

Revisión de propuestas de Arquitecturas de Referencia para la Ingeniería de Redes Empresariales

Rubén Darío Franco², Ángel Ortiz Bas², Francisco Lario², Rosa Navarro²

¹ Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de la Producción (CIGIP). Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n. Ed 8G – Esc. 4 – Nivel 1. Ciudad Politécnica de la Innovación. Valencia (46022). dfranco@cigip.upv.es

Abstract

Los beneficios y oportunidades derivados de los modelos organizativos en red demandan de los directivos la utilización de nuevas herramientas, metodologías y arquitecturas que apoyen el proceso de implantación de las nuevas prácticas dentro de la organización. Con ese fin, algunos autores sugieren la conveniencia de revisar los métodos utilizados habitualmente en Ingeniería Empresarial para extenderlos a un contexto de red.

La evolución del entorno empresarial y de negocios ha ocasionado que la mayoría de los trabajos en el ámbito de la Ingeniería Empresarial, surgidos fundamentalmente a partir del estudio y comprensión de entornos CIM de una única empresa, hayan sido evolucionados para dar respuesta a una necesidad creciente: gestionar las operaciones en un entorno distribuido, global y ávido de información en tiempo real.

En este trabajo se analizan distintas arquitecturas de referencia para el modelado de redes empresariales con el fin de evaluar su adecuación al modelado de redes empresariales.

Keywords: Redes de Empresas, Arquitecturas de Referencia, Ingeniería Empresarial

1. Motivación

Las actuales condiciones que caracterizan la forma de competencia evolutiva en la que las organizaciones se ven inmersas, les lleva a definir y/o verse implicadas en nuevos modelos organizativos en los que la búsqueda de complementariedad entre competencias básicas conforma Empresas Virtuales o Redes Colaborativas (Camarinha-Matos, 2001).

Para poder explotar adecuadamente los beneficios y oportunidades derivados de estos nuevos modelos, los directivos necesitan herramientas, metodologías y arquitecturas que apoyen el proceso de implantación de las nuevas prácticas dentro de la organización. Con ese fin, algunos autores (como por ejemplo Vernadat, 2002) sugieren la conveniencia de revisar los métodos utilizados habitualmente en Ingeniería Empresarial para extenderlos a un contexto de red empresarial.

Según la visión tradicional, el modelado empresarial es el proceso de construir, y mantener, los modelos de una parte o toda una empresa (modelos de procesos, de datos, de recursos, etc.), a partir del conocimiento que se tenga de ella; de modelos anteriores u otros modelos de referencia, utilizando lenguajes de representación de modelos (Vernadat, 1997).

Bajo esta aproximación, en los años 80s y 90s surgieron diversas propuestas destinadas a apoyar el proceso de Ingeniería Empresarial, entre las que pueden destacarse: CIMOSA (Kosanke, et. al, 1995), GRAI/GIM (Doumeings y Vallespir, 1995), PERA (Williams, 1992), GERAM (GERAM, 1997) o IE-GIP (Ortiz, 1998), entre otras.

La evolución del entorno empresarial y de negocios ha ocasionado que la mayoría de esos trabajos, surgidos fundamentalmente a partir del estudio y comprensión de entornos CIM (Computer Integrated Manufacturing) de una única empresa, hayan sido evolucionados para dar respuesta a una necesidad creciente: gestionar las operaciones en un entorno distribuido, global y ávido de información en tiempo real.

En el ámbito de este trabajo se analizarán, en orden cronológico, tres de las más reconocidas: CIMOSA, como base conceptual; VERA, *Virtual Enterprise Architecture* (Vesterager et al, 2003) y ARCON, *A Reference Model for Collaborative Networks* (Camarinha-Matos y Afsarmanesh, 2006).

2. Arquitecturas de Referencia para la Ingeniería de Redes Empresariales

2.1. CIMOSA

CIMOSA se incluye en este análisis por dos razones fundamentales: en primer lugar porque su sólida aportación conceptual ha servido como base a la elaboración de otras propuestas y, en segundo, porque en su formulación inicial contemplaba posibles extensiones a modelos colaborativos, aunque fundamentalmente a nivel de operación.

La iniciativa del Consorcio AMICE (European Computer Integrated Manufacturing Architecture) intenta mejorar la integración de la información empresarial a través de una representación estructurada de sus procesos. Su enfoque integrador se apoya en tres elementos interrelacionados:

- El Entorno de Modelado
- El ciclo de vida y los entornos (de Ingeniería y Operación)
- La infraestructura de integración

Descripción general del entorno de modelado CIMOSA

CIMOSA ha definido tres dimensiones para reflejar todos los conceptos requeridos para la modelización de una empresa. Una dimensión que representa el grado de particularización que identifica el conjunto de modelos posibles, esta es la **dimensión de generación** o bloques constructivos en la que es posible encontrar tres tipos de bloques constructivos: de nivel genérico, que se corresponde con un conjunto estructuras que son la base para la construcción de cualquier modelo de empresa. El segundo nivel lo componen los componentes de nivel parcial, en los que se trabaja con esqueletos incompletos de modelos que se acercan más a la realidad de la empresa concreta, y por lo tanto más utilizables a nivel sectorial. Finalmente, a nivel particular, los modelos se relacionan con una empresa particular y representa el conocimiento necesario para que sea posible implementar con las especificaciones de un conjunto integrado de componentes de tecnologías industriales y de la información

- Otra dimensión representa la estructura y comportamiento de un modelo considerando diversos aspectos de una empresa, esta es la dimensión de las vistas. CIMOSA define cuatro vistas: Funcional (permite la observación de la funcionalidad de la empresa mediante la planificación, control y supervisión de las operaciones; Información: permite la observación de las estructuras de información usadas durante las operaciones de la empresa; Recursos, permite la observación de los recursos de la empresa necesarios para llevar a cabo los procesos de la empresa, incluyendo el uso del modelo para gestionarlos y Organización, permite la observación de la responsabilidad de la toma de decisiones.
- La tercera dimensión se representa el ciclo de vida del modelo. El nivel inicial es la Definición de los requisitos, que utiliza un lenguaje amigable para identificar los requisitos de negocio de la empresa. Estos requisitos llevan a la definición de procesos que se pueden descomponer posteriormente usando tipos de bloques constructivos de nivel genérico. A Nivel de especificación del diseño, se utiliza un idioma procesable por el ordenador para identificar y cuantificar la tecnología requerida para ejecutar los procesos identificados a partir de la fase anterior. Finalmente, el Nivel de descripción de la implementación, define en un formato ejecutable por el ordenador los medios de ejecución del proceso (modelo físico).

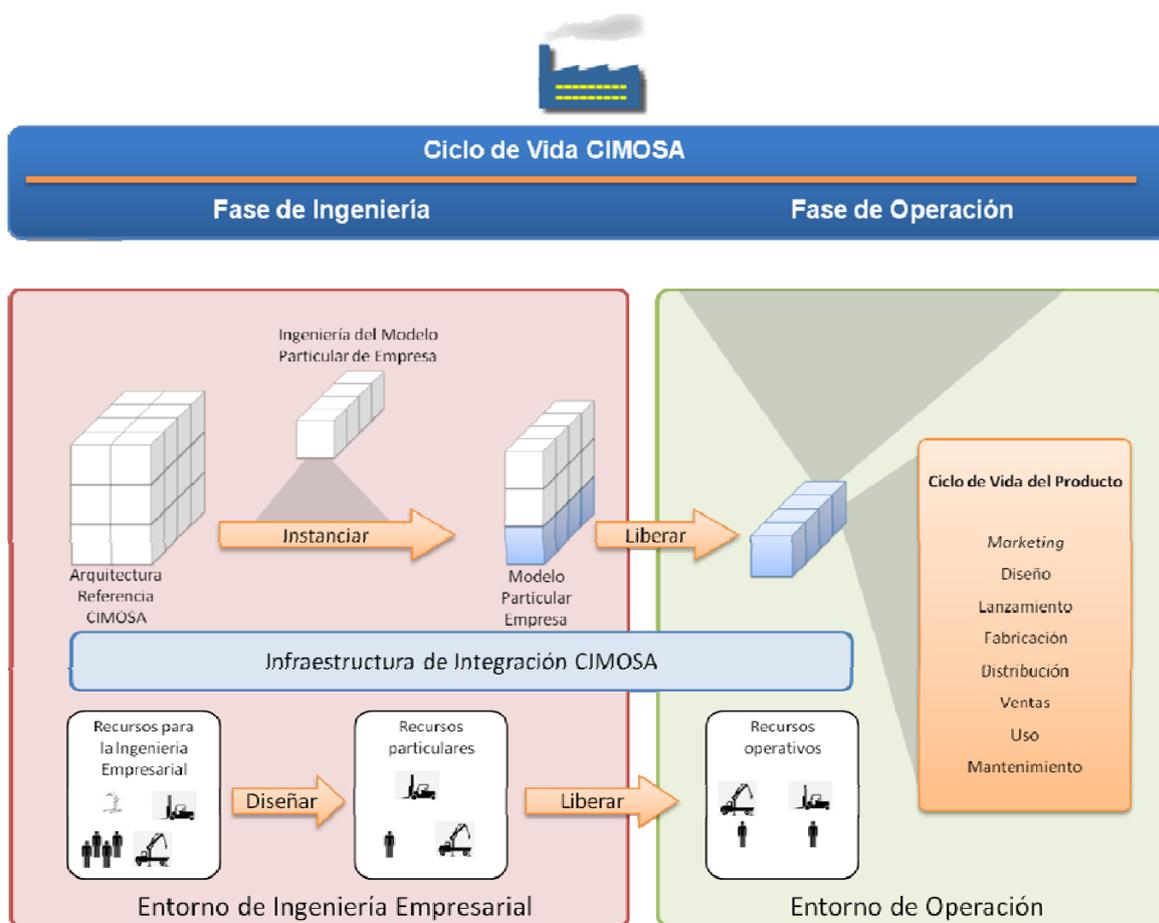


Figura 1. Representación de los aspectos centrales de CIMOSA

Adicionalmente, CIMOSA se soporta en un Ciclo de Vida en el que se proponen dos entornos integrados y complementarios, con propósitos bien distintos.

El Entorno de Ingeniería Empresarial en el cual se modelan, construyen, validan y despliegan los modelos organizativos y el Entorno de Operación, cuya finalidad es proveer toda la infraestructura necesaria para dar soporte a la ejecución de esos modelos de procesos y alcanzar los objetivos organizativos.

Finalmente, a nivel de implementación, la Infraestructura de Integración provee un conjunto estructurado de servicios empresariales como forma de acceder a los sistemas de información que están soportando la ejecución de procesos de negocio. Este concepto se aproxima al de orientación a servicios tecnológicos para la implementación de procesos distribuidos.

2.2. VERAM (Virtual Enterprise Architecture and Methodology)

El proyecto GLOBEMEN (Globemen, 2003) dio como resultado la creación de una arquitectura y metodología para facilitar el modelado, la formación, la gestión y soporte tecnológico, así como modelos de referencia y herramientas de soporte. Inspirada en GERAM (GERAM, 1997), VERAM se sustenta en 3 niveles o capas conceptuales.

Empresas Virtuales (capa inferior)

En esta capa se propone el conjunto de conceptos que sustentan el resto de modelos. Partiendo de un análisis de las empresas virtuales y la aportación de las redes de empresas, se propone una definición de empresa virtual con una marcada visión tecnológica.

VERA

Arquitectura de referencia (capa intermedia): organiza los conceptos relacionados a EV para ser utilizados en su ingeniería y proyectos de integración. Esta visión se encarga de crear un marco genérico basándose en el ciclo de vida de GERAM.

Brevemente, VERA muestra la relación recursiva (o fractal) entre la Entidad Red, la entidad EV y el producto. Cada una de ellas se representa mediante un ciclo de vida que una entidad puede atravesar desde sus inicios hasta su desaparición. VERA muestra que una red puede dar origen a una EV en su fase operativa y que ésta, a su vez, puede crear productos y servicios en la misma fase.

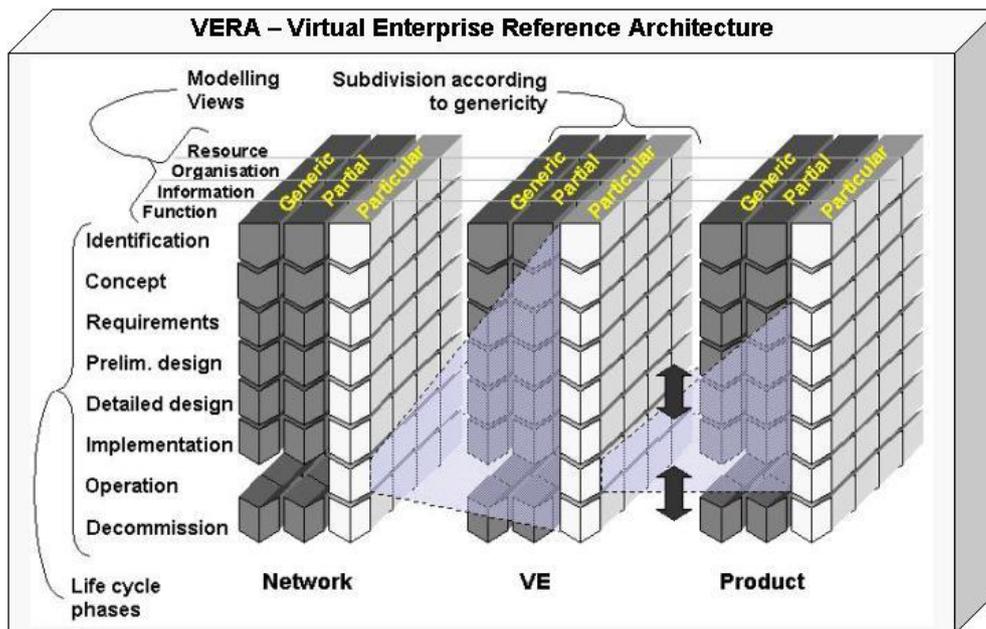


Figura 2. Representación de los aspectos centrales de VERA

Todas estas fases del ciclo de vida, tanto de la red como de una EV son llevadas a cabo por empresas 'reales', que constituyen una materialización del modelo propuesto.

Componentes VERAM

Finalmente, la capa superior consiste en el conjunto de componentes que son utilizados al llevar a la práctica el marco de referencia. Se apoya en un conjunto de herramientas, aplicaciones y modelos que pueden ser utilizados durante la formación y operación de EV y redes.

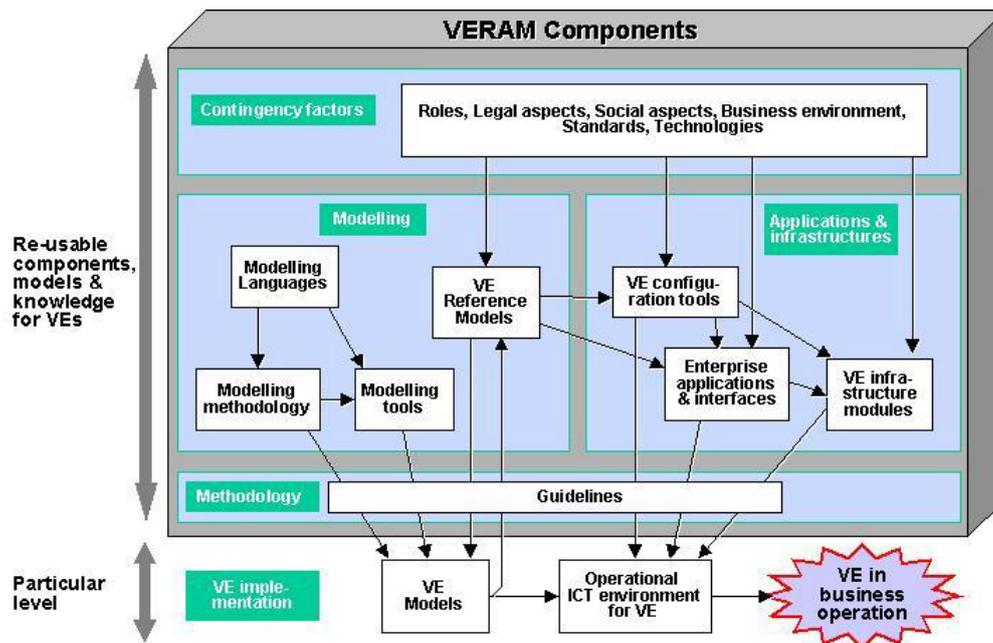


Figura 3. Componentes VERAM para el despliegue de Empresas Virtuales

De acuerdo con los autores, el aspecto más importante de VERAM reside en las recomendaciones ya que indican cómo se deben utilizar los modelos, las herramientas y la metodología para ser puestas en práctica.

2.3. ARCON

El modelo de referencia ARCON (A Reference Model for Collaborative Networks) surgió en el marco del proyecto europeo ECOLEAD (European Collaborative networked Organisations LEADership initiative). Este proyecto tiene por finalidad abordar de forma holística la problemática de las empresas colaborando en red ya que se prevé que la mayoría de las empresas – especialmente las PYMEs – formen parte de una red colaborativa.

La propuesta se apoya en la utilización de tres perspectivas:

- Ciclo de Vida: identifica y define las distintas fases evolutivas por las que atraviesa una Red Empresarial durante su ciclo de vida.
- La segunda se orienta a recoger las características del entorno que rodean esa red. En ésta, se consiguen dos análisis complementarios: a nivel interno y a nivel externo.
- Nivel de generación de modelos: esta perspectiva refleja los diferentes propósitos del modelado de la red, partiendo de modelos genéricos a modelos específicos y las especificaciones de implementación de cada miembro componente.

Perspectiva del Ciclo de vida

Generalmente, en cualquier organización se considera que la fase operativa es la más larga de su ciclo de vida. Comparativamente, la constitución o disolución insumen un tiempo considerablemente menor respecto a ella. Durante la fase de operación pueden darse sucesivas transformaciones o evoluciones de la CNO original siempre motivada por la necesidad de cubrir mejor las oportunidades de mercado.

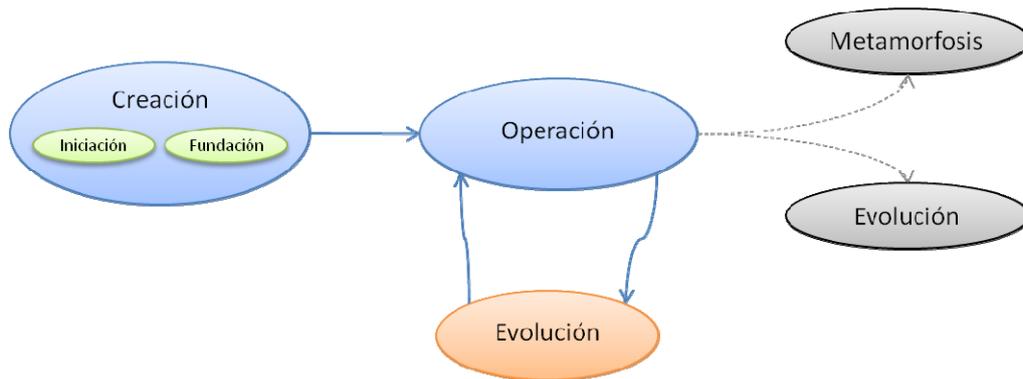


Figura 4. Ciclo de Vida ARCON

La inclusión de esta perspectiva en ARCON tiene por finalidad cubrir explícitamente todas las posibles etapas de evolución en la vida de la red de empresas y garantizar un modelado completo para todas ellas.

Perspectiva del Entorno

En esta perspectiva se considera importante modelar los aspectos endógenos y exógenos que pueden estar presentes durante el ciclo de vida de la CNO.

Se siguen dos enfoques complementarios:

- a. Dimensión externa: permite modelar la relación de la red con el entorno que la rodea y que condiciona su comportamiento y respuesta en el que se enfatizan las siguientes perspectivas:
 - Mercado: esta dimensión se encarga de identificar y caracterizar las interacciones con clientes y competidores. De los clientes se espera identificar las transacciones comerciales y los contratos, iniciativas de márketing, etc. Por parte de los competidores, se busca conocer su posicionamiento, estrategia, políticas. La misión, visión y valores de la CNO también forman parte de esta dimensión.
 - Soporte: en esta dimensión se considerarán todos aquellos servicios que terceras partes (servicios de auditoría, certificación, formación, etc.) pueden prestar a la red y que son necesarios para su funcionamiento.
 - Social: identifica las relaciones de la CNO con la sociedad en general. Si bien esta perspectiva es muy amplia, sólo se intenta identificar el impacto que puede tener la

- red en la sociedad (en crecimiento, empleo, economía, etc.) y también cómo ésta puede restringirle mediante leyes, políticas o nivel de aceptación, así como los elementos que ésta aporta a su desarrollo.
- Composición: en esta dimensión se consideran todos aquellos aspectos que pueden permitir crear un entorno ‘atractivo’ para que nuevos actores quieran formar parte de la CNO.
- b. Dimensión interna: en esta dimensión se analizan los aspectos caracterizan a la red bajo estudio, basándose en:
- Estructural: esta dimensión permite identificar los componentes de la red y sus interrelaciones tanto los roles desempeñados (promotor, coordinador, participante, etc.) como aquellos aspectos que les caracterizan directamente (identificación, localización, etc.).
 - Composición: se orienta a identificar los elementos tangibles o intangibles de la CNO es decir la composición de recursos tales como los recursos humanos, software o hardware, información y conocimiento que muestran qué elementos la componen.
 - Funcional: recoge los aspectos funcionales en términos de funciones básicas que están disponibles en la CNO y la relación de procesos y procedimientos (entendidos como actividades ordenadas en el tiempo) para las diferentes fases del ciclo de vida de la CNO.
 - Comportamiento: recoge las ‘normas de conducta’ o reglas que rigen el funcionamiento de la CNO. Recoge todos aquellos principios o reglas que gobiernan o restringen la forma de proceder de los miembros de la CNO. Aquí se incluyen los principios de colaboración y normas de conducta, principios de confianza, contratos, políticas de resolución de conflictos, etc.

Perspectiva del propósito del modelo

Además de las perspectivas consideradas anteriormente, ARCON incluye esta dimensión con la finalidad de representar el proceso de modelado a distintos niveles de abstracción:

- a. Nivel de conceptos generales: incluye los conceptos comunes a todas las CNOs independientemente de su dominio de aplicación.
- b. Nivel de modelo específico: un nivel intermedio que permite identificar una tipología de CNOs, agrupadas por sus características más relevantes.
- c. Nivel de implementación: representa la instanciación de los modelos específicos a CNOs concretas.

3. Revisión de propuestas de Arquitecturas de Referencia para la Ingeniería de Redes Empresariales

En los siguientes apartados se propone un análisis de las distintas arquitecturas de referencia para el modelado e integración empresarial bajo distintas perspectivas.

3.1. Dimensiones del modelado

Desde el punto de vista de las derivaciones que proponen para el nivel de derivación de los modelos, las tres propuestas son coincidentes, por lo que cualquiera de ellas podría ser eficaz al realizar una aproximación al modelado de Redes Empresariales.

Tabla 1. Derivaciones del proceso de modelado

Dimensión	ARCON	CIMOSA	VERA
Derivación	General Parcial Particular	General Parcial Particular	General Parcial Particular

3.2. Ciclo de Vida

Si bien se debe considerar que VERA proviene del ámbito propuesto inicialmente por CIMOSA (la similitud entre ambas es notable), en el caso de VERA se ha considerado detalladamente el ciclo de vida de la EV (aspecto heredado de GERAM). Por su parte, ARCON se aproxima al enfoque de las otras dos en el ciclo de vida, aunque resumido a cuatro fases.

Tabla 2. Fases del Ciclo de Vida soportadas por cada propuesta

Dimensión	ARCON	CIMOSA	VERA
Generación ó Ciclo de Vida	Creación	Requerimientos Diseño Implementación	Identificación Conceptualización Requerimientos Diseño preliminar Diseño detallado Implementación
	Operación		Operación
	Evolución		
	Disolución		Disolución

3.3. Vistas

En general, las arquitecturas analizadas coinciden en las vistas consideradas. VERA y CIMOSA comparten las vistas de información, recursos, funcional y organizacional. Con una visión más centrada en las redes colaborativas de empresas, ARCON introduce dos ámbitos de análisis que deben ser tenidos en cuenta (visión interna y externa de la red).

Aunque con otra denominación, la Visión Interna de ARCON define a esas cuatro vistas de forma similar a las contempladas tanto en VERAM como en CIMOSA y por lo tanto, es posible establecer cierta relación directa entre ellas:

Tabla 3. Vistas aportadas por cada propuesta

Denominación de Vistas	
ARCON	CIMOSA/VERAM
Estructural: esta dimensión permite identificar los componentes de	Recursos

la red y sus interrelaciones.	
Composición: se orienta a identificar los elementos tangibles o intangibles de la Red es decir la composición de recursos tales como los recursos humanos, información y conocimiento.	Información ⁷⁶
Funcional: recoge los aspectos funcionales en términos de funciones básicas que están disponibles en la Red y la relación de procesos y procedimientos para las diferentes fases del ciclo de vida	Funcional
Comportamiento: recoge las 'normas de conducta' o reglas que rigen el funcionamiento de la Red.	Organización

Adicionalmente, en ARCON es posible identificar cuatro vistas adicionales que le otorgan un grado mayor de cobertura en las fases de modelado: Mercado, Soporte, Social y Composición.

4. Las propuestas en la Ingeniería de Redes Empresariales

A modo de síntesis, se puede indicar que las arquitecturas de referencia que se han analizado en este trabajo presentan unos aspectos muy adecuados para el diseño de redes de empresas y otros aspectos que se adecuan mejor para otro tipo de escenarios.

De modo general, se podría indicar que CIMOSA, al surgir en un entorno CIM, es la que menos considera explícitamente los aspectos de red o externos a la organización. Bien es cierto que el nivel genérico con el que se abordan determinados aspectos (como el de los servicios empresariales) hace que sus planteos y esquema de modelado permanezcan vigentes para el contexto empresarial actual, se han sugerido extensiones en la línea de la mejora del ciclo de vida y acerca de la necesidad de abordar aspectos de interoperabilidad en todas las etapas de la dimensión de derivación.

Por su parte, si bien VERA representa una buena evolución en esa línea, el enfoque se limita a considerar el caso de una única empresa, que aunque virtual y por ello colaborativa, no es suficiente para representar la complejidad de una red empresarial.

A los fines de este trabajo interesa ver hasta qué punto las arquitecturas propuestas se adecuan a las necesidades de un entorno distribuido en red y completamente interoperable.

Teniendo en cuenta ese objetivo, se pretende ver cómo las arquitecturas se adaptan a los principios de:

- Enfoque global: contempla el grado de adecuación a los requerimientos para modelar redes de empresas.
- Vistas: posibilidad de modelar el problema al menos desde las perspectivas de información, funcionalidad y recursos.
- Ciclo de vida: grado de detalle que se alcanza en la descomposición del ciclo de vida y si el mismo contempla la posibilidad de realimentación cíclica entre las fases de ingeniería y ejecución.

⁷⁶ En esta vista, el contexto de ARCON engloba información y conocimiento como un activo de la organización

- Madurez de la propuesta: tiempo transcurrido desde su aparición y nivel de aceptación en la comunidad científica.
- Interoperabilidad: mención explícita a los conceptos relacionados a la interoperabilidad tanto en la fase de ingeniería como de ejecución.

En la siguiente tabla se pueden apreciar estas características comparadas en cada arquitectura de referencia analizada.

Tabla 4. Vistas aportadas por cada propuesta

	ARCON	CIMOSA	VERA
Enfoque global	Red	Interno (CIM)	Red
Vistas	Completa+	Completa	Completa
Ciclo de vida	Ciclo	Lineal	Lineal/Recursivo
Madurez	Incipiente	Sólida	Escasa
Interoperabilidad	No explícito	No explícito	No explícito

5. Conclusiones

A la hora de seleccionar un marco de referencia para modelar un escenario de interoperabilidad, las distintas arquitecturas analizadas aportan diferentes aspectos de interés y algunas limitaciones.

CIMOSA: su sólida base conceptual ha servido como inspiración de desarrollos posteriores. Tanto las vistas propuestas como el proceso de derivación de modelos, son aspectos recogidos en las otras arquitecturas analizadas. Por otra parte, el hecho de haber sido diseñada para un entorno CIM restringe su aplicación a las redes colaborativas.

VERA: esta arquitectura representó uno de los primeros esfuerzos por abordar la complejidad de las organizaciones virtuales y su naturaleza dinámica. En cierta forma, al distinguir entre los conceptos de redes de empresas y empresas virtuales, se aportó la noción de trascender al contexto organizativo en las fases de modelado e incorporar elementos arquitectónicos ligados a la interrelación entre organizaciones.

ARCON: surge en el seno de un proyecto de investigación cuyo eje central son las redes de empresas en colaboración. Como tal, la mención explícita a los constructores básicos de las redes de empresas está presente en cada dimensión.

Sin embargo, estos autores consideran que en todas ellas se evidencia la ausencia de un componente fundamental que debería hacerse explícito con peso específico propio e imprescindible al abordar entornos heterogéneos y distribuidos: la interoperabilidad.

Referencias

AMICE (1993), CIMOSA: Open System Architecture for CIM, 2nd extended and revised version, Springer Verlag.

Doumeings, G. Vallespir, B. (1995). A methodology supporting design and implementation of CIM systems including economic evaluation. *Optimization Models and Concepts in Production Management* (P. Brandimarte and A. Villa, eds.), Gordon & Breach Science Publishers, New York, pp. 307-331.

Globemen (2003). Globemen IMS Project. Accessible at: <http://globemen.vtt.fi>

GERAM. (1997). IFAC-IFIP Taskforce: GERAM Generalized Enterprise Reference Architecture and Methodology, Version 1.5, IFAC-IFIP Task Force on Architecture for Enterprise Integration.

Kosanke, K, F. Vernadat, F., M. Zelm. (1985). CIMOSA: enterprise engineering and integration.

Ortiz, A., Lario F., and Ros, L. Enterprise Integration—Business Processes Integrated Management: a proposal for a methodology to develop Enterprise Integration Programs *Computers in Industry*. Volume 40, Issues 2-3, November 1999, Pages 155-171

Vernadat, F. (1996). *Enterprise Modeling and Integration: Principles and Applications*, Chapman & Hall, London.

Williams, T.J., (1992) *The Purdue Enterprise Reference Architecture*, Instrument Society of America, Research Triangle Park, NC.

Zweger, A., Tølle, M. and Vesterager, J., "VERAM: Virtual Enterprise Reference Architecture and Methodology", *Global Engineering and Manufacturing in Enterprise Networks GLOBEMEN*, eds. I. Karvonen et. al., Julkaisija Utgivare Publisher, Finland, 2002, pp. 17-38.