

MADE -Modelo Actor de Empresa, aplicado a un caso de estudio

Mg. Diana Jimena López
Docente - Investigador
Universidad del Cauca
djlopez@unicauca.edu.co

Mg. Juan Martín Velasco
Docente - Investigador
Universidad del Cauca
jmvelasc@unicauca.edu.co

Mg. Oscar Amaury Rojas
Docente - Investigador
Universidad del Cauca
orojas@unicauca.edu.co

Resumen: MADE (Modelo Actor de Empresa), se constituye como un modelo para la integración empresarial, desarrollado específicamente para empresas del sector industrial. El concepto de MADE se basa en la estructura y la acción del ser humano, por lo que a través de él, se pueden modelar funciones tanto automáticas como no automáticas dentro de un proceso productivo. En torno a MADE, se han desarrollado varias investigaciones que han permitido adicionar nuevas características, definiciones y conceptos, con lo que se ha logrado obtener un marco de referencia completo para el futuro desarrollo de una metodología de aplicación del modelo. Este artículo, muestra la aplicación del marco de referencia de MADE en una empresa de producción caso de estudio. La investigación futura, se basa en el desarrollo de una metodología de aplicación del modelo propuesto, haciendo uso del marco de referencia obtenido.

Palabras clave: Integración empresarial, automatización industrial, modelos de integración empresarial, sistemas multiagentes-SMA, metodologías para SMA.

Introducción

Con el fin de enfrentar el reto de integración total y automatización de las empresas de manufactura, se han desarrollado desde hace ya varios años diferentes modelos; estos modelos son patrones que representan la estructura, el comportamiento, la organización e integración de los componentes de una empresa. Entre los modelos de integración empresarial más relevantes reportados en la literatura se destacan: el modelo GRAI (*Groupe de Recherche en Automatisation Intégrée*) [1], CIMOSA (*Open System Architecture for CIM*) [2], PERA (*Purdue Enterprise Reference Architecture*) [3], Modelo CIM propuesto por ingenieros de Siemens [4], GERAM (*Generalized Enterprise Reference Architecture and Methodology*) [5], PROSA (*Process Resource Order Staff Architecture*) [6], MRAI (*Modelo Referencial de Automatización Industrial*) [7], 3D-EBM (*Modelo de 3 Dimensiones del negocio de la empresa*) [8], ADACOR (*Adaptative Holonic control Architecture*) [9] y PROHA (*Product Resource Order Heterarchical Architecture*) [10].

El grupo de I+D en Automática Industrial de la Universidad del Cauca, no es ajeno a la problemática empresarial descrita y ha realizado importantes aportes al campo de la automatización y la integración empresarial al proponer dos modelos: El modelo CIM-FIET [11] y el más reciente, MADE (Modelo Actor de Empresa) [12]. MADE nace con el propósito de establecer un patrón que represente de forma integral y sistemática la estructura e integración de los componentes de una empresa de manufactura, lo cual, facilita en gran medida el proceso de automatización empresarial.

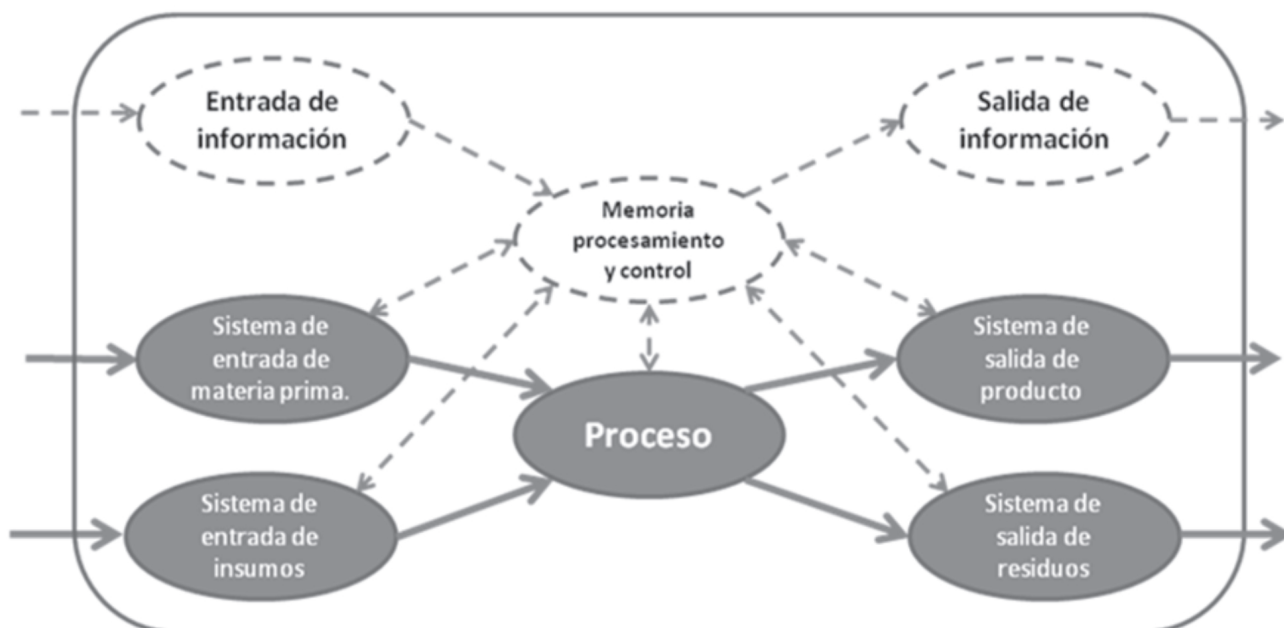
Actualmente, MADE, no cuenta con una metodología que permita aplicarlo; disponer de una herramienta conceptual de este tipo, facilitaría la prueba y posterior implementación del modelo en empresas de manufactura de cualquier tamaño y grado de automatización. Uno de los primeros pasos previos al desarrollo de la metodología de aplicación del modelo, es la formalización de un marco de referencia. Este artículo, se centra en el proceso de desarrollo del marco de referencia propuesto para MADE y su aplicación a una empresa de producción ubicada en el departamento del Cauca.

El artículo inicia presentando de manera general, el concepto de MADE; seguidamente, se muestra el marco de referencia para una metodología de aplicación del modelo; posteriormente, se realiza la aplicación del marco de referencia a una empresa caso de estudio y se finaliza con las conclusiones al respecto.

Modelo Actor de Empresa

El Modelo Actor de Empresa más conocido como MADE, es un concepto propuesto por el Ingeniero Juan Martín Velasco y desarrollado por el grupo de investigación en Automática Industrial de la Universidad del Cauca y se constituye como un modelo de integración empresarial para empresas de manufactura. El propósito del Modelo Actor de Empresa, es abstraer el funcionamiento de una empresa de manufactura, referenciándose en el comportamiento humano, tanto a nivel de estructura como de funcionalidad. Partiendo de la hipótesis, que toda empresa de manufactura y cada parte de la misma puede ser modelada a partir de los esquemas que representan al ser humano, se presenta el esquema del Actor de Empresa en la Figura. 1. En esta figura, se aprecian dos tipos de flujo: el flujo físico (líneas continuas) y el flujo de información (líneas punteadas). El flujo físico, representa la secuencia que transforma la materia prima y los insumos en productos y residuos al realizar un proceso. El flujo de información, representa el intercambio de información que hace posible el control del flujo físico, es decir, la secuencia del proceso [13].

Figura. 1. Esquema del ADE-Actor de Empresa [14]



El modelo para integración empresarial MADE, estará constituido entonces mediante la unión de varios ADEs (Actores de Empresa) conformando una red; cada ADE desempeña un papel determinado, asociado a una función específica dentro de la empresa.

Marco de Referencia de MADE

El marco de referencia de MADE consta de tres elementos básicos. Las definiciones y conceptos de MADE, se resumen en el elemento: *Entidades de MADE*; las relaciones y presentaciones gráficas, se reúnen en el elemento: *Modelos de MADE*. A estos dos elementos se adiciona una *Nomenclatura de las entidades de MADE*, que facilita la designación de los nombres a las entidades, cuando se esté modelando una empresa de producción bajo este esquema.

Entidades de MADE

Dentro del modelo MADE, se reconocen diecinueve entidades, de las cuales se describen seis en la Tabla 1; éstas fueron tomadas de los conceptos y definiciones especificadas en [15].

Tabla 1. Entidades de MADE (Elaboración Propia)

Componente	Definición
ADE	Es la unidad mínima del modelo MADE, capaz de cumplir objetivos individuales programados, a través de la realización de tareas secuenciales. Para lograr el cumplimiento de cada objetivo individual requiere de señales de información de entrada, las cuales, utiliza, transforma y entrega como señales de información de salida.
Organización de ADEs	Es un conjunto de ADEs organizados, capaz de cumplir un objetivo general, a través del cumplimiento ordenado de objetivos individuales.
Objetivo individual	Es la meta programada para un ADE; el logro de esta meta está determinado por el desarrollo secuencial de tareas.
Objetivo general	Es la meta programada para una organización de ADEs; el logro de esta meta está determinado por el desarrollo secuencial de objetivos individuales.
Tarea	Es cada una de las actividades que deben ser ejecutadas de forma ordenada por un ADE para el cumplimiento de un objetivo individual. Estas tareas son propias de la empresa de producción que se esté modelando.
Resultado de tarea	Es una señal que se obtiene al finalizar cada una de las tareas en un modelo de comportamiento de ADE, la cual, indica que la tarea se cumplió conforme lo esperado.

La notación propuesta, facilita la designación de los nombres a las entidades cuando se esté modelando una empresa de producción bajo este esquema; ésta se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Notación de las entidades de MADE (Elaboración propia).

Entidad	Nomenclatura
Organización de ADEs	$A_1 \dots\dots\dots A_n$
ADE	$A_{1-1} \dots\dots\dots A_{n-m}$
Objetivo General	$O_1 \dots\dots\dots O_n$
Objetivo Individual	$O_{1-1-1} \dots\dots\dots O_{n-m-j}$
Resultado de objetivo individual	$Re_{1-1-1} \dots\dots\dots Re_{n-m-j}$
Tarea	$T_{1-1-1-1} \dots\dots\dots T_{n-m-j-i}$
Resultado de Tarea	$Re_{1-1-1-1} \dots\dots\dots Re_{n-m-j-i}$
Información de entrada o salida	$E_1 \dots\dots\dots E_k$
Modelo de comportamiento de ADE	$M_{1-1} \dots\dots\dots M_{n-m}$
Modelo de comportamiento de Organización	$M_1 \dots\dots\dots M_n$
Instructivo de ADE	$I_{1-1} \dots\dots\dots I_{n-m}$
Instructivo de Organización	$I_1 \dots\dots\dots I_n$

de aspectos concretos del sistema. Para MADE se definen cinco modelos representados en la herramienta UML, cuyos nombres, fueron inspirados en los metamodelos definidos para la metodología INGENIAS [16]: Modelo de ADE, Modelo de tareas y objetivos, Modelo de interacción, Modelo de entorno, Modelo de organización. A continuación, se detalla el Modelo de ADE, los modelos restantes se describen en [15].

Modelos de MADE

El Modelo Actor de Empresa, se concibe como la representación de un conjunto de modelos, cada uno de ellos, muestra una vista diferente del modelo: los actores que lo componen, las relaciones que existen entre ellos, cómo se organizan, qué información intercambian y cómo es el entorno donde se ubican. Estos modelos están orientados a la generación de representaciones visuales

Modelo de ADE

El modelo de ADE, representado en la Figura. 2, se usa para describir cada uno de los ADE en particular, excluyendo su interacción con otros ADEs; muestra su responsabilidad y comportamiento, entendiéndose como responsabilidad los objetivos individuales que se compromete alcanzar y comportamiento son los mecanismos que aseguran la ejecución de los objetivos planteados y la evolución

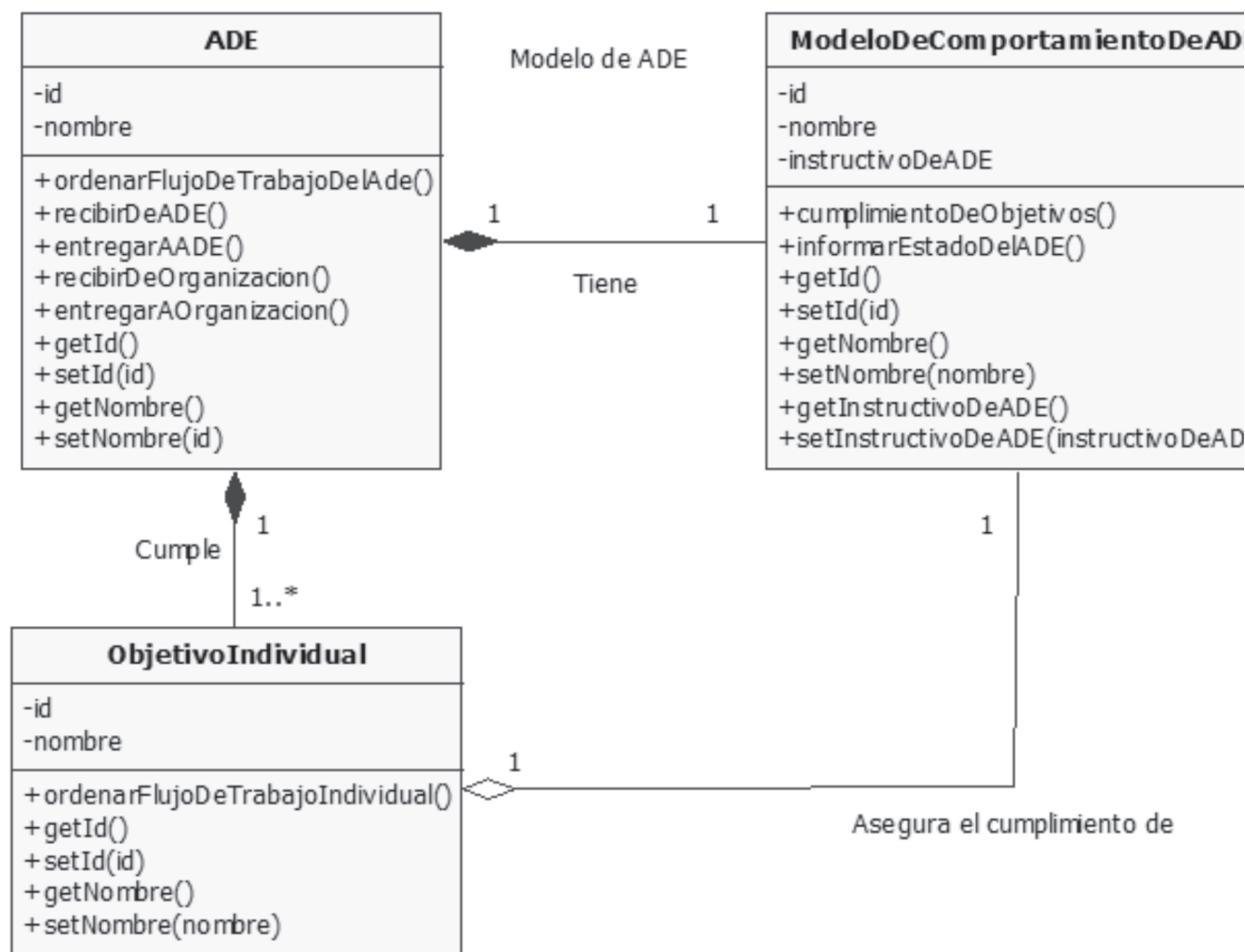
de sus diferentes estados. Cada ADE tiene un nombre y un identificador único, y cumple uno o varios objetivos individuales, los cuales, deben ser ejecutados en un orden denominado: Flujo de trabajo del ADE. Cada ADE, tiene asociado un modelo de comportamiento de ADE, que asegura el cumplimiento de los objetivos individuales planteados e informa sobre cada uno de los estados del ADE. Para que el modelo de comportamiento de ADE cumpla su función se requiere de un instructivo de ADE que contenga la información necesaria. Cada modelo de comportamiento tiene un nombre y un identificador relacionado con el ADE modelado.

Graniplast. Para la aplicación del Marco de Referencia a la empresa caso de estudio, se desarrollan siete pasos que se describen a continuación.

1. Identificación de los ADEs que modelan el comportamiento de VOLTEX E.U.

Para identificar los ADEs que modelan el comportamiento de VOLTEX, se obtuvo información de la empresa, a través de una entrevista realizada al gerente general; de acuerdo a la información adquirida, se definen los 17 ADEs que modelan a VOLTEX E.U. En la Tabla 3, se nombran 6 de ellos.

Figura. 2. Modelo de ADE (Elaboración propia)



Aplicación del Marco de Referencia de MADE a un Caso de Estudio.

El marco de referencia propuesto para MADE será aplicado a la empresa VOLTEX E.U, la cual, está dedicada a la fabricación y distribución de Pinturas, Estuco y

Tabla 3. ADES de VOLTEX E.U

ÁMBITOS	ADEs de VOLTEX E.U	
CAQ	Planificación, control, supervisión y documentación de la calidad	1
PE	Planificación estratégica y planificación de los objetivos de la empresa	2
	Análisis y pronósticos del entorno	3
CI	Contabilidad financiera y contabilidad de salarios	4
	Cálculo de costos	5
VENTAS	Administración y vigilancia de pedidos para ventas	6

2. Identificación de los objetivos Individuales que cumplen cada uno de los ADEs de VOLTEX E.U.

En la Tabla 4, se muestran uno de los diecisiete ADEs de VOLTEX, con sus respectivos objetivos individuales y el orden en que deben cumplirse.

Tabla 4. Objetivos Individuales de ADEs de VOLTEX

	ADEs de VOLTEX E.U	Objetivos individuales	
1	Planificación, control, supervisión y documentación de la calidad	Determinar valores de calidad exigidos y admisibles	1
		Evaluar los valores admisibles	2
		Seguir las causas de defectos en los productos	3

3. Identificación de las señales de información de entrada para cada objetivo individual.

En la Tabla 5, se muestran la señales de información de entrada para dos de los objetivos individuales programados para VOLTEX, en frente de cada señal se especifica el ADE que las origina.

Tabla 5. Señales de información de entrada de VOLTEX E.U

	Objetivo Individual	Señal de información de Entrada	ADE Origen
1	Determinar valores de calidad exigidos y admisibles	Objetivos de calidad	Especificaciones del producto y del proceso
2	Evaluar los valores admisibles	Valores de calidad exigidos y admisibles	Planificación, Control, Supervisión y Documentación de la Calidad

Tabla 6. Señales de información de salida de VOLTEX E.U

	Objetivo Individual	Señal de información de Salida	ADE Destino
2	Determinar valores de calidad exigidos y admisibles	Valores de calidad exigidos y admisibles	Planificación, Control, Supervisión y Documentación de la Calidad
38	Evaluar los valores admisibles	Número de productos defectuosos	Datos Maestros
39		Número de productos no defectuosos	

4. Identificación de las señales de información de salida para cada objetivo individual.

En la Tabla 5, se muestran la señales de información de salida para dos de los objetivos individuales programados para VOLTEX, en frente de cada señal se especifica el ADE al cual van dirigidas.

5. Realización de los instructivos de ADE y de Organización de VOLTEX E.U.

Un instructivo contiene toda la información que requiere un ADE o una organización de ADEs para funcionar. En este paso se sintetiza la información descrita en los pasos 1, 2, 3 y 4, en tablas cuya estructura se especifica en [15]. Se debe desarrollar un instructivo de organización por cada

Objetivo General que se determine para VOLTEX E.U. y la cantidad de instructivos de ADE dependen del número de objetivos individuales necesarios para cumplir cada objetivo general.

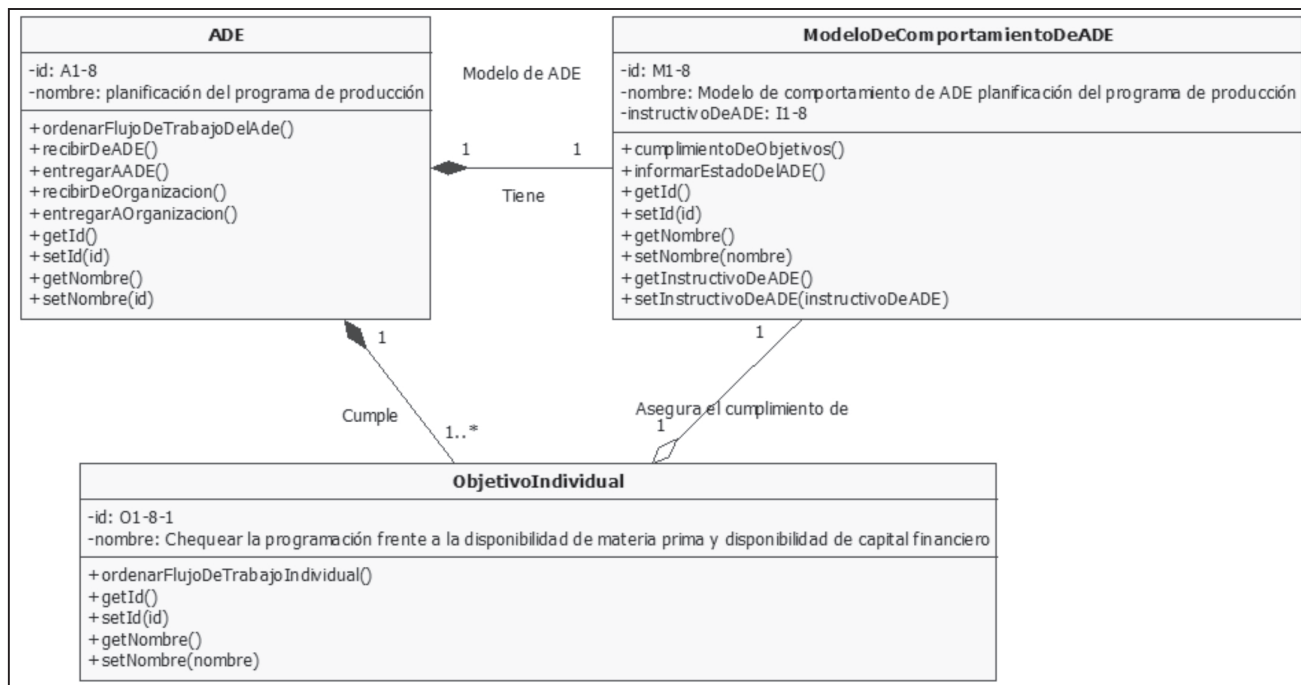
6. Realización de los modelos de comportamiento de ADE y de Organización de VOLTEX E.U.

El modelo de comportamiento determina el procedimiento a seguir por cada ADE o por cada Organización de ADEs a través de un diagrama en Redes de Petri [15]. Cada instructivo generado en el paso anterior debe ser ejecutado a través de un modelo de comportamiento de Organización o de ADE según sea el caso. El número de Modelos de comportamiento dependen de la cantidad de instructivos generados en el paso anterior.

7. Ejemplificación de los modelos de MADE para VOLTEX E.U.

En la Figura. 3, se muestra el modelo de ADE para uno de los ADEs que modelan el comportamiento total de VOLTEX E.U. El ADE: “Planificación del Programa de Producción”, cumple el objetivo individual: “Chequear la programación frente a la disponibilidad de materia prima y disponibilidad de capital financiero”. Para asegurar el cumplimiento de este objetivo individual se requiere el modelo de comportamiento M1-8 que ejecuta el Instructivo I1-8. Los modelos restantes se detallan en [15].

Figura. 3. Modelo de ADE para VOLTEX E.U (Elaboración propia).



Conclusiones

Este artículo, presenta el marco de referencia que servirá como base para el futuro desarrollo de una metodología para el Modelo Actor de Empresa y su aplicación a una empresa de producción caso de estudio. Las conclusiones obtenidas son las siguientes:

- La formalización del marco de referencia de MADE da como resultado tres elementos: entidades de MADE, nomenclatura de las entidades de MADE y modelos de MADE. Con la definición de estos elementos, se puede dar inicio al proceso de desarrollo de una metodología de aplicación del modelo propuesto. Los elementos obtenidos, tienen el grado de formalización deseado, ya que fueron derivados de un proceso de investigación y selección de herramientas adecuadas para cada fin.
- Los cinco modelos de MADE resultantes representan diferentes vistas, en donde cada una cumple una función particular y considera una parte específica del sistema. Estos modelos son indispensables para lograr una representación completa y robusta del sistema, lo que facilita su posterior implementación software.
- Con la aplicación del marco de referencia de MADE a una empresa caso de estudio, se demostró que es posible modelar teóricamente una empresa de producción específica a través de sus elementos y crea la posibilidad de aplicación a otras empresas de producción; lo anterior, garantiza altas probabilidades de éxito si se usa como base

para el futuro desarrollo de una metodología de aplicación del Modelo Actor de Empresa.

- Como trabajo futuro, se tiene el inicio del proceso de desarrollo de la metodología de aplicación de MADE usando el marco de referencia propuesto. Esto permitirá verificar si este marco de referencia es adecuado para la metodología de implementación de MADE y si ésta logra incrementar las posibilidades de éxito de proyectos de automatización empresarial.

Referencias

- [1] 1. G. Doumeingts, "Methode GRAI: Methode de Conception des Systems en Productique", Tesis Doctoral, Université Bordeaux I, Francia, 1984.
- 2.
- [2] J. Vlietstra, "An Open System Architecture in Computer-Integrated Manufacturing: CIMOSA", En: Journal of Applied Manufacturing Systems, pp. 23-35, USA, 1991.
- [3] T. Williams, "Reference Model for Computer Integrated Manufacturing, a Description from the Viewpoint of Industrial Automation", Presentado en: 6th International Symposium on Process Systems Engineering, USA, 1989.
- [4] H. Baumgartner y K. Knischewski, "CIM - Basisbetrachtungen Produktions automatisierung", Siemens-Aktiengesellschaft, ISBN/EAN: 3800915340, Alemania, 1989.
- [5] T. Williams, "Contributions of the Purdue Enterprise Reference Architecture and Methodology to the Development of a General Enterprise Reference Architecture and Methodology (GERAM)". Presentado en: Third International Conference on Automation, Robotics and Computer Vision, Singapur, 1994.
- [6] J. Wyns, "PROSA: Reference architecture for holonic manufacturing systems-the key to support evolution and reconfiguration", Tesis de Doctorado, Katholieke Universiteit Leuven, Bélgica, 1998.
- [7] E. Chacón y O. Camacho, "Integral Automation of Industrial Complexes Based on Hybrid Systems", En: ISA Transactions, Vol. 35, pp. 305-319, USA, 1996.
- [8] E. Chacón y J. Montilva, "An Integration Architecture for the Automation of Continuous Production Complexes". En: ISA Transactions. Vol. 41, pp. 95-113, USA, 2001.
- [9] P. Leitao, "ADACOR: An Agile and Adaptive Holonic Architecture for Manufacturing Control", Tesis Doctoral, Universidade do Porto, Portugal, 2004.
- [10] A. García y A. Cenjor, "An Agent-Oriented Design Methodology for RFID Improved Manufacturing Control", Presentado en: IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, República Checa, 2006.
- [11] D. Gómez y C. Manquillo, "Adecuación del modelo Siemens a las normas ISA S88 e ISA S95 con aplicación ilustrativa a un caso de estudio", Trabajo de grado, Universidad del Cauca, Colombia, 2007.
- [12] J. Velasco, "Notas de Clase, Curso: CAD/CAM/CIM", Ingeniería en Automática Industrial, Universidad del Cauca, Colombia, 2007.
- [13] S. Hernández y D. Viveros, "Aplicación del modelo Actor de Empresa en la especificación UML para la implementación de los bloques funcionales CAM, CAP y PPC del modelo resultante", Trabajo de grado, Universidad del Cauca, Colombia, 2008.
- [14] M. Lozada, "Formalización de un modelo de referencia para integración empresarial basado en el concepto de Actor de Empresa", Tesis de Maestría, Universidad del Cauca, Colombia, 2010.
- [15] D. López, "Marco de referencia para una metodología de aplicación del Modelo Actor de Empresa", Tesis de Maestría, Universidad del Cauca, Colombia, 2013.
- [16] J. Gómez, "Modelado de sistemas multiagentes", Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, España, 2002.