



## **EDIM: ECOSISTEMA DIGITAL MULTIMEDIA**

### **PLATAFORMA NOVEDOSA DE COLABORACIÓN Y COMPARTIMIENTO**

- **Judith Cardinale**  
email: yudith@ldc.usb.ve  
Universidad Simón Bolívar  
Caracas, Venezuela
- **Alejandro Figueroa**  
email: figueroa02@gmail.com  
Universidad Católica Andrés Bello  
Caracas, Venezuela
- **Alvaro Parada**  
email: paradalvaro@gmail.com  
Universidad Simón Bolívar  
Caracas, Venezuela
- **Ronier Rodríguez**  
email: rronier@gmail.com  
Universidad Simón Bolívar  
Caracas, Venezuela
- **Solomon Asres Kidanu**  
email: solomon.asres@univ-pau.fr  
LIUPPA, University of Pau and Adour Countries  
Anglet, France
- **Richard Chbeir**  
email: richard.chbeir@univ-pau.fr  
LIUPPA, University of Pau and Adour Countries  
Anglet, France

Fecha de Recepción: 26 de Julio 2015  
Fecha de Aceptación: 10 de Septiembre de 2015

---

## **RESUMEN**

La información en forma de datos multimedios, actualmente domina el intercambio de información en Internet, particularmente a través de redes sociales. Cada actor de Internet (individuos, empresas, comunidades territoriales, etc.) se convierte en productor y consumidor de tales contenidos. Sin embargo, las plataformas de redes sociales presentan limitaciones con respecto al control del intercambio de los datos, al control centralizado, la falta de privacidad, poca interoperabilidad y definición de relaciones a través de datos enlazados (data linkage). En trabajos previos presentamos el

diseño de la arquitectura de EDiM, un Ecosistema Digital para la gestión de contenidos y procesamiento Multimedia, como un nuevo ambiente de colaboración e intercambio de contenido, aplicaciones de procesamiento de multimedios, capacidad de cómputo y capacidad de almacenamiento, basado en la infraestructura peer-to-peer y técnicas de Web Semántica. En este artículo describimos los avances en la implementación de los principales componentes de EDiM, incluyendo la ontología que define los elementos del ecosistema digital como la base para manejar el conocimiento y la implementación para una plataforma móvil.

Palabras clave – Ecosistemas Digitales, Intercambio Multimedial, Infraestructura Peer-to-Peer, Medios Sociales, Ontología

## I. INTRODUCCIÓN

La rápida evolución de los medios sociales, soportada por el vertiginoso crecimiento de Internet y la Web 2.0, da lugar a plataformas de comunicación, intercambio de información y colaboración entre personas con distintas relaciones sociales [1], [2]. Los medios sociales ofrecen a los usuarios la oportunidad de generar y compartir masivamente datos multimedios enriquecidos y heterogéneos, tales como imágenes, audios, tweets, tags. Se promueve la colaboración y el intercambio de contenido multimedia generado por los usuarios de distintas comunidades Web. Para satisfacer los requerimientos de estas audiencias, los medios sociales se presentan en diferentes formatos, tales como redes sociales (e.g., Facebook), blogs y microblogs (e.g., Twitter), comunidades de contenido (e.g., YouTube, Flickr), mundos virtuales (e.g., Second Life), juegos sociales y Wikis.

Es evidente entonces, que el

intercambio de contenido multimedia en Internet se está popularizando de manera incremental. Actualmente el 80 % de la información intercambiada en Internet (y en particular a través de redes sociales) es de la forma de datos multimedios, representando más del 60 % del tráfico [3]. Cada actor de Internet (individuos, empresas, comunidades territoriales, etc.) se convierte en productor y consumidor de contenidos. La desmaterialización de contenidos y el soporte de almacenamiento, originalmente experimentada para compartir música, se ha extendido en la última década para soportar el intercambio de imágenes y videos [4], [5]. Los siguientes ejemplos son evidencia de este hecho: actualmente, cada minuto se publican en YouTube más de 10 horas de videos; el sitio de hospedaje de imágenes Flickr provee acceso a más de 3 billones de fotografías; Wikimedia Commons reagrupa el repositorio más grande de imágenes, de archivos de audio y de otros datos multimedios de licencia libre con más de 20 millones de archivos (en febrero 2014); la "Nube de Datos Enlazados"(Linked Data), soporta el manejo de recursos multimedios manteniendo bases de datos musicales en línea, además también promueve iniciativas más originales para la disposición de datos culturales o patrimoniales basados en "Web Semántica". Estos son claros indicadores de la contribución que los medios sociales ofrecen a los consumidores.

Sin embargo, este modelo de creación y intercambio de datos multimedios ofrecidos por los medios sociales, también presenta varios problemas y el surgimiento de nuevas dificultades y retos para abarcar la gran diversidad de formatos de representación de contenido multimedia y de su calidad [6], [7]. Los usuarios no tienen el control de sus datos ni de su uso, por el contrario, las corporaciones que soportan esos medios sociales gobiernan, controlan y vigilan todas las transacciones de los usuarios. En consecuencia, los usuarios pierden confianza y exponen su privacidad.

Además, en estos entornos sociales, no existe ni se definen reglas para soportar el intercambio de manera de conservar más beneficios entre los participantes. No hay manera de enlazar ni integrar contenidos multimedios de diferentes plataformas sociales, diferentes formatos o diferentes fuentes. No se toma en cuenta las experiencias y el conocimiento del uso histórico por parte de otros usuarios para realizar recomendaciones útiles. Las interfaces de usuarios se enfocan en mostrar o desplegar los contenidos a todos los niveles de usuarios (no hay distinción de categorías de usuarios con distintos niveles de acceso).

Todas estas limitaciones hacen surgir interrogantes, cuyas respuestas evidencian una nueva forma de intercambio: ¿Cómo compartir y administrar el acceso a contenidos multimedia?

¿Cómo publicar contenido multimedia respetando los deseos de otras personas afectadas por dicho contenido? ¿Cómo enriquecer el contenido con otros contenidos y fuentes en la Web? ¿Cómo identificar automáticamente aplicaciones de procesamiento de contenido multimedia que permitan una extracción de la semántica del contenido? ¿Cómo integrar datos y servicios multimedios de diferentes fuentes?

Para sobreponer estas limitaciones y responder al creciente interés en compartir recursos multimedia en ambientes sociales, en trabajos previos presentamos EDiM, un Ecosistema Digital Multimedia para la gestión de contenidos y procesamiento multimedia, como un nuevo ambiente de colaboración, intercambio y gestión de contenido multimedia, aplicaciones de procesamiento multimedia y capacidad de cómputo y almacenamiento [8], [9]. Los Ecosistemas Digitales son entornos colaborativos abiertos, flexibles, auto-organizativos que presentan un ambiente

más conveniente para nuestros propósitos, frente a otras infraestructuras colaborativas existentes actualmente, tales como computación en malla, computación en la nube, computación peer-to-peer pura.

En este artículo describimos los avances en la implementación de los principales componentes de EDiM, basado en la infraestructura peer-to-peer y enriquecida con técnicas de Web Semántica. Además presentamos la ontología que define los elementos del ecosistema digital como la base para manejar el conocimiento. EDiM se define como un entorno que permite a cada uno de los participantes compartir sus recursos (datos, procesamientos, preferencias, etc.), crear sus perfiles, definir reglas de uso de sus recursos, mantener el control de sus datos multimedia y de las aplicaciones que los procesan, beneficiarse del conocimiento colectivo del sistema y de la posibilidad de extraer información semántica para combinar contenido multimedia de diferentes fuentes y formatos; todo esto velando por los beneficios de todos los participantes. Adicionalmente presentamos la implementación de un servicio de EDiM para una plataforma móvil

## II. AMBIENTES COLABORATIVOS

---

En esta sección describimos las características y limitaciones de las arquitecturas distribuidas más populares en la actualidad en contraste con los Ecosistemas Digitales.

### II-A. Modelo Cliente/Servidor

En los ambientes cliente/servidor, cada nodo actúa como cliente o como servidor. El servidor es la unidad de registro central que provee un contenido o servicio específico. Un cliente sólo solicita el contenido o la ejecución

del servicio, sin compartir sus recursos. Los clientes acuden a los servidores para solicitar recursos tales como archivos, dispositivos, ejecución de una funcionalidad o incluso potencia de procesamiento [10]. Se pueden establecer múltiples niveles de permisos y de accesos para evitar daños a la información compartida por los servidores. La administración de la información y los datos es sencilla en estos sistemas dado que los recursos están centralizados. Esto permite realizar respaldos y manejo eficiente de errores. Sin embargo, los servidores constituyen un único punto de falla, lo que puede causar que el sistema sea poco escalable, poco confiable y poco disponible. Adicionalmente, el control administrativo centralizado no asegura a los usuarios su privacidad y uso apropiado de los recursos [11].

#### II-B. Sistemas peer-to-peer (P2P)

Los sistemas P2P funcionan sin necesidad de una autoridad ni un control centralizado [12], [13], [14]. Los nodos o peers que participan en el sistema están conectados entre sí, permitiendo una comunicación directa entre ellos. Cada peer en un ambiente colaborativo basado en P2P puede acceder o ser accedido por los otros peers, comportándose como proveedor (servidor) o consumidor (cliente) de recursos, dependiendo del rol que asuma en un momento determinado. A diferencia de un modelo cliente-servidor puro, en este tipo de sistemas no existen servidores dedicados. La interacción entre los peers comprende notificación de nuevos recursos, búsqueda y descubrimiento de recursos, requerimientos de acceso, respuestas a los requerimientos de acceso e intercambio de mensajes. El modelo de computación P2P ofrece libertad e igualdad entre los peers [15]. Ofrece ventajas

técnicas como escalabilidad, buen desempeño y tolerancia a fallas por su naturaleza descentralizada y distribuida [15], [16].

A pesar de las ventajas técnicas y de igualdad que ofrecen los sistemas P2P, presentan limitaciones relacionadas con el control de red, seguridad e interoperabilidad; la dificultad de planificar o predecir el desarrollo, tamaño y conexiones, así como la estabilidad y comportamiento de las redes P2P. Existen retos de seguridad adicional, dada la posibilidad que terceras partes pueden acceder los recursos debido a la inexistencia de reglas de uso e intercambio. Muchos usuarios de las redes P2P son consumidores que se benefician de la disponibilidad de los recursos pero no contribuyen en la misma medida que se benefician, generando participación desigual [17].

#### II-C. Computación en Malla (Grid Computing)

Los ambientes de malla proveen una infraestructura de poder computacional distribuida a través de múltiples dominios administrativos. Integra, administra, virtualiza y coordina recursos distribuidos (e.g., poder computacional, capacidad de almacenamiento, datos, e instrumentos) en sistemas heterogéneos de gran escala, por medio de múltiples organizaciones virtuales para alcanzar alto desempeño [18]. Los recursos compartidos no están sujetos a control centralizado, usan protocolos abiertos y estándares de propósito general e interfaces para ofrecer calidad de servicio [19].

Estos ambientes se enfocan en integrar recursos computacionales para enfrentar retos científicos y de ingeniería computacional, pero existe temor por el tratamiento de seguridad y la pérdida de control de datos y sistemas [20]. Muchos usuarios prefieren un enfoque que les permita mantener su privacidad, no exponer su identidad, e incluso pagar

mientras usen los recursos de la malla [21].

#### II-D. Computación en la Nube (Cloud Computing)

La computación en la nube se refiere a la infraestructura que soporta el emergente modelo de provisión de servicios. Este modelo pretende reducir los costos de uso de recursos mediante el intercambio de capacidades de cómputo y almacenamiento interconectadas, combinado con un mecanismo de provisionamiento 'por demanda' basado en el modo 'pago-por- uso' (pay-per-use) [22]. La 'nube' se considera una infraestructura escalable que soporta e interconecta varios servicios. Los clientes acceden via Internet los servicios ofrecidos por la nube y se abstraen de la infraestructura y el software que soportan los servicios que utilizan.

Las desventajas surgen porque muchos de los servicios de computación en la nube usan licencias y software propietario. Debido a la ausencia de estándares, la seguridad de la nube, la privacidad de los datos y la propiedad de los datos son resueltos de diferentes formas por diferentes proveedores, limitando la interoperabilidad [23]. Las ventajas de la computación en la nube - su habilidad de escalar rápidamente, almacenar datos remotamente y compartir servicios en un ambiente dinámico- pueden convertirse en desventajas si se requiere mantener un nivel de seguridad suficiente para soportar la confianza y privacidad de los clientes [24].

#### II-E. Servicios Web

La colaboración de Servicios Web está diseñada para soportar interacción máquina-máquina sobre una red de datos [25]. Los servicios implementados como Sevicios

Web se basan en un conjunto de estándares XML-compatibles, tales como WSDL, SOAP, and UDDI [26]. La arquitectura orientada a servicios (SOA, por sus sigla en inglés de Service Oriented Architecture) es el modelo de desarrollo que domina la construcción de aplicaciones y servicios en tales ambientes. Los proveedores de servicios, los solicitantes de servicios y los gestores de servicios son los principales roles en SOA [27]. Los proveedores y solicitantes de servicios están distribuidos, por lo que la colaboración depende de gestores de servicios que normalmente son centralizados. Una vez que un proveedor de servicios ofrece sus recursos a un consumidor de datos, no hay posibilidad de manejar mecanismos de control de tales recursos. Por otro lado, los solicitantes de recursos (que proveen datos) deben confiar que los proveedores de servicios (que usan los datos) manejarán los datos sensibles recibidos de acuerdo los términos establecidos previamente. Cómo establecer esta confianza entre proveedores y solicitantes, no está considerado en el estándar de SOA [28].

#### II-F. Ecosistemas Digitales

Actualmente las personas reconocen que están viviendo en un ambiente digital con muchas analogías con los ecosistemas biológicos (definidos por las interacciones entre los organismos de una comunidad y sus interacciones con el ambiente). En parte, esto es consecuencia del surgimiento de la Web y su invasión en individuos, negocios, organizaciones y gobiernos [29], impactando en la vida económica, social y política del Mundo. Con este hecho en mente, la Comisión Europea inició en el año 2000, un proyecto de investigación relacionado con ambientes digitales, conocido como Ecosistema (de negocios) Digital. El objetivo fue desarrollar una economía basada en conocimiento para

sustentar el crecimiento económico de Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) con soporte en las Tecnologías de Información y Comunicación (TICs) [30]. El objetivo del Ecosistema Digital es mejorar la eficiencia en la comunicación entre PyMEs y agentes internos y estructurar los ecosistemas de empresas existentes [31]. Se basan en las TICs para mediar la formalización del Conocimiento en las redes de PyMEs, la creación de servicios y las interacciones empresa-a-empresa entre las PyMEs [11].

Existen muchas definiciones de Ecosistemas Digitales, pero todas coinciden en describirlos como ambientes colaborativos, abiertos y auto-organizados, conformados por especies digitales (componentes de software, aplicaciones, servicios, conocimiento, procesos y modelos de negocio, leyes y reglas, etc.) interdependientes, proactivas y responsables de su propio beneficio y ganancia [32]. Los Ecosistemas Digitales tienen las características de auto-organización, escalabilidad, dinamismo, balance y sustentabilidad, inspirado en los ecosistemas naturales [31]. Es una comunidad abierta donde no hay control centralizado ni asignación de roles fijos, la estructura de liderazgo se forma para responder a las necesidades dinámicas del ambiente. Cada agente participante juega diversos roles como proveedor y consumidor de recursos. La colaboración y comunicación se basa en sus beneficios e intereses propios, pero vela por el beneficio global de todo el ecosistema. Las especies cooperan con las demás para compartir recursos de manera que su participación les ayuda a alcanzar sus objetivos.

En resumen, existen varias plataformas e infraestructuras disponibles para soportar comunicación, coordinación y colaboración entre participantes en un sistema. Estas arquitecturas tienen ventajas y desventajas.

Los Ecosistemas Digitales se presentan como una novedosa forma de ambiente colaborativo e interconectado que supera los ambientes colaborativos tradicionales por ser ambientes abiertos, flexibles, auto-organizativos e interactivos, cuyos participantes colaboran por el beneficio de todos y del ambiente que los aloja.

### III. EDiM: DISEÑO Y ARQUITECTURA GENERAL

---

Esta sección resume el diseño y la arquitectura general de EDiM (Ecosistema Digital Multimedia), propuesto en trabajos previos como una nueva plataforma colaborativa distinta, desde su concepción, a las plataformas y redes sociales de la actualidad [8], [9]. EDiM ofrece un mejor ambiente de intercambio de contenido multimedia para sobreponer las limitaciones de los medios sociales.

#### III-A. Objetivos de EDiM

Es necesario que la arquitectura propuesta de EDiM permita que se cumplan los objetivos listados a continuación.

1. Representar una comunidad interactiva:
  - i) los participantes interactúan para lograr objetivos comunes, y acoplarse para encontrar temas de interés común y para compartir recursos; ii) la interacción de los participantes con su entorno es fundamental para lograr el apoyo mutuo de los participantes, para la propia supervivencia y para el funcionamiento del ecosistema como un todo; y iii) a través de la interacción, se logra el intercambio y la colaboración.
2. Garantizar la propiedad y control del uso de los propios recursos:
  - i) los participantes pueden determinar sus propios

requerimientos e intereses, y se unen a las comunidades en base a los mismos; ii) cada participante tiene el control total de sus recursos, puede determinar a quién y cómo compartir sus recursos, y colaborar de acuerdo a sus preferencias; iii) la gestión de los propios recursos permite la autonomía y auto-organización.

3. Mantener el equilibrio: los ecosistemas digitales deben garantizar que todos los participantes se benefician de forma mutua, por tanto, cada participante debe procurar responsablemente la armonía, estabilidad y sostenibilidad de su entorno.

4. Promover la colaboración: i) el ecosistema y sus participantes deben alentar a los demás participantes a colaborar y compartir alguno o todos sus recursos sin expectativa directa de reciprocidad de ningún individuo en particular; ii) debe desalentar 'polizones' (free riders) y minimizar el egoísmo.

5. Apoyar el conocimiento colectivo: el ecosistema digital debe poder generar conocimiento a partir de la suma del conocimiento de cada participante gracias al esfuerzo colectivo y la interacción.

### III-B. Requerimientos de la arquitectura de EDiM

A fin de cumplir con los objetivos anteriores, EDiM debe considerar, entre otros, los siguientes requerimientos.

1. Carácter distribuido de la arquitectura basada en una plataforma P2P. Se propone utilizar una arquitectura basada en la especificación P2P, en la que cada uno de los miembros de EDiM pueda interactuar directamente con cualquier otro miembro, bajo el marco de las reglas definidas al respecto, en caso de existir, sin que haya ningún intermediario. Además de permitir el mantenimiento y control de sus recursos de manera local.

2. Establecer ponderación de la participación. Es necesario poder medir automáticamente el desempeño de cada miembro de EDiM, en relación a cada rol o tarea que desempeña en el ecosistema, asociando una ponderación a cada métrica. Por ejemplo, puede medirse el tiempo de respuesta promedio de un nodo y el tiempo promedio de disponibilidad de un nodo. Para cada tarea se calcula un índice en base a las mediciones ponderadas de acuerdo a la tarea.

3. Definir una jerarquía de nodos. Debe existir una autoridad encargada de recopilar las mediciones relativas al desempeño de los miembros del ecosistema, y establecer una tabla jerárquica en la cual se ordene a los miembros según el desempeño medido, asociado a una tarea en particular. Usando el ejemplo anterior, para cada tarea se puede calcular un índice en base a las mediciones realizadas, ponderadas respecto a la tarea que se mide. Así, puede tenerse una tabla por tarea donde los nodos estén ordenados de acuerdo a la calificación obtenida. En caso de que algún nodo desee realizar alguna de estas tareas y pueda realizarla con varios nodos, puede consultar estas tablas para elegir el nodo más apropiado.

4. Definir reglas o leyes de EDiM, en distintos niveles, tales como: i) **Reglas generales del ecosistema:** es necesaria una maquinaria que permita definir reglas o leyes que gobernarán EDiM, permitiendo que sus miembros participan en su definición y elección; estas reglas iniciales de EDiM deben ser definidas por quien inicia la plataforma, y podrán ser modificadas luego por sus participantes activos, mediante el mecanismo definido para ello; ii) **Reglas por comunidad:** dentro de EDiM pueden formarse comunidades de usuarios con intereses y dominios afines; al igual que para las reglas globales, es necesario un mecanismo para definir, publicar y proponer reglas para una

determinada comunidad; iii) **Reglas por usuario (perfiles de usuario):** es necesario poder definir perfiles de usuario donde estén representados tanto la información personal mínima requerida para identificarlo en la red como las reglas que él defina sobre su propio contenido, chequeando que las mismas no entren en conflicto con las reglas globales de su(s) comunidad(es) (en caso de pertenecer a alguna) ni del ecosistema.

5. Realizar la gestión de recursos mediante: i) **La abstracción del concepto de recurso**, para lo cual debe existir, por cada miembro de EDiM, un ente que funcione como capa de abstracción sobre los recursos y/o servicios que ofrezca dicho miembro, así mismo, debe existir un lenguaje o protocolo intermedio que permita a los participantes solicitar u ofrecer (intercambiar) recursos; ii) **Un sumario de recursos**, que implica la existencia de una entidad donde consultar cuáles son los recursos disponibles en EDiM o en una comunidad determinada, así como cuáles miembros ofrecen cada uno de los recursos disponibles.

6. Mantener constantemente un carácter inteligente mediante: i) **Mecanismos de recomendación de contenido:** en un caso ideal, debe existir un mecanismo encargado de analizar las preferencias de usuario, el desempeño del miembro en el ecosistema y el comportamiento del usuario (por ejemplo, contenidos favoritos, miembros con los cuales hace intercambios más frecuentemente) para generar recomendaciones que ofrezcan al usuario una mejor experiencia dentro del ecosistema, la integración a comunidades afines existentes, o hasta la creación de una nueva, en conjunto con usuarios afines; ii) **Mecanismo de recomendación de comportamiento:** además, podría existir un mecanismo que analice el uso que el participante da a los recursos y sugerir un cambio en el

comportamiento; por ejemplo, podría sugerir obtener cierto recurso que varios participantes ofrezcan de algún participante en particular, debido a su comportamiento favorable, o podría sugerir al usuario liberar cierto recurso que está siendo subutilizado, colaborando así con el equilibrio del ecosistema.

### III-C. Arquitectura de EDiM

La arquitectura general de EDiM se presenta gráficamente en la Figura 1.

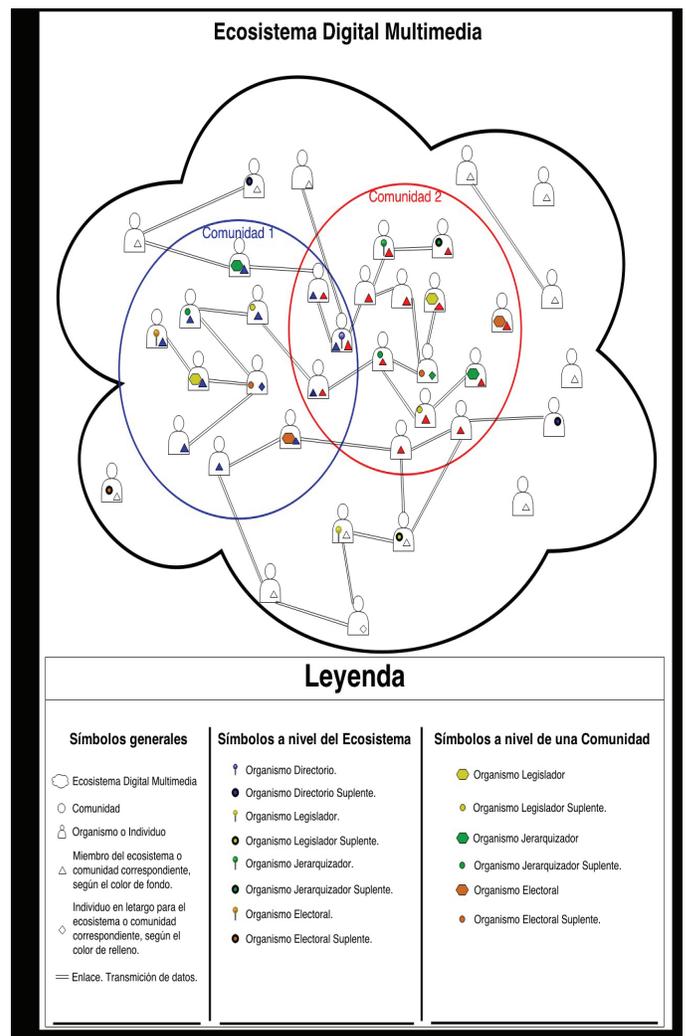


Figura 1: Arquitectura de EDiM

### III-C1. Componentes Generales de EDiM:

Consideramos que un **Ecosistema Digital** es un conjunto de **Individuos, Recursos, Reglas, Conocimiento Colectivo e Interfaces**.

Se llamará indistintamente Individuo u Organismo, a la unidad lógica mínima, indivisible e independiente que participa en EDiM. Dentro de la estructura P2P, un individuo actúa como un peer, pudiendo así, participar por su propia cuenta, sin intermediarios, en intercambio de recursos con otros individuos. Un individuo en un ecosistema representa la voluntad del **Usuario** que lo instanció. Es el usuario el encargado de iniciar los procesos que dan 'vida' al individuo y de establecer las Preferencias que definen el comportamiento del individuo, y por ende, limitan la pertenencia del mismo a los ecosistemas donde sus preferencias no entren en conflicto con **las Leyes o Reglas** del ecosistema, y limita los **Roles** que el mismo pueda asumir dentro de un ecosistema, de la misma manera.

Los individuos de EDiM pueden agruparse en **Comunidades**, las cuales son conjuntos de individuos agrupados en base a preferencias afines, y cuyos recursos están asociados a algún **Dominio** en específico. Las comunidades pueden verse como pequeños ecosistemas, ya que pueden sumarizar las preferencias y reglas de uso de sus individuos en preferencias y reglas comunes, y generar un conocimiento colectivo a una escala menor y más especializada.

El **Organismo Legislador (OL)** es un **Individuo Especial** responsable de gestionar todo lo relativo a las leyes del ecosistema o comunidad, incluyendo el análisis de las preferencias de los individuos en letargo para otorgarles o no la condición de miembro. Debe existir un organismo legislador para todo el ecosistema, y uno por comunidad, de modo que se encarguen de las reglas globales del

ecosistema y de las reglas locales a una comunidad respectivamente. El organismo legislador es también el responsable del control de acceso en la plataforma.

El **Organismo Directorio (OD)** es un individuo especial, encargado de mantener un directorio actualizado que liste los recursos disponibles en EDiM, así como los individuos que están disponibles, sus roles y el alcance de los mismos. Cada vez que un individuo entre a EDiM, debe registrarse y anunciar los recursos que ofrece. Al darse de baja, el individuo debe anunciar su no disponibilidad. Los usuarios pueden consultar ante el Organismo Directorio acerca de la existencia de algún recurso en particular, y una vez elegido el recurso a solicitar, el mismo puede ser ubicado mediante el uso de Tablas de Hash Distribuidas (DHT por sus siglas en inglés).

El **Organismo Electoral (OE)** es un individuo especial encargado de hacer posible el sufragio en el ecosistema, en caso de que las leyes de EDiM así lo dispongan, y se den las condiciones para que sea necesario un proceso electoral (por ejemplo, algún individuo propuso una nueva regla de uso, a través del mecanismo dispuesto para ello).

El **Organismo Jerarquizador (OJ)** es un individuo especial que se encarga de mantener actualizada una lista ordenada de los individuos del ecosistema o comunidad, y de responder consultas acerca de quién es el individuo más adecuado para desempeñar una tarea dada. Debe haber una tabla ordenada por cada rol posible a desempeñar, y las métricas deben estar ponderadas de manera diferente de acuerdo al rol en cuestión, dando mayor peso a aquella métrica que sea más relevante para el desempeño del rol en cuestión.

### III-C2. Arquitectura interna de un individuo:

Un individuo está compuesto por una serie de **agentes**, cada uno con una tarea específica, un conjunto de recursos que ofrece y aporta al ecosistema, y un conjunto de preferencias y reglas de uso sobre sus recursos y una representación de la experiencia del mismo acerca de sus recursos y su uso. En la Figura 2 se muestra un esquema de la arquitectura de un individuo en el ecosistema.

El **Agente de Identidad (AI)** es el encargado de almacenar y publicar ante la solicitud de cualquier otro agente, pertenezca al mismo individuo o no, la información relativa al identificador del individuo, su perfil de usuario y sus preferencias personales. En caso de que el individuo al cual pertenece tenga alguna responsabilidad especial (esto es, sea alguno de los organismos descritos anteriormente), este agente debe manejar la información que lo identifica como tal (por ejemplo, el nombre del rol o roles que desempeña, y el alcance de los mismos).

La identidad de un individuo es descrita por su perfil y sus reglas. Un perfil define: i) su localización, intereses, preferencias en términos de materiales, aplicaciones, etc.; ii) sus recursos en términos de contenido multimedia y aplicaciones de tratamiento multimedia; y iii) su capacidad de almacenamiento y procesamiento. Las reglas de uso serán definidas de acuerdo al perfil. Las reglas pueden ser definidas acerca del almacenamiento, intercambio, uso, negociación, notificación, publicación, privacidad, etc. La plataforma debe asegurar que las reglas de todos los individuos son seguidas al momento en que un tercero accede a sus recursos.

El agente de identidad debe reportarse con el organismo directorio para mantenerlo

actualizado sobre la propia disponibilidad, la lista de recursos ofrecidos y las reglas de uso asociadas a los mismos.

El **Agente de Comunicaciones (ACom)** está encargado de conmutar las comunicaciones entre agentes de individuos remotos y agentes del propio individuo. Su identificador es enviado por el AI al OD y publicado por éste al momento del registro, y a él se envían todas las solicitudes de comunicaciones hacia el individuo al cual pertenece. De ahí que una comunicación entre dos individuos comience a través de una solicitud de comunicación a este mismo agente en el individuo remoto. Cuando un ACom recibe una solicitud de comunicación, la misma es contestada con el identificador del agente en específico requerido en la solicitud. Una vez que un agente conoce el identificador de otro agente, la comunicación puede darse de forma directa, sin el ACom de intermediario.

El **Agente de Abstracción de Recursos (AAR)** se encarga de ofrecer una interfaz que permita a otros agentes solicitar y gestionar transparentemente el acceso a los recursos ofrecidos por el individuo al cual pertenece. La existencia de este agente permite facilitar la portabilidad a varias plataformas. Es además el encargado de levantar el agente de conocimiento. Al ser EDiM un ecosistema para la gestión de contenido multimedia, un individuo puede ofrecer contenido multimedia (archivos de texto plano, texto enriquecido, imágenes fijas, imágenes animadas, audio y videos), espacio en disco para almacenar multimedia, poder de cómputo para el procesamiento de multimedia, y aplicaciones para el procesamiento de multimedia. El AAR debe permitir el acceso a cualquiera de estos tipos de recursos de manera unificada mediante un protocolo o estándar dispuesto para ello.

El **Agente de Conocimiento (ACon)** está encargado de almacenar la información

relativa a los recursos ofrecidos por este individuo al ecosistema. Debe permitir consultar dicha información y la aplicación de reglas de inferencia para ampliar el conocimiento aportado al ecosistema por este individuo.

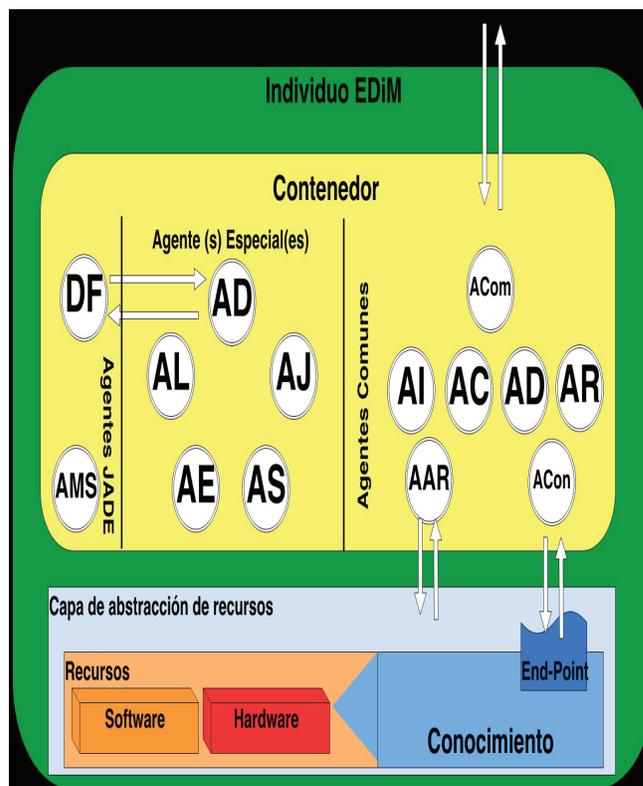
El **Agente de Consultas (AQ)** se encarga de consultar o solicitar los servicios o recursos ofrecidos por otros individuos. Debe proveer una maquinaria de búsqueda que le permita al usuario consultar el directorio de recursos del ecosistema, y una vez identificado el recurso deseado, debe poder ubicar el individuo donde se encuentra el mismo.

El **Agente de Diagnóstico (AD)** es el encargado de proporcionar a los organismos jerarquizadores bajo cuyo alcance se encuentre el individuo al cual pertenece, y al agente de recomendaciones propio, las mediciones sobre el comportamiento y desempeño del individuo. Esto se logra, por ejemplo, contabilizando los tipos de recursos consultados, solicitados, ofrecidos y efectivamente brindados; medir el uso que se les da los recursos solicitados en relación al tiempo y en relación a la cantidad solicitada; contabilizar los tipos de contenido consultados y solicitados y reportándose con la autoridad jerarquizadora, la cual deberá medir, por ejemplo, la latencia, la disponibilidad y cualquier otra métrica considerada en la implementación del ecosistema.

El **Agente de Recomendaciones (AR)** está encargado de analizar las mediciones recogidas por el agente de diagnóstico, y proporcionar recomendaciones al usuario, tanto de contenido como de comportamiento. Por ejemplo, puede realizar búsquedas a través del agente de consultas y recomendar contenido disponible al usuario, y también hacer recomendaciones sobre la gestión de los recursos que maneja, por ejemplo, recomendando liberar recursos reservados

sin utilizar.

Adicionalmente, existen los agentes especializados **Agente Legislador (AL)**, **Agente Electoral (AE)**, **Agente Jerarquizador (AJ)** y **Agente Directorio (AD)**, que desempeñan los roles de los Organismos Legislador, Electoral, Jerarquizador y



Directorio, respectivamente.

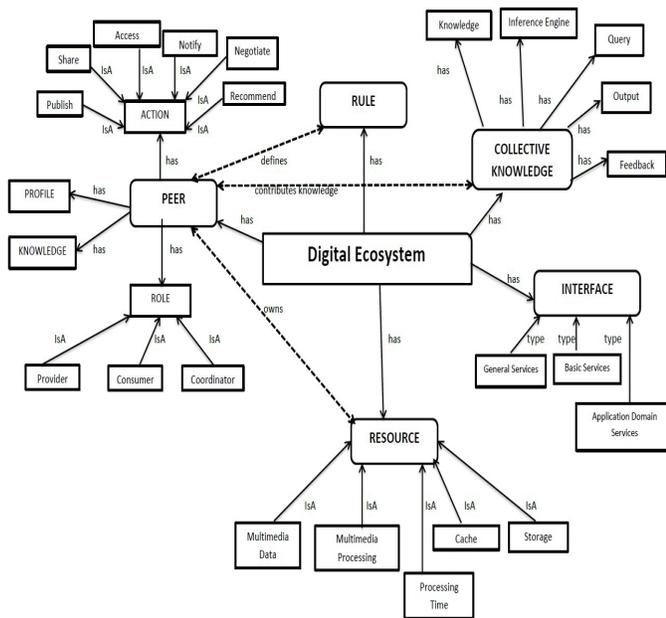
Figura 2: La Arquitectura de un Individuo

## IV. MANEJO DEL CONOCIMIENTO Y CONSULTAS

Esta sección explica cómo EDiM maneja el conocimiento de los individuos participantes en el ecosistema, así como la generación del conocimiento colectivo, producto de las relaciones, comportamiento y evolución del ecosistema, a través de los Agentes de Conocimiento, Directorio y de Consultas.

### IV-A. Agente de Conocimiento

El Agente de Conocimiento (ACon) es el encargado de almacenar la información relativa a los recursos ofrecidos por los individuos (peers) que participan en el ecosistema. Para el manejo de ese conocimiento se usa la ontología mostrada en la Figura 3 [9], en la que se definen los conceptos principales que conforman un



ecosistema digital.

Figura 3: Ontología de Ecosistemas

ACon almacena el conocimiento en forma de documentos RDF e implementa un End-Point que maneja y responde consultas sobre dicho conjunto de datos.

La información mantenida por cada elemento de EDiM se resume a continuación.

- **Ecosistema Digital (Digital Ecosystem):** compuesto por un conjunto de individuos (PEERS) que son los participantes en el ecosistema: un conjunto de recursos (RESOURCES) ofrecidos por los individuos y por el propio EDiM; un conjunto de reglas (RULES) definidas por los participantes y por EDiM, que deben ser respetadas por todos los individuos; el conocimiento colectivo (COLLECTIVE KNOWLEDGE) conformado por el conocimiento extraído y coleccionado de los individuos que será integrado y combinado para generar nuevo conocimiento; y un conjunto de interfaces (INTERFACES) que describen los servicios ofrecidos por EDiM.

- **Individuo (PEER):** es la representación de un participante en EDiM y es definido con los siguientes atributos:

1. Identificador único;
2. PROFILE, información para describir las características del individuo tales como {localización, intereses, preferencias};
3. PEER\_RESOURCES, conjunto de recursos que ofrece y administra el individuo;
4. PEER\_KNOWLEDGE, es la representación de la experiencia e historia sobre los recursos, uso e intereses del individuo;
5. PEER\_RULES, es el conjunto de reglas que el individuo establece para definir las políticas de colaboración y compartimiento;
6. ACTIONS, es el conjunto de posibles tareas que puede llevar a cabo el individuo, tales como {publicar, recomendar, negociar, notificar, promocionar, acceder,

solicitar, responder}; y

7. ROLES, representa el conjunto de capacidades que el individuo puede adoptar, tales como {proveedor, consumidor, coordinador}.

- Recurso (RESOURCE): representa los recursos que un individuo puede ofrecer, tales como (i) Datos multimedia, que se refiere a contenido variado entre texto, imágenes, audio, video y modelos gráficos o tridimensionales; (ii) Procesamiento de datos multimedia, la capacidad para manipular contenido multimedia; (iii) Tiempo de procesamiento, que es la capacidad de compartir cierto porcentaje de uso de su CPU por unidades de tiempo a los peers en el ecosistema; (iv) Cache, almacenamiento de conocimiento frecuentemente consultado por el ecosistema o sus comunidades; y (v) Capacidad de almacenamiento, espacio libre y reservado para el acopio de contenido multimedia y conocimiento generado. Los recursos se describen con los siguientes atributos:

1. Identificador único;
2. Descripción: breve explicación del recurso;
3. Características ([String =>String]) específicas sobre el recurso; es un arreglo asociativo de Strings donde el nombre de la característica se usa para obtener el valor de la característica (Ejemplo: ["Sistema operativo"] =>["Ubuntu 10.10"]);
4. Tipo: puede ser multimedia (archivos de texto plano, texto enriquecido, imágenes fijas, imágenes animadas, audio y videos), "Storage" o "Cache" espacio en disco para almacenar multimedia de manera permanente o temporal, "Processing time" poder de cómputo para el procesamiento de multimedia, y "Multimedia processing" aplicaciones para el procesamiento de multimedia.
5. Localización (URL): Dirección física

del recurso; y

6. Dueño: identificador del dueño del recurso.

- Regla (RULE): representa una regla impuesta por un individuo y consiste de:

1. Identificador único;
2. Nombre de la regla; y
3. Descripción: breve explicación de la regla.

- Conocimiento Colectivo (COLLECTIVE KNOWLEDGE): representado por:

1. KNOWLEDGE: representa los hechos y acciones coleccionados de los individuos (PEERS);

2. INFERENCE\_ENGINE: representa una lógica de razonamiento usado para procesar las reglas y los hechos para deducir nuevo conocimiento;

3. QUERY: es la representación de los intereses de los usuarios para acceder y recuperar datos y servicios;

4. OUTPUT: representa los resultados obtenidos de los queries realizados; y

5. FEEDBACK: representa las reflexiones de los usuarios sobre las OUTPUTS.

- Interfaz (INTERFACE): es la descripción de los diferentes servicios ofrecidos por EDiM que pueden ser {general\_services, basic\_services, application\_domain\_services}, y está representada por:

1. NAME: conjunto de nombres de los servicios;

2. TYPE: describe el conjunto de tipos de datos usados por los servicios;

3. MESSAGE: conjunto de datos ofrecidos por cada servicio;

4. OPERATION: conjunto de acciones soportadas por los servicios;

5. BINDING: describe cómo son invocadas las operaciones; y

6. PORT: conjunto de puntos de

conexión a los servicios.

El atributo “Localización” de cada recurso representa un EndPoint por medio del cual el recurso pueda ser accedido directamente. Cada individuo (PEER) maneja su propio End-Point para poder almacenar y acceder a sus recursos.

Al momento en que se publique un nuevo recurso o cuando se almacene un recurso de otro individuo se debe notificar y suministrar todos los datos correspondientes al ACon para agregarlo al registro de recursos disponibles.

Para conocer los recursos que el ACon dispone se le debe realizar una solicitud requiriendo dicha información, la cual se responderá con la información solicitada.

Para la definición de la ontología se usó Protégé, un editor de ontologías de código abierto y Framework para la construcción de sistemas inteligentes<sup>1</sup>. El manejo de los archivos RDF se realiza a través de Jena RDF API<sup>2</sup> y Apache Jena Framework que está implementado en java para el desarrollo de aplicaciones de Web Semántica y Datos Enlazados (Linked Data) y compuesto por diferentes APIs con los cuales es posible manejar y procesar los modelos RDF.

#### IV-B. Agente Directorio

El Agente Directorio (AD) es el encargado de mantener el directorio actualizado que liste los recursos disponibles en EDiM, así como los individuos que están disponibles, sus roles y el alcance de los mismos. Para cumplir con sus tareas, el AD está implementado y se comunica con un descompositor de consultas SPARQL el cual, dada una serie de especificaciones de conjuntos de datos, puede consultar los distintos conjuntos de datos para responder consultas complejas. Además puede aplicar

reglas de inferencia sobre las especificaciones manejadas para generar el conocimiento colectivo del ecosistema.

#### IV-C. Agente de Consultas

El Agente de Consultas (AC) es el encargado de consultar o solicitar los servicios o recursos ofrecidos por otros individuos.

1 Protégé, The National Center for Biomedical Ontology, <http://protege.stanford.edu>

2 Apache Jena, The Apache Software Foundation, <https://jena.apache.org>

Para realizar una consulta se cuenta con una interfaz que captura la información. La maquinaria de búsqueda permite realizar búsquedas por cada atributo de los recursos (Identificador, Descripción, Características, Tipo, Localización y Dueño). Cuando se realice una consulta se debe pedir al Agente de Comunicación (ACom) el identificador del Agente Directorio, una vez obtenido el identificador, las comunicaciones se realizan de manera directa. Al comunicarse con el Agente Directorio se le envían los datos referentes a la búsqueda que se va a realizar, los datos se envían como una estructura de datos la cual contiene la información clave =>valor donde “clave” es alguno de los atributos definidos para los recursos y “valor” el valor de dicho atributo que se desea utilizar para la consulta. Cuando se obtengan los resultados de la consulta, el individuo podrá acceder directamente a los recursos deseados a través de su atributo “Localización”.

Para realizar las consultas se usó ARQ, motor de búsqueda de Jena que admite el lenguaje SPARQL RDF como lenguaje de consulta<sup>3</sup>. Para realizar consultas a través de ARQ se utiliza la clase Query. La clase QueryFactory y su método create() se utilizan

para crear el query, dicho método recibe un string como parámetro el cual representa la consulta a realizar. La clase QueryExecution se utiliza principalmente para asociar un query con el modelo a consultar a través de su método create() que recibe tanto el query como el modelo y los parámetros. La clase ResultSet se utiliza para almacenar los resultados obtenidos al ejecutar la consulta, la cual se realiza a través del método execSelect(). Esta clase posee varios métodos para iterar sobre la lista de resultados obtenidos en la consulta. La clase QuerySolution se utiliza para mostrar un resultado de la consulta, es decir al ejecutar una consulta todos los resultados se almacenan en un objeto de la clase ResultSet y al iterar sobre éstos, cada iteración arroja un objeto de la clase QuerySolution. Esta clase posee varios métodos para acceder a la información.

## V. ASEGURANDO EL EQUILIBRIO DE EDIM

---

Todo individuo de un ecosistema debe proveer inicialmente un conjunto de recursos acorde con sus necesidades de consumo, y a medida que el ecosistema evoluciona, debe continuar proporcionando recursos de forma que pueda encajar dentro del equilibrio del ecosistema. Algunos trabajos recientes reportan enfoques para lograr este equilibrio [33], [34], [35].

Para que EDiM pueda definir dicho punto de equilibrio, y mantenerlo, los Organismos Jerarquizadores requieren que los individuos de EDiM posean agentes que registren un perfil de participación respecto a los recursos solicitados, utilizados, ofertados y efectivamente brindados en un segmento de tiempo dado. En todo momento debe ser posible auditar al individuo este perfil de participación dentro del ecosistema, ya sea por otros agentes del individuo EDiM o por

la Autoridad Jerarquizadora. La calidad de la información presentada en el perfil de participación debe permitir que la Autoridad

3 A SPARQL Processor for Jena, The Apache Software Foundation, <https://jena.apache.org/documentation/query/>

Jerarquizadora evalúe la autosustentabilidad del ecosistema, considerando la totalidad de recursos ofertados por todos los individuos, y la cantidad efectiva de recursos consumidos. Para ayudar a mantener el equilibrio del ecosistema, los recursos no utilizados frecuentemente deben ser liberados, y para los recursos escasos se debe motivar una mayor aportación por parte de los individuos.

A continuación se presentan el diseño de los dos agentes EDiM propuestos para cumplir esta labor.

### V-A. Agente de Diagnóstico

El Agente de Diagnóstico es un agente de medición y análisis de desempeño de los recursos efectivamente compartidos a través de un individuo EDiM y el ecosistema. Es el encargado de definir y mantener actualizado el perfil de participación de un individuo con el ecosistema. Para definir el perfil de participación de un individuo se consideran sus interacciones con los recursos de interés para EDiM y el uso que se les ha dado. Se definen valores cuantificables según los roles de consumidor o tributario de recursos a la comunidad. Se trata principalmente de cubrir los estados y cambios de los Recursos Solicitados, Recursos Utilizados, Recursos Ofertados y Recursos Efectivamente Brindados.

Ciertos recursos de EDiM son definidos como abstracciones de recursos de un computador. Por ejemplo, el denominado

cache de datos frecuentes del ecosistema, se traduce en una combinación de espacio de almacenamiento de datos, capacidad de lectura y escritura frecuente sobre este espacio de datos, y óptimas capacidades de transmisión de datos en red. Esto para que el individuo pueda ser considerado apto para aportar recursos en calidad de cache de datos o mirror para el ecosistema o una comunidad.

Así pues, los recursos de computador cuantificados por este agente son: (i) Contenido multimedia; (ii) Uso de CPU; (iii) uso de GPU; (iv) Tráfico dedicado de red; y (v) Espacio de Almacenamiento de datos. Las estructuras de almacenamiento para cada uno de estos valores, y sus unidades de medida según corresponde, están definidas pensando en los posibles requerimientos del criterio del Organismo Jerarquizador para evaluar la contribución óptima de los participantes. Para estas estructuras de almacenamiento se proponen arreglos (denotadas de la forma [a]) y tuplas (denotadas de la forma {a,b,..,c}) según convenga:

1. Contenido Multimedia: con criterio para Obtenido y Compartido - [{Tipo\_CM, Cant\_D, Cant\_U}]. Los criterios de un correcto equilibrio entre datos multimedios compartidos y obtención de datos multimedios por un individuo específico no son responsabilidad de este agente, pero se cuantifica el tráfico total según cada tipo de contenido para su auditoria. El tipo de contenido multimedia (Tipo\_CM) corresponde a una etiqueta adjunta a cada archivo compartido y definidas por el ecosistema. El tamaño total de contenido obtenido y compartido (Cant\_D y Cant\_U, respectivamente) se mide en mega bytes.

2. Uso de GPU: con criterio para Obtenido, Ofertado y Compartido - {{Q,to}, {Pot\_GPU,[T]}, tb}. La solicitud de recursos de GPU depende del tipo de tarea, aplicación a usar y granularidad de las operaciones a

realizar, por ello se denota con una cantidad Q a definir por los protocolos de las aplicaciones implicadas y un tiempo de ejecución (to) estimado. Dicha cantidad puede ser medida como una relación entre tiempo de ejecución y potencia de GPU una vez consumido, y debe ser registrado por los individuos que entregan el recurso. La oferta de capacidad de procesamiento en GPU se realiza con una tupla de potencia de GPU que se ofrece (Pot\_GPU) y un conjunto de secciones de tiempo (T) en los cuales estará disponible. El uso efectivo de tiempo de GPU brindado y compartido al ecosistema se expresa en segundos (tb).

3. Uso de CPU: con criterio para Obtenido, Ofertado y Compartido - {{Q,to}, {Pot\_CPU,[T]}, tb}. Estructura similar al de uso de GPU, pero referente al CPU brindado y/o solicitado.

4. Tráfico dedicado de Red: con criterios para Límite Ofertado y Tráfico efectivo utilizado - {AB, Data\_trans}. El tráfico de red de un individuo como recurso ofertado al ecosistema es importante al considerar el consumo de ancho de banda que requerirá operaciones como transferencia de datos de otros usuarios para almacenar en el nodo del individuo, para operar como cache de datos de transmisión frecuente o para considerar su postulación a roles especiales del ecosistema. El ancho de banda ofertado puede ser un segmento de velocidad de transferencia (AB) que se le asignará para el uso de las operaciones de los agentes EDiM con el ecosistema, cuando éste lo requiera. Se cuantifica en megabits por segundo. El total de datos recibidos y transmitidos (Data\_trans) a través del individuo para operaciones de aporte al ecosistema, y no de consumo propio, son medidos en mega bytes.

5. Espacio de Almacenamiento: con criterio para Solicitado, Usado, Ofertado y Brindado - {EA\_S, {EA\_U, tu}, EA\_O, {EA\_B,

tb}}.

El espacio de almacenamiento solicitado (EA\_S) al eco- sistema bien puede ser diferente al espacio de almacena- miento efectivamente otorgado y en uso (EA\_U), debido a que los recursos solicitados pueden ser negados, por falta de disponibilidad o incompatibilidad de aceptación entre reglas con los individuos que ofertan el recurso. El espacio de almacenamiento en uso se registra con una tupla junto al tiempo (tu) durante el cual se ha estado utilizando espacio de almacenamiento del ecosistema. El espacio de almacenamiento ofertado (EA\_O) se refiere al espacio local exclusivo y reservado para el uso del ecosistema, no tiene un tiempo asociado pues se trata de espacio ocioso, en caso de cambiarse la oferta, se debe notificar inmediatamente al Organismo Jerarquizador del ecosistema. Finalmente la tupla de espacio de alma- cenamiento brindado (EA\_B), la cantidad del espacio local anterior siendo efectivamente utilizado por otros individuos del ecosistema, y el tiempo (tb) durante el cual se ha brindado el recurso. Todos los valores de espacio de almacenamiento se expresan en mega bytes.

El perfil de participación en el ecosistema de un individuo, determinado por la combinación de las cinco tuplas anteriores, depende de la correcta actualización de los valores registrados. Para ello se definen métodos de reporte de nuevos recursos utilizados, ofertados o disponibles por el individuo. Se abren estos procedimientos para las acciones pertinentes y los agentes que deben reportar los cambios. Inicialmente los recursos ofrecidos pueden o bien ser ofertados, o alterado su nivel de participación en el ecosistema, o eliminados del pool de recursos ofrecidos al ecosistema. Los recursos ofrecidos también pueden ser asignados o liberados, por necesidad del ecosistema, a otros individuos. Los recursos solicitados

deben ser tratados por los Agentes de Asignación correspondientes, y será reportada la asignación de recursos obtenida, total o parcial o incluso la notificación de rechazo, al Agente de Diag- nóstico. Finalmente, el Organismo Jerarquizador, puede influir en el agente de recomendaciones para solicitar recursos del sistema; o bien puede juzgar que la conducta de participación de un individuo no cumple el equilibrio y ordenarle liberar y/u ofertar recursos para continuar perteneciendo al ecosistema.

Como se ve, la viabilidad del Agente de Diagnóstico depen- de de la comunicación iniciada por los Agentes de Identidad (al definir los recursos ofertados inicialmente), el Agente de Conocimiento (al transmitir y recibir datos multimedios), el Agente de Abstracción de recursos (al validar compartimiento de recursos a otros individuos) y el Agente de Consultas (al aceptar recursos provistos por otros individuos). Además, des- pués de cada cambio efectivo sobre los recursos del ecosistema efectivamente asignados al individuo, éste debe comunicar inmediatamente el reporte de petición de recursos que se le ha aprobado, según el protocolo convenido. Finalmente cada cambio al total de recursos ofertados por el individuo al ecosistema, que no se deba a recurso prestado, debe ser reportado inmediatamente al Organismo Legislador.

Como ultima responsabilidad del Agente de Diagnóstico, debe reinicializar su estructura de diagnóstico cada cierta uni- dad de tiempo, común al Agente Legislador del ecosistema. En la implementación desarrollada se sigue además, una bitácora de control de todas las invocaciones al Agente de Diagnóstico, incluyendo las auditorías con el Organismo Jerarquizador y las reinicializaciones automáticas programadas.

### V-B. Agente de Recomendaciones

El Agente de Recomendaciones trabaja con el perfil de participación obtenido del Agente de Diagnóstico y, para cada recurso de EDiM, analiza si la oferta de recursos locales es utilizada por la comunidad y con qué frecuencia se utiliza. Para esto lee además el contenido de la bitácora histórica que genera el Agente de Diagnóstico registrando sus actividades. Considerando el tipo de peticiones de recurso EDiM asociados a los recursos locales que está aprobando el individuo al ecosistema.

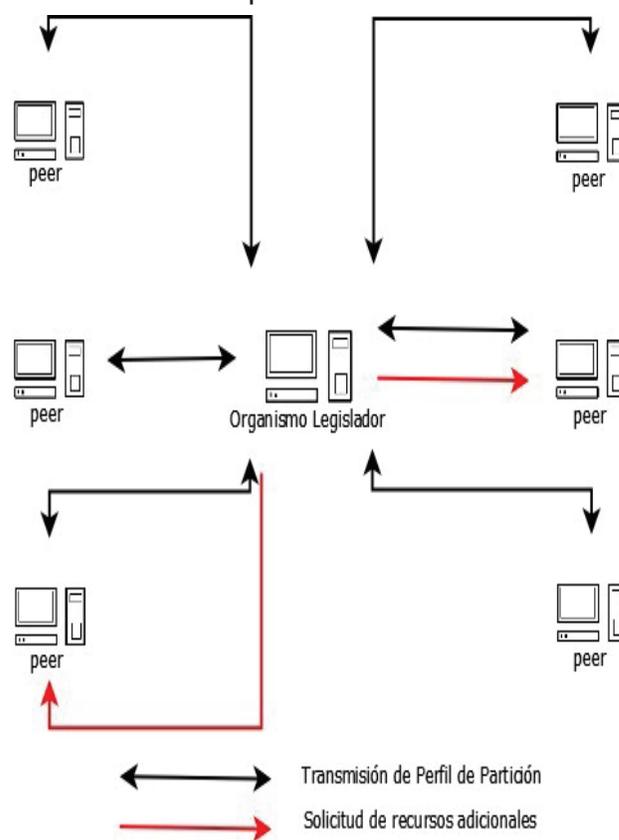
La idea de estos análisis individuales por recurso de EDiM es poder proponer al individuo una configuración óptima de un conjunto de recursos locales que ofertar al ecosistema, maximizando su participación en EDiM en el rol que ha desarrollado naturalmente. Un desempeño óptimo de este criterio de recomendación diseñado depende del análisis de un EDiM funcional para juzgar necesidades y prioridades de recursos a ofertar.

La definición de un ecosistema digital incluye la auto-organización y dinamismo del sistema, por lo que las métricas para recomendación de ajuste de perfil de participación deberían poder ser influidas por la comunidad. Teniendo esto en cuenta se recomienda que el Agente de Recomendación soporte un pool de métricas ubicado en un módulo superior.

La gestión del recurso de contenido multimedia puede además ser ligeramente tratada aquí para recomendar liberación de recursos por contenido de poco interés. Un avance en las recomendaciones de consumo de contenido multimedia sería la sugerencia de contenido similar dentro del ecosistema, fomentando la participación y el intercambio, y en última instancia la generación de nuevo

conocimiento a partir del contenido interno del ecosistema. No obstante, para esto es necesario que el contenido multimedia compartido esté clasificado por un grupo de etiquetas descriptivas, que permitan armar mapas de contenido relacionado. Con contenido multimedia correctamente clasificado se propone alimentar un nuevo agente de análisis de contenido compartido entre individuos. El Agente de Recomendaciones actual puede alimentarlo dicha métrica de análisis con datos del tráfico personalizado por individuo.

Finalmente, el Organismo Jerarquizador puede juzgar la necesidad de aumentar la oferta de recursos generalmente escasos e inducir al Agente de Recomendaciones a solicitar un reajuste de dicho recurso para ciertos individuos (ver Figura 4). El Agente de Recomendaciones debe poder analizar su viabilidad local y transmitir dicha petición al controlador del



individuo EDiM.

Figura 4: El Organismo Jerarquizador sugiere priorizar ciertos recursos a los Agentes de Recomendaciones

## VI. INDIVIDUO PARA UNA PLATAFORMA MÓVIL

---

Un ejemplo típico en las consultas multimedia es la búsqueda por similitud de contenido. Tal búsqueda, basada en la extracción de diferentes descriptores (de color, de textura, de regiones, etc.) a partir del contenido, permite evaluar la similitud entre dos contenidos multimedia a través de la similitud de los descriptores. Este enfoque se basa en la consulta con un ejemplo, muy intuitiva para el usuario, que expresa su requerimiento indicando un objeto multimedia ejemplo (imagen, sonido, etc.) y recibe en respuesta los objetos más similares a ese ejemplo. Se desea extender esta técnica en el contexto de EDiM, incluyendo la búsqueda por similitud de contenido XML, basada en las técnicas de medida de similitud de documentos XML.

Siendo EDiM un sistema basado en una arquitectura P2P sobre la cual se lleva a cabo el intercambio y almacenamiento de recursos, se implementó un servicio para acceder a los contenidos multimedia suministrados por el Archivo Nacional de Arte Rupestre (ANAR) que es una asociación sin fines de lucro que se encarga de recolectar información sobre los manifestos rupestres en Venezuela y cuya información se encuentra disponible al público. Los manifestos rupestres son todos aquellos indicios antiguos como grabados en rocas, dibujos en piedras, grabados gigantes en tierra, etc; que la primeras sociedades hicieron como un intento de comunicación humana.

La interfaz propuesta del servicio permite: i) interrogar a las bases de datos multimedia de ANAR, sin que el usuario y el

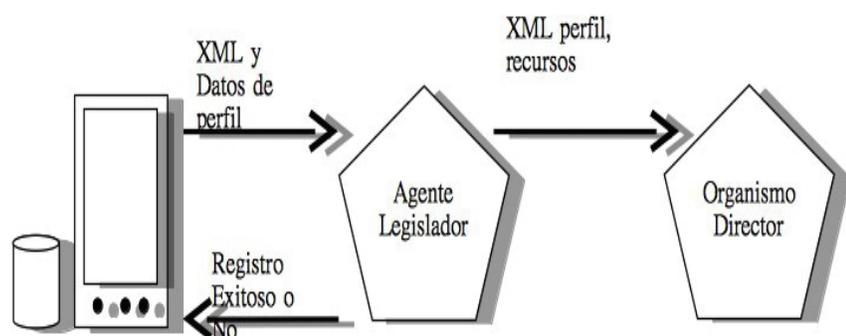
ecosistema requieran conocer el lenguaje de interrogación, considerando particularmente consultas por similitud que permitan buscar documentos multimedia similares a un documento dado; ii) desarrollar un mecanismo de acceso a EDiM a través de clientes livianos para dispositivos móviles.

### VI-A. Proceso de Registro de Usuario

El proceso de registro del usuario de un dispositivo móvil se realiza a través de un Agente Legislador y un Organismo Directorio que se están ejecutando en JADE. JADE es el middleware o framework desarrollado por TILAB para el desarrollo de aplicaciones distribuidas multi-agente basadas en arquitectura de comunicaciones peer-to-peer (P2P). La inteligencia, la iniciativa, la información, los recursos y el control puede ser completamente distribuido en terminales móviles así como en computadoras en la red fija. El entorno puede evolucionar dinámicamente con peers, que en JADE son llamados agentes, que aparecen y desaparecen en el sistema de acuerdo a las necesidades y requerimientos del entorno de la aplicación [36].

El Agente Legislador contiene todas las reglas del ecosistema. Al momento de registro se creará un archivo XML con las reglas e información del perfil colocadas por el usuario para validar que la información definida estén en sincronía con las reglas que existen en el ecosistema actualmente y se pueda proceder al registro del mismo. En caso de que las reglas que defina el usuario no concuerden o no estén en sincronía con las del ecosistema, se rechazará el registro del mismo. Una vez que se hayan validado las reglas y todo esté en perfecto orden, el Agente Legislador informará al Organismo Directorio que hay un nuevo usuario en la comunidad y le comunicará el rol, recursos que dispone y

alcance del mismo para cuando éste decida hacer consultas o publicar algún tipo de recurso. La Figura 5 ilustra esta interacción al



momento del registro de un individuo móvil.

Figura 5: Registro de un Individuo desde un dispositivo móvil

Para el manejo de la privacidad de la información y de los recursos que los usuarios coloquen a disposición en el ecosistema o comunidad se usa el protocolo P3P [37], el cual se ejecutará transfiriendo un archivo XML con la información que la persona que desea registrarse o hacer una consulta a los agentes y organismos encargados de realizar dichas acciones.

#### VI-B. Consulta de recursos multimedia

Una vez que el Individuo esté registrado y haya podido acceder a la comunidad del ecosistema podrá cargar cualquier tipo de información multimedia que desee compartir con los demás usuarios que pertenezcan a la comunidad y definir ciertas reglas de privacidad para el recurso que está cargando (a través del protocolo P3P utilizando archivos XML) para restringir o limitar los usuarios que puedan tener acceso a la información.

Un ejemplo de carga de recursos multimedia se puede ver con el Archivo Nacional de Arte Rupestre (ANAR) en donde

existen diferentes tipos de información (imágenes, noticias, tipos de petroglifos, etc.) y dependiendo del tipo de información, podrá ser accedida de acuerdo a un determinado perfil (arqueólogos, administradores, excursionistas, etc.), de forma que se pueda proteger información importante que no puede mostrarse al público en general.

Cuando un Individuo va a realizar una consulta de algún recurso que se ofrece en una comunidad de EDiM, el Agente de Consulta pasa un archivo XML con la información del perfil del usuario al sistema y éste se encarga de comparar las reglas de uso de cada uno de los recursos (entiéndase elemento u objetos multimedia) que se encuentran disponibles en la comunidad y devuelve como resultado de la consulta, todos aquellos cuyas reglas permitan el perfil del usuario que realiza la búsqueda. La Figura 6 muestra gráficamente el esquema de consulta.

## VII. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Presentamos la arquitectura general de EDiM, un Ecosistema Digital para la gestión de contenidos multimedia. EDiM se propone como un sistema de software en el cual sus componentes trabajan en conjunto articulada y armónicamente para mantener el sistema en equilibrio, garantizando que sus usuarios puedan gestionar sus recursos multimedia de una manera segura, eficiente y efectiva, de conformidad con las condiciones y reglas que los mismos usuarios definen sobre el uso de sus propios recursos, contribuyendo además a la generación de nuevo conocimiento, mediante el uso de reglas de inferencia, a partir del conocimiento aportado por cada uno de los usuarios. Actualmente,

continuamos con la implementación de los demás componentes de EDiM y otros servicios.

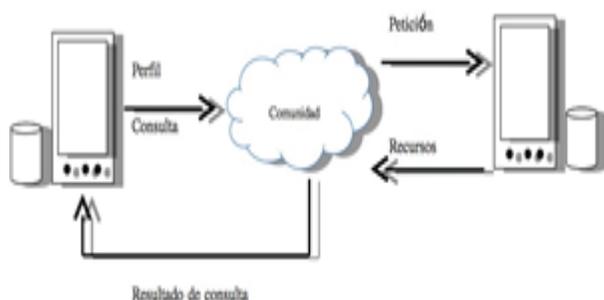


Figura 6: Esquema de Consulta

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. M. Romero, W. Galuba, S. Asur, and B. A. Huberman, "Influence and Passivity in Social Media," in *The 20th international conference companion on World wide web (WWW'11)*, 2011, pp. 113–114.
- [2] A. Gruzd and K. Staves, "Trends in scholarly use of online social media," in *Workshop on Changing Dynamics of Scientific Collaboration, the 44th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, 2011, pp. 2007–2011.
- [3] L. Xie and R. Yan, "Extracting semantics from multimedia content: Challenges and solutions," in *Multimedia Content Analysis, ser. Signals and Communication Technology*. Springer US, 2009, pp. 1–31.
- [4] T. DuBois, J. Golbeck, and A. Srinivasan, "Predicting Trust and Distrust in Social Networks," 2011 IEEE Third International Conference on Privacy, Security, Risk and Trust and 2011 IEEE Third International Conference on Social Computing, pp. 418–424, Oct. 2011.
- [5] A. M. Kaplan and M. Haenlein, "Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media," *Business Horizons*, vol. 53, no. 1, pp. 59–68, January 2010.
- [6] S. Tramp, P. Frischmuth, T. Ermilov, S. Shekarpour, and S. Auer, "An Architecture of a Distributed Semantic Social Network," *Semantic Web Journal*, vol. Special Issue on The Personal and Social Semantic Web, 2012.
- [7] C. man Au Yeung, I. Liccardi, K. Lu, O. Seneviratne, and T. Berners-lee, "Decentralization: The future of online social networking," in *W3C Workshop on the Future of Social Networking Position Papers*, 2009.
- [8] V. D. Ponte and Y. Cardinale, "Arquitectura de Ecosistema Digital para la Gestión de Contenido Multimedia," in *III Simposio Científico y Tecnológico en Computación, Caracas, Venezuela, 2014*, pp. 3–23.
- [9] S. Asres, Y. Cardinale, and R. Chbeir, "A Multimedia-Oriented Digital Ecosystem: a New Collaborative Environment," in *14th IEEE/A-CIS International Conference on Computer and Information Science (ICIS2015)*, Las Vegas, USA, 2015, pp. 1–6.
- [10] M. Bonifacio, R. Cuel, G. Mameli, and M. Nori, "A peer-to-peer architecture for distributed knowledge management," in *In Proceedings of 3rd International Symposium on Multi-Agent Systems, Large Complex Systems, and E-Businesses (MALCEB'2002)*, 2002, pp. 8–10.
- [11] J. C. Morris, "Distriwiki: A distributed peer-to-peer wiki network," in *International Symposium on Wikis, ser. WikiSym '07*. ACM, 2007, pp. 69–74.
- [12] M. Bender, T. Crecelius, M. Kacimi, S. Michel, J. X. Parreira, and G. Weikum, "Peer-to-peer information search: Semantic, social, or spiritual?" *IEEE Data Eng. Bull.*, vol. 30, no. 2, pp. 51–60, 2007.
- [13] M. Khambatti, K. Ryu, and P. Dasgupta, "Peer-to-Peer Communities: Formation and Discovery," in *14th IASTED Conference on Parallel and Distributed Computing Systems (PDCS)*, 2002, pp. 166–173.

- [14] L. Wang, J. Wang, L. Sun, and I. Hagiwara, "A peer-to-peer based communication environment for synchronous collaborative product design," in *Cooperative Design, Visualization, and Engineering*, ser. LNCS. Springer Berlin Heidelberg, 2007, vol. 4674, pp. 9–20. [Online]. Available: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-74780-2\\_2](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-74780-2_2)
- [15] L. Barradas and J. Pinto-Ferreira, "P2P infrastructure for tourism electronic marketplace," in *Virtual Enterprises and Collaborative Networks*, ser. IFIP International Federation for Information Processing. Springer, 2004, vol. 149, pp. 461–468. [Online]. Available: [http://dx.doi.org/10.1007/1-4020-8139-1\\_49](http://dx.doi.org/10.1007/1-4020-8139-1_49)
- [16] M. Margaritis, C. Fidas, N. Avouris, and V. Komis, "A Peer-To-Peer Architecture for Synchronous Collaboration over Low-Bandwidth Networks," in *9th PCI*, 2003.
- [17] M. Feldman and J. Chuang, "Overcoming free-riding behavior in peer-to-peer systems," *ACM SIGecom Exchanges*, vol. 5, no. 4, pp. 41–50, Jul. 2005. [Online]. Available: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1120717.1120723>
- [18] H. Stockinger, "Defining the grid: a snapshot on the current view," *The Journal of Supercomputing*, vol. 42, no. 1, pp. 3–17, Mar. 2007. [Online]. Available: <http://link.springer.com/10.1007/s11227-006-0037-9>
- [19] A. Opitz, H. König, and S. Szamlewska, "What Does Grid Computing Cost?" *Journal of Grid Computing*, vol. 6, no. 4, pp. 385–397, Feb. 2008. [Online]. Available: <http://link.springer.com/10.1007/s10723-008-9098-8>
- [20] N. Chaitanya, S. Ramachandram, B. Padmavathi, S. Skandha, and G. Kumar, "Data privacy for grid systems," in *Advances in Computing and Communications*, ser. *Communications in Computer and Information Science*. Springer Berlin Heidelberg, 2011, vol. 193, pp. 70–78. [Online]. Available: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-22726-4\\_9](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-22726-4_9)
- [21] M. Li, H. Yao, C. Guo, and N. Zhang, "Privacy protection mechanism in grid computing environment," in *EC2ND 2005*, A. Blyth, Ed. Springer London, 2006, pp. 33–39.
- [22] N. M. Calcavecchia, A. Celesti, and E. D. Nitto, *Understanding Decentralized and Dynamic Brokerage in Federated Cloud Environments*. IGI Global, 2012.
- [23] C. N. Höfer and G. Karagiannis, "Cloud computing services: taxonomy and comparison," *Journal of Internet Services and Applications*, vol. 2, no. 2, pp. 81–94, Jun. 2011.
- [24] S. Habib, S. Hauke, S. Ries, and M. Mühlhäuser, "Trust as a facilitator in cloud computing: a survey," *Journal of Cloud Computing: Advances, Systems and Applications*, vol. 1, no. 1, p. 19, 2012. [Online]. Available: <http://www.journalofcloudcomputing.com/content>
- [25] T. Vasista and M. AISudairi, "Service-oriented architecture (soa) and semantic web services for web portal integration," in *Advances in Computing and Information Tech.*, 2013, vol. 177, pp. 253–261.
- [26] Z. Mahmood, "The promise and limitations of service oriented architecture," *Internat. journal of Computers*, vol. 1, no. 3, pp. 74–78, 2007.
- [27] E. Chang and M. West, "Digital Ecosystems A Next Generation of the Collaborative Environment," in *iiWAS*, 2006, pp. 3–24.
- [28] C. Chrysoulas, E. Haleplidis, R. Haas, S. G. Denazis, and O. G. Koufopavlou, "A web-services based architecture for dynamic-service deployment,"

in IWAN, 2005, pp. 206–211.

[29] E. Chang and M. West, “Digital Ecosystems: A next Generation of the Collaborative Environment,” in Eight International Conference, 2006, pp. 3–23.

[30] J. Stanley and G. Briscoe, “The abc of digital business ecosystems,” CoRR, vol. abs/1005.1899, 2010.

[31] H. Boley and E. Chang, “Semantics \* Digital Ecosystems: Principles and Semantics,” in Conference on Digital EcoSystems and Technologies, no. February, 2007.

[32] B. Intelligence, “Digital Ecosystem Architecture,” 2006.

[33] M. Marzolla, S. Ferretti, and G. D’Angelo, “Auction-based resource allocation in digital ecosystems,” in 6th International Conference on MOBILE Wireless MiddleWARE, Operating Systems, and Applications (MobilWare 2013), 2013, pp. 1–8.

[34] J.-S. Hua, S.-M. Huang, D. C. Yen, and C.-W. Chena, “A dynamic game theory approach to solve the free riding problem in the peer-to-peer networks,” Journal of Simulation, vol. 6, pp. 43–55, 2012.

[35] O. Herrera-Ruiz and T. Znati, “Proactive repairs and incentives for content availability in p2p overlay networks,” International Journal of Computer Science and Network Security, vol. 12, no. 4, pp. 53–63, 2012.

[36] F. B. G. Caire, A. Poggi, and G. Rimassa, “Jade. a white paper,” 2003. [37] W3C, “Platform for privacy preferences (p3p),” 2015. [Online].

Available: <http://www.w3.org/P3P/>