

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/261339832>

Standard quality model to Enterprise Architecture support tools

Conference Paper · October 2013

DOI: 10.1109/CLEI.2013.6670663

CITATIONS

0

READS

271

3 authors:



Javier Escobar

Universidad de Carabobo, UC

1 PUBLICATION 0 CITATIONS

SEE PROFILE



Francisca Losavio

Central University of Venezuela

115 PUBLICATIONS 673 CITATIONS

SEE PROFILE



Dinarle Ortega

Universidad de Carabobo, UC

12 PUBLICATIONS 61 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



MODELO DE PROCESO PARA LA INGENIERÍA DE REQUISITOS ORIENTADA A ASPECTOS: UNA APLICACIÓN A SISTEMAS FIABLES [View project](#)



fmerchen@iberoamericana.edu.co [View project](#)

Standard Quality Model to Enterprise Architecture Support Tools

Javier Escobar

Postgrado en Ciencias de la Computación
Universidad Central de Venezuela
Caracas, Venezuela
javier.e.escobar@gmail.com

Francisca Losavio

Laboratorio MoST, Centro ISYS, Escuela de Computación
Universidad Central de Venezuela
Caracas, Venezuela
francislosavio@gmail.com

Dinarle Ortega

Departamento de Computación, FACYT
Universidad de Carabobo
Valencia, Venezuela
dinarleortega@gmail.com

Abstract—The specification of an Enterprise Architecture (EA) is a complex process to adapt a generic architecture or framework to a specific organization. For this, a conceptual model, a specification language and tools supporting the process, must be associated to the EA. In particular, the quality assurance of the process support tools is important to guarantee that the customized EA respects required global quality goals. The main goal of this work is to specify a quality model with quality characteristics and sub-characteristics, according to the ISO/IEC 25010 standard that must be present in EA process support tools. The feature analysis method, according to the DESMET methodology is used, with a documental-based review and direct observation, as a basis to specify a quality model for this type of tools. Enterprise architects, to justify the selection of convenient tools for the EA specification process, can use these results.

Keywords—Enterprise Architecture (EA), EA frameworks, EA tools, quality model, ISO/IEC 25010

I. INTRODUCCIÓN

El estándar IEEE 1471-2000 [1] define una *arquitectura* como la organización fundamental de un sistema basado en sus componentes, la interrelación entre estos y el entorno, y los principios que guían su diseño y evolución; este estándar fue adoptado por ISO bajo el nombre de ISO/IEC 42010 [2]. Una *Arquitectura Empresarial (AE)* es definida en [3] como una arquitectura en la que el sistema abarca toda una organización, cuyos componentes fundamentales son los procesos del negocio, las tecnologías, y los sistemas de información de la empresa y sus respectivas relaciones. Según [4], una AE se puede definir como un conjunto coherente de principios, métodos, y modelos, usados en el diseño y la realización de una estructura organizacional, los procesos de negocios, los sistemas de información y la infraestructura de una organización. En general, para expresar una AE, se requiere de la interconexión y acumulación de grandes cantidades de información provenientes de fuentes heterogéneas, por ejemplo, sistemas de información y gestión de conocimiento, planes de negocios, actividades de la cadena de valor organizacional, normativas legales y estándares. En la

actividad de especificación de una AE se pueden utilizar uno o varios *frameworks*, métodos, lenguajes de modelado, y herramientas, entre otros. Se entiende como *framework* a un modelo de arquitectura genérico, el cual puede ser instanciado o adaptado para casos específicos. En particular, se pueden identificar los *frameworks*, para AE, de Zachman [5], TOGAF [6] y ArchiMate [7] para especificar la estructura de la AE y las relaciones entre sus componentes. En cuanto a los lenguajes de modelado empresarial, tales como EEML (*Extended Enterprise Modeling Language*) [8] o ArchiMate, sirven para especificar o expresar los modelos que describen una AE. En este sentido, el uso de herramientas de soporte a las AE es indispensable. La visualización y el análisis de arquitecturas, respectivamente, difícilmente pueden ser realizadas a mano y aun así requieren herramientas para realizarlo [4].

Para implementar y utilizar una AE de manera efectiva, para una organización específica, se necesita de un enfoque claro, un lenguaje de modelado unificado y un conjunto de herramientas [9]. En otras palabras, la construcción de una AE involucra esencialmente un proceso de adaptación del *framework* que se haya seleccionado para la organización. Esto implica tener un modelo conceptual, un lenguaje de especificación y herramientas de soporte al proceso.

Las herramientas para el soporte de AEs tienen la responsabilidad de ofrecer funcionalidades de gestión, modelado y diversas técnicas de análisis de modelos, y ser lo suficientemente robustas para modelar una organización a distintos niveles de complejidad o abstracción. En este sentido, se requiere que las herramientas que se utilicen en el proceso de adaptación del *framework* ofrezcan un conjunto de características de calidad que permitan al analista de AEs alcanzar los objetivos de calidad globales propuestos por la organización.

El objetivo de este trabajo es especificar un modelo de calidad con características y sub-características de calidad, según el estándar ISO/IEC 25010 [10], que deben estar presentes en las herramientas de soporte al proceso de

desarrollo de AEs, como base para aproximarse a un modelo de calidad general para este tipo de herramientas. Según este estándar, un modelo de calidad de un producto de software se define como un conjunto de ocho (8) características de calidad (subdivididas en sub-características) que proveen una terminología consistente para especificar, medir y evaluar la calidad de productos y sistemas de software [10]. Adicionalmente, el modelo de calidad propuesto es comparado con el modelo de calidad estándar de sistemas empresariales (*Enterprise Systems, ES*) [11], dominio al cual las herramientas de soporte de AEs pertenecen. Consideramos en general, que el uso de estándares facilita la comunicación entre los grupos de trabajo y es recomendado como una buena practica de la Ingeniería del Software.

La estructura de este trabajo, además de esta introducción y las conclusiones, es la siguiente: la sección II describe brevemente los principales *frameworks* para AE que se utilizan en la práctica. La sección III presenta el estándar ISO/IEC 25010 en lo que se refiere a calidad del producto y una selección de sub-características de calidad de interés a evaluar en las herramientas de soporte a las AEs seleccionadas, vistas como productos de software. La sección IV ubica a las herramientas de soporte de AEs en el contexto de sistemas empresariales y, posteriormente, en la sección V se presenta un modelo de calidad propuesto en [11] para este dominio de sistemas. La sección VI presenta la metodología seguida para la realización de la evaluación indicada en la sección III. Finalmente, la sección VII presenta los resultados y la propuesta inicial de un modelo de calidad para la evaluación de soluciones de software para soportar la construcción, adaptación y gestión de AEs, tomando en cuenta las especificidades de una organización particular.

II. FRAMEWORKS PARA ARQUITECTURAS EMPRESARIALES

Las AEs buscan guiar el negocio a un estado sólido y ágil ofreciendo, a través del uso de *frameworks*, un conjunto de mejores prácticas, métodos y herramientas para soportar los cambios de IT (*Information Technology*), programas y proyectos de las organizaciones. Además se utilizan para proporcionar una vista amplia sobre los cambios estratégicos de una organización y visualizar los distintos dominios de negocio, IT y las relaciones entre ellos [9]. Entre los principales objetivos para establecer una AE, se encuentran poder realizar, posteriormente, análisis de impacto de cambio sobre estos dominios y facilitar la evaluación de una situación organizacional en particular; así como también, la reducción de costos y riesgos asociados con el cambio que supone una reestructuración del negocio bien sea a nivel de procesos, aplicaciones, tecnologías, o todas estas a la vez. A continuación se presenta un resumen de los principales modelos de AEs o *frameworks* arquitectónicos conocidos y utilizados en la práctica; pueden consultarse con mayor detalle junto a otros más en [6], [7] y [12].

A. Zachman

El *framework* de Zachman es un esquema de clasificación genérico para describir representaciones de cualquier objeto relacionado con la organización. El *framework* propone un conjunto de artefactos arquitectónicos y los organiza de acuerdo a los objetivos que estos persiguen, el asunto que

tratan y para quién o quiénes (roles) es importante. A diferencia de otros *frameworks*, Zachman no describe paso a paso cómo crear una nueva arquitectura, tampoco si la arquitectura que se está creando es la mejor y evita recomendar descripciones arquitectónicas y lenguajes de modelado [5]. Por estos motivos, el *framework* suele utilizarse en combinación con otros [1].

B. TOGAF

Acónimo de *The Open Group Architecture Framework*, TOGAF especifica la arquitectura empresarial en cuatro categorías: arquitectura del negocio, arquitectura de la aplicación, arquitectura de datos y arquitectura técnica. Además, ofrece el método ADM (acrónimo de *Architecture Development Method*) para crear AEs a partir de lo genérico a lo más específico [6].

TOGAF es altamente adaptable, la descripción de muchos artefactos es muy general, las fases no tienen por qué realizarse completamente, y pueden incluso saltarse, combinarse o reordenarse, según las necesidades de la situación. Un punto importante a considerar es que la arquitectura obtenida con TOGAF puede ser buena, mala o indiferente, pues el *framework* sólo describe cómo generar una arquitectura empresarial, no cómo generar una buena arquitectura [1].

C. DoDAF

Surge ante la necesidad del gobierno norteamericano de asegurar la interoperabilidad y la relación costo-efectividad de los sistemas militares, y proveer estructuras para los intereses particulares de cada participante en el proyecto, o *stakeholder*, a través de perspectivas, complementadas entre sí, y organizadas por varias vistas.

DoDAF 2.0 tiene dos principios específicos: establecer lineamientos para el contenido de la arquitectura y que estos respondan a un propósito; y aumentar la utilidad y efectividad de las arquitecturas a través de modelos de datos rigurosos – el metamodelo de DoDAF – de modo que las arquitecturas puedan ser integradas, analizadas, y evaluadas con precisión matemática [13]. DoDAF, al igual que Zachman, no especifica una notación o lenguaje de modelado ni tampoco, a diferencia de TOGAF, una metodología.

D. ArchiMate

Es un *framework* y, a la vez, un lenguaje de modelado de AEs. Está constituido por un metamodelo y un lenguaje de modelado común para describir la construcción y operación de los procesos del negocio, estructuras organizacionales, flujos de información, sistemas de IT, e infraestructura técnica [7]. ArchiMate es un estándar de modelado pues sigue la definición y relaciones de los conceptos de perspectiva, intereses y vistas propuestos por el estándar ISO/IEC 42010:2007 para describir arquitecturas [2]. El *framework* enfatiza la definición de los intereses particulares de los *stakeholders*, empleando perspectivas; por su parte, el lenguaje de modelado hace corresponder estos intereses con las vistas, mostrando los aspectos correctos de la arquitectura, conformando así las perspectivas definidas [14].

III. MODELO DE CALIDAD DEL PRODUCTO Y EL ESTÁNDAR ISO/IEC 25010

La calidad de un sistema es el grado en el que el sistema satisface las necesidades impuestas e implicadas de sus distintos participantes o *stakeholders*, y de esta forma, representar un valor para estos.

El ISO/IEC 25010 [10], es el 2do de las cinco (5) divisiones, sin incluir la 6ta división de extensión, del estándar 25000, y trata el modelo de calidad aplicable a un sistema o un producto de software. Publicado en Marzo del 2011, reemplaza el estándar ISO/IEC 9126-1 [15] y hereda características de este. El estándar forma parte del proyecto SQuaRE (*Software product Quality Requirements and Evaluation*) [10] y está concebido para emplearse no sólo en la evaluación de la calidad de productos sino también para la captura de requisitos y realización de evaluaciones de software. Está compuesto por dos (2) modelos, calidad en el uso del producto por parte del usuario y, calidad del producto relacionada con las propiedades estáticas y dinámicas del producto. En el modelo de calidad del producto, un producto puede ser cualquier artefacto producido durante el proceso de desarrollo; es decir, que por ejemplo, el modelo de la arquitectura es también considerado un producto ‘intermedio’ del desarrollo de software. El estándar tiene ocho (8) características principales y treinta y un (31) sub-características relacionadas con calidad del producto (ver Tabla I). Según el estándar, las sub-características de calidad que propone pueden utilizarse para evaluar la completitud de los requisitos de calidad de un producto o sistema de software.

Hemos preferido mencionar también los términos en inglés, debido a que no se tiene aún una traducción “oficial” del estándar al castellano. El modelo de calidad mantiene una estructura de árbol, jerárquica: las características son de alto nivel y en general no son medibles directamente; éstas se refinan en sub-características, sub-sub-características, etc. hasta llegar a los atributos, que son los elementos de bajo nivel “medibles” directa o indirectamente. Los modelos de calidad, en conjunto, sirven como un *framework* para asegurar que todas las características de calidad son consideradas en el desarrollo y evaluación de un producto, y debe ser adaptado a las especificidades del mismo. Los valores de las métricas asociadas a los atributos de calidad medibles de bajo nivel, que corresponden al refinamiento de las características de calidad de alto nivel, pueden ser usados para evaluar el grado de cumplimiento de las metas establecidas como requisitos iniciales. El modelo de calidad ISO/IEC 25010 es un *framework* genérico que debe ser adaptado o instanciado a las especificidades de cada producto; el trabajo de adaptación, también denominado adecuación, es en general delicado y debe ser realizado por un experto del dominio o un ingeniero de calidad que tenga conocimiento sobre el dominio al cual va a ser adaptado el estándar.

A continuación, se definen estas características y sus sub-características de calidad, adaptando un subconjunto de ellas para cada herramienta revisada a través de los recursos que hemos tenido disponible de cada producto.

A. Descripción de las Características y Sub-características del Modelo de Calidad del Producto según ISO/IEC 25010.

1) *Idoneidad funcional*: grado en el cual un producto o sistema proporciona funciones que cumplen las necesidades impuestas e implicadas cuando se utiliza bajo ciertas condiciones.

- *Complejidad funcional*: grado en el que el conjunto de funciones cubre todas las tareas especificadas y objetivos del usuario.
- *Correctitud funcional*: grado en el que un producto o sistema proporciona los resultados correctos con el grado de precisión requerido.
- *Adecuación funcional*: grado en el que las funciones facilitan la realización completa de tareas específicas y objetivos.

2) *Eficiencia en el desempeño*: desempeño relacionado a la cantidad de recursos utilizados bajo condiciones establecidas.

- *Comportamiento en tiempo*: grado en el cual los tiempos de respuesta y procesamiento, y los rangos carga de un producto o sistema cumple los requerimientos cuando está realizando sus funciones.
- *Utilización de recursos*: grado en el cual la cantidad y tipos de recursos usados por un producto o sistema cumple los requerimientos cuando está realizando sus funciones.
- *Capacidad*: grado en el cual los límites máximos de un parámetro del producto o sistema cumple los requisitos.

3) *Compatibilidad*: grado en el que un producto, componente o sistema, puede intercambiar información con otros productos, componentes o sistemas, y realizar sus funciones requeridas, mientras comparten un mismo entorno de hardware o software.

- *Coexistencia*: grado en el que un producto puede desempeñar sus funciones eficientemente mientras comparte un entorno común y recursos con otros productos sin afectar el desempeño de cualquier otro producto.
- *Interoperabilidad*: grado en el cual dos o más sistemas, productos o componentes pueden intercambiar información y utilizar la información que es intercambiada.

4) *Usabilidad*: grado en el que un producto o sistema puede ser usado por usuarios específicos para alcanzar metas específicas con efectividad, eficiencia y satisfacción bajo un contexto específico de uso.

- *Capacidad de ser reconocible*: grado en el cual los usuarios pueden reconocer que un producto o sistema es apropiado para sus necesidades.
- *Capacidad de ser aprendido*: grado en el cual un producto o sistema puede ser usado por usuarios

específicos para alcanzar metas específicas referentes al aprendizaje en el uso del producto o sistema con efectividad, eficiencia, libre de riesgos y satisfacción en un contexto de uso específico.

- *Operatividad*: grado en el cual un producto o sistema tiene atributos que lo hacen fácil de operar y controlar.
- *Protección contra errores de usuario*: grado en el cual un sistema protege a los usuarios evitando que cometan errores.
- *Estética de la interfaz de usuario*: grado en el cual una interfaz de usuario permite una interacción agradable y que satisface al usuario.
- *Accesibilidad*: grado en cual un producto puede ser usado por las personas con el rango más amplio de características y capacidades para alcanzar una meta específica en un contexto específico de uso.

TABLA I. ISO 20510:2011 – DIMENSIÓN DE CALIDAD DEL PRODUCTO

Característica	Sub-Characterísticas
Idoneidad funcional ("Functional suitability")	Complejidad funcional ("Functional completeness") Correctitud funcional ("Functional correctness") Adecuación funcional ("Functional appropriateness")
Eficiencia en el desempeño ("Performance efficiency")	Comportamiento en tiempo ("Time behaviour") Utilización de recursos ("Resource utilization") Capacidad ("Capacity")
Compatibilidad ("Compatibility")	Coexistencia ("Co-existence") Interoperabilidad ("Interoperability")
Usabilidad ("Usability")	Capacidad de ser reconocible ("Appropriateness recognizability") Capacidad de ser aprendido ("Learnability") Operatividad ("Operability") Protección contra errores de usuario ("User error protection") Estética de la interfaz de usuario ("User interface aesthetics") Accesibilidad ("Accessibility")
Confiabilidad ("Reliability")	Madurez ("Maturity") Disponibilidad ("Availability") Tolerancia a fallos ("Fault tolerance") Recuperación ("Recoverability")
Seguridad ("Security")	Confidencialidad ("Confidentiality") Integridad ("Integrity") Prevención de engaños ("Non-repudiation") Capacidad de ser auditado ("Accountability") Autenticidad ("Authenticity")
Mantenibilidad ("Maintainability")	Modularidad ("Modularity") Reusabilidad ("Reusability") Capacidad de ser analizable ("Analyzability") Capacidad de ser modificable ("Modifiability") Capacidad de ser probado ("Testability")
Portabilidad ("Portability")	Adaptabilidad ("Adaptability") Instalabilidad ("Installability") Reemplazabilidad ("Replaceability")

5) *Confiabilidad*: grado en el cual un sistema, producto o componente desempeña funciones específicas bajo condiciones específicas por un periodo de tiempo específico.

- *Madurez*: grado en el cual un sistema cumple con las necesidades de confiabilidad cuando opera de forma normal.
- *Disponibilidad*: grado en el cual un sistema, producto o componente se encuentra operativo y accesible cuando se requiere hacer uso del mismo.
- *Tolerancia a fallos*: grado en el cual un sistema, producto o componente opera como se espera a pesar de la presencia de fallas de hardware o software.
- *Recuperación*: grado en cual, ante un evento de interrupción o falla, un producto, sistema puede recuperar los datos afectados directamente y recuperar el estado deseado del sistema.

6) *Seguridad*: grado en el cual un producto o sistema protege la información y datos a modo que las personas u otros productos, u otros sistemas, tengan un grado apropiado de acceso a los datos dependiendo de los tipos y niveles de autorización.

- *Confidencialidad*: grado en el cual un producto o sistema asegura que los datos son accesibles solo por aquellos que estén autorizados para tener acceso a ellos.
- *Integridad*: grado en el cual un sistema, producto o componente previene el acceso no autorizado a programas o modificación de datos.
- *Prevención de engaños*: grado en el cual se puede probar que se han realizado acciones o eventos de manera tal que no puedan ser negados luego.
- *Capacidad de ser auditado*: grado en cual las acciones de una entidad pueden ser trazadas de manera inequívoca a esta.
- *Autenticidad*: grado en el cual se puede probar que la identidad de un sujeto o recurso es la manifestada.

7) *Mantenibilidad*: grado de efectividad y eficiencia con el cual un producto o sistema puede ser modificado.

- *Modularidad*: grado en el cual un sistema o programa de computadora está compuesto por componentes discretos de modo tal que cambiar un componente tenga un impacto mínimo sobre los demás componentes.
- *Reusabilidad*: grado en el cual un artefacto de software puede ser usado por más de un sistema, o en la construcción de otros artefactos.
- *Capacidad de ser analizable*: grado de efectividad y eficiencia con el cual es posible evaluar el impacto de un cambio intencional sobre un producto o sistema, o analizar las dependencias de un producto, causas de fallas, o identificar partes a ser modificadas.

- *Capacidad de ser modificable*: grado en el cual un producto o sistema puede ser efectiva y eficientemente modificado sin introducir defectos o degradar la calidad del producto existente.
- *Capacidad de ser probado*: grado de efectividad y eficiencia con el cual pueden establecerse criterios de pruebas para un sistema, producto o componente, y que las pruebas sean realizadas para determinar si los criterios han sido cumplidos.

8) *Portabilidad*: grado de efectividad y eficiencia con el cual un sistema, producto o componente puede ser transferido de un entorno de hardware, software u otro entorno operacional, a otro.

- *Adaptabilidad*: grado de efectividad y eficiencia con el cual un producto o sistema puede ser adaptado de manera eficiente y eficazmente a un entorno de software o hardware distinto o evolucionado, u otro entorno operacional.
- *Instalabilidad*: grado de efectividad y eficiencia con el cual un producto o sistema puede ser instalado o desinstalado satisfactoriamente en un entorno específico.
- *Reemplazabilidad*: grado con el cual un producto puede ser reemplazado por otro producto de software con un mismo propósito en el mismo entorno.

IV. HERRAMIENTAS DE SOPORTE DE AEs EN EL CONTEXTO DE SISTEMAS EMPRESARIALES

Los Sistemas Empresariales (SEs) se proponen como sistemas de información (SIs) sobre los cuales se fundamentan la mayoría de los procesos de negocio de una organización [16]. Según [17], estos procesos pueden ser modelados basándose en *frameworks* de AEs. Tal como se menciona en el ítem D de la sección II, ArchiMate, por ejemplo, permite realizar este tipo de modelado.

En [17] se hace referencia al *framework* EAIF [11] como un *framework* de AEs orientado a la integración de modelos de procesos, servicios y mecanismos para los SEs. Este *framework* sugiere cuatro (4) niveles, procesos, servicios, mecanismos y personas, y tres (3) vistas, hacia atrás o interna (*backward*), hacia delante o externa (*forward*) y hacia arriba o gerencial (*upward*), asociadas a los dos primeros. En lo que se refiere al nivel de procesos, la vista interna *backward* se relaciona con los procesos que se realizan con entidades internas de la organización como lo es el desarrollo de software, contabilidad, finanzas, entre otros; la vista *forward* se relaciona con los procesos en los que intervienen entidades externas como lo es la gestión del servicio al cliente; y la vista *upward* se relaciona con los procesos de gestión del negocio como la gestión de ventas y mercadeo, planificación de la producción, entre otros.

Todos estos procesos, son realizados apoyándose de servicios específicos para cada una de estas vistas. Las herramientas CASE, y los sistemas legados (*legacy*), por ejemplo, soportan los procesos de la vista interna, los sistemas CRM, entre otros, soportan procesos de la vista externa, y los

sistemas de apoyo a la toma de decisiones, entre otros, soportan los procesos de gestión del negocio de la vista gerencial [17].

Bajo este contexto, se puede decir que las herramientas de soporte a las AEs, ofrecen servicios *backward* que permiten modelar, documentar y analizar, bajo uno o varios *frameworks* de AEs, distintos aspectos de una organización (procesos de negocios, sistemas de información e infraestructura); en otras palabras, soportan fundamentalmente los procesos *backward* relacionados con la especificación de AEs y a su vez, soportan procesos *upward* relacionados con el análisis de las AEs que permiten la toma de decisiones. Por lo tanto, este tipo de herramientas son a su vez SEs con los cuales las organizaciones persiguen sus objetivos.

V. MODELO DE CALIDAD ESTÁNDAR PARA SISTEMAS EMPRESARIALES BASADO EN EL ISO 25010

En la actualidad, un arquitecto de software al momento de diseñar un SE de calidad, se puede basar en el estándar ISO 25010 para deducir las características de calidad del sistema. En [11] se establece que, para la fecha en que se realizó la investigación, el estándar ISO 9126-1 era el que se utilizó para especificar las características de calidad que debía poseer un SE de calidad. Se señala también que estas mismas características influyen en la selección de una arquitectura para el dominio del *middleware*, para integrar sistemas, analizando las propiedades de éstos. Sin embargo, estas propiedades no se presentan en términos estándar [11]. Por lo tanto, se estableció una relación entre la terminología que más se emplea en la definición de calidad de servicio (*Quality of Service, QoS*) ofrecido por el *middleware* de integración de aplicaciones empresariales (*Enterprise Application Integration, EAI*) y un subconjunto de características, y sub-características, del estándar ISO 9126-1 que dio paso al establecimiento inicial de una ontología de calidad del software para EAI.

A modo de establecer una actualización del modelo de calidad mencionado anteriormente, en este trabajo se identificaron las sub-características y características de calidad del nuevo estándar ISO 25010 cuya definición se corresponde con la definición de los términos empleados en la terminología de *QoS* del *middleware* que fueron seleccionados en [11]. La TABLA II muestra el resultado de esta correspondencia para el nuevo estándar ISO 25010. Se conservan los nombres en inglés en lo que se refiere a los términos empleados en la terminología de *QoS* del *middleware* para no confundir aquellos que tienen traducciones similares al castellano; los nombres en inglés de las características y sub-características de calidad del ISO 25010 pueden ser consultados en la TABLA I.

De acuerdo a esta actualización, un SE debe manifestar sub-características y características de calidad que propicien que el producto sea funcional, compatible, seguro, confiable, usable, eficiente, mantenible y portable; aunque en la práctica es posible que uno o varios SEs sólo manifiesten un subconjunto de estas. La diferencia respecto al propuesto en [11] se debe a que la definición de la propiedad “robustez” corresponde adicionalmente con una sub-característica de “usabilidad” del ISO 25010, característica que no aparece en [11]; igual ocurre con la propiedad “extensibilidad”. Especial atención se tuvo con la definición de la propiedad “integridad”

definida en [11] pues difiere de la definición de la característica homónima del ISO 25010, no obstante, puede mapearse con la sub-característica de “tolerancia a fallos”. Adicionalmente, esta actualización mantiene la característica “funcionalidad” identificada en [11] sin embargo la mayoría de las propiedades asociadas a esta, corresponden en el ISO 25010 a sub-características de calidad de “compatibilidad” y “seguridad”.

TABLA II. CORRESPONDENCIA ENTRE LA TERMINOLOGÍA DEL DOMINIO DEL MIDDLEWARE Y LA DEFINICIÓN DE CARACTERÍSTICAS Y SUB-CARACTERÍSTICAS DEL ISO/IEC 25010

Términos más usados en terminología de QoS del middleware	Sub-características del ISO 25010	Características del ISO 25010
Transparencia en la ubicación (<i>location transparency</i>)	Complejidad funcional	Idoneidad funcional
Interoperabilidad (<i>Interoperability</i>)	Interoperabilidad	Compatibilidad
Concurrencia (<i>Concurrency</i>)	Coexistencia	
Configurabilidad (<i>Configurability</i>)		
Seguridad (<i>Security</i>)	Integridad	Seguridad
Tolerancia a fallas (<i>Fault tolerance</i>)	Tolerancia a fallas	Confiabilidad
Resistente (<i>Resiliency</i>)	Madurez	
Seguridad (<i>Safety</i>)	Recuperación	
Disponibilidad (<i>Availability</i>)	Disponibilidad	
Robustez (<i>Robustness</i>)		
Integridad (<i>Integrity</i>)		
Sincronización (<i>Synchronization</i>)		
Robustez (<i>Robustness</i>)	Protección contra errores de usuario	Usabilidad
Desempeño (<i>Performance</i>)	Comportamiento en tiempo	Eficiencia en el desempeño
Escalabilidad (<i>Scalability</i>)	Utilización de recursos	
	Capacidad	
Capacidad de ser cambiado o modificable (<i>Changeability or modifiability</i>)	Capacidad de ser modificable	Mantenibilidad
Extensibilidad (<i>Extensibility</i>)	Modularidad	
Modularidad (<i>Modularity</i>)	Reusabilidad	
Reusabilidad (<i>Reusability</i>)		
Adaptabilidad (<i>Adaptability</i>)	Adaptabilidad	Portabilidad
Heterogeneidad (<i>Heterogeneity</i>)	Reemplazabilidad	
Flexibilidad (<i>Flexibility</i>)		
Extensibilidad (<i>Extensibility</i>)		

VI. MATERIALES Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

En el desarrollo de este trabajo se utilizó el método investigación-acción propuesto por [18] debido a que el conocimiento obtenido está siendo aplicado en la formulación de nuevos proyectos de desarrollo y mejoras de aplicaciones para el soporte de AEs dentro de las instituciones de educación superior con las que los autores tienen filiación, resultando beneficioso tanto para el investigador como para estas universidades.

El ciclo iterativo de investigación-acción que consiste en las fases de diagnóstico, planificación de la acción, realización de la acción, evaluación y especificación del aprendizaje se ha venido realizando en la medida en que el aprendizaje obtenido en trabajos previos [12] y [19], ha dado paso a nuevos caminos de investigación en el área, incluyendo el presente trabajo.

En [12] se evaluó un conjunto de 15 herramientas de soporte a las AEs a nivel de funcionalidades; estos resultados permitieron identificar el estado del arte e indicar la evolución

de éstas a través de tres (3) generaciones caracterizadas principalmente por las funcionalidades que ofrecen. De este trabajo se identificó, para este tipo de herramientas, la deficiencia en ciertas características de calidad, como la *interoperabilidad*. En consecuencia, se planteó realizar una investigación referente a estudiar las características de calidad a las que deben responder las distintas aplicaciones para el soporte de las AEs con la finalidad de especificar un modelo de calidad estándar en correspondencia con este conjunto de herramientas. Para esta investigación, además de las dos (2) herramientas de código libre identificadas en [12], se seleccionaron seis (6), herramientas con una documentación más extensa tanto a nivel técnico como funcional, resultando ocho (8) en total, para facilitar la identificación de la sub-característica de calidad en el producto.

Para la comparación de las herramientas, se utiliza la metodología DESMET [20] con el “Método de Análisis de Características”, empleando una valoración relativa, y no absoluta como así lo sugiere. Sin embargo, tal como indica el método, para sub-características cuya valoración pueda ser difusa, como es el caso de la *idoneidad funcional*, se deben establecer criterios adicionales para mejorar la precisión de la valoración. En base a la definición de las sub-características de calidad del ISO 25010, se establecieron los criterios, que se mencionan a continuación, para realizar la identificación de estas dentro de las herramientas evaluadas.

Para identificar las sub-características de la *idoneidad funcional*, se identifican como características funcionales de referencia, que las herramientas además de permitir modelar, permitan realizar algún tipo de análisis sobre los modelos, de manera *completa, correcta y adecuada*, respectivamente.

En lo que se refiere a la *eficiencia en el desempeño*, se plantea que el producto cumple con las sub-características si el proveedor así lo indica, si ha realizado y presentado los resultados de *benchmarkings* realizados sobre el producto, o si se ha concluido a una valoración en particular utilizando extensamente el producto, como es el caso de Archi. La *compatibilidad*, la *portabilidad* y sus sub-características se evalúan de acuerdo a su definición en la sección III.

Por otra parte, las sub-características asociadas con la *usabilidad* y *confiabilidad*, están sujetas a la experiencia y sensación personal de cada experto interactuando con la herramienta; dado que no disponemos de un entorno en producción de todas las herramientas evaluadas, se excluye de este estudio el análisis de las sub-características de confiabilidad y respecto a las de usabilidad, las valoramos en base a versiones de demostración, manuales y videos, de las herramientas mientras están siendo usadas.

La *seguridad* y *mantenibilidad* son también características difíciles de identificar a través de la revisión documental, la primera se relaciona a características funcionales poco promocionadas y la segunda requiere la revisión del código fuente y documentación del desarrollo del producto, recursos inaccesibles en el caso de las soluciones propietarias. Por esto, se excluye del estudio el análisis de las sub-características asociadas a la seguridad y mantenemos las sub-características de mantenibilidad al estar dentro de la revisión dos productos de código libre.

Los resultados de la evaluación de las sub-características sobre las herramientas seleccionadas puede observarse en la TABLA III. La valoración de éstos se realizó empleando la siguiente notación: una celda vacía indica que con los recursos disponibles no se pudo comprobar que el producto manifestara la sub-característica; un círculo vacío (○) indica que la sub-característica se concluye o puede deducir a partir de algunas consideraciones, por ejemplo, la sub-característica de adaptabilidad de una herramienta puede deducirse a partir de una referencia donde se indica que la herramienta requiere de un servidor de aplicaciones basado en Java, este escenario hace transparente a la herramienta el sistema operativo sobre el cual se ejecuta; y un círculo lleno (●) indica que la sub-característica se manifiesta explícitamente. La justificación de cada valoración asignada a las sub-características de calidad de una herramienta en particular puede observarse en la TABLA IV.

VII. PROPUESTA INICIAL DE UN MODELO DE CALIDAD PARA HERRAMIENTAS DE AES

A. Análisis de resultados

El resultado de la realización de las actividades descritas en la sección anterior puede observarse en la TABLA III. Por cada herramienta seleccionada a evaluar, se expresó el grado de valoración correspondiente a la sub-característica de calidad evaluada en el producto. A continuación se presenta el análisis realizado por cada característica evaluada.

1) *Idoneidad funcional*: la presencia de las sub-características de *completitud*, *correctitud* y *adecuación* funcional es un factor determinante en el diseño y construcción de software con propósitos específicos; para que este producto sea útil, debe cumplir con estas. En el caso de las herramientas para soportar AEs estas muestran en su mayoría cumplir con las sub-características de idoneidad funcional relevantes para los expertos que emplean estas herramientas.

2) *Eficiencia en el desempeño*: el resultado de la evaluación indica que sólo unos pocos productos manifiestan las sub-características de esta característica. La presencia de estas en herramientas de 3ra generación, podría deberse a que la mayoría de los productos que las manifiestan poseen funcionalidades orientadas a la WEB [12] y por lo tanto funcionan en una plataforma cliente-servidor de acceso múltiple y concurrente; en este sentido, el uso eficiente de los recursos es importante para mantener un funcionamiento continuo y estable del producto. La capacidad no pudo ser evaluada puesto que no se encontró, a la fecha, documentación referente a las limitaciones de procesamiento, que presentan cada una de las herramientas.

3) *Compatibilidad*: la débil *interoperabilidad* es una característica que siempre ha estado presente en las herramientas de AEs. El estado de esta característica tiene su respectiva justificación técnica, conceptual y comercial. En general, muchas de ellas, no están diseñadas para garantizar la interoperabilidad pero algunas tienen características para importar formatos de otras herramientas. Sin embargo, con

frecuencia estas funcionalidades tienen el único propósito comercial de facilitar la migración de una herramienta de modelado a otra; y garantizan la interoperabilidad únicamente entre aplicaciones de un mismo proveedor [12]. A pesar de esto, en la 3ra generación se puede observar una tendencia en incrementar la interoperabilidad con software de terceros; durante la revisión documental se pudo identificar que las herramientas de esta generación permiten importar múltiples formatos, y aunque, la exportación en otros formatos existe de manera limitada, proporcionan servicios web que permiten que terceros realicen aplicaciones que los consuman y así poder acceder a sus repositorios de modelos e información. En el caso de la coexistencia, esta sub-característica consideramos aplica a herramientas de 3ra generación puesto que operan en un entorno compartido mientras que las de 2da suelen ser independientes y *standalone*; En la evaluación, la mayoría de las herramientas en las que fue identificada esta sub-característica es porque operan sobre tecnologías que la promueven.

4) *Usabilidad*: las casas desarrolladoras comprenden que el éxito en la adopción de un producto, además de cumplir con la idoneidad funcional, esta condicionado a la experiencia del uso por parte de los expertos. La mayoría de los productos demostraron guiarse por un mismo patrón de diseño apreciable en las de herramientas de modelado y software en general, orientado a facilitar la realización de diagramas y modelos estructurados en alguna notación y de acuerdo a algún *framework* en particular.

5) *Mantenibilidad*: la mantenibilidad y sus sub-características solo pudo ser evaluada en los productos a los cuales tuvimos acceso al código fuente y su respectiva documentación. Las herramientas de código libre evaluadas en el estudio indicaron cumplir con estas.

6) *Portabilidad*: del estudio se puede desprender que todas las herramientas dan importancia al proceso de instalación o implantación del producto o solución en un entorno de producción, sin embargo, solo una indica que puede adaptarse al cambio de alguno de sus componentes, específicamente, el motor de base de datos. Normalmente la mayoría de los productos de 3ra generación indican requerir un motor de base de datos particular. Por otro lado, existe mayor flexibilidad en lo que se refiere a la adaptabilidad, cerca de la mitad de las herramientas evaluadas indican poder trabajar en un entorno ligeramente distinto al idóneo.

B. Propuesta de modelo de calidad

En base a los resultados presentados, se propone el modelo de calidad, resumido en la TABLA V.

En este modelo establecemos un grado de importancia que va de una escala de uno (1) a tres (3) con la connotación de "Importante", "Muy importante" e "Imprescindible", respectivamente a la presencia de las diferentes sub-características evaluadas sobre los productos de software que ofrezcan soporte a la construcción y gestión de AEs. La TABLA V indica, adicionalmente, el modelo identificado en cada generación de estas herramientas en base a las

características y sub-características evaluadas. El modelo de calidad propuesto busca mantener en cada sub-característica el mayor valor de importancia obtenido en cada una de ellas

considerando su clasificación por generación de herramientas de soporte a AEs.

TABLA III. EVALUACIÓN DE LAS SUB-CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD SOBRE HERRAMIENTAS PARA EL SOPORTE DE AEs

	Archi	BIZZdesign Architect	Essential Project	Mega Modeling Suite	Metastorm Provision	Aris Platform	Corporate Modeler	Rational System Architect
Generación	2da	2da	2da	2da	2da	3ra	3ra	3ra
Framework(s) soportado(s)	ArchiMate	ArchiMate, TOGAF, Zachman, IAF	TOGAF	TOGAF, DoDAF, NAF	DoDAF, TOGAF, FEA	ArchiMate, TOGAF, DoDAF, MoDAF, NAF	ArchiMate, DoDAF, FEA, TOGAF, Zachman, NAF	TOGAF, DoDAF, MODAF, IAF, FEA, Zachman
Idoneidad Funcional								
Complejidad funcional	○	●	○	●	●	●	●	●
Correctitud funcional	●	●	●	●	●	●	●	●
Adecuación funcional	●	●		●	●	●	●	●
Eficiencia en el desempeño								
Comportamiento en tiempo	●				●	●		●
Utilización de recursos					●	●		●
Capacidad								
Compatibilidad								
Coexistencia						○		○
Interoperabilidad		●			●	●	●	●
Usabilidad								
Adecuación reconocible	●	●	●	●	●	●	●	●
Capacidad de aprendizaje	●	●		●	●	●	●	●
Operatividad	●			●	●	●	●	●
Protección contra errores de usuario	●	●		●	●	●	●	●
Estética de la interfaz de usuario	●	●		●	●	●	●	●
Accesibilidad		●		●	●	●	●	●
Mantenibilidad								
Modularidad	●		●					
Reusabilidad	●		●					
Analizable	●		●					
Modificable	●		●					
Capacidad de ser probado	●		●					
Portabilidad								
Adaptabilidad	●		●			●	●	○
Instalabilidad	●	●	●	●	●	●	●	●
Reemplazable						●		

TABLA IV. CORRESPONDENCIA ENTRE LAS SUB-CARACTERÍSTICAS ASOCIADAS A UN PRODUCTO Y LA TERMINOLOGÍA O EVIDENCIA EMPLEADA PARA IDENTIFICARLA

Herramienta o producto	Sub-característica	Justificación de la presencia de la(s) sub-característica(s)
Archi	Complejidad funcional Correctitud funcional Adecuación funcional	La herramienta permite modelar empleando todos los elementos de la notación de ArchiMate mas no permite realizar análisis sobre los modelos (complejidad funcional parcial). Sin embargo, el producto ofrece un sistema inteligente que valida la correctitud de los modelos en notación ArchiMate (correctitud funcional) y asiste en la creación de los mismos (adecuación funcional). En [19] el producto ha sido extendido para soportar la publicación de modelos sobre una plataforma que sirve de repositorio de información organizacional. Actualmente se está trabajando para agregarle características de análisis de modelos.
	Comportamiento en tiempo	La herramienta permite realizar las tareas asociadas a la edición y publicación de modelos en tiempos aceptables.
	Adecuación reconocible Capacidad de aprendizaje Operatividad Protección contra errores de usuario Estética de la interfaz de usuario	La herramienta presenta una interfaz de usuario organizada siguiendo los patrones de diseño que las herramientas de modelado han desarrollado en el tiempo (adecuación reconocible); esto la hace intuitiva y fácil de usar (capacidad de aprendizaje). Permite el rápido acceso a las tareas más comunes relacionada con la edición de modelos lo que la hace sencilla de operar (operatividad) a la vez que ofrece mecanismos para mostrar los elementos del lenguaje de acuerdo a su naturaleza y asistir la asociación entre distintos elementos del modelo de acuerdo al estándar de ArchiMate (protección contra errores de usuario). La interfaz a su vez no se encuentra sobrecargada mostrando siempre, con la opción de contraer para ocultar, y expandir para mostrar, las 4 áreas más importantes: el lienzo de modelado, la paleta de elementos, el área de definición y visualización de propiedades y el panel de navegación de las distintas vistas del modelo (estética de la interfaz de usuario).
	Modularidad Reusabilidad Analizable	La herramienta de código libre, cuyo código fuente está expresado en el lenguaje orientado a objetos, Java, se basa en un <i>framework</i> de desarrollo modular (modularidad) y extensible. Todos los componentes de la herramienta están constituidos por módulos que emplean los lineamientos del <i>framework</i> para interactuar entre

	Modificable Probable	ellos; muchos de estos módulos están presentes en otras herramientas como el IDE de desarrollo <i>Eclipse for Java</i> , o administradores de bases de datos como <i>IBM Data Studio</i> (reusable). El mismo se encuentra organizado de manera ordenada (analizable), facilitando la implementación de nuevas funcionalidades como se ha realizado en [19] (modificable). Debido a la naturaleza <i>open source</i> del código y el lenguaje de programación en que se basa, se han podido realizar pruebas para precisar el correcto funcionamiento durante el desarrollo de extensiones para la herramienta (probable).
	Adaptabilidad Instalabilidad	El producto ha sido instalado y probado en las plataformas Windows, MacOS y Linux (adaptabilidad) sin contratiempos y el proceso se ha ejecutado de manera sencilla (instalabilidad).
BIZZdesign Architect	Compleitud funcional Correctitud funcional Adecuación funcional	La herramienta permite modelar, visualizar y analizar arquitecturas empresariales soportando estándares abiertos como ArchiMate® y TOGAF® (Compleitud funcional), y ofrece mecanismos para asistir, y realizar satisfactoriamente, estas tareas dependiendo del <i>framework</i> utilizado (correctitud y adecuación funcional). Adicionalmente, los modelos pueden ser compartidos mediante repositorios accedidos desde la web. Ofrece también, capacidades de análisis avanzadas para demostrar el impacto de un cambio [21].
	Interoperabilidad	Permite compartir información entre herramientas, copiar y pegar contenido desde y hacia MS Office, e importar y exportar modelos de arquitecturas hacia y desde otras herramientas o bases de datos [21] (interoperabilidad).
	Adecuación reconocible Capacidad de aprendizaje Protección contra errores de usuario Estética de la interfaz de usuario	La herramienta permite crear con facilidad, y modelar de manera precisa, modelos referentes a distintos dominios de una arquitectura en cualquier nivel de detalle, de acuerdo al <i>framework</i> utilizado, ofreciendo sugerencias durante el proceso (protección contra errores de usuario). La herramienta sigue lineamientos de diseño que propician la rápida comprensión (adecuación reconocible) y aprendizaje de la misma (capacidad de aprendizaje) [21]. Ofrece al usuario las herramientas necesarias, sin sobrecargar, de manera organizada, según las requiera el usuario durante la realización de una tarea particular (estética de la interfaz de usuario).
	Instalabilidad	El producto fue descargado e instalado en ambiente Windows de manera sencilla.
Essential Project	Compleitud Funcional Correctitud Funcional	La herramienta permite modelar empleando todos los conceptos del Metamodelo Essential, que no es más que un conjunto completo y extensible de conceptos y relaciones con una semántica precisa que permite ser mapeado con facilidad a los conceptos, actividades y herramientas de los <i>frameworks</i> estándar de AEs [22]. Sin embargo, no posee funcionalidades que permitan realizar análisis sobre estos modelos (compleitud funcional parcial). Si bien la herramienta esta acoplada a un <i>framework</i> ofreciendo una taxonomía para la definición de la arquitectura sin ambigüedades (correctitud funcional), esta no ofrece mecanismos que faciliten la definición de esta.
	Adecuación Reconocible	Permite el rápido acceso a las tareas más comunes relacionada con la edición de modelos en la notación del Metamodelo Essential. Para el usuario familiarizado con el <i>framework</i> , podrá identificar los mecanismos y funciones que le permitirán definir una arquitectura (adecuación reconocible) sin embargo no sigue los patrones de diseño de la mayoría de las herramientas de modelado; los modelos no son definidos de manera gráfica, sino a través de la creación de entidades en una estructura jerárquica.
	Modularidad Reusabilidad Analizable Modificable Capacidad de ser probado	El código fuente de la herramienta, de naturaleza <i>open source</i> (analizable), orientado a objetos, expresado en Java se encuentra organizada de manera ordenada facilitando la implementación de nuevas funcionalidades. La herramienta está constituida por módulos que se comunican entre sí las cuales en oportunidades han sido actualizadas independientemente (modularidad y modificable). El mismo lenguaje le otorga características que propician que el código sea reusable y pueda ser depurado y probado.
	Adaptabilidad Instalabilidad	El producto ha sido instalado y probado en las plataformas Windows, MacOS y Linux (adaptabilidad) sin contratiempos y el proceso se ha ejecutado de manera sencilla (instalabilidad).
Mega Modeling Suite	Compleitud funcional Correctitud funcional Adecuación funcional	La suite de productos ofrece un conjunto de herramientas basadas en repositorios para documentar y soportar procesos de modelado de AEs y realizar análisis de procesos y riesgos (compleitud funcional). La suite ofrece también herramientas para realizar simulaciones y comparar escenarios. El modelado responde al <i>framework</i> con que se esté trabajando y la herramienta ofrece mecanismos para asistir en la definición de estos (correctitud y adecuación funcional) [23].
	Adecuación reconocible Capacidad de aprendizaje Operatividad Protección contra errores de usuario Estética de la interfaz de usuario Accesibilidad	La herramienta posee una interfaz de usuario altamente usable, limpia, precisa e intuitiva (capacidad de aprendizaje y operatividad) propia de herramientas de modelado (adecuación reconocible). Destacan sus capacidades de presentación, existiendo reportes y <i>dashboards</i> predefinidos que permiten soportar análisis de toma de decisión entre otras características [24]. Incorpora mecanismos de prevención de errores de usuario como notificaciones. Ofrece al usuario, de manera organizada, las herramientas para trabajar mostrando un área de trabajo limpia (estética de la interfaz de usuario), y la capacidad de ser multilingüaje (accesibilidad).
	Instalabilidad	El producto indica poder ser instalado de manera sencilla en ambiente Windows.
Metastorm Provision	Compleitud funcional Correctitud funcional Adecuación funcional	Permite modelar, visualizar y analizar arquitecturas empresariales (compleitud funcional). Los proyectos creados bajo algún contexto o <i>framework</i> específico para garantizar que el trabajo que se realice sea hecho dentro de los límites y lineamientos impuestos o sugeridos por la arquitectura (correctitud funcional) ofreciendo funcionalidades que faciliten la realización de estas tareas (adecuación funcional). El producto cuenta además con un repositorio integrado y herramientas para realizar simulaciones [25].
	Comportamiento en tiempo Utilización de recursos	En conjunto con el servidor Metastorm Knowledge Exchange, el producto permite manejar grandes volúmenes de trabajo liberando recursos en coordinación con la máquina virtual de Java mejorando los tiempos de repuestas (comportamiento en tiempo) y optimizando la utilización de recursos. De igual manera, lo realiza trabajando en conjunto con el DBMS integrado que sirve de repositorio [26].
	Interoperabilidad	Permite exportar e importar procesos de negocio y modelos con otras herramientas de manera directa o a través de servicios web. Permite exportar e importar modelos y objetos en formato tabular, XML y MS Office [25].
	Adecuación reconocible Capacidad de aprendizaje Operatividad Protección contra errores de usuario Estética de la interfaz de	La herramienta posee una interfaz intuitiva para modelar (adecuación reconocible). La interacción es a través de patrones de interacción ya aprendidos (capacidad de aprendizaje). La información se presenta a través de vistas que ofrece al usuario lo que es relevante para él y las herramientas que le permitan alcanzar sus objetivos (operatividad). Ofrece herramientas para que el usuario lleve trazabilidad de su trabajo, consejos y mejores prácticas (protección contra errores de usuario) [25]. Ofrece al usuario, de manera organizada, las herramientas para trabajar mostrando un área de trabajo limpia (estética de la interfaz de usuario), y la capacidad de ser

	usuario Accesibilidad	multilinguaje (accesibilidad).
	Instalabilidad	La herramienta indica poder ser instalada en ambiente Windows de manera sencilla.
Aris Platform	Complejidad funcional Correctitud funcional Adecuación funcional	La suite de aplicaciones permite realizar modelos correctos bajo distintos estándares de AEs (correctitud funcional), a la vez que permite documentarlos y almacenarlos en un repositorio centralizado, permitiendo realizar eventualmente análisis y simulaciones sobre estos (complejidad funcional) [27]. Ofrece también funcionalidades para asistir las tareas antes mencionadas (adecuación funcional).
	Comportamiento en tiempo Utilización de recursos	La plataforma ofrece productos para optimizar en distintos niveles el desempeño a nivel del servidor, esto se consigue trabajando con distintos servidores de aplicaciones y DBMS compatibles con características de desempeños particulares para mejorar los tiempos de respuestas (comportamiento en tiempo) y asignación de recursos durante la ejecución de tareas particulares (utilización de recursos) [28].
	Coexistencia Interoperabilidad	La plataforma emplea una tecnología que permite compartir un mismo servidor de aplicaciones o de base de datos, con otros productos. Además, soporta varias bases de datos como Derby, Oracle y SQL Server (coexistencia) [28]. El producto permite además importar y exportar en formatos de otros productos (interoperabilidad) [29].
	Adecuación reconocible Capacidad de aprendizaje Operatividad Protección contra errores de usuario Estética de la interfaz de usuario Accesibilidad	La interfaz de usuario de los productos ARIS ha sido desarrollada por expertos en usabilidad en diversas áreas de conocimiento. El resultado obtenido es una interfaz estructuralmente fácil de utilizar (capacidad de aprendizaje), agradable al usuario (estética de la interfaz de usuario). Su interfaz favorece el trabajo de modelado y la colaboración en equipos de trabajo (adecuación reconocible y operatividad). Adicionalmente, los productos de la plataforma tienen funcionalidad multilingüe lo que permite dar soporte a equipos de trabajos internacionales (accesibilidad) [29]. La herramienta, como las anteriores, ofrece mecanismos para evitar que el usuario cometa errores.
	Adaptabilidad Instalabilidad Reemplazable	La herramienta indica poder ser instalable sin mayor dificultad en MS Windows (instalabilidad) sin embargo el DBMS puede ser de distintos proveedores (reemplazable) e instalado y pasado de un entorno a otro (adaptabilidad).
Corporate Modeler	Complejidad funcional Correctitud funcional Adecuación funcional	Permite documentar, modelar, visualizar, analizar y optimizar procesos de negocio, aplicaciones y sistemas. Su naturaleza colaborativa permite a los <i>stakeholders</i> contribuir, aprender y digerir modelos altamente informativos (complejidad funcional) [30]. El modelado y otras tareas responde al <i>framework</i> con que se esté trabajando y la herramienta ofrece mecanismos para asistir en la definición de estos (correctitud y adecuación funcional).
	Interoperabilidad	Corporate Modeler ofrece una interfaz para que otras aplicaciones puedan acceder a su repositorio a través de servicios web. De todas las soluciones existentes para soportar EA, esta es la más extensible puesto que ofrece esta API para el desarrollo de aplicaciones adicionales que requieran sus servicios como base para agregar nuevas funcionalidades.
	Adecuación reconocible Capacidad de aprendizaje Operatividad Protección contra errores de usuario Estética de la interfaz de usuario Accesibilidad	La suite ofrece dos clientes de modelado: una aplicación de escritorio o un portal web dinámico, ambos desarrollados para soportar distintos niveles de usuarios. El cliente de escritorio ofrece verificación de consistencia, conectores inteligentes y otras características que permiten realizar modelos precisos y adaptados a un estándar (protección contra errores de usuario). El cliente web, multilingüe, ofrece características que permiten realizar trabajo colaborativo sobre los modelos (accesibilidad) [31]. Ambas versiones permiten que el usuario identifique con facilidad (capacidad de aprendizaje) las herramientas que le ayudarán a conseguir sus objetivos al momento de modelar (adecuación reconocible y operatividad).
	Adaptabilidad Instalabilidad	La herramienta indica poder ser instalable de manera asistida y sencilla en MS Windows (instalabilidad) sin embargo el DBMS puede ser instalado y pasado de un entorno a otro (adaptabilidad).
Rational System Architect	Complejidad funcional Correctitud funcional Adecuación funcional	El producto permite modelar, visualizar, analizar y compartir arquitecturas empresariales y análisis de procesos de negocio (complejidad funcional). Soporta en un entorno multiusuario, modelado de estrategias de negocios, arquitectura de aplicaciones, datos, tecnología y sistemas. Ofrece además reportes dinámicos, <i>dashboards</i> y análisis de impacto [32]. El modelado y otras tareas responde al <i>framework</i> con que se esté trabajando y las herramientas de la suite ofrecen mecanismos para asistir en la realización de estas (correctitud y adecuación funcional).
	Comportamiento en tiempo Utilización de recursos	La escalabilidad y mejoras en el desempeño (comportamiento en tiempo) y administración de recursos (utilización de recursos) son características que han sido revisadas minuciosamente en cada una de las versiones, y con frecuencia, es liberado un fix pack para entre otras cosas, mejorar estas características [33].
	Coexistencia Interoperabilidad	El producto ofrece a través de una licencia adicional, el soporte de servicios web para acceder a las funcionalidades del repositorio y otros servicios de la herramienta. Adicionalmente, ofrece soporte con herramientas de MS Office permitiendo compartir contenido entre estas (interoperabilidad) [34]. La tecnología en que está desarrollado (servidor de aplicaciones Java) permite compartir en un mismo entorno, varias aplicaciones que utilicen el mismo servidor de aplicaciones (coexistencia).
	Adecuación reconocible Capacidad de aprendizaje Operatividad Protección contra errores de usuario Estética de la interfaz de usuario Accesibilidad	Con una interfaz similar a las demás herramientas evaluadas, la herramienta permite comenzar a modelar rápidamente una vez elegido el <i>framework</i> de trabajo (adecuación reconocible y operatividad). La usabilidad es una característica que han sido revisadas minuciosamente en cada una de las versiones, y con frecuencia, es liberado un fix pack para entre otras cosas, mejorar esta característica (capacidad de aprendizaje). En [33] se enumeran con detalle en qué consisten. La herramienta ofrece mecanismos para proteger al usuario de los errores que pudiese cometer. La herramienta es multilingüe (accesibilidad), la interfaz de usuario se adapta a las tareas que se deseen realizar y ofrece visualizaciones agradables a la vista (estética de la interfaz de usuario).
	Adaptabilidad Instalabilidad	La herramienta fue instalada en ambiente Windows de manera sencilla (instalabilidad). La tecnología en que está desarrollado (servidor de aplicaciones Java) es multiplataforma por lo que puede ser pasado de un entorno, como un sistema operativo, por ejemplo, a otro (adaptabilidad).

Adicionalmente, puede validarse el grado en el que el modelo propuesto corresponde con el modelo de calidad para SEs descrito en la sección V. Exceptuando las características de confiabilidad y seguridad que por los motivos expuestos en la sección VI no pudieron ser verificadas, el modelo propuesto otorga gran importancia a la mayoría de las sub-características de mantenibilidad y portabilidad que se propone para los SEs, sin embargo la eficiencia y compatibilidad, aun cuando está presente, obtiene una importancia media.

Por otra parte, no existe una correspondencia para las sub-características de usabilidad del modelo propuesto, pues el modelo de calidad de SEs no contempla estas características, pero sí son relevantes en el dominio de herramientas de soporte para las AEs; igual que lo son las de idoneidad funcional.

TABLA V. PROPUESTA DE MODELO DE CALIDAD DE LAS HERRAMIENTAS PARA EL SOPORTE DE AEs

<i>Características/sub-características del ISO 20510</i>	<i>2da</i>	<i>3ra</i>	<i>Modelo para SEs basado en ISO 25010</i>	<i>Modelo sugerido</i>
Idoneidad Funcional				
Complejidad funcional	3	3	x	3
Correctitud funcional	3	3		3
Adecuación funcional	3	3		3
Eficiencia en el desempeño				
Comportamiento en tiempo	1	2	x	2
Utilización de recursos	1	2	x	2
Capacidad	1	1	x	1
Compatibilidad				
Coexistencia	1	1	x	1
Interoperabilidad	1	3	x	3
Usabilidad				
Adecuación reconocible	3	3		3
Capacidad de aprendizaje	3	3		3
Operatividad	3	3		3
Protección contra errores de usuario	3	3	x	3
Estética de la interfaz de usuario	2	3		3
Accesibilidad	2	3		3
Confiabilidad				
Madurez			x	
Disponibilidad			x	
Tolerancia a fallos			x	
Recuperación			x	
Seguridad			x	
Mantenibilidad				
Modularidad	3	1	x	3
Reusabilidad	3	1	x	3
Analizable	2	1		2
Modificable	2	1	x	2
Capacidad de ser probado	2	1		2
Portabilidad				
Adaptabilidad	1	3	x	3
Instalabilidad	3	3		3
Reemplazable	1	1	x	1

La falta de correspondencia en la mayoría de las sub-características de la idoneidad funcional con el modelo de calidad para SEs, se debe a que en la traducción de este modelo, del ISO 9126 al ISO 25010, la terminología en el contexto de *QoS* del *middleware* empleada bajo en el primer estándar corresponde a características que en el segundo ya no

pertenecen a la idoneidad funcional como lo son la seguridad y la interoperabilidad.

VIII. CONCLUSIONES

El nuevo estándar ISO 20510:2011 clasifica algunas de las características y sus respectivas sub-características de calidad de manera más minuciosa y organizada de como lo realizaba el ISO 9126:2001. Por ejemplo, la sub-característica de seguridad en el ISO 9126 pasa a ser una característica principal en el ISO 20510 y la interoperabilidad que pasa a ser una sub-característica de la nueva característica Compatibilidad. Este estándar permite aplicar al producto, que puede ser una única aplicación de software o todo un sistema, un *framework* de evaluación que asegura que todas las características de calidad son consideradas en el desarrollo y evaluación del mismo.

La identificación de características de calidad sobre productos de software es una tarea que puede ser apoyada por una metodología de trabajo flexible como lo es DESMET [20] la cual es configurable de manera tal que permite en lo posible obtener resultados de calidad sobre estudios realizados con diferentes grados de disponibilidad de los recursos para realizar la investigación.

La especificación de un modelo de calidad propiciado por las herramientas para el soporte de AEs revisadas en este trabajo, ha permitido establecer objetivos y un conjunto de lineamientos que se han tenido presente en el desarrollo de nuevos productos de software en los que hemos estado trabajando. Durante la fase de especificación de requisitos, el modelo permite identificar aquellos de calidad tomando en cuenta el grado de importancia en este tipo de herramientas; durante las fases de análisis y diseño, el modelo influye considerablemente en la especificación de la arquitectura de la solución, adicionalmente, el modelo ha permitido orientar las pruebas de software que realizamos sobre ellas; y la evaluación arquitectónica general de la herramienta. En este sentido se sugiere que, para desarrollar el software de soporte para las AEs, se pudiera utilizar el modelo de calidad que se presenta en este trabajo cuya actualización es posible, en cualquier momento.

A partir del modelo obtenido, se puede apreciar que este hace énfasis en la importancia de la construcción de software, para el apoyo de AEs centrado en las necesidades del experto. Las sub-características que permiten establecer esta relación son aquellas relacionadas con la correctitud, completitud y adecuación de las funcionalidades del producto y así como su facilidad de uso. Estas características están incluso por encima del desempeño y compatibilidad entre distintas plataformas o productos.

Como trabajo futuro se está considerando la obtención de métricas que permitan obtener valores cuantitativos para medir o comparar aspectos de calidad asociados a herramientas de soporte a las AEs. Adicionalmente, se está considerando la evaluación de este modelo aplicando casos de estudio.

REFERENCIAS

- [1] M. Mair, D. Emery, R. Hilliard. "ANSI/IEEE 1471 and systems engineering", Syst. Eng., vol 7(3), pp. 257-270, Sep 2004.
- [2] ISO, Systems and software engineering — Architecture description ISO/IEC/IEEE 42010, Nov 2011.

- [3] R. Sessions, "A comparison of the top four EA methodologies", Microsoft Developer Network Library, May 2007.
- [4] M. Lankhorst, EA at Work: Modelling, Communication and Analysis. 2nd ed., Heidelberg: Springer, 2009.
- [5] J. Zachman, "A framework for information systems architecture", IBM Systems Journal, 1987.
- [6] The Open Group, "TOGAF® Version 9.1, an Open Group standard", Dic 2011.
- [7] The Open Group, "Archimate 2.0 specification", Ene 2012.
- [8] EXTERNAL, "Extended enterprise resources, networks and learning", EU project, IST-1999-10091, 1999.
- [9] Bizzdesign, "Selecting the right tool for your EA effort", 2008.
- [10] ISO, Systems and software engineering -- Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) -- System and software quality models ISO/IEC 25010, Mar 2011.
- [11] F. Losavio, D. Ortega, M. Pérez, "Towards a Standard EAI Quality Terminology". Proceedings of the XXIII International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC'03), 2003.
- [12] J. Escobar, F. Losavio, D. Ortega, "Una revisión de frameworks, lenguajes de modelado y herramientas para arquitecturas empresariales". Memorias del II Simposio Científico y Tecnológico en Computación, Caracas, pp. 211-218, May 2012.
- [13] Department of Defense, DoD Architecture Framework Version 2.02, 2010.
- [14] H. Jonkers, E. Proper, M. Turner, TOGAF9 and Archimate 1.0, Nov 2009.
- [15] ISO, Software engineering -- Part 1: Product quality -- Quality model ISO/IEC 9126-1, 2001.
- [16] K. Sandoe, G. Corbitt, R. Boykin. Enterprise Integration. California State University, Chico. John Wiley & Sons, Inc., p. 272, 2001.
- [17] F. Losavio, D. Ortega, M. Pérez, M. González. "Modeling a CRM system with an EAI framework". Revista de la Facultad de Ingeniería de la U.C.V., vol 21(2), pp. 39-55, 2006.
- [18] R. Baskerville, "Investigating information systems with action research", Communications of the AIS, vol. 2, pp. 1-32, Nov 1999.
- [19] S. Capuzzi. "Desarrollo de un sistema de gestión de contenidos empresarial en ambiente web como repositorio de modelos desarrollados con la herramienta Archi", Trabajo Especial de Grado, Dpto. de Computación, FACYT, UC, Valencia, Carabobo, 2012.
- [20] B. Kitchenham, "DESMET: A method for evaluating Software Engineering methods and tools", Keele: Department of Computer Science, University of Keele, Ago 1996.
- [21] BiZZdesign. (2012). *BiZZdesign Architect functionality* [Online]. Available: <http://www.bizzdesign.com/tools/bizzdesign-architect/bizzdesign-architect-functionality/>
- [22] Enterprise Architecture Solutions Ltd. (2013). *The Essential Project* [Online]. Available: <http://www.enterprise-architecture.org/component/content/article/11-about-essential-content/project-components/35-essential-meta-model>
- [23] MEGA International. (2013). *Modeling Tools - MEGA* [Online]. Available: <http://www.mega.com/en/c/product/p/modeling>
- [24] J. Short, C. Wilson, "Gartner assessment of enterprise architecture tool capabilities", Gartner, Core Research Note G00211294, Mar 2011.
- [25] Metastorm (2011), *Enterprise Architecture: Metastorm Provision* [Online]. Available: http://www.metastorm.com/products/provision_ea.asp
- [26] Bispro Consulting (2008), *Release of Metastorm ProVision and Metastorm Knowledge Exchange version 6.1* [Online], Disponible en la www: <http://bisproconsulting.com/2008/04/09/release-of-metastorm-provision-and-metastorm-knowledge-exchange-version-6-1.html>
- [27] Software AG (2012). *ARIS Platform | Business Process Excellence* [Online]. Available: http://www.softwareag.com/corporate/products/aris_platform/default.asp
- [28] Software AG, "ARIS platform - system white paper", IDS Scheer, Jun 2008.
- [29] BP Trends, "ARIS platform products. Version: 7.02. IDS Scheer", 2007.
- [30] Casewise Ltd (2013), *Casewise modeler enterprise architecture and business process analysis solution* [Online]. Available: <http://www.casewise.com/products/modeler>
- [31] BP Trends, "Corporate Modeler Suite. Version: 10. Casewise Systems", Oct 2007.
- [32] IBM (2009). *Actionable Enterprise Architecture. Rational software. The IBM rational system architect solution* [Online]. Available: <http://public.dhe.ibm.com/common/ssi/ecm/en/rab14004usen/RAB14004USEN.PDF>
- [33] IBM (2013). *IBM Fix list for Rational System Architect* [Online]. Available: <http://www-01.ibm.com/support/docview.wss?uid=swg27027507>
- [34] IBM (2012). *Rational System Architect XT Web Service add-on product* [Online]. Available: http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/rsysarch/v11/index.jsp?topic=%2Fcom.ibm.sa.saxt.install.guide.doc%2Ftopics%2Ftest_SAXT_web_serv_feat.html