

UN MODELO DE SISTEMA COLABORATIVO SUPERVISADO PARA LA GESTIÓN DOCUMENTAL

Félix Oscar Fernández Peña*¹, Steve Willmott**², Alejandro Rosete Suárez*³

*Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría, Cuba.

** Universidad Politécnica de Cataluña, España.

RESUMEN

El propio desarrollo de las TIC ha abierto un abismo entre los procesos de cómputo y el gran volumen de información disponible; las instituciones urgen contar con herramientas para la gestión del conocimiento que propicien la colaboración y garanticen la calidad del servicio. En este sentido, los servicios web se destacan por el apoyo que reciben de la industria; sin embargo, la robustez de las aplicaciones distribuidas basadas en servicios web es aún un problema a resolver. Este trabajo propone adaptar los principios de monitorización de Sistemas Multi-Agentes basados en contratos electrónicos en la supervisión de los procesos de gestión documental que colaboran entre sí a través de mensajes SOAP, y utilizar la capacidad descriptiva de OWL como lenguaje de descripción semántica formal para dotar de una mayor autonomía a los procesos. Como resultado, se definió un modelo de Sistema CoLabOrativo Supervisado (*SICLOS*), basado en la gestión semántica de documentos y acciones, supervisado desde una perspectiva global. La propuesta logra un impacto en el control de los procesos dinámicos de interacción, y por tanto en la gestión del conocimiento, lo que se evalúa en este artículo.

ABSTRACT

The development of ICT has created a gap between computing processes and the huge volume of available information. Institutions need tools for knowledge management in collaborative environments and these tools should guarantee certain level of quality of service. By other hand, Web services are to become in the industry standard for interoperability but they are far away of providing the required robustness level. This paper proposes to adapt the MAS principles of electronic contracting at supervising knowledge management processes for knowledge sharing using web services, and to apply the descriptive capacity of OWL, as a formal semantic language in order to improve the autonomy of underneath computing processes. A SupervIsed CoLlabOrative System model (*SICLOS*) was defined –supervised from a global perspective, based on the semantic management of actions and resources. Dynamic processes control is improved and thereby, the knowledge management service. In this paper, the achieved results are discussed.

KEY WORDS: Knowledge management, quality of service, semantic, electronic contract, multi-agent systems, SOAP.

MSC 68M14

1 INTRODUCCIÓN

Las instituciones necesitan contar con herramientas para la gestión del conocimiento que propicien la colaboración al mismo tiempo que capturen, representen e interpreten las fuentes de conocimiento disponibles –Davies et al. (2002). En el año 2004, Tom Gross proponía, en su artículo “Towards Cooperative Knowledge Management”, ver la gestión del conocimiento como un proceso dinámico de interacción entre expertos, haciendo hincapié en la necesidad de fortalecer las capacidades de colaboración de las comunidades –Gross (2004).

En el contexto cubano, según expresara Carlos Lage en el discurso de clausura del Seminario Nacional de Internet el 17 de junio de 1996 “... el desarrollo de las redes internacionales de comunicación, unido a la disponibilidad casi instantánea de información, ha provocado que los mercados de bienes y servicios no estén limitados por las fronteras entre los países... se trata de una economía del conocimiento porque aumenta éste en el contenido de los productos y servicios. De ahí la conclusión esencial de que hoy día el activo fundamental de cualquier empresa es el conocimiento de sus trabajadores y directivos” -Lage (1996). Esta voluntad política describe la impostergable necesidad de impulsar el desarrollo de mecanismos que faciliten la gestión del conocimiento basada en los repositorios de información accesibles a nivel global, y en específico Internet, en función de los intereses específicos de las instituciones.

E-mail: ¹felix@ceis.cujae.edu.cu

²steve@lsi.upc.es

³rosete@ceis.cujae.edu.cu

Sin embargo, el propio desarrollo exponencial en este medio ha abierto un abismo entre las herramientas de gestión (procesos de cómputo) y el gran volumen de información (recursos informacionales) disponible, puesto que la información es mantenida en forma entendible solo por los seres humanos. Según Castell **et al.** (2002), el acceso a fuentes de datos con estructuras de organización limitadas continúa siendo la restricción fundamental de las implementaciones de estrategias de gestión del conocimiento existentes. En su artículo, Gross identifica dos áreas fundamentales en la definición de este tipo de sistemas colaborativos; estas son 1) la combinación de la gestión del conocimiento y la recuperación de información, y 2) el soporte a la cooperación para el control y distribución de la información –Gross (2004).

Por su parte, Jacques Calmet considera que, al tratarse de un paradigma computacional distribuido, los Sistemas Multi-Agentes (SMA) son una propuesta válida para tratar la gestión del conocimiento corporativa como en Chen **et al.** (2000) a pesar de que el nivel de abstracción de las implementaciones es insuficiente y el alcance del conocimiento disponible no es apropiado – Maret **et al.** (2004). Entre las iniciativas de los SMA está la de Dignum (2004), quien propone limitar el comportamiento autónomo de las partes que conforman una organización electrónica a través del establecimiento de metas comunes y normas de comportamiento.

Sin embargo, su propuesta específica los elementos de una organización de agentes pero no incluye la especificación de las partes que cooperan entre sí, por lo que no se pueden definir mecanismos de verificación y traza para medir y garantizar una calidad de servicio dada; de hecho, Dignum **et al.** (2005) han identificado la importancia de estudiar la congruencia existente entre estructuras organizacionales, problemas y requerimientos.

Como resultado del estudio realizado, se constató la no existencia de un modelo de gestión documental que combine tres características que, de una forma u otra se han considerado fundamentales para mejorar la gestión del conocimiento en ambientes colaborativos. Estas son:

1. La descripción semántica explícita de documentos y acciones – Berners-Lee **et al.** (2001) - necesaria para que los procesos sean capaces de procesar la información en función de intereses cambiantes de los usuarios en una forma flexible y robusta.
2. La definición de una política global que norme el comportamiento de las partes interactuantes, en lo que han trabajado Esteva (2003), Vázquez (2003), Dignum (2004), Maret **et al.** (2004), Vázquez **et al.** (2005), entre otros.
3. La estructuración de un mecanismo de control del comportamiento que garantice la robustez de la aplicación distribuida, en lo que han trabajado Chiu **et al.** (2003), Andrieux **et al.** (2004), Dignum (2004), entre otros.

El objetivo fundamental de este trabajo es la definición de un modelo de sistema colaborativo supervisado para la gestión documental, basado en servicios web, y que tenga estas tres características. Con esto se pretende garantizar la monitorización del flujo de información de forma flexible y robusta. Se tomó como punto de partida la existencia de los lenguajes para la especificación de contratos electrónicos propuestos por Ludwig **et al.** (2003) y Andrieux **et al.** (2004), la arquitectura tres capas para el desarrollo de aplicaciones distribuidas basadas en contratos propuesta por Chiu **et al.** (2003), la arquitectura para la creación y monitoreo de contratos WS-Agreement de Ludwig **et al.** (2004), y la capacidad descriptiva de OWL como lenguaje de descripción semántica formal (ver sección 2).

Se propone utilizar el lenguaje OWL en la gestión semántica de documentos y acciones en un sistema de gestión documental (sección 3.1) y la estructuración de contratos electrónicos utilizando las propuestas de Ludwig **et al.** (2003) y Andrieux **et al.** (2004). Sobre la base de la descripción semántica explícita y la definición formal de contratos de colaboración se estructura el modelo de sistema colaborativo supervisado (sección 3.2). La propuesta está basada en los resultados de investigación alcanzados en contratación electrónica en sistemas multi-agentes, y tiene en cuenta la problemática que enfrenta la comunidad de servicios web para garantizar la robustez de las aplicaciones distribuidas basadas en esta tecnología, buscando además flexibilidad en la solución computacional propuesta para la gestión documental.

2. DESCRIPCIÓN SEMÁNTICA E INTEROPERABILIDAD DE PROCESOS

Un *Sistema de Gestión Documental* es un sistema computacional para la Gestión del Conocimiento utilizado para controlar y almacenar documentos electrónicos y/o imágenes de documentos originalmente en copia dura. El término tiene cierto solapamiento con el de Sistemas de Gestión de Contenidos, relacionado con la gestión de recursos digitales, que tiene que ver con la recuperación, anotación, catálogo, almacenamiento y asimilación de material digital, según Fensel (2001).

Maret et al. (2004) defienden el criterio de que la gestión del conocimiento vista como un proceso centralizado va en contra de la propia naturaleza del conocimiento, que consideran subjetiva, distribuida y contextual. La noción de conocimiento corporativo que defienden asume la gestión del conocimiento disponible en un SMA en función de la cooperación entre los agentes para lograr sus metas. Esto provee el enlace entre el conocimiento corporativo y Comunidad de Conocimiento Virtual (CCV), concepto que definen como el medio a través del cual los agentes comparten conocimiento sobre un tema determinado. Otros autores proponen un nivel superior de abstracción de las relaciones en un ambiente de colaboración como instituciones electrónicas – Esteva (2003), Vázquez (2003).

El beneficio de una institución reside en su potencial para legitimar y asegurar el comportamiento de las partes relacionadas en un escenario determinado en función del rol que lleva a cabo y las normas que hayan sido establecidas y permiten, según Dignum (2004), describir las normas generales del contexto, especificar la estructura de coordinación utilizada a nivel global, describir los mecanismos utilizados para el intercambio, determinar las formas de interacción y comunicación válidas para conformar los mecanismos de intercambio, y regular la interacción entre las partes involucradas en el contexto de la institución.

En sistemas a gran escala basados en servicios web, un cliente debe ser capaz de establecer acuerdos de calidad de servicio a recibir que describan las condiciones que se aplican a la ejecución de las actividades pactadas (obligaciones de las partes y penalizaciones a aplicar por incumplimiento de las condiciones), lo que en la comunidad de Grid Computing se ha formalizado a través de los Acuerdos de Nivel de Servicio (SLA, del inglés Service Level Agreement) – Ludwig et al. (2003), Andrieux et al. (2004), Ludwig et al. (2004). Un SLA es definido como el resultado documentado de una negociación entre un consumidor y un proveedor de servicio que especifica niveles de accesibilidad, usabilidad, desempeño, operabilidad u otros atributos. Desde el punto de vista de la contratación de servicios, Keller et al. (2002) consideran que este especifica una garantía de calidad de servicio y las acciones de compensación en caso de violación

Existe un consenso generalizado de la necesidad de establecer un nivel de abstracción mayor en la especificación de las reglas que rigen la calidad de servicio asociada a la interoperabilidad entre las partes involucradas en la ejecución de las actividades que garantizan la prestación de determinado servicio, ya sea simple o compuesto –Bloehdorn et al. (2006), Castells et al. (2007), Dobson et al. (2006). La especificación de acuerdos de contratos que reflejen la relación existente entre las partes desde un punto de vista global es una propuesta que está acaparando la atención –Keller et al. (2002), Keller et al. (2003), Ludwig et al. (2003), Ye et al. (2004), Molina et al. (2004), Dan et al. (2004), Ludwig et al. (2006).

Los contratos electrónicos son considerados como un mecanismo poderoso de coordinación de los sistemas distribuidos - Dan et al. (2004). En el trabajo de Marjanovic et al. (2001) y Milosevic et al. (2002), un contrato es definido informalmente como un conjunto de políticas que especifican restricciones en términos de permisos, prohibiciones y obligaciones para los roles involucrados en el contrato. Formalmente, cada restricción es especificada en lógica deóntica, lo que permite establecer los permisos, prohibiciones, obligaciones, acciones, y condiciones –temporales y no temporales– que determinado rol necesita satisfacer para garantizar determinado comportamiento.

Molina destaca que los componentes para la monitorización de los SLAs son proveídos frecuentemente por terceras partes para asegurar que los resultados sean confiables tanto para el proveedor como para el consumidor – Molina et al. (2004). Por su parte, Chun et al. (2004) proponen un mecanismo para la administración de confiabilidad y contabilidad de procesos distribuidos colaborativos (confederados) pero en el que, a diferencia de la propuesta de Molina, existen un conjunto de colectores de métricas asociados con cada usuario activo para recoger trazas del funcionamiento del sistema que envía a un módulo central encargado de evaluar el comportamiento de los usuarios y alertar sobre la existencia de anomalías. El objetivo es asegurarse que no se haga un mal uso de los recursos de forma intencionada o accidentalmente por parte de los usuarios del sistema.

El uso de un lenguaje de comunicación de agentes garantiza la descripción semántica explícita de la intención de cada mensaje, lo que tiene implicaciones sobre la gestión de la calidad de servicio a través del monitoreo de las acciones llevadas a cabo. Por ejemplo, Parunak (2003) propuso la medición de la correlación de los agentes según una medida de cantidad de información común basado en la descripción explícita de las acciones de los agentes.

En 1993, ya se hacía referencia a iniciativas para el uso de ontologías formales como forma para especificar acuerdos de contenido específico para compartir y reutilizar el conocimiento entre entidades de software – Gruber (1993a). La definición más citada de ontología es la dada por Tom Gruber, quien la describe como “una especificación explícita de una conceptualización compartida” – Gruber (1993b). Un lenguaje de ontologías es un lenguaje formal, procesable por las máquinas, diseñado para la definición y representación de ontologías – Fensel (2001). En la actualidad, el lenguaje semántico por excelencia es el Lenguaje de Ontologías Web (OWL, del inglés Web Ontology Language).

Las ontologías constituyen un esquema de bases de datos con la ventaja de que los cambios y combinaciones de esquemas de datos se realizan de forma más sencilla y permiten la interpretación dinámica de los datos de forma automática –Antoniou **et al.** (2004) –; son un tipo específico de base de conocimiento que puede ser utilizada según Davies (2003) para:

- La búsqueda semántica y como herramienta de navegación y visualización.
- La generación de información expresada en lenguaje natural a partir de bases de conocimiento formales (ontológicas): generación de lenguaje natural.
- La distribución inteligente de información a múltiples requerimientos de información de usuarios finales (con independencia de los dispositivos utilizados).

Las descripciones semánticas pueden ser aplicadas a procesos. Cuando la funcionalidad y el contexto de un servicio son descritos semánticamente, la implicación de dicho servicio puede ser entendible de forma automática para otros procesos, lo que lo hace más accesible en su entorno de aplicación – Martin (2004). La anotación semántica de los recursos informacionales en sistemas de gestión ha tenido resultados para entornos de aplicación cerrados – Hyvönen **et al.** (2004). Tal iniciativa garantiza una homogeneidad en el mecanismo de clasificación de los recursos facilitando la colaboración entre los nodos del sistema.

3. PROPUESTA DE MODELO DE SISTEMA COLABORATIVO SUPERVISADO

Este trabajo propone un modelo de **SIstema CoLabOrativo Supervisado (SICLOS)** para el desarrollo de sistemas distribuidos compuestos por un conjunto n de servicios web (nodos del sistema) dedicados a la gestión documental. El modelo tiene dos niveles de aplicación:

1. La gestión semántica de los recursos y los procesos de gestión documental.
2. La monitorización del funcionamiento de una aplicación de gestión documental desde una perspectiva global.

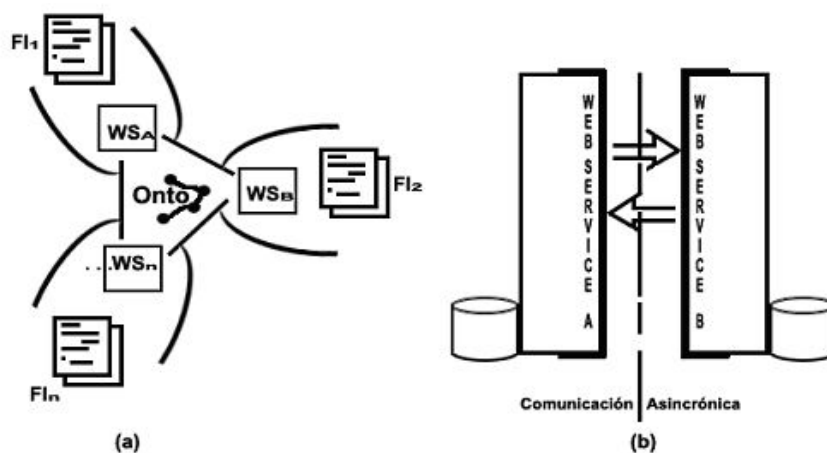


Figura 1. Estructura Funcional de un SICLOS

3.1 Gestión Semántica de los Documentos y los Procesos

Se establece que cada servicio provee una interfaz a través de la cual recibe solicitudes de documentos descritos semánticamente con términos asociados a una ontología Onto, y otra que le permite recibir documentos provenientes de otros nodos del sistema. La respuesta a las solicitudes de información está en función de la disponibilidad de fuentes documentales FI que tenga el nodo en cuestión y de la política de servicio que siga. La figura 1 constituye una representación gráfica de la composición del sistema.

La descripción semántica de los documentos se utiliza en la interfaz de usuario de la gestión documental. La figura 2 muestra la interfaz de usuario de un servicio de noticia distribuido implementado como sistema de gestión documental que responde a los principios del modelo propuesto. En la parte izquierda de dicha interfaz se muestra una estructura arbórea de navegación, que se genera dinámicamente a partir de la ontología de dominio creada como medio de descripción semántica del dominio del conocimiento que se gestiona (representada como Onto en figura 1). Esta estructura arbórea se utiliza como mecanismo de navegación a través de los recursos de información que provee el sistema. Para un descriptor semántico que el usuario selecciona (Sistema Operativo Windows en este caso) se despliega una caja dinámica que provee una definición del término y describe las propiedades que lo relacionan semánticamente con otros descriptores (en este caso desarrollado por). En la parte central de la aplicación se muestran las noticias relacionadas, y en la parte derecha noticias recomendadas por su relación semántica con el término en cuestión. De esta forma, se provee un servicio documental con un valor agregado, que facilita el acceso a la información.



Figura 2. Interfaz de Usuario de Servicio de Noticias.

Como parte del contenido de los mensajes, se incluye la descripción explícita de la intención del emisor según propuesta de los autores publicada por Willmott (2005), y el control de trazas de la comunicación entre los nodos del sistema además de la descripción semántica explícita de los documentos que se intercambian según Fernández (2006b). Para garantizar la determinación del significado de la descripción semántica se ha utilizado la especificación del lenguaje de comunicación de agentes de la especificación FIPA que fue traducida a un conjunto de ontologías de lenguaje que se utilizan en la descripción de cada mensaje –Willmott (2005). Su definición permite reconocer de forma unívoca la intención de cada mensaje porque el mismo se encabeza con un descriptor de dicha ontología. Por ejemplo, el contenido de un mensaje SOAP de solicitud de información respecto a un descriptor definido se identifica como un mensaje request, mientras que uno con la intención de informar sobre algo de lo que se considera que el destinatario desconoce está encabezado por un descriptor inform.

Para evaluar la calidad del servicio de colaboración se utilizan métricas de disponibilidad de servicio, tiempo de respuesta, y rendimiento -propuestas por Ludwig (2003)- además de las definidas previamente –ver Fernández **et al.**

(2006a) (2006b) (2007a)-. Estas métricas, basadas en la teoría de la información, permiten establecer una medida de la calidad del flujo de información. A partir de la monitorización de los mensajes de solicitud de información request, los de envío de recursos informacionales inform y de los recursos de que dispone el sistema, las métricas permiten medir el comportamiento por descriptor semántico (métricas de cantidad de información) o el desorden para todos los descriptores utilizados en el sistema (métricas de entropía). Por ejemplo, la métrica $I(F_{SiNj})$ se definió para medir la cantidad de información que aporta un mensaje inform a un nodo determinado, y $H(F)$ para evaluar en qué grado se colabora en el ámbito de todos los descriptores semánticos utilizados (valor de entropía), según se formaliza a continuación.

$$I(F_{SiNj}) = - \log (|F_{SiNj}| / |F_{Ni}|) \quad (3.1)$$

$$H(F) = \sum_{i=1}^s (p(F_{Si}) I(F_{Si})) : p(F_{Si}) = \frac{|F_{Si}|}{|F|} \quad (3.2)$$

Donde:

S_i : Descriptor semántico específico a evaluar.

N_j : Nodo específico del sistema.

F : Mensajes inform.

$|F_{SiNj}|$: Cantidad de mensajes inform con descriptor semántico S_i enviados al nodo N_j .

$I(F_{SiNj})$: Cantidad de información que aporta un mensaje inform con descriptor semántico S_i al nodo N_j .

$p(S_i)$: Probabilidad de que el mensaje inform sea de la semántica S_i .

$|F_{Ni}|$: Cantidad de mensajes inform enviados al nodo N_j .

$H(F)$: Entropía de los mensajes inform del sistema.

La definición de estas métricas para el control del flujo de información permite normar la estrategia de colaboración del sistema de gestión documental en que se utilice el modelo que se propone. Por ejemplo, a través de la métrica de cantidad de información $I(F_{SiNj})$ se puede conocer en qué medida el intercambio de documentos se corresponde con una temática determinada (identificada por el descriptor semántico S_i), mientras que con la métrica de entropía $H(F)$ es posible determinar en qué grado el sistema garantiza la gestión documental en el contexto informacional en que se explota, categorizado según los descriptores semánticos utilizados. La especificación de dichas normas es fundamental para la monitorización de un *SICLOS* como modelo para la gestión documental.

3.2. Monitorización de un *SICLOS*

La abstracción del funcionamiento de un *SICLOS* a través de la especificación de contratos que regulan la colaboración entre las partes facilita la adaptación del modelo a entornos diversos, y la evolución de la aplicación en función de la dinámica de los procesos de gestión del conocimiento en los que está involucrada. Si bien, los contratos permiten especificar un acuerdo con carácter finito, que expresa el dinamismo de la interacción entre diferentes servicios informacionales, existe un conjunto de reglas, relativamente estáticas, asociadas a permisos, prohibiciones y obligaciones (normas) de la institución que hace uso del *SICLOS* que es importante diferenciar.

Se propone tener en cuenta un nivel de abstracción superior en la especificación de un *SICLOS*, específicamente la formalización de la institución electrónica que ampara la colaboración entre los servicios de recuperación de información, lo que se traduce en un contrato institucional, definido como aquel contrato que representa a la institución como entidad viva y funcional, y en cuyo contexto, un conjunto de entidades fungen roles determinados en la gestión documental.

Dicho contrato establece cuáles son los roles desempeñados, qué normas se establecen para la comunicación entre ellos, cuáles son los principios de interacción y negociación de condiciones, y qué restricciones se aplican al establecimiento de contratos de colaboración entre los servicios documentales. Por ejemplo, es posible que en un contexto determinado del funcionamiento de un *SICLOS* se institucionalice que no se establezcan más de dos contratos por proveedor de información, lo que implicaría incluir una regla en el contrato institucional del *SICLOS*. Un aspecto fundamental en la propuesta es la capacidad de monitorización que se logra a través de la caracterización del dominio del conocimiento del contexto de la aplicación utilizando una ontología como vocabulario compartido entre los procesos del sistema, lo que garantiza un entendimiento común en los diferentes niveles de especificación de calidad de servicio de la aplicación.

Para establecer las reglas de colaboración específicas entre nodos del sistema se establecen contratos de colaboración, cuya reglamentación extiende la establecida en el contrato institucional. De esta forma, es posible normar el funcionamiento del sistema desde un punto de vista global y permitir la negociación y establecimiento de relaciones de colaboración en función de los intereses de cada una de las partes involucradas. La especificación formal de la configuración de la institución electrónica de un *SICLOS* describe:

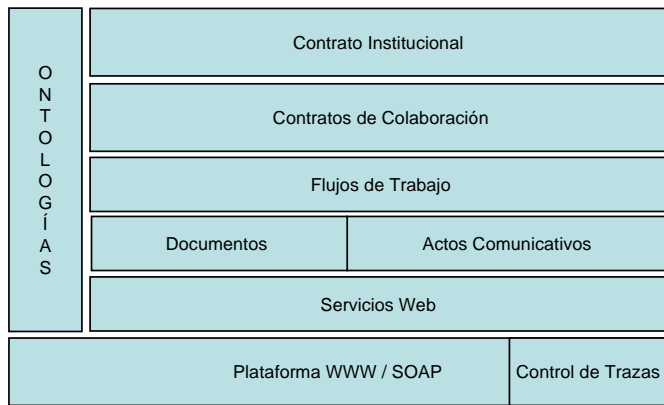


Figura 3. Arquitectura en Capas de un SICLOS.

1. Las normas de colaboración.
2. Los esquemas de comunicación válidos.
3. Las penalizaciones que se aplican por el incumplimiento de las actividades asociadas al funcionamiento correcto en el SICLOS según el rol que se desempeña.

3.2.1. Arquitectura de un SICLOS

La figura 3 ilustra la arquitectura en capas del funcionamiento de un SICLOS, como modelo para la gestión documental supervisada. Dicha

arquitectura está concebida sobre la base de cuatro vistas que describen la interoperación entre las múltiples partes que interactúan en el marco del ciclo de vida de un contrato; estas son:

1. **Vista de roles.** Describe los roles de las partes que interactúan.
2. **Vista del meta-modelo de un contrato.** Describe los componentes que conforman la especificación de un *acuerdo de contrato*.
3. **Vista del ciclo de vida de un contrato.** Describe los diferentes estados por los que transcurre un contrato según la perspectiva de la ejecución de la aplicación distribuida que lo utiliza.
4. **Vista de comunicación.** Describe las secuencias de interacción y el procesamiento de los mensajes.

Vista de Roles

La vista de roles identifica las partes que interactúan durante el ciclo de vida de un contrato en la capa de monitorización de la ejecución de un SICLOS. La figura 4 muestra esta interacción. Cada rol representado será instanciado teniendo en cuenta las particularidades de cada aplicación en específico.

PARTE FIRMANTE. Servicio web que acuerda proveer o consumir determinado servicio con el amparo de un contrato. Los mensajes que cada parte firmante envía se registran a través de la plataforma de ejecución.

CONSUMIDOR. Parte firmante que acuerda consumir determinado servicio con el amparo de un contrato.

PROVEEDOR. Parte firmante que acuerda proveer determinado servicio con el amparo de un contrato.

REPOSITORIO DE CONTRATOS. Colección de documentos, cada uno de los cuales contiene la especificación de un contrato a partir de la definición de un acuerdo entre todas las partes involucradas en su especificación.

TERCERA PARTE. Servicio web que no está involucrado en la ejecución de las actividades contratadas, sino que forma parte de los servicios de monitorización del contrato.

NOTARIO. Servicio web tercera parte responsable de la administración de contratos; mantiene el control del ciclo de vida de estos hasta que son finalizados por solicitud de alguna de las partes o por dispararse un evento de finalización; solicita al servicio web árbitro la verificación del cumplimiento de las obligaciones de las partes firmantes de cada contrato a partir de que este es aceptado por las partes firmantes.

ÁRBITRO. Monitorea la ejecución de las acciones asociadas al contrato asignado a este servicio web por el notario. Solicita al servicio web evaluador la evaluación de las condiciones del contrato y en función de la respuesta recibida decide qué actividades de penalización, recompensa y/o finalización llevar a cabo.

EVALUADOR. Servicio web tercera parte encargado de evaluar las condiciones de los contratos. Solicita la medición de las métricas que estén involucradas en la definición de las condiciones de los contratos al servicio web medidor.

MEDIDOR. Servicio web tercera parte especializado en la medición de métricas de calidad de servicio asociadas a las actividades desarrolladas con el amparo de un contrato. Para ello utiliza la bitácora de eventos que se gestiona por la plataforma de ejecución.

BITÁCORA DE EVENTOS. Las partes firmantes de cada contrato registran las actividades desarrolladas dejando una traza de su funcionamiento, que es monitoreada por los servicios de medición de calidad de servicio.

Vista del Meta-modelo de un Contrato

La vista del meta-modelo de un contrato describe la estructura contractual que propone el modelo *SICLOS*. La figura 5 representa los componentes utilizados como base para la especificación de un contrato y los tipos de contratos incluidos en la definición del modelo *SICLOS*. Como consecuencia del estudio comparativo de los lenguajes de especificación de contratos realizado en Fernández (2007b), se decidió utilizar la especificación WSLA propuesta por Ludwig et al. (2003) e incluir la especificación del contexto de un contrato propuesta por Andrieux et al. (2004). Los conceptos involucrados en la especificación del contrato se corresponden con la definición existente en las especificaciones utilizadas como punto de partida –ver Ludwig et al. (2003) y Andrieux et al.

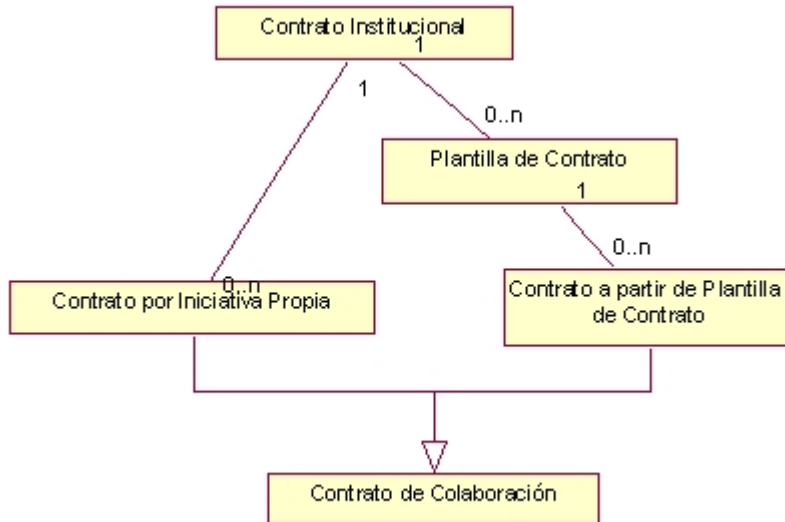


Figura 5. Estructura contractual de un *SICLOS*.

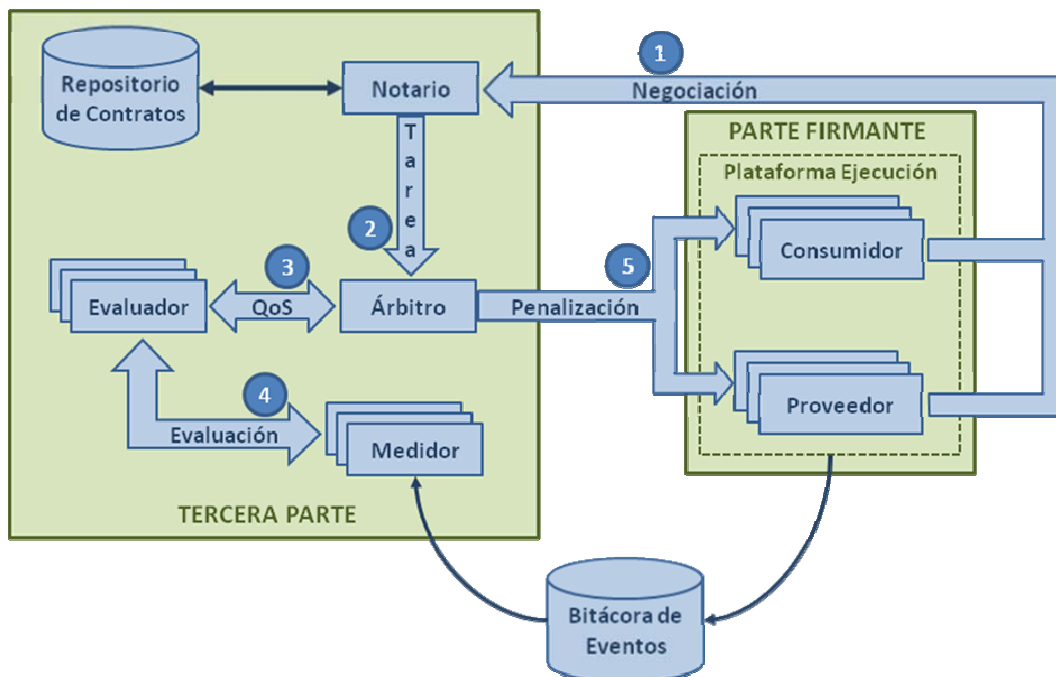


Figura 4. Vista de Roles de la Capa de Monitorización de un *SICLOS*.

(2004). A continuación se describen los componentes de la vista del meta-modelo de un contrato.

CONTRATO INSTITUCIONAL. Fija las normas que caracterizan un *SICLOS* como institución electrónica y define los límites de flexibilidad del modelo (otros contratos mantienen o hacen más fuertes las restricciones que este contrato establece).

PLANTILLA DE CONTRATO. Especifica un conjunto de condiciones de creación de un contrato tipo; se utiliza para prescribir contratos tipo validos en el contexto de un *SICLOS*.

CONTRATO DE COLABORACIÓN. Contrato específico, que teniendo en cuenta las normas establecidas por el contrato institucional, responde a los intereses de colaboración particulares. Los casos particulares de este tipo de contrato son los contratos por iniciativa propia y los contratos a partir de plantilla de contrato.

CONTRATO POR INICIATIVA PROPIA. Contrato de colaboración que se define en el marco del contrato institucional que extiende.

CONTRATO A PARTIR DE PLANTILLA DE CONTRATO. Contrato de colaboración que se define a partir de una plantilla de contrato preestablecida.

La definición del meta-modelo de *SICLOS* propone la especificación de contratos entre múltiples partes, teniendo en cuenta que dicha propuesta tiene sentido tanto para los contratos institucionales como para contratos de colaboración. Esto implicó una modificación en el esquema del modelo que permita la declaración explícita de n partes proveedoras y/o consumidoras de servicio puesto que las especificaciones tomadas como base solo permiten especificar contratos bilaterales.

Vista del Ciclo de Vida de un Contrato

Para la definición del ciclo de vida de un contrato en el modelo *SICLOS* (ver figura 6) se tuvo en cuenta la propuesta de ciclo de contrato electrónico definido por Chiu et al. (2003).

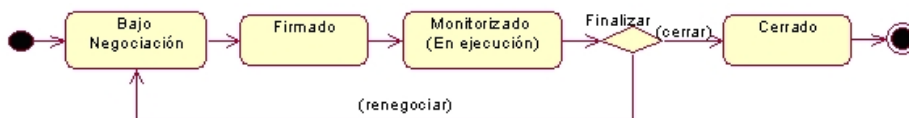


Figura 6. Ciclo de Vida de un Contrato.

BAJO_NEGOCIACIÓN. Las partes firmantes interactúan para proponer condiciones que refinan el contrato a establecer entre ellas. Las interacciones pueden ocurrir directamente entre proveedores y consumidores de servicios o a través de un servicio web notario que funciona como pivote para el descubrimiento de posibles proveedores y/o consumidores en función de las propuestas de las partes.

FIRMADO. El contrato aceptado por las partes firmantes es registrado por el servicio web notario.

MONITORIZADO. Una vez que el contrato es firmado, pasa automáticamente a ser monitorizado por un servicio web árbitro que, en función de las reglas y eventos definidos en el contrato, ejecuta acciones de supervisión del funcionamiento del sistema.

CERRADO. Tras haber sido solicitada la cancelación de un contrato por una de las partes firmantes (o se dispare un evento de cierre de contrato), se evalúan las condiciones, se aplican las penalizaciones pertinentes y se actualiza el estado del contrato por el notario a contrato cerrado. Un contrato en este estado es referenciado por contratos posteriores que estén relacionados con su especificación y puede ser utilizado para la definición de plantillas de contratos, además de para estudios históricos de funcionamiento.

Además de estos estados, existe un estado abstracto, que coincide funcionalmente con el estado bajo negociación, y que es el estado EN RE-NEGOCIACIÓN, que se alcanza cuando una de las partes solicita la renegociación de un contrato que está siendo monitorizado. Esto se traduce en pasar el contrato a estado cerrado y tomar su especificación como plantilla para negociar un nuevo contrato.

Vista de Comunicación

La vista de comunicación (ver figura 7) representa la estructuración de los procesos tecnológicos fundamentales en el desarrollo de una aplicación basada en el modelo *SICLOS*.

CAPA DE NEGOCIACIÓN. Agrupa los procesos asociados a los estados de en negociación y firmado del ciclo de vida de un contrato. El grado de automatización de esta capa en un *SICLOS* depende de las capacidades instaladas en

cada nodo y de los intereses de sus usuarios. Los procesos involucrados permiten definir las garantías y penalizaciones asociadas al incumplimiento del servicio documental involucrado. Finalmente se registra el acuerdo de contrato a través del servicio web notario.

CAPA DE EJECUCIÓN. Describe las acciones que las partes firmantes ejecutan (amparadas por la especificación de un contrato). Las acciones de ejecución incluyen también aquellas que se invocan desde la capa de monitorización para la adaptación de la aplicación a condiciones cambiantes (y que responden a los requerimientos de flexibilidad del modelo) o que atentan contra la robustez del sistema. Por ejemplo, dado que un nodo proveedor incumpla sus obligaciones en un contrato, el servicio web árbitro activaría la ejecución de otro servicio proveedor disponible (de estar concebido de esta forma en la especificación del contrato) para garantizar la robustez de la aplicación.

CAPA DE MONITORIZACIÓN. Agrupa los procesos asociados al estado de monitorizado del ciclo de vida de un contrato, que tienen lugar mientras se ejecutan los servicios documentales correspondientes. Esta capa es la encargada de controlar la robustez de la aplicación al mismo tiempo de que se garantiza su adaptación flexible a condiciones cambiantes de ejecución.

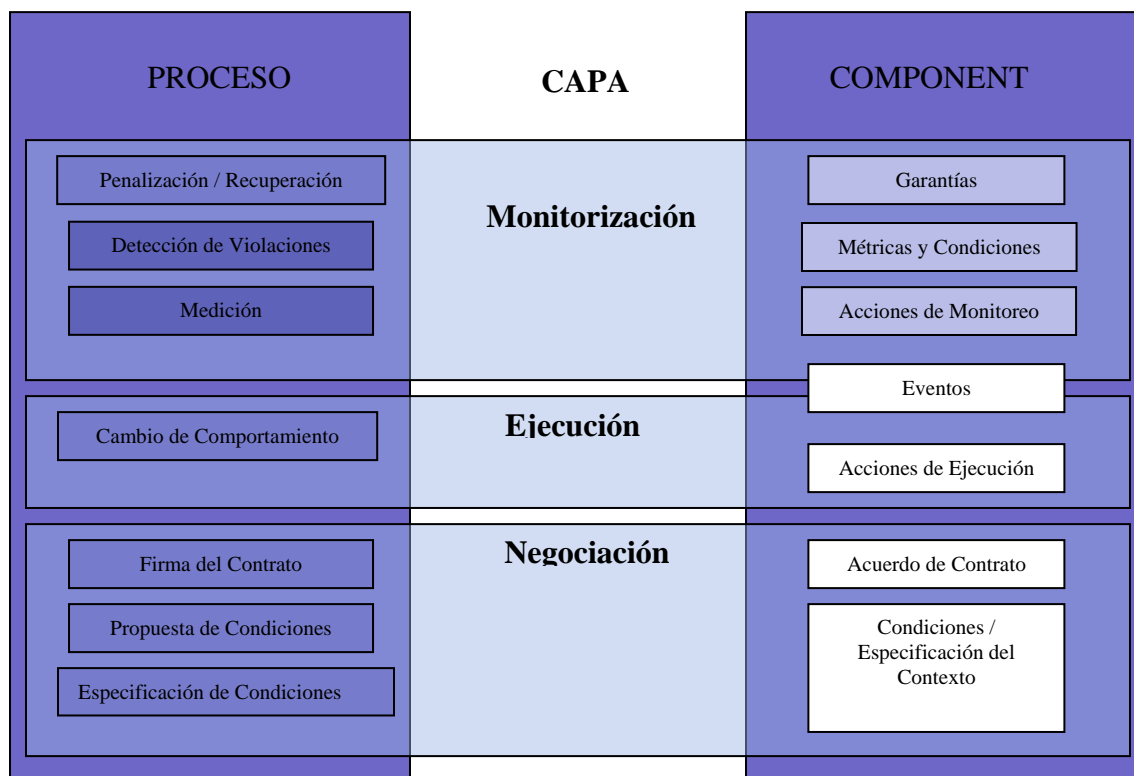


Figura 7. Vista de Comunicación de la Capa de Monitorización de un SICLOS

3.2.2. Reglas de Monitorización de un SICLOS

La especificación de las reglas de monitorización está determinada por la extensión del lenguaje de contratos para permitir la definición de reglas con respecto a las métricas de cantidad de información propuestas por el autor - Fernández (2006b). Ello implicó la definición de un nuevo tipo complejo infoMetric que extiende la definición de MeasurementDirectiveType, lo que permite el trabajo con las métricas de flujo de información que fueron definidas. Esta extensión permite especificar los parámetros necesarios para evaluar las métricas de cantidad de información definidas, es decir:

- measurementURI es la URI de dónde se recupera la medición de la métrica.
- semantic es un descriptor semántico a tener en cuenta para el cálculo de la métrica. Se pueden declarar tantos valores de descriptores como se precise, y el conjunto final de elementos semantic se referirán a un subconjunto de los descriptores semánticos que forman parte de la descripción semántica de la ontología de dominio que describe al SICLOS en cuestión. En caso de no declarar ninguno, se considerarán todos los valores de descriptores semánticos del sistema.
- node es el identificador de un nodo del sistema a tener en cuenta para el cálculo de la métrica. Se declararán tantos identificadores como se precise.

A continuación, se muestra como ejemplo la definición de la métrica EqualityExchangeMetric en función de una directiva de medición del tipo definido:

```
<Metric name="EqualityExchangeMetric" type="float" unit="">
<Source>YMeasurement</Source>
<Schedule>businessdayschedule</Schedule>

<MeasurementDirective xsi:type="infoMetric" resultType="float">
<MeasurementURI>http://siclos.com/infoMetric</MeasurementURI>
<metricId>IFSINJ</metricId>
<Semantic>informatic:computer</Semantic>
<Semantic>informatic:wii</Semantic>
<Node>NodeX</Node>
<Node>NodeY</Node>
</MeasurementDirective>

</Metric>
```

En este caso, la métrica $I(F_{SINJ})$, para la que existe una interfaz de evaluación en <http://siclos.com/infoMetric>, se evaluará para los descriptores semánticos computer y wii definidos en el dominio informatic, con respecto a la acción de los nodos NodeX y NodeY. Si es necesario establecer descriptores semánticos, se hace a través del elemento semantic y los nodos a través del elemento node. Si los valores de semántica y nodos se omiten, entonces se utilizan todos los valores posibles en el dominio correspondiente (por convenio).

A continuación se muestra un extracto del código correspondiente al establecimiento de una regla utilizando la métrica definida previamente. La regla comienza con la especificación del *parámetro de nivel de servicio* informationQuality, asociado a la *métrica* EqualityExchangeMetric (definida previamente) y la declaración de un *predicado* en lógica de primer orden que establece que el valor del *parámetro de nivel de servicio* informationQuality deberá tomar valores mayores que 0.84. Si esta condición no se cumple, se *garantiza* que el nodo ZAuditing, con rol de *árbitro* en la configuración del sistema, ejecute la *acción* ConstrainedTARateGuarantee; se declara que dicha *acción* está asociada a una *violación* porque, según los principios de la lógica deóntica, la regla podría estar definida en función de “premiar” el cumplimiento de determinada obligación con determinado nivel de rendimiento, siempre y cuando se haya hecho utilizando los permisos otorgados y sin violar las prohibiciones del sistema.

La acción ConstrainedTARateGuarantee es una notificación que se le envía al nodo NodeY, el cual es el que estaría provocando la violación de las reglas de colaboración, y esto se hace siempre que la violación tenga lugar. De esta forma queda definido un mecanismo de supervisión de una aplicación distribuida basada en el modelo propuesto.

```
...
<SLAParameter name="informationQuality" type="float" unit="">
<Metric>EqualityExchangeMetric</Metric>
...
</SLAParameter>
...
<Obligations>
<ServiceLevelObjective name="ConditionalSLOForTransactionRate">
<Obligated>NodeX</Obligated>
...
<Expression>
<Predicate xsi:type="Greater">
<SLAParameter>informationQuality</SLAParameter>
<Value>0.84</Value>
</Predicate>
</Expression>
</ServiceLevelObjective>
<ActionGuarantee name="ConstrainedTARateGuarantee">
<Obligated>ZAuditing</Obligated>
<Expression>
<Predicate xsi:type="Violation">
<ServiceLevelObjective>ConditionalSLOForTransactionRate</ServiceLevelObjective>
</Predicate>
</Expression>
<EvaluationEvent>NewValue</EvaluationEvent>
<QualifiedAction>
<Party>NodeY</Party>
```

```

<Action actionName="notification" xsi:type="Notification">
<NotificationType>Violation</NotificationType>
<CausingGuarantee>ConstrainedTARateGuarantee</CausingGuarantee>
<SLAParameter> informationQuality </SLAParameter>
</Action>
</QualifiedAction>
<ExecutionModality>Always</ExecutionModality>
</ActionGuarantee>
</Obligations>
...

```

La definición de una estrategia de colaboración en la gestión documental basada en contratos con una descripción semántica de los documentos y procesos tiene dos ventajas fundamentales. En primer lugar, la especificación de las reglas que norman el comportamiento de los nodos en el nivel de abstracción propuesto aumenta la *flexibilidad* del sistema puesto que un cambio en la política de colaboración implica la modificación de la especificación del contrato y no del código para lograr la adaptación dinámica del sistema. En segundo lugar, se establece un mecanismo de seguridad permanente que garantiza la *robustez* de la aplicación; por ejemplo, dado que se detecte un fallo en determinado servicio encargado de proveer recursos de información, se desencadenaría el mecanismo de sustitución de dicho nodo en el mecanismo de distribución de información de la aplicación. Esto constituye un mecanismo más natural para el control del funcionamiento de un sistema que el que normalmente se viene utilizando en los esquemas de computación tradicionales, aunque está claro que de la calidad de la especificación de las cláusulas de los contratos dependerá la capacidad de respuesta del sistema. La definición de métricas que permitan el seguimiento de los contratos a través de su ciclo de vida (evaluando en qué medida las penalizaciones y bonificaciones especificadas se corresponden con los hechos registrados) forma parte del trabajo de investigación futuro a desarrollar.

4. CONCLUSIONES

Con este trabajo queda definido un modelo de **SIstema CoLabOrativo Supervisado** para la gestión documental que garantiza la descripción semántica explícita de documentos y acciones. Según la investigación realizada, esta propuesta no tiene precedentes en el área de la gestión documental. La definición de cláusulas de contrato en función de métricas de calidad del flujo de información responde a los intereses del sistema como un todo en la especificación del contrato institucional y a los intereses de colaboración multi-laterales en los contratos de colaboración. Los contratos electrónicos constituyen un nivel de abstracción superior para la monitorización de la estrategia de colaboración que se establece en el sistema de gestión documental. Ello garantiza un mayor grado de *flexibilidad* para la entrada y/o salida dinámica de nodos del sistema y la variación de la política de colaboración del sistema, sin poner en riesgo la *robustez* del proceso de gestión documental.

REFERENCIAS

- [1] ANDRIEUX, A. (2004): Web Services Agreement Specification (WS-Agreement <http://www.gridforum.org/Meetings/GGF11/Documents/draft-ggf-graap-agreement.pdf>. Version 1.1. Draft 18.
- [2] ANTONIOU G. ET AL. (2004): **A Semantic Web Primer**. The MIT Press. Cambridge, Massachussets.
- [3] BERNERS-LEE, ET AL. (2001): The Semantic Web: a new form of web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. **Scientific American**, 5, 284. 34-43.
- [4] BLOEHDORN, S ET. AL (2006): Learning Ontologies to Improve Text Clustering and Clasification. **Data Analysis, and Knowledge Organization**. Springer.
- [5] CALMET, J ET AL. (2006): **Simulation in Virtual Knowledge Communities**. SOIC. Estados Unidos.
- [6] CASTELLS, P (2002): Aplicación de técnicas de la web semántica. **Workshop de investigación en entornos de interacción colectiva (COLINE'02)**. Granada.

- [7] CASTELLS, P. ET AL. (2007): An Adaptation of the Vector-Space Model for Ontology-Based Information Retrieval. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**. 19(2).
- [8] CHEN, J. ET AL. (2000): A distributed multi-agent system for collaborative information management and sharing. **9th ACM International Conference on Information and Knowledge Management**. 382–388.
- [9] CHIU, D. ET AL. (2003): A Three-Layer Architecture for E-Contract Enforcement in an E-Service Environment. **36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'03)**.
- [10] CHUN, B. ET AL. (2004): Decentralized Trust Management and Accountability in Federated Systems. **37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'04)**.
- [11] DAN, A.. (2004): Connecting Client Objectives with Resource Capabilities: An Essential Component for Grid Service Management Infrastructures. **ACM International Conference on Service Oriented Computing (ICSOC'04)**. 57-64.
- [12] DAVIES, J. ET AL. (2002): OntoShare: Using Ontologies for Knowledge Sharing. **WWW2002 Semantic Web workshop, 11th International WWW Conference (WWW2002)**.
- [13] DAVIES, J. ET AL. (2003): **Towards the Semantic Web: Ontology Driven Knowledge Management**. John Wiley & Sons, Chichester.
- [14] DIGNUM, V (2004): A Model for Organizational Interaction: Based on Agents, Founded in Logic. **Tesis Doctoral**. University of Utrecht. Holanda.
- [15] DIGNUM, V. ET AL (2005). **OMNI: Introducing Social Structure, Norms and Ontologies into Agent Organizations**. LNAI 3346, Springer, Berlin.
- [16] DOBSON, G. (2006) "Towards Unified QoS/SLA Ontologies", **SDWP Workshop, ICWS 06**.
- [17] ESTEVA, M. (2003). Electronic Institutions: from specification to development. **Tesis doctoral**. Universitat Politècnica de Catalunya.
- [18] FENSEL, D. (2001): **Ontologies: A Silver Bullet for Knowledge Management and Electronic Commerce**. Springer-Verlag, Berlin.
- [19] FERNÁNDEZ, F. (2006a): SICLOS. Simulación de un Sistema CoLabOrativo Supervisado. **Revista Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones**. Número 2.
- [20] FERNÁNDEZ, F. (2006b): "Gestión de Recursos de Información basada en la Semántica de la Intención de los Mensajes". **III Jornadas para el Desarrollo de Grandes Aplicaciones de Gestión de Red**. Alicante.
- [21] FERNÁNDEZ, F.. (2007a): "Semántica e Interoperabilidad de Procesos". **Revista Ingeniería Industrial**.

- [22] FERNÁNDEZ, F. (2007b): Towards a Contract-based Interoperation Model. **Technical Report**. KELMG, UPC. (por publicar).
- [23] FIPA (2002): FIPA ACL Message Structure Specification. **Foundation for Intelligent Physical Agents**. <http://www.fipa.org/specs/fipa00061/>
- [23] GROSS, T. (2004): Towards Cooperative Knowledge Management. **Workshop on Conversations with the Past: Community, Technology and Interpretation in Long-Term Knowledge Management**. Conference on Computer-Supported Cooperative Work - CSCW.
- [24] GRUBER, T (1993B):Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. **International Workshop on Formal Ontology**.
- [25] GRUBER, T (1993a): A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. **Knowledge Acquisition**. 5, 199-220 .
- [26] HYVÖNEN, E. (2004). Application of Ontology Techniques to View-Based Semantic Search and Browsing. **First European Semantic Web Symposium**.
- [27] KELLER, A.. (2002): Managing Dynamic Services: A Contract Based Approach to a Conceptual Architecture. **8th IFIP/IEEE Network Operations and Management Symposium**.
- [28] KELLER, A. (2003): The WSLA Framework: Specifying and Monitoring Service Level Agreements for Web Services. **Journal of Network and Systems Management**, 11,1-10.
- [29] LAGE, C (1996): Discurso en la Clausura del Seminario Nacional de Internet. Cuba.
- [30] LUDWIG, H . (2003): Web Service Level Agreement (WSLA) Language Specification. **IBM**.
- [31] LUDWIG, H. (2004): Cremona: An Architecture and Library for Creation and Monitoring of WS-Agreements. **ACM International Conference on Service Oriented Computing (ICSOC'04)**.
- [32] LUDWIG, H.. (2006): **Reliable Orchestration of Resources using WS-Agreement. High performance computing and communications. Second international conference**. Springer Lecture Notes in Computer Science 4208. Berlin
- [33] MARET, P . (2004): Virtual knowledge communities for corporate knowledge issues. **5th International Workshop on Engineering Societies in the Agents World (ESAW'04)**.
- [34] MARJANOVIC, O . (2001). Towards Formal Modeling of e-Contracts. IEEE Computers. **5th International Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC 2001)**.
- [35] MARTIN, D.. (2004): Bringing Semantics to Web Services: The OWL-S Approach. **First International Workshop on Semantic Web Services and Web Process Composition (SWSWPC 2004)**.

[36] MILOSEVIC, Z.. (2002): On Expressing and Monitoring Behaviour in Contracts. **6th International Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC2000)**.

[37] MOLINA-JIMENEZ, C. (2004): On the Monitoring of Contractual Service Level Agreements. **Reporte técnico CS-TR: 835**, .18. School of Computing Science, Newcastle University.

[38] PARUNAK, H. (2003): A Preliminary Taxonomy of Multi-Agent Interactions. **Second International Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS03)**.

[39] VÁZQUEZ, J. (2003): The role of Norms and Electronic Institutions in Multi-Agent Systems applied to complex domains. The HARMONIA framework. **Tesis doctoral**. Artificial Intelligence PhD. Program, Universitat Politècnica de Catalunya.

[40] VÁZQUEZ, J. (2005): Organizing Multiagent Systems. **Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems**, 11 , 307-360.

[41] WILLMOTT, S.. (2005): Adapting Agent Communication Languages for Semantic Web Service Inter-Communication.. **IEEE/WIC/ACM WI-2005**.

[42] YE, F. . (2004): Contract-based justification for COTS component within safety-critical applications. Australian Computer Society, Inc., **ACM International Conference Proceeding Series**.

January 2007
Revised December 2007