

## Modelo de Simulación de Sistema de Comercio Electrónico para Evaluación de Desempeño

Juan Manuel Cámara<sup>1</sup>, Federico Baroni<sup>1</sup>, Ricardo Lerman<sup>1</sup>, Carlos María Chezzi y Ana Rosa Tymoschuk<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Sistemas de Información (CIDISI).  
Facultad Regional Santa Fe – Universidad Tecnológica Nacional.  
juanmcam@gmail.com, fbaroni@gmail.com, rlerman@frsf.utn.edu.ar,  
anrotym@santafe-conicet.gov.ar.

<sup>2</sup>Facultad Regional Concordia – Universidad Tecnológica Nacional.  
carlos\_chezzi@frcon.utn.edu.ar

**Resumen.** El diseño de sistemas informáticos para comercio electrónico implica desembolsos económicos. Por tanto es importante analizar la posibilidad de obtener beneficios antes de su implementación. Para esto es necesario evaluar el desempeño del sistema no sólo desde una perspectiva informática sino además desde la visión de negocios. La simulación es una herramienta que permite experimentar con configuraciones alternativas de negocio previo a la construcción del sistema. Por ello el objetivo del trabajo es presentar un modelo para simulación de procesos de comercio electrónico construido sobre la base de un método de diseño de sistemas de evento discreto y obtener métricas tecnológicas y de negocios. Discrete Event System Specification (DEVS) es un framework de modelado para simulación de evento discreto, basado en la teoría de sistemas, con recursos para modelar problemas complejos y con capacidades para construir modelos con comportamiento estocástico. Sobre la base de una metodología de diseño de procesos de comercio electrónico orientada a servicios se construye un modelo de simulación para transacciones de comercio electrónico. El modelo consta de un marco experimental, una capa transaccional que define las operaciones de negocios y otra tecnológica que configura la plataforma informática. Para la plataforma informática se propone un modelo en tres capas de servidores Web, de Aplicación y de Base de Datos. La implementación del modelo se realiza con la herramienta DEVJAVA. Es nuestro principal aporte la estrategia de construcción de modelos DEVS de comercio electrónico que parte de la estrategia de negocios y no sólo contempla los recursos informáticos. Se simula para una carga dada de clientes y se obtienen resultados sobre el tiempo de respuesta de las sesiones de clientes, así como un análisis de las posibilidades de retorno de la inversión. De este modo se pueden simular decisiones de negocio previo a su implementación, considerando el desempeño tecnológico y los resultados de negocios.

## 1 Introducción

La World Wide Web (WWW) impulsó la utilización de los sitios Web como un recurso de marketing y negocios que incrementa el alcance de clientes. La evolución de esta plataforma virtual permite operaciones de comercio electrónico con la posibilidad de realizar transacciones de compra y venta [6].

Para llevar adelante estrategias de negocios electrónicos se requiere de plataformas informáticas que implementen transacciones electrónicas, lo cual conlleva a importantes inversiones de capital.

La evaluación de sistemas informáticos para la gestión de negocios electrónicos, previo a la implementación, orienta las decisiones sobre las configuraciones adecuadas de recursos en relación con las transacciones de negocios y el retorno de la inversión. La simulación en el proceso de negocios constituye una estrategia utilizada para identificar oportunidades para el cambio y evaluar su impacto a través de indicadores de desempeño [1].

La construcción de modelos para simulación requiere de una arquitectura de diseño. Internet muestra capacidades de interoperabilidad entre sitios y cuenta con tecnologías abiertas. Esto posibilita que se integren las transacciones Web a los procesos de negocios y se establezcan redes de socios para la colaboración y gestión de servicios. Por ello los modelos actuales de negocios, replantean la arquitectura de sistemas de comercio electrónico desde una perspectiva orientada a servicios [7][9].

Una Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) posibilita la interacción entre socios con interfaces transparentes entre aplicaciones utilizando plataformas tecnológicas abiertas [8]. Por tanto, las empresas deben convertir sus procesos en servicios de bajo acoplamiento, de modo de organizar y utilizar capacidades distribuidas que pueden estar bajo el control de diferentes dominios propietarios.

En este contexto se requiere de modelos que representen por un lado las transacciones de negocios y por otro la tecnología que las implementa. Por tanto, se deben integrar unidades dispares de estudio, dadas por los requerimientos de negocios y las tecnologías informáticas.

Para esto se requieren técnicas de representación con capacidades de modelización de sistemas complejos. Un framework de formalización que permite interoperabilidad, reusabilidad y flexibilidad es DEVS (Discrete EVents System Specication), cuyo fundamento en la teoría de sistemas y su metodología centrada en el modelado jerárquico y modular permiten abordar complejidad a través de representación de componentes individuales del sistema y acoplamientos entre ellos [10].

Las transacciones electrónicas y los recursos computacionales individuales se corresponden a modelos atómicos, sus acoplamientos construyen redes de transacciones y plataformas de sistemas informáticos.

La formalización de cada componente atómico es a través de conjuntos de entrada, salida, estados, funciones de transición de estado y de manejo de avance del tiempo. La interacción de los componentes del modelo se realiza a través del intercambio de mensajes. Por lo cual podemos recibir más de un mensaje a la vez en un componente o enviar más de uno como salida. En este caso se considera una variante del formalismo llamada DEVS paralelo [11].

Además por las características del sistema a modelar se puede producir un comportamiento aleatorio, ya sea para los tiempos de servicio de los recursos como por las

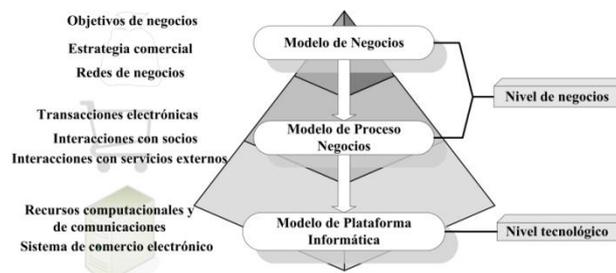
posibles interacciones entre transacciones de negocios. En este caso se profundiza la utilización del formalismo con su complemento de funciones estocásticas [2].

El objetivo del trabajo es mostrar un modelo de comercio electrónico construido a partir de una metodología de diseño orientada a servicios y simular su comportamiento para la obtención de métricas integradas de negocios y tecnología.

## 2 Descripción de la metodología DEVS de simulación de procesos de comercio electrónico.

### 2.1 Arquitectura de Referencia

Para comprender la construcción del modelo se muestra una arquitectura de referencia. La misma está compuesta por dos niveles, el de negocios y el de infraestructura tecnológica. En la **Figura 1** se presenta el framework de modelización para simulación de procesos de comercio electrónico.



**Fig. 1.** Framework de Comercio Electrónico

A nivel de negocios se requiere la definición del problema en estudio, el planteo de los objetivos y la estrategia comercial. Sobre esta base se elabora el modelo de negocios, que consiste en el planteo de la estructura organizacional, caracterización del producto o servicio, identificación de los actores de negocios y sus roles, configuración de redes de negocios.

Para implementar el modelo de negocios se requiere un proceso afín, que identifique las transacciones que implementan las operaciones comerciales, describa la vista global de operaciones entre actores intervinientes y establezca la lógica interna de interacciones. Por tanto, se plantea una coreografía que describe una vista global de interacciones con socios o servicios de terceros, así como una orquestación que conduzca las transacciones internas.

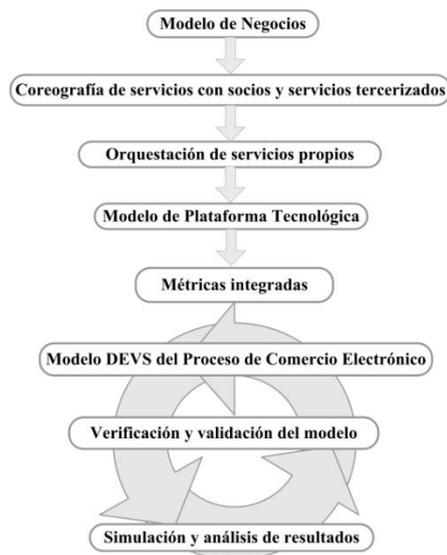
En el nivel tecnológico se configura la plataforma informática y de comunicaciones, que es el soporte del proceso de comercio electrónico. Es así que se definen cada uno de los recursos computacionales y de los sistemas informáticos.

En el framework se destaca la construcción de un modelo de negocios a partir de una estrategia. Con este modelo de negocios se construye un proceso de comercio electrónico identificando sus transacciones e interacciones y por último se configura la tecnología que las implementa.

## 2.2 Etapas de la metodología de modelización para simulación de comercio electrónico

Sobre la base del framework de la **Figura 1** se puntualizan las etapas de la metodología de modelización y simulación orientada a servicios de procesos de comercio electrónico [3] (**Figura 2**).

A nivel de negocios se formula su estrategia y se plantea el modelo a realizarse con los recursos tecnológicos, tales como cartelera publicitaria, catálogo, venta en línea con cobro telefónico, venta en línea con cobro totalmente virtual y servicios al cliente entre otras.



**Fig. 2.** Etapas de la metodología de modelización para simulación

Definidos el modelo y la estrategia de negocios se plantea el proceso de negocios. Para ello se proponen las transacciones que implementan la estrategia comercial, se elabora la coreografía de interacciones con socios y la orquestación de transacciones internas. Para la modelación de la coreografía se utiliza el diagrama de secuencia UML y para la orquestación se elabora un gráfico CBMG (Customer Behavior Model Graph).

Un modelo CBMG representa las sesiones para un tipo de clientes navegando en el sitio. Este gráfico indica los estados (transacciones del sitio Web) y las transiciones entre estados de acuerdo a una probabilidad (posibles caminos seguidos por el cliente).

Una vez diseñado el proceso de comercio electrónico se propone la plataforma tecnológica informática con la identificación de los recursos computacionales. Por último se plantean las métricas de desempeño del modelo a nivel de tecnología y negocios.

En función de lo hasta aquí expuesto se elabora el modelo DEVS. Se obtienen los parámetros de las variables de entrada y de los recursos tecnológicos. Para las cargas de trabajos se aproximan distribuciones de probabilidad del comportamiento de arribos de clientes y para los recursos se estima el tiempo medio de servicio de cada transacción procesada en el mismo. Esta información se obtiene a través de monitorizaciones y tratamiento de los datos recolectados de sitios reales o emulados. Se implementa el modelo en una herramienta de simulación DEVS (en este caso se trabaja con DEVSSJAVA), se verifica su lógica y se lo valida con datos reales.

Con el modelo validado se proponen los diferentes escenarios de experimentación para ejecutar la simulación. En las últimas tres etapas se pueden producir ciclos retornando a las anteriores.

### 2.3 Formalismo DEVS paralelo y estocástico

Los modelos pueden presentar eventos concurrentes, es decir varias componentes pueden activarse a la vez y enviar las salidas producidas a otras componentes. De este modo el receptor se enfrenta a más de una entrada y por tanto debe estar preparado para interpretarlas. En este caso se incorpora el concepto de DEVS Paralelo.

Si alguna de las funciones que definen el formalismo es no determinística, el modelo DEVS es no determinístico.

Por ello para la construcción de las componentes atómicas se considera la estructura del modelo atómico DEVS estocástico y paralelo como:

$$SPTM = \langle X_{in}^b, Y_{out}^b, S, \delta_{int}, \delta_{ext}, \delta_{conf}, P_{\lambda, out}, \lambda_{p, out}, ta \rangle$$

donde:

*InputPorts* es el conjunto de puertos de entrada,

*OutputPorts* es el conjunto de puertos de salida,

$X_{in}^b$  es un conjunto de requerimientos que pueden arribar al puerto de entrada.

$Y_{out}^b$  es un conjunto de requerimientos que pueden partir por el puerto de salida.

$S$  es el conjunto de estados.

$\delta_{int}(s, r): S \rightarrow S$  es la función de transición interna.

$\delta_{ext}(s, e, x): Q \times X \rightarrow S$  es la función de transición externa.

$\delta_{conf}: Q \times X_p^b \rightarrow S$  es la función de transición de confluencia.

$\lambda_{p, out}$  es la función de salida.

$T$  es el conjunto de transacciones (buscar, navegar, pagar, etc.)

$P_{\lambda, out}(t, p, t'): TxP \rightarrow T$  es la función de probabilidad que asigna la probabilidad  $p$

de que un requerimiento pase de una *transacción* a la próxima *transacción*.

$ta(s): S \rightarrow R_{0, \infty}^+$  es la función de avance de tiempo.

La semántica del formalismo consiste en procesar el conjunto de eventos de entrada a través de una función de transición interna (finaliza el tiempo asignado a un estado) y externa (se produce un arribo de un evento). Como se pueden producir eventos concurrentes de entrada o salida, los conjuntos de entrada y salida se procesan como bags y las funciones deben tener la capacidad de interpretarlos.

Un caso especial es el arribo de un evento al mismo tiempo en que ocurre una transición interna. Es aquí cuando la función de confluencia define la secuencia de procesamiento.

En nuestra propuesta se implementa el comportamiento estocástico a través de la función de salida estocástica. En primer lugar se cuenta con una función de probabilidad  $P_{\lambda, out}$  que contiene triplos formados por la transacción actual, una probabilidad de transición y la transacción siguiente de acuerdo a dicha probabilidad. En la función de salida estocástica la selección del puerto es aleatoria, de modo que se genera un número aleatorio  $r$  y se selecciona la próxima transacción de acuerdo a  $r$  y la función de probabilidad.

Por último la función de avance del tiempo es la encargada de calcular el tiempo de permanencia en un estado. La cual puede ser determinística si el tiempo es constante o estocástica si el mismo obedece a una distribución de probabilidad.

### 3 Modelo DEVS de Comercio Electrónico

En el trabajo [3] se aplicó la metodología DEVS de modelización para simulación de transacciones de comercio electrónico en un caso de estudio de una empresa de venta minorista de electrodomésticos, electrónica, computación, artículos para el hogar, accesorios, música y películas. La empresa tiene sucursales distribuidas en diferentes ciudades de todas las provincias, las cuales comercian del modo tradicional y cuenta con un sitio de comercio electrónico que tiene como principal fin el marketing, para lo cual realiza la difusión de sus productos, propone información de los mismos y provee a los clientes de servicios posteriores a la compra. La modalidad de compra no es en línea. La empresa no posee socios de negocios que estén involucrados en las operaciones del sitio.

Para este caso de estudio se construyó un modelo DEVS y se lo validó, contrastando los datos reales con los simulados. La plataforma tecnológica consistía en un cluster de servidores en paralelo que en forma secuencial recibían los requerimientos de clientes. Partiendo de uno, se incorporaban nuevos servidores para analizar las mejoras.

Como resultado de la simulación se concluyó que desde la perspectiva de negocios se requería un replanteo de la estrategia comercial con la incorporación de un servicio de cobro electrónico para ventas en línea. Con esta decisión se buscaba el incremento de las ventas.

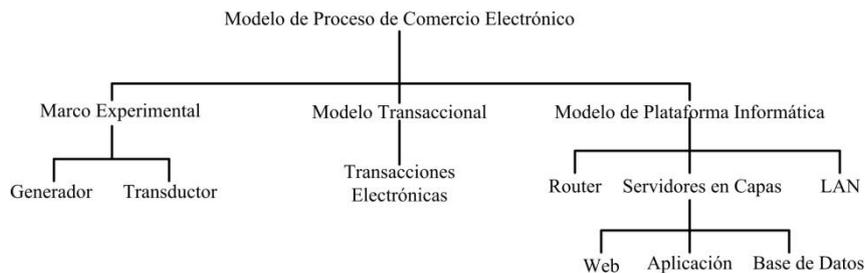
Respecto a la tecnología se observó la necesidad de evaluar nuevas plataformas trabajando con servidores en capas y con una mayor especificación de los recursos informáticos. Además, el nuevo sistema requiere de una capacidad de interacción entre aplicaciones autónomas para la implementación de las operaciones de comercio electrónico debido a las asociaciones y tercerización de servicios. Por ello la arquitectura del mismo es orientada a servicios.

Por los motivos anteriores se construye un modelo DEVS orientado a servicios sobre una plataforma informática consistente en tres capas de servidores para simular

un proceso de comercio electrónico y evaluar el desempeño tecnológico en relación con los beneficios y el retorno de la inversión.

### 3.1 Entidades de modelo DEVS

Para la construcción del modelo se especifica su estructura. En la **Figura 3** se presenta un diagrama que muestra las principales entidades del modelo DEVS. El modelo de simulación está compuesto por el marco experimental, el modelo transaccional y el modelo de plataforma tecnológica.



**Fig. 3.** Entidades del modelo de comercio electrónico

El marco experimental se forma por el generador de arribos a la simulación y el transductor que calcula las medidas globales del sistema, tales como tiempo de respuesta y velocidad de procesamiento. Además es el transductor quien marca el fin de la simulación.

La implementación del modelo de transacciones de negocios se lleva a cabo en el modelo transaccional, el cual implementa un CBMG de las operaciones electrónicas del sitio Web. El modelo de plataforma tecnológica consta de un router y de un grupo de servidores en capas interconectados por una red local.

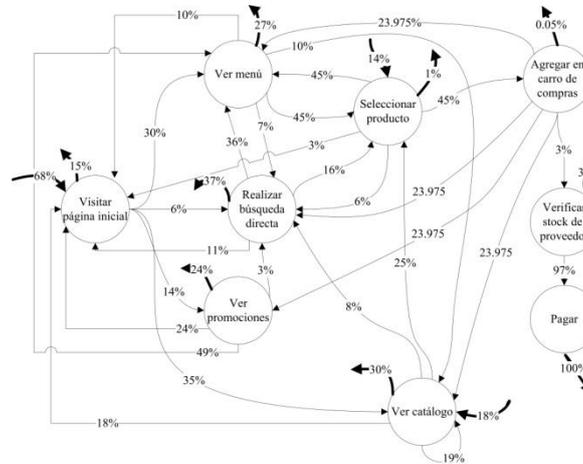
En resumen la construcción del modelo consiste en proponer las transacciones del sitio, establecer las probabilidades de interacción y determinar las posibles sesiones; describir la tecnología que ejecuta las transacciones y elaborar métricas de negocios en relación al comportamiento tecnológico para obtener una evaluación de desempeño integrada.

### 3.2 Modelo Transaccional.

Para construir el modelo transaccional se considera primero un análisis desde la visión global del negocio y otra desde una visión interna.

La empresa decide una coreografía de servicios para verificar el stock de productos en el inventario del proveedor y contratar un servicio de pago electrónico. Para ello se proponen las transacciones verificar existencia de stock y efectuar el pago electrónico. Respecto de las operaciones del sitio se orquestan las siguientes : ingresar a la página principal, seleccionar opciones del menú, realizar búsquedas directas, visitar el catálogo, ver promociones, seleccionar un producto y enviar un requerimiento de

compra. Las transiciones entre transacciones y sus probabilidades se obtienen del sistema de monitorización en línea Google Analytics del sitio real de comercio electrónico [3] y se muestran en el diagrama CBMG de la **Figura 4**.



**Fig. 4.** CBMG de transacciones de clientes en el sitio de comercio electrónico

En el CBMG se observa que un nodo representa una transacción y una flecha la transición. Cada transición tiene asociada la probabilidad de ocurrencia. Las transacciones por las cuales puede ingresar un cliente son visitar página inicial, ver catálogo y seleccionar producto; siendo posible abandonar el sitio en cualquier transacción.

### 3.3 Modelo de Plataforma Informática

Las transacciones definidas en el modelo CBMG pueden ser clasificadas en función de su demanda de recursos. La arquitectura de servidores en tres capas consta de un clúster con cuatro servidores Web, tres servidores de aplicación y dos de base de datos. Se clasifican las transacciones de acuerdo a la cantidad de accesos que requieren a los recursos de las diferentes capas. Como resultado de este procedimiento se definen los siguientes patrones de acceso a los recursos:

**Visitar página inicial:** un acceso a capa de presentación.

**Agregar en Carro de Compras:** dos accesos a capa de presentación y un acceso a capa de aplicación.

**Ver Catálogo:** dos accesos a capa de presentación, dos accesos a capa de aplicación y un acceso a capa de base de datos.

**Seleccionar Producto:** dos accesos a capa de presentación, dos accesos a capa de aplicación y un acceso a capa de base de datos.

**Realizar Búsqueda:** dos accesos a capa de presentación, dos accesos a capa de aplicación y un acceso a capa de base de datos.

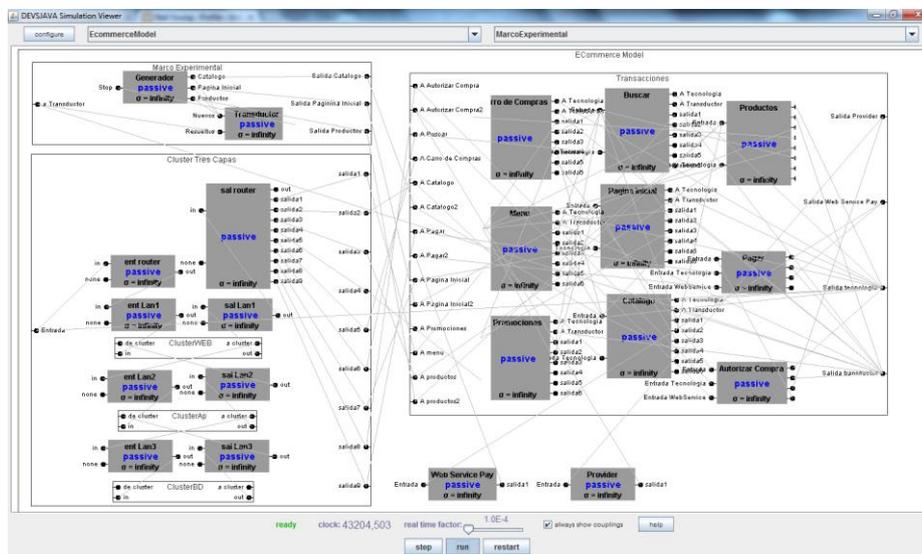
**Ver Menú:** dos accesos a capa de presentación y un acceso a capa de aplicación.

**Ver Promociones:** dos accesos a capa de presentación y un acceso a capa de aplicación.

Por otra parte se consideran las transacciones **Verificar stock del proveedor** y **Pagar**, que son implementadas por los socios de negocios Proveedor y Servicio de Pagos. El acceso a éstas se realiza a través de interacciones entre los recursos informáticos de cada dominio de negocios, que se hallan integrados en una arquitectura orientada a servicios.

### 3.4 Modelo DEVSJAVA

La librería DEVSJAVA es una implementación del formalismo DEVS en el lenguaje de programación Java, desarrollado por el Arizona Center for Integrative Modeling and Simulation [11]. Se utilizó esta librería para construir el modelo de simulación DEVS que se muestra en la **Figura 5**. El mismo está compuesto por tres modelos DEVS acoplados.



**Fig. 5.** Vista del simulador DEVSJAVA del modelo de comercio electrónico

El modelo acoplado Marco Experimental está constituido por dos modelos atómicos, denominados Generador y Transductor. El modelo atómico Generador, tiene la función de producir mensajes que simulan el arribo de nuevas sesiones de clientes al sitio de comercio electrónico. Estos mensajes son generados con un tiempo entre arribos que sigue una distribución de probabilidad exponencial. La media de dicha distribución es provista al Generador como parámetro. Los mensajes del Generador, llamados trabajos, son enviados al modelo acoplado Transacciones, así como al modelo atómico Transductor.

El Transductor recibe los trabajos provenientes de la salida del Generador y los que provienen de la salida del modelo Transacciones y registra para ambos tipos de mensajes, los tiempos en que arriban. En base a los tiempos registrados, computa medidas de interés, como por ejemplo, la cantidad de trabajos arribados y completados, la velocidad de procesamiento promedio (medida en trabajos/segundo), y el tiempo de respuesta promedio de una sesión.

Además el Transductor es el responsable de enviar al generador un mensaje de fin de simulación, para que éste detenga la generación de trabajos.

El modelo acoplado Transacciones contiene un modelo atómico por cada transacción definida en el gráfico CBMG. A una transacción pueden arribar trabajos provenientes del generador y de otras transacciones. Los trabajos recibidos son enviados al modelo acoplado Clúster Tres Capas, que implementa la Plataforma Informática. Los trabajos enviados al modelo Cluster Tres Capas, son procesados de acuerdo a un tiempo de servicio y devueltos a la transacción de la cual habían salido.

Además, a una transacción pueden arribar trabajos provenientes del Cluster Tres Capas, lo cual se considera como transacción atendida por la tecnología. Frente a este arribo se genera una transición en forma aleatoria, siguiendo las probabilidades expuestas en el modelo CBMG, las cuales pueden ser transiciones a otras transacciones (dentro del modelo acoplado Transacciones) o de abandono del sitio. Para el caso de abandono del sitio, el trabajo es enviado al Transductor, para el cálculo de sus métricas.

El modelo acoplado Cluster Tres Capas representa los recursos tecnológicos de la Plataforma Informática y consiste en una arquitectura de clústers de servidores en capas. En la primera capa, el cluster es de cuatro servidores Web, en la segunda tres servidores de aplicación y en la tercera dos servidores de bases de datos.

En cada cluster los trabajos son distribuidos secuencialmente entre los servidores desocupados. El modelo Cluster Tres Capas, contiene un modelo atómico por cada uno de los clústeres, así como modelos que representan la infraestructura de red que interconecta a todos los recursos informáticos.

Los arribos al modelo de recursos tecnológicos llegan al clúster de servidores Web. Si existen servidores libres, el trabajo es procesado inmediatamente, de lo contrario es puesto en una cola hasta que un servidor se desocupe. Como parámetro de la simulación de cada servidor, se considera el tiempo de servicio.

Los trabajos que arriban al Cluster Tres Capas, contienen información sobre el tipo de transacción que los envía. En base a esta información y siguiendo los patrones de utilización de recursos definidos en la sección 3.3, los trabajos procesados en el clúster de servidores Web pueden ser enviados a la capa de servidores de aplicación o regresar al modelo Transacciones. De manera análoga, los trabajos que arriban al clúster de servidores de aplicación, luego de su procesamiento, pueden ser enviados a la capa de servidores de bases de datos o al modelo Transacciones. Los trabajos procesados por los servidores de la capa de bases de datos, son enviados al modelo Transacciones.

Para finalizar la descripción del modelo es fundamental destacar los modelos atómicos Proveedor y Web Service Pay. El primero se corresponde con el acceso al servicio del proveedor para consultar el stock de un producto y el segundo con el

servicio de cobro electrónico. Respecto al cobro electrónico se considera la tercerización del mismo quien autoriza y ejecuta el cobro en línea a través de una tarjeta de crédito. Para los dos tipos de servicios se consideran tecnologías de servicios Web.

### 3.5 Parámetros del modelo

El modelo consta de los siguientes parámetros:

1. Tiempos de servicio para un requerimiento promedio, en cada servidor WEB, de aplicaciones y de base de datos.
2. Probabilidades de transición del modelo CBMG.
3. Clasificación de la demanda de servicio de cada transacción.
4. Tiempo medio entre arribos, de nuevas sesiones de clientes.
5. Tiempo medio de servicio en servicios web del proveedor y de pago electrónico.

Los parámetros de tiempos de servicio de los requerimientos en cada una de las capas fueron obtenidos de mediciones efectuadas en sistemas existentes. Se realizaron series de mediciones en bases de datos y servidores de aplicaciones Web y se determinaron los tiempos de servicio promedio que se presentan en la **Tabla 1**.

**Tabla 1. Tiempos de servicio por servidor**

Tipo de Servidor	Tiempo de servicio promedio (seg.)
Servidor de Bases de Datos	0.03
Servidor de Aplicaciones	0.75
Servidor WEB	0.75

Los parámetros de probabilidad de transición entre las diferentes transacciones, fueron obtenidos utilizando la aplicación de monitoreo Google Analytics en el sitio de ventas.

Las transacciones del modelo de Transacciones son caracterizadas por los patrones de acceso a los recursos obtenidos en la sección 3.3.

Para obtener los parámetros de los servicios web se utilizó la herramienta SoapUI, de modo que para el caso del proveedor se midió el tiempo demandado en enviar un mensaje soap, hacer una consulta a una base de datos y recibir la respuesta. Respecto al servicio Web de pago electrónico se tomó el tiempo de enviar un mensaje soap con los datos del cliente, autentificarlos, hacer el pago directo y recibir la confirmación de la operación. Se obtuvieron tiempos promedios de 1.06 seg.

Con los parámetros anteriores, se realizaron simulaciones, con un tiempo de simulación de 24 hs, considerando los siguientes tiempos medios entre arribos: 4.38 seg., 5.47 seg. , 7.3 seg. , 10.95 seg. y 21.89 seg.

## 4 Resultados de Simulación

### 4.1 Métricas Tecnológicas

Se definen como medidas de desempeño de interés para el presente estudio, la velocidad de procesamiento (throughput); el tiempo medio de respuesta por sesión (totalizando los tiempos de respuesta de las transacciones de una sesión) y la utilización de cada servidor. Los resultados se muestran en la **Tabla 2**.

**Tabla 2.** Resultados de simulación

	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4	Experimento 5
Tasa de arribo de sesiones (sesiones/seg.)	21,89	10,95	7,3	5,47	4,38
Throughput (sesiones/seg.)	0,04718	0,091032	0,13464	0,1851	0,2287
Tiempo Respuesta (seg.)	4,9817	5,1473	4,9664	4,9455	4,944

Se observa que a medida que se aumenta la tasa de arribos de nuevas sesiones (menor tiempo medio entre arribos), aumenta en forma análoga la velocidad de procesamiento, mientras que los tiempos medios de respuesta (totalizados por sesión de usuario), se mantienen en un valor aproximadamente constante, cercano a los 4.9 segundos. Estos hechos sugieren que la capacidad del sistema es superior a la demanda planteada.

De la tabla 3, se observa que la utilización de los diferentes servidores aumenta en forma análoga a la tasa de arribos y en todos los casos es inferior al 16%, lo cual refuerza la conclusión de que el sistema posee una capacidad superior a la necesaria. Se destaca que los servidores pertenecientes a la misma capa fueron utilizados en forma equitativa.

**Tabla 3.** Porcentaje de utilización por recurso

Tiempo entre arribos (seg.)	21,89	10,95	7,3	5,47	4,38
Serv. Web 1	3,296	6,5714	9,3702	12,837	15,846
Serv. Web 2	3,296	6,5714	9,3702	12,837	15,846
Serv. Web 3	3,296	6,5713	9,3702	12,837	15,846
Serv. Web 4	3,296	6,5705	9,3702	12,836	15,846
Serv. de Aplicación 1	3,041	6,0524	8,6414	11,835	14,596
Serv. de Aplicación 2	3,041	6,0523	8,6405	11,835	14,595
Serv. de Aplicación 3	3,041	6,0515	8,6413	11,834	14,595
Serv. Base Datos 1	0,138	0,2719	0,3908	0,5359	0,6605
Serv. Base Datos 2	0,138	0,2719	0,3908	0,5359	0,6605

## 4.2 Métricas de Negocios

La métrica de negocios consiste en obtener un punto de equilibrio entre el costo de la inversión y los beneficios netos.

En la **Tabla 4** se muestra un costo total de inversión de u\$d 127,790, calculado como la suma de los costos de la plataforma informática y del desarrollo del sistema de comercio electrónico.

**Tabla 4:** Costos de Inversión

Costo de plataforma informática	u\$d 14,290
Costos del desarrollo del sitio de negocios electrónicos	u\$d 112,500
Costo de Inversión	u\$d 126,790

Se necesita saber cuál es el beneficio neto obtenido y en comparación con el costo total de inversión, en cuánto tiempo se podrá recuperar el mismo. Para ello se trabaja sobre los beneficios obtenidos para diferentes cantidades de clientes que arriban al sistema. En la **Tabla 5** se detallan los datos sobre tiempos entre arribos de clientes, cantidad de clientes, productos vendidos, beneficios netos por mes. Para dichos datos se muestran los meses necesarios para cubrir los costos de inversión. Para disminuir el número de meses se requiere mayor número de clientes. De acuerdo al arribo de clientes actuales en el sitio se requieren dos años para cubrir la inversión. A medida que se incrementa este número se disminuyen los meses necesarios.

Por tanto se puede concluir que es tarea de marketing de la empresa la búsqueda de un incremento en el número de clientes o disminuir la cantidad de recursos informáticos en la plataforma tecnológica de modo de bajar costos.

**Tabla 5. Resultados de negocios**

Tiempo entre arribos (seg.)	Cantidad de clientes	Productos vendidos	Beneficios Netos (u\$d)	Meses para retorno
4,38	17806	29	29,906.25	4
5,47	15368	21	21,656.25	6
7,30	11036	17	17,531.25	8
10,95	7344	8	8,250.05	15
21,89	3849	5	5,156.25	24

## 5 Principales contribuciones al tema de investigación

Del proceso de investigación llevado adelante se ha desarrollado una metodología de modelado y simulación de procesos de comercio electrónico sobre la base del Formalismo DEVS, con aplicaciones específicas en casos estocásticos y con paralelismo, la cual se describe en el trabajo [3]. A partir de dicha metodología se construyen modelos de proceso de comercio electrónico para su simulación. La característica fundamental es la evaluación integrada de métricas, de modo que con

base en una plataforma informática se mide su desempeño, se calculan los costos de inversión y se los compara con los beneficios económicos a obtener. La metodología se prueba en un caso de estudio real para un empresa minorista de electrodomésticos y artículos del hogar de alcance nacional. Para el caso de estudio se diseña un modelo de comportamiento de clientes (CBMG) que actualiza los existentes en la bibliografía.

En la construcción de la metodología se detectó la necesidad de determinar métricas de evaluación de desempeño a nivel de negocios y tecnológicas con el fin de realizar un análisis integrado que responda a: “¿qué recursos informáticos se necesitan para llevar adelante el proceso de comercio electrónico?”, “¿cuál es su tiempo de respuesta y disponibilidad?” y “¿en cuánto tiempo voy a obtener un retorno de la inversión?”. Por ello en el trabajo [4] se propone un framework de métricas que integra los requerimientos de negocios y tecnológicos.

Para encontrar las respuestas a las preguntas formuladas con anterioridad se propone un algoritmo de búsqueda de configuraciones de sistemas eficientes de comercio electrónico. De este modo, para una configuración de negocios y de arquitectura informática se obtiene una solución adecuada medida por el punto de equilibrio entre los beneficios y los costos de inversión en una plataforma informática que alcanza tiempos de respuesta óptimos.

De la exploración de trabajos científicos se observa que son las arquitecturas orientadas a servicios las utilizadas para el diseño de procesos de comercio electrónico en la actualidad y con una tendencia creciente. Por ello en la metodología propuesta se incorpora la capacidad de modelar este tipo de arquitecturas.

Como técnica de análisis de salidas se trabaja con el diseño experimental estadístico, para obtener no sólo salidas sino además identificar el efecto de los factores de entrada en las mismas. Para ello se implementa un caso en el trabajo [5] en el cual se muestra el uso de un diseño factorial completo para la evaluación de salidas de simulación.

La herramienta de simulación de modelos DEVS que se utiliza es DEVSJAVA. El criterio tenido en cuenta para su selección fue la posibilidad de contar con una vista de simulación que presenta los componentes del modelo (atómicos y acoplados) y su interacción a través del paso de mensajes. Esta vista tiene la posibilidad de simular por pasos de tiempo y para ellos observar su comportamiento con el intercambio de mensajes. De este modo se cuenta con una facilidad para el aprendizaje del formalismo DEVS, control de diseño y verificación del modelo.

Si bien la complejidad de programación en DEVS puede ser mayor que en un programa específico de simulación, la decisión de su uso se fundamenta en la factibilidad de construir modelos sin estar sujetos a las funcionalidades ofrecidas por dicho programa.

## 6 Conclusiones

En este trabajo se presenta un modelo de simulación de procesos de comercio electrónico sobre la base de una metodología de modelado y simulación DEVS con la

posibilidad de representar arquitecturas orientadas a servicios. Para el modelo transaccional se diseña un gráfico CBMG que representa los posibles comportamientos de clientes en el sitio Web. Como modelo de tecnología informática se propone una plataforma basada en capas que atiende las demandas de las diferentes transacciones. Los resultados de simulación muestran la capacidad de analizar escenarios procurando una mejora desde una perspectiva integrada de métricas tecnológicas y beneficios económicas. Es importante destacar que en base a la metodología se construyen modelos partiendo de la estrategia de negocios, las transacciones que la llevan adelante y la plataforma informática que implementa el proceso.

## Referencias

1. Bosilj-Vuksic, V., Stemberger, M. I. Jaklic, J. Kovacic, A.: Assessment of E-Business Transformation Using Simulation Modeling. *Simulation*, vol. 83, n° 1, pp 851--861 (2007).
2. Castro, R. Kofman, E. Wainer, G.: A Formal Framework for Stochastic Discrete Event System Specification Modeling and Simulation. *Simulation*, vol. 86, n° 10, pp 587--611 (2010).
3. Chezzi, C.M., Tymoschuk, A.R., Lerman, R.: A Method for DEVS Simulation of E-Commerce Processes for Integrated Business and Technology Evaluation. En Proc. 2013 Spring Simulation Multi-Conference. Symposium on Theory of Modeling and Simulation - DEVS Integrative M&S Symposium (TMS/DEVS), pp. 404-409. San Diego, California, EEUU (2013).
4. Chezzi, C.M., Tymoschuk, A.R., Villamonte, A.: Herramienta para Análisis de Configuraciones de Sistemas Eficientes de e-Business. En Proc. XXXIV Conferencia Latinoamericana de Informática (CLEI). Santa Fe, Argentina (2008).
5. Chezzi, C.M., Tymoschuk, A.R., Villamonte, A.: Modelo de Simulación de Transacciones Electrónicas Comerciales. In: I Encuentro Regional Argentino Brasileño de I.O. XXI ENDIO Encuentro Nacional de Docentes en I.O. XIX EPIO Escuela de Perfeccionamiento en I.O (2008).
6. Chu, S.-C. Leung C. Hui, L. Cheung, Y. V.: Evolution of e-commerce Web sites: A conceptual framework and a longitudinal study. *Information Management*, vol. 44, n° 2, pp. 154--164 (2007).
7. Demirkan, H. Kauffman, R. Vayghan, J. Jamshid, A. Dimitris, H.-G. Karagiannis, F. Maglio, P.: Service-oriented technology and management: Perspectives on research. *Electronic Commerce Research and Applications*, vol. 7, pp 356--376 (2008).
8. Josuttis, N.: SOA in practice. O'Reilly Media (2007)
9. Oliver, T. Leyking, K. Dreifus, F.: Using Process Models for the Design of Service-Oriented Architectures: Methodology and E-Commerce Case Study. In Proc. 41 Hawaii International Conference on System Sciences, IEEE (2008).
10. Zeigler, B. P. Sarjoughian, H. S.: DEVS Component-Based M&S Framework: An Introduction". In Proc. of Simulation and Planning in High Autonomy System, Lisboa (2002).
11. Zeigler, B. P. Sarjoughian, H. S.: Introduction to DEVS Modeling & Simulation with JAVA: Developing Component-Based Simulation Models. Arizona (2003).