes listas de materiales o BOMs (Bill of Materials) de productos que son manufacturados por medio del ensamblado de partes componentes o la desagregación de materias primas no atómicas.

Para una mayor comprensión de las jerarquías propuesta por PRONTO, se considera el caso de una organización encargada del ensamblado de piezas de computadoras. La AH se compone de tres niveles: el nivel de Familia COMPU Laptop, conformada por los miembros del nivel de Conjunto de Variantes (CV) COMPU Inspiración 14z, COMPU Inspiración 1545 y COMPU Inspiración M5030. Podrían nombrarse un gran número CV, pero para explicar las jerarquías de una forma clara y sencilla, sólo se adopta el CV COMPU Inspiración 14z, que a su vez, tiene como miembros Productos concretos, como COMPU Inspiración 14z 2100-SLV. Por su parte, la SH concierne a la información del producto y sus componentes en el proceso de manufactura.

Es decir, la Familia COMPU Laptop se compone de las familias Memoria, Disco Rígido y Procesador. El CV COMPU Inspiración 14z se compone de otros CV: DDR3, HD SATA y Dual Core, que se corresponden a cada Familia. A nivel Producto (COMPU Inspiración 14z 2100SLV) podemos definir otros que lo componen como: DDR3 6Gb 1600MHz, HD 500Gb SATA, Intel Core i3 1.9GHz, siendo miembros respectivamente de los CV. En la figura 4 se representa la familia de producto COMPU Laptop, para una mejor comprensión.

Otro aporte importante de PRONTO, es su capacidad de gestionar restricciones que prevengan estructuras de productos inválidas. Es decir, evita que las órdenes de clientes posean una configuración incorrecta para el producto, en un entorno de gestión de órdenes de manufactura.

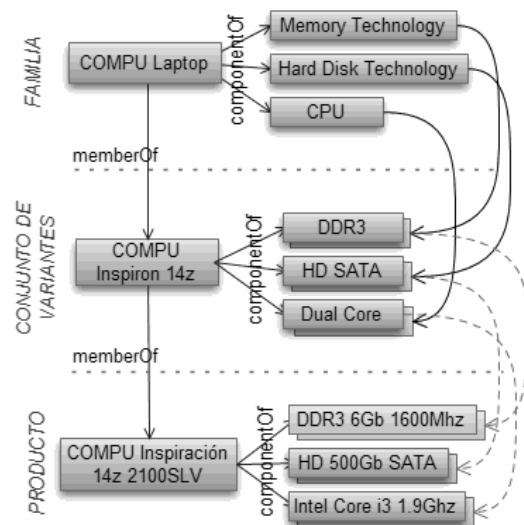


Figura 4. AH y SH para la familia COMPU Laptop.

Este modelo conceptual de la ontología PRONTO fue sometido a un análisis de comparación con el modelo conceptual genérico del estándar ISO15926 en [11], a fin evaluar su compatibilidad. El modelo conceptual de la Parte 2 del estándar ISO15926, se compone actualmente de 201 tipos de entidades para la representación de información. Su organización permitió la representación de tres niveles de abstracción, denominados como: Top, Intermediate y Bottom, los cuales se

mapean con los tres niveles propuestos en la ontología. Las relaciones que representan las jerarquías AH y SH se mapearon a algunas relaciones ya definidas en el modelo y otras a nuevas relaciones que se proponen mediante el mecanismo de extensión que propone el estándar.

Los resultados del análisis fueron efectivos y se concluyó que era posible representar las dos jerarquías, con sus niveles de abstracción y sus relaciones, utilizando el estándar mencionado. Por otra parte, se observó que la ontología PRONTO es capaz de ser utilizada en un entorno de colaboración e interoperabilidad entre aplicaciones a través de un formato de datos neutro y abierto.

4.2 Otras ontologías de productos

Esta sección pretende unificar la ontología PRONTO con otras ontologías a fin de brindar servicios de información de productos, dentro del entorno de la *Cloud Manufacturing*. La propuesta se puede lograr mediante la combinación de redes semánticas, para establecer un vocabulario controlado compuesto de clases y propiedades. Esta combinación es posible por medio de dos estrategias. La primera de ellas se denomina Mapeo de ontologías (“Ontology Matching”) [12] y tiene por objetivo procesar las similitudes semánticas de las entidades de dos ontologías para encontrar correspondencias en los conceptos. De esta forma, el conjunto de información de ambas ontologías, es organizado de tal manera que incluye todos los términos equivalentes para contribuir con la interoperabilidad de ontologías. La segunda estrategia recibe el nombre de fusión de ontologías (“Ontology Merge”), obteniendo como resultado una ontología de mayor contenido conceptual y con un alto nivel de abstracción. Se compone de conceptos genéricos, entre ellos los conceptos y relaciones de las jerarquías introducidas por PRONTO, para describir la información de producto de forma consistente, por medio de un modelo formal.

La aplicación de estas estrategias a la ontología PRONTO y otras ontologías de productos, darán como resultado una red semántica de mayor tamaño y alcance, integrando sus conceptos y relaciones.

El conjunto de redes semánticas están a disposición de la capa de aplicación de la arquitectura de la CM y CC, para recibir, gestionar la información y obtener resultados que sean consistentes, válidos e inmediatos. Así por ejemplo, una aplicación CAD (Computer Aided Design) podría requerir información tanto de medidas estándares para el modelado geométrico de un producto, como especificaciones de la documentación de planos y materias primas. Para acceder a esta información, la aplicación hace uso de la ontología de conceptos genéricos, compuestas de ontologías específicas de cada dominio. Es decir la ontología general podría componerse de: MASON (MANufacturing's Semantics Ontology) [13] una ontología para la estimación de costos de forma automática y la semántica para la fabricación, la ontología OBS (Ontology Based System) [14] utiliza un conocimiento formalizado para soportar el diseño de productos relacionados con los procesos de manufactura, P-PSO [15] una ontología para el control de problemas en la manufactura, PRONTO y muchas otras ontologías, como se muestra en Figura 5. Por medio de las estrategias de fusión y mapeo, se logra brindar servicios de información completa, consistente, de calidad y conforme a lo requerido, inmerso en un entorno de manufactura de productos. La fusión de ontologías requiere atravesar por un conjunto de pasos, tales como: Identificar el objetivo de fusión, validar las ontologías fuentes, seleccionar las herramientas necesarias para la fusión, representar y validar los resultados.

Existen muchas herramientas para llevar a cabo la fusión y mapeo de ontologías, entre ellas Onto-merge, PROMPT, Semantic Matching y HMatch para Protégé.

Dentro de la arquitectura de la CM, la ontología PRONTO, estaría inserta como

un DaaS junto a otras ontologías específicas. Este conjunto de ontologías son empaquetadas como servicios por la capa de virtualización, para ponerlas a disposición de los servicios de las capas superiores (Ver Figura 5). Es decir, la tarea de virtualización puede ser llevada a cabo por sistemas basados en tecnología de agentes, por ejemplo MTConnect [3]. Este es un estándar basado en un protocolo abierto para la integración de datos, introduciendo mejoras en la adquisición de datos de herramientas/ máquinas y brindar apoyo a la CM. El siguiente paso consiste en empaquetar el conjunto de recursos virtualizados por medio de protocolos de descripción de recursos y lenguajes de descripción de servicios, como los lenguajes de ontologías.

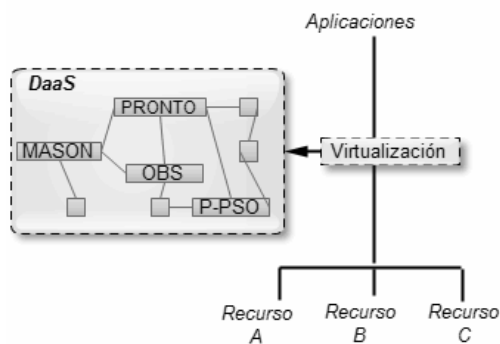


Figura 5. PRONTO en la Arquitectura de CM.

De esta manera, la información proveniente de los servicios SaaS, PaaS, PaaS, podría ser organizada en diferentes niveles de abstracción, incluyendo la representación de procesos de agregación y desagregación de información entre esos niveles de forma consistente, provistos por la ontología de producto. Además, PRONTO contribuye con la gestión de restricciones para la validación de las estructuras de información, durante la configuración de un producto, con el fin de asegurar que los usuarios estén satisfechos.

Las redes semánticas pueden ser gestionadas por herramientas de análisis de redes sociales, teoría de grafos, métodos algebraicos, teorías de estadísticas y probabilísticas, para obtener información detallada sobre flujos de información, la cohesión en los vínculos y las tendencias de

comportamiento en base al número de interacciones entre los nodos participantes.

Con este enfoque, las organizaciones ya no sólo se ocupan de la infraestructura que les ofrece la *Cloud*, sino también empiezan a considerar otros aspectos centrados en la información de la manufactura de sus productos y en los ciclos de vida.

Considerando los modos de despliegue de servicios de la *Cloud*, vistos en la sección 2.1, esta propuesta es independiente a las diferentes configuraciones, es decir se puede aplicar tanto en *Clouds* públicas como privadas, comunitarias o híbridas. El objetivo principal es permitir un servicio de acceso a la información crítica para el negocio, de forma oportuna y amplia.

5. Conclusión y Trabajos Futuros

En el presente artículo se ha desarrollado una revisión del estado de arte de las tecnologías actuales y disponibles en Internet, que emergen de las nuevas economías de información y estructuras organizacionales, para su incorporación en las cadenas de valor que incluyen manufacturas a través de la CM.

La CM, adopta los principios de la CC, desde una perspectiva de negocios, para la manufactura de productos, a través de la virtualización de recursos informáticos distribuidos geográficamente y de aplicaciones.

Por otro lado, se analizó la tecnología de datos enlazados, la cual provee la ventaja de interrelacionar diferentes fuentes de información en un formato homogéneo y por medio de lenguajes de ontologías.

Particularmente, en esta contribución se adopta PRONTO, una ontología de familia de productos, como la proveedora de una representación consistente de información semántica de productos y sus variantes.

La propuesta del artículo se concentra en adaptar las características de PRONTO, para brindar servicios junto a otras ontologías, dentro de un entorno de la *Cloud Manufacturing*. El objetivo principal de la propuesta radica en el intercambio de estructuras de datos consistentes y

controlados entre organizaciones, para cumplir con las configuraciones de los productos solicitados por los usuarios.

Tanto la ontología de productos PRONTO como la CM, ponen el foco en el usuario para satisfacer sus necesidades por medio de los servicios brindados en entornos distribuidos, independientemente de su localización geográfica. Existen un conjunto de beneficios evidentes, pero los mismos están acompañados por un conjunto de problemas por resolver, como ser: la falta de estándares, los aspectos de seguridad y localización de los datos, legislación específica, etc. Estos aspectos deben ser profundizados, para poder contar con un marco legal y organismos que funcionen como fiscalizadores e intermediarios ante eventos ilícitos o de fraude, de manera tal que este nuevo paradigma pueda ser completamente adoptado por la industria.

Además, se desea profundizar en los servicios de PaaS para desarrollar una aplicación, con el fin de aprovechar un conjunto de datos proporcionados por una ontología genérica, obtenida del proceso de fusión de PRONTO con otras ontologías. De esta forma se intentará validar la propuesta y las herramientas suministradas.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado en forma conjunta por CONICET, la ANPCyT (PICT 2315), la UTN (PID 25-O156) y la Universidad Nacional de La Rioja. Se agradece el apoyo brindado por estas instituciones.

Referencias

- [1] Vegetti, M., Leone, H., Henning, G. PRONTO: An ontology for comprehensive and consistent representation of product information. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 24 (8), pp. 1305-1327. (2011)
- [2] Ballejos L., Montagna M. Identifying Interorganisational Network. *Int. J. Networking and Virtual Organisations*, Vol. 7, No. 1, 2010. (2010)
- [3] Xun X. From Cloud Computing to Cloud Manufacturing. Department of Mechanical Engineering, University of Auckland, Auckland 1142, New Zealand. (2011)
- [4] Curry E., O'Donnell J., Corry E., Hasan S., Keane M., O'Riain S.. Linking Building Data in the Cloud: Integrating Cross-Domain Building Data

Using Linked Data. *Advances Engineering Informatics*. (2012)

[5] Maciá Pérez F., Berná Martínez J., Jorquera D., Fonseca I., Ferrándiz Colmeiro A. Cloud Agile Manufacturing. *International Journal of Advanced Science and Technology*. Vol. 45. (2012)

[6] Bradger L., Grance T., Patt-Corner R., Voas J. Cloud Computing Synopsis and Recommendations. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology. Special Publication 800-146. (2012)

[7] Wu D, Greer M., Rosen D., Schaefer D. Cloud manufacturing: Strategic vision and state-of-the-art. *J Manuf Syst.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmsy.2013.04.008>. (2013)

[8] Graube M., Pfeffer J., Ziegler J., Urbas L. Linked Data as integrating technology for industrial data. *International Conference on Network-Based Information System*. (2011).

[9] M. Hepp, "eCl@ssOWL. The Products and Services Ontology," available at <http://www.heppnetz.de/eclassowl>. (2007)

[10] Batres R., West M., Leal D., Proce D., Masaki K., Shimada Y., Fuchino T., Naka Y. An Upper Ontology based on ISO 15926. (2006)

[11] Sonzini S., Vegetti M., Leone H. Modelo Conceptual para la Integración de PRONTO con el estándar ISO 15926. 42° Jornadas Argentina de Informática. Artículo en Prensa. (2013)

[12] Euzenat J., Shvaiko P. *Ontology Matching*. Department of Information and Communication Technology. University of Trento. ISBN 978-3-540-49611-3 Springer Berlin Heidelberg New York. (2007)

[13] Lemaignan S., Siadat A., Dantan J., Semenenko A. MASON: A Proposal For An Ontology Of Manufacturing Domain. *IEEE Workshop On Distributed Intelligent Systems: Collective Intelligence and Its Applications* (2006).

[14] Giovannini A., Aubry A., Panetto H., Dassisti M., El Haouz H. Ontology-Based System for supporting Manufacturing Sustainability. *Annual Reviews in Control* 36, 2. (2012)

[15] Garetti M., Fumagalli L. P-PSO Ontology for Manufacturing Systems Information Control Problems in Manufacturing, Volume 14. *Manufacturing System Engineering*. (2012)

Datos de Contacto

*Sonzini, Soledad. INGAR Instituto de Desarrollo y Diseño. Avellaneda 3657, C.P.3000, Santa Fe. Universidad Nacional de La Rioja, La Rioja, Argentina. E-mail: ssonzini@santafe-conciat.gob.ar.
Vegetti, Marcela. INGAR Instituto de Desarrollo y Diseño. Avellaneda 3657, C.P.3000, Santa Fe, Argentina. E-mail: mvegetti@santafe-conciat.gob.ar
Leone, Horacio. INGAR Instituto de Desarrollo y Diseño. Avellaneda 3657, C.P.3000, Santa Fe, Argentina. E-mail: hleone@santafe-conciat.gob.ar.*