

Sistema de interpretación e integración para lenguaje gráfico de modelado de sistemas a un flujo de trabajo MBSE.

Trabajo Terminal No. 2019 - B029

Alumno: *Rosales Reyes Raymundo, Zúñiga Díaz Ángel Rodolfo

Directores: Duchanoy Martínez Carlos Alberto, Suárez Castañón Miguel Santiago

Email: *rosalesreyesraymundo@gmail.com

Resumen – En este trabajo se diseñará un sistema de integración de herramientas utilizadas principalmente en un flujo de trabajo establecido en la metodología Model Based Systems Engineering que conecta los siguientes elementos: Definición de modelo->asociación con Pieza 3D->Simulación de comportamiento. Con el paso del tiempo han surgido investigaciones y herramientas que han comprobado que mantener este flujo conectado y actualizado cada que se realizan cambios en el modelo es útil para optimizar el tiempo en la fabricación de prototipos en industrias como la automotriz, aeroespacial, militar, entre otras. Uno de los problemas de los sistemas actuales encargados de esta tarea es su alto costo, agregado al costo individual de cada programa que conecta. Por esta razón se dirige este trabajo al desarrollo de la base para la creación de una alternativa más económica.

Palabras clave – Academia de ingeniería de software, Ingeniería en sistemas basada en modelos, Integración, lenguaje de modelado de sistemas.

1. Introducción

El diseño de sistemas complejos es uno de los puntos clave para la industria automotriz, aeroespacial o metalmecánica en la actualidad. Con la aparición de sistemas cada vez más complejos surge la necesidad de crear una metodología que permita desarrollar y ejecutar un proceso de diseño interdisciplinario, buscando asegurar que los resultados de dicho proceso satisfacen las necesidades de los clientes cumpliendo con una buena calidad, eficiencia de coste y plazos de diseño durante todo el ciclo de vida del sistema. A través del tiempo se han logrado mejoras en los métodos de diseño incorporando la ingeniería de sistemas. Sin embargo, se incrementa el tiempo entre el que se define un diseño, y el tiempo en el que se llega a implementarlo. Pasan “años de incertidumbre” hasta poder comprobar que los diferentes bloques que componen el sistema se integran correctamente. Otra Problemática es la falta de comunicación que puede existir entre los ingenieros de todas las disciplinas que se ven involucrados en todo el proceso, ya que toda la interacción entre ellos se desarrolla a través de documentos que no son fáciles de interpretar cuando no se es experto. Esta falta de comunicación (que se traduce como tiempo perdido) puede provocar que no se realice la cantidad de pruebas necesarias sobre un diseño debido al constante cambio en los datos que se comparten.

Para intentar solucionar estas problemáticas surgió una metodología llamada: Model Based System Engineering [1]. Esta metodología a grandes rasgos busca que la comunicación entre los ingenieros se de a través de la integración de sus disciplinas por medio de una “fuente única” que sería un modelo. Teniendo un modelo único asociado, se puede lograr una mejora en el diseño, eficiencia y la obtención de un prototipo final, con lo que se puede lograr una validación anticipada del sistema.

Existen diversas herramientas de software que permiten modelar sistemas. Una de las características principales de este tipo de herramientas es que se pueden generar distintos tipos de diagramas o esquemas gráficos que pueden ser integrados con otras herramientas para formar un flujo automatizado en el que cada cambio realizado en el esquema se vea reflejado en sus elementos asociados con el fin de ahorrar tiempo en las etapas de diseño de piezas o del sistema en general.

Este trabajo está centrado principalmente en el motor de este flujo que es la conexión entre herramientas de terceros para mantener actualizada en cada bloque la información correspondiente al modelo que se comparte entre ellos.

Se realizó la búsqueda de sistemas con características similares y entre los más destacados se encuentran los mostrados en la siguiente tabla:

Software	Características	Precio en el mercado
Modelcenter MBSE	Este sistema permite conectar modelos paramétricos diseñados en SysML [2] con herramientas de análisis y generación automática de diagramas. También permite hacer un análisis de requerimientos a partir de resultados obtenidos [3].	\$500 dólares, versión de estudiante por un año.
Cameo Systems Modeler	Proporciona diferentes herramientas para definir, rastrear y visualizar los aspectos de los sistemas en los modelos y diagramas SysML. Permite verificar continuamente la consistencia del modelo y administrar los modelos del sistema en repositorios remotos para luego almacenarse como archivos XMI o publicarse en documentos, imágenes y vistas web.[4]	\$5000 dólares licencia individual.
Magicdraw	Este sistema facilita el análisis y diseño de sistemas y bases de datos orientados a objetos (OO) además de tener soporte para varios lenguajes de programación (como C, C++ y Java), así como modelado de esquemas de bases de datos, generación de DDL e instalaciones de ingeniería inversa. Además, también permite trabajar en colaboración en el mismo modelo y extender las capacidades de UML más allá de UML 2. [5]	
Capella	Esta herramienta se centra en el diseño de arquitecturas de sistemas. Utiliza Arcadia, una metodología basada en modelos probados en campo que cubre cada fase de ingeniería, además puede adaptarse al enfoque de ingeniería e integrarse con las herramientas del usuario.[6]	Gratuito

Tabla 1. Resumen de productos similares.

2. Objetivo

Objetivo General

Desarrollar un sistema de interpretación e integración de un lenguaje gráfico de modelado de sistemas a un framework MBSE con el fin de mantener el flujo de trabajo actualizado en cada uno de los elementos que lo componen.

Objetivos específicos

- Realizar una investigación sobre la metodología Model Based System Engineering.
- Analizar e identificar la influencia de los lenguajes de modelado en cada etapa de la metodología MBSE.
- Integrar una herramienta de ingeniería asistida por computadora a una plataforma o framework para MBSE.
- Integrar una herramienta de diseño asistido por computadora a una plataforma o framework para MBSE.
- Integrar una herramienta de simulación a una plataforma o framework para MBSE.
- Desarrollar intérprete de lenguaje de modelado a una estructura legible por el framework.
- Integrar el intérprete de tal forma que las modificaciones realizadas en el lenguaje de modelado se vean reflejadas en la plataforma MBSE.
- Elaborar un caso de estudio para probar la funcionalidad de cada módulo, así como la del sistema completo.

3. Justificación

En la actualidad se han desarrollado varios métodos para realizar pruebas con diseños realizados en industrias como la automotriz, aeroespacial, militar y sistemas de control. Entre estos métodos de pruebas dos de los más relevantes son el conocido como software in the loop [7] en el cual se modelan entornos de prueba para probar sistemas o modelos mecatrónicos antes de su despliegue, y otro conocido como SLIM [8] (System Lifecycle Management, que utiliza la metodología MBSE) donde se conectan varias disciplinas con el fin de crear un flujo automático donde sea más sencilla la actualización de parámetros, diseño con herramientas de modelado de sistemas, diseño de modelos en 3D, simulación, optimización, costos, entre otros. El principal objetivo de ambos métodos es el de evitar la fabricación innecesaria de prototipos reales para tener una disminución en costos de producción.

Una de las principales características de los métodos previamente mencionados es que ambas requieren una integración de distintos softwares para la transmisión y actualización de información entre cada una de sus etapas, por ello se propone la creación de una herramienta cuyo objetivo sea facilitar la comunicación entre algunas de las etapas establecidas en la metodología MBSE que son: realización de un esquema gráfico con un lenguaje de modelado de sistemas, modelado en 3D y simulación.

En el estado del arte se puede observar que ya existen distintas herramientas que pueden realizar este tipo de conexión, pero uno de los problemas es su alto costo, por lo que esta propuesta funcionaria como una alternativa con un costo más moderado. Además, se propone la creación de una herramienta novedosa que pueda extraer y tener actualizados cada que se realice un cambio los datos del esquema gráfico generado por el lenguaje de modelado que sean importantes en el flujo propuesto.

Las herramientas propuestas para integrar el flujo de trabajo mencionado en este documento son:

- **Herramienta de diseño y modelado de sistemas.** Se buscará una herramienta que permita posterior a la definición del esquema gráfico del modelo extraer la información en alguna forma textual para realizar un postprocesamiento y extraer información que se considere útil para el flujo de trabajo. En

caso de no encontrar alguna herramienta que cumpla con esta condición se planteará realizar una propia que implemente algunas reglas del lenguaje de modelado seleccionado.

- **Matlab [9]**. Se utilizará este sistema de cómputo para las tareas principales del sistema que son: búsqueda, extracción y conversión a código de los parámetros del modelo que se encuentren ligados o relacionados con los diseños de las siguientes etapas.
- **COMSOL Multiphysics [10]**. Se utilizará esta herramienta de ingeniería asistida por computadora (CAE) para análisis de elementos finitos, gracias a su compatibilidad tanto con Matlab como SolidWorks, esto nos facilitará la transmisión de la información generada a partir de los modelos analizados.
- **SolidWorks (Herramienta CAD) [11]**. Este software de diseño asistido por computadora será utilizado para visualizar y modificar por medio de las herramientas anteriores, parámetros geométricos de los diseños 3D que estén ligados con el modelo principal.
- **Matlab/Simulink**. Este entorno tiene varias funcionalidades entre las que se encuentra la simulación de comportamiento de sistemas en entornos específicos. Igual que el software anterior, se utilizarán las herramientas de conexión para modificar parámetros que se encuentren involucrados con la parte correspondiente a la simulación.

Por último, para el desarrollo se emplearán conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería en sistemas computacionales en las áreas de: análisis de algoritmos, física, programación orientada a objetos, análisis y diseño orientado a objetos e ingeniería de software.

4. Productos o resultados esperados

1. Módulo encargado de interpretar parámetros importantes para el flujo de trabajo que se encuentren en archivos generados por una herramienta de modelado de sistemas. Esto ocurrirá cada que se realice un cambio en el modelo. Para la elaboración de este módulo se utilizará Matlab.
2. Módulo encargado de realizar la transmisión y/o actualización de parámetros de una pieza 3D cargada en el programa SolidWorks. Para ello se utilizará Matlab y el programa de conexión COMSOL.
3. Módulo encargado de realizar la transmisión y/o actualización de parámetros que sea necesario modificar en una simulación cargada en el entorno Simulink. Para realizar esta conexión se utilizará Matlab y el programa de conexión COMSOL si es necesario.
4. Sistema que integre los módulos anteriores para automatizar la transmisión de los parámetros del modelo en cada una de las etapas propuestas cada que se realice un cambio en el modelo.

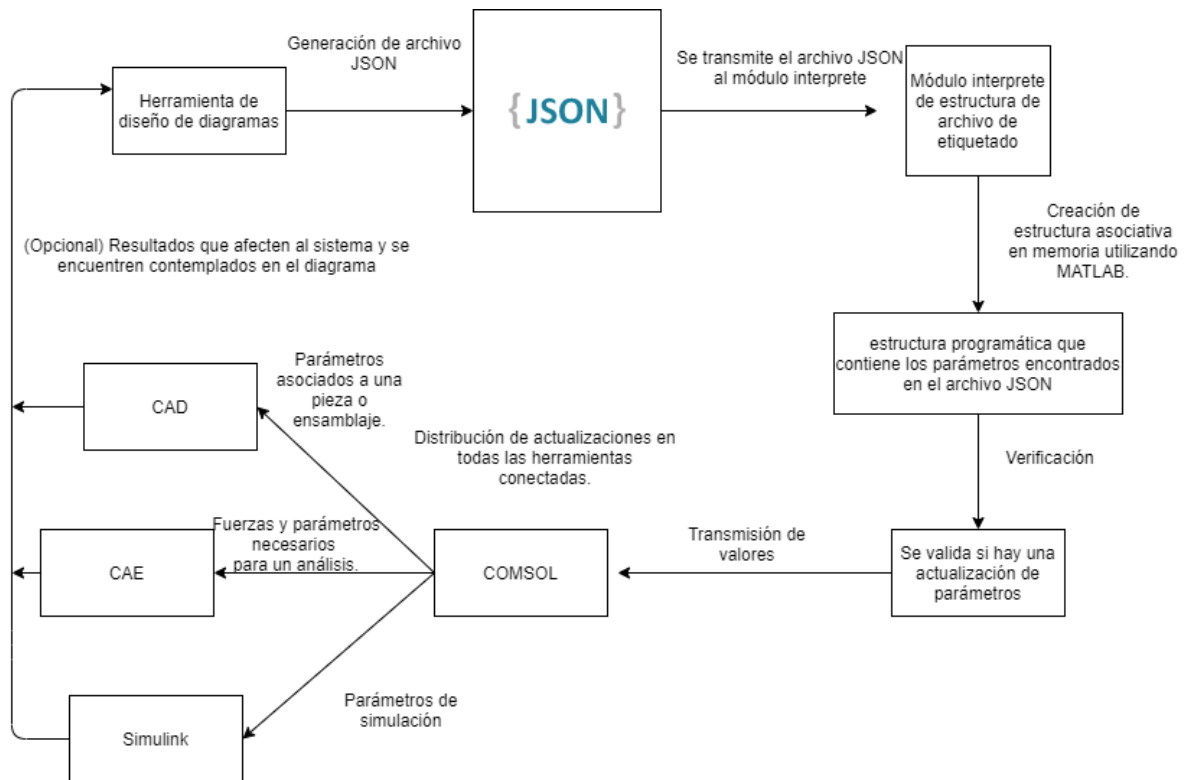


Figura 1 arquitectura del sistema.

Tras finalizar el proyecto se espera contar con los siguientes productos:

1. Código fuente del sistema.
2. Documentación técnica del sistema.
3. Manual de usuario.
4. Sistema funcional.

5. Metodología

Para la elaboración del sistema se ha decidido utilizar la metodología ágil Scrum [12]. Esto debido a que uno de sus principales elementos es la comunicación continua entre los involucrados en el proyecto, por lo que no habrá incertidumbre entre lo que se está haciendo o lo que hay que hacer en un futuro. También se ha elegido porque se pueden generar funcionalidades y características del producto de forma más rápida, lo que puede ser de utilidad para encontrar debilidades o hacer un análisis de riesgo desde fases tempranas.

Respecto a los artefactos y roles correspondientes a Scrum, serán utilizados de la siguiente manera:

- Uno de los directores del proyecto fungirá como Product owner y se encargará de listar las posibles nuevas características, funcionalidades o actualizaciones del sistema.
- Uno de los directores fungirá como Scrum Máster, es decir, este se encargará de verificar que se esté cumpliendo con la metodología, además de ayudar a gestionar las tareas generadas en el product backlog y sprint backlog.
- En la planeación del sprint serán discutidas las próximas tareas y objetivos que pueden ser establecidos para el siguiente incremento, así como su viabilidad para el tiempo estimado de cada iteración.
- En el sprint backlog se verán reflejadas las tareas que deben realizarse en el sprint actual. Para gestionar estas tareas y estar comunicado en todo momento con el equipo, se utilizará la aplicación Click Up [13]. Esta aplicación nos es muy útil ya que se pueden crear grupos de trabajo en los que se pueden

establecer tareas con fecha límite, interactuar en todo momento por medio de comentarios con etiquetas, así como subir archivos entregables.

- Para cada sprint se utilizará un periodo de tiempo de dos semanas.
- Finalmente, en la revisión y retrospectiva se proporcionarán entregables cuando sea necesario. También se discutirá sobre el progreso realizado durante el Sprint así como el establecimiento de nuevos objetivos e implementación de mejoras.

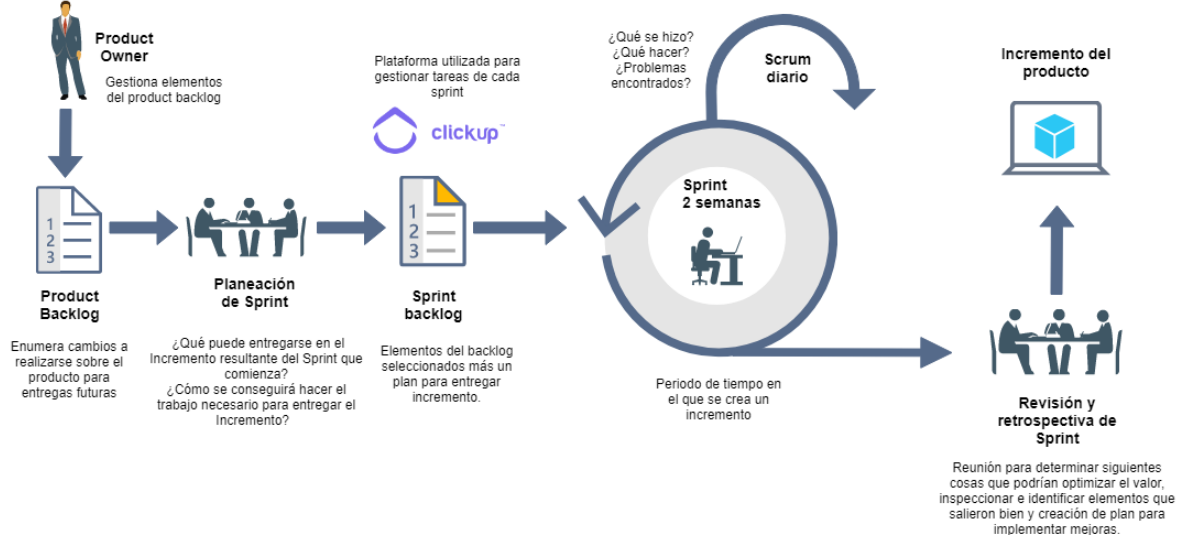


Figura 2. Diagrama de proceso Scrum

6. Cronograma

Ver anexo 1 y 2

7. Referencias

- [1] L. E. Hart, "Introduction To Model-Based System Engineering (MBSE) and SysML", *Inco.se.org*, 2015. [Online]. Disponible: <https://www.inco.se.org/docs/default-source/delaware-valley/mbse-overview-incose-30-july-2015.pdf>. [Consultado: 26- agosto- 2019].
- [2] "What is SysML? | OMG SysML", *Omgsysml.org*. [Online]. Disponible: <http://www.omg.sysml.org/what-is-sysml.htm>. [Consultado: 26- agosto- 2019].
- [3] "ModelCenter MBSE | Model Based Systems Engineering | Phoenix Integration", *Phoenix Integration*. [Online]. Disponible: <https://www.phoenix-int.com/product/mbse/>. [Consultado: 26- agosto- 2019].
- [4] "Cameo Systems Modeler features", *Nomagic.com*. [Online]. Disponible: <https://www.nomagic.com/products/cameo-systems-modeler#features>. [Consultado: 14- Sep- 2019].
- [5] "MagicDraw", No Magic Inc. [Online] Disponible: <https://www.nomagic.com/products/magicdraw> [Consultado: 14- Septiembre- 2019].
- [6] "Model Based Systems Engineering | Capella MBSE Tool" Polarsys.org. [Online] Disponible: <https://www.polarsys.org/capella/> [Consultado: 14- Septiembre- 2019].
- [7] "Software-in-the-Loop Modeling and Simulation", *Acm-sigsim-mskr.org*, 2019. [Online]. Disponible: <https://www.acm-sigsim-mskr.org/MSAreas/InTheLoop/softwareInTheLoop.htm>. [Consultado: 01- Septiembre- 2019].
- [8] M. Bajaj, "SLIM for Model-Based Systems Engineering", *Omgwiki.org*. [Online]. Disponible: https://www.omgwiki.org/MBSE/lib/exe/fetch.php?media=mbse:slim_-_bajaj_-_incose-iw_2013-01.pdf. [Consultado: 26- agosto- 2019].
- [9] *MATLAB*. The MathWorks, Inc., 2018.
- [10] *COMSOL Multiphysics*. COMSOL INC., 2018.
- [11] *SOLIDWORKS*. Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, 2018.
- [12] K. Schwaber and J. Sutherland, "The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game", *Scrumguides.org*, 2017. [Online]. Disponible: <https://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v2017/2017-Scrum-Guide-US.pdf>. [Consultado: 14- Septiembre- 2019].
- [13] *Click Up: Productivity Manager*. Mango Technologies Inc., 2017.

8. Alumnos y directores

Raymundo Rosales Reyes. - Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta: 2016630348, Tel. 5535101263, email: rosalesreyesraymundo@gmail.com

Firma: _____

Ángel Rodolfo Zúñiga Díaz. - Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta: 2016630532, Tel. 5541293205, email: angel5escom@gmail.com

Firma: _____

Carlos Alberto Duchanoy Martínez. - Recibió el grado de ingeniero en Mecatrónica por parte de la UPIITA del Instituto Politécnico Nacional, el grado de Maestro en Ciencias en Computación por parte del Centro de Investigación en Computación. Ha trabajado en la industria privada como director de investigación y desarrollo en la empresa GusChat enfocado en el desarrollo de tecnologías para la comprensión del lenguaje natural para su uso en bots conversacionales. Actualmente es catedrático CONACYT asignado como profesor visitante en el Centro de Investigación en Computación. Su área de experiencia incluye las disciplinas de inteligencia artificial, redes neuronales profundas, optimización y diseño mecatrónico. Tel. 5512566602, email: duchduchanoy@gmail.com.

Firma: _____

Miguel Santiago Suárez Castañón. - Dr. en ciencias de la computación en el Instituto Politécnico Nacional en 2005, M. en C. de la UNAM en 2001, Ing. en cibernética y ciencias de la computación en la universidad La Salle AC en 1991, profesor de ESCOM/IPN (Sección de posgrado e investigación) desde 2009, áreas de interés: Ingeniería de software. Ext. 52043, Email: sasuares@prodigy.net.mx

Firma: _____

CARÁCTER: Confidencial

FUNDAMENTO LEGAL: Artículo 11 Fracc. V y Artículos 108, 113 y 117 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

PARTES CONFIDENCIALES: Número de boleta y teléfono.

Anexo 1

Nombre del alumno: Rosales Reyes Raymundo

TT No.: 2019 – B029

Título del TT: Sistema de interpretación e integración para lenguaje gráfico de modelado de sistemas a un flujo de trabajo MBSE

Actividad	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Análisis de problema y determinación del lenguaje de modelado de sistemas que será de utilidad analizar para su adición al flujo de datos.											
Realizar integración de herramienta de diseño asistido por computadora a la plataforma MBSE. clave de módulo: M1											
Pruebas de Módulo M1											
Documentación de módulo M1											
Realizar integración de herramienta de simulación por computadora a la plataforma MBSE. clave del módulo: M2											
Pruebas de módulo M2											
Documentación de módulo M2											
Evaluación de TTI											
Diseño de módulo intérprete de modelos generados en un lenguaje de modelado de sistemas, clave del módulo: M3											
Pruebas de módulo M3											
Documentación de módulo M3											
Integración de módulos al sistema											
Desarrollo de caso de estudio para probar la integración en cada etapa											
Generación de manual de usuario											
Evaluación de TTII											

Anexo 2

Nombre del alumno: Zúñiga Díaz Ángel Rodolfo

TT No.: 2019 – B029

Título del TT: Sistema de interpretación e integración para lenguaje gráfico de modelado de sistemas a un flujo de trabajo MBSE

Actividad	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Análisis de la problemática y de los archivos obtenidos mediante algún software para modelado de sistemas por medio de un lenguaje gráfico.											
Diseño de la integración de herramienta de diseño asistido por computadora (Módulo 1)											
Elaboración de la documentación asociada del módulo 1											
Fase de pruebas y correcciones para el módulo 1											
Diseño de la integración de herramienta de simulación (Módulo 2)											
Evaluación de TTI											
Implementación, pruebas y correcciones del módulo 2											
Elaboración de la documentación asociada al módulo 2											
Diseño e implementación del intérprete de los archivos generados en un lenguaje de modelado de sistemas. (Módulo 3)											
Pruebas y correcciones para el módulo 3											
Elaboración de la documentación asociada para el módulo 3											
Integración de los módulos											
Elaboración de manual de usuario											
Evaluación de TTII											