

# Modelo para estimar el esfuerzo que demanda la automatización de procesos de negocio

## *(Model to estimate the effort required by automation of business processes)*

Yaimara Granados Hondares,<sup>1</sup> Gheisa Lucía Ferreira Lorenzo<sup>1,2</sup>

### Resumen

El desarrollo de productos de *software* ha impactado de forma significativa al mundo empresarial, que ha dejado atrás su enfoque funcional y ha empeñado recursos en la modelación con calidad de sus procesos de negocio. Numerosos estudios dedicados a medir indicadores como calidad, complejidad y facilidad de modificación, atendiendo a los constantes cambios organizacionales, han dado como resultado la definición de diferentes métricas, que en su mayoría se han seleccionado haciendo analogías con métricas de *software*. En este trabajo se define un modelo estadístico que permite la predicción del esfuerzo requerido en la automatización de procesos de negocio, tomando como punto de partida su representación gráfica. Se proponen métricas relativas a los modelos de procesos de negocio con el fin de estudiar su comportamiento e influencia en la estimación del esfuerzo. Se construyó una base de casos de modelos de procesos de negocio con sus respectivos valores del esfuerzo, realizándose el procesamiento a partir técnicas estadísticas y obteniéndose un modelo de predicción que es capaz de explicar el 99.5 % de los casos representados. Se desarrolló una aplicación informática para la interpretación de diferentes formatos de salida de herramientas que permiten modelar procesos de negocio y la implementación del modelo predictivo obtenido.

### Palabras clave

Métricas de *software*; procesos de negocio; modelos de procesos de negocio; notación BPMN.

### Abstract

*The development of software products has significantly impacted the business world, which has left behind its functional approach and has pledged resources into the quality modeling of its business processes. Numerous studies dedicated to measure indicators, such as quality, complexity and ease of modification, taking into account the constant organizational changes, have resulted in the definition of different metrics, which have mostly been selected, by analogy, with software metrics. In this work, a statistical model that allows the prediction of the effort required in the automation of business processes is defined, taking as a starting point its graphic representation. Metrics related to business process models are proposed in order to study their behavior and influence on the estimation of effort. A base of cases of business process models with their respective effort values was built. The processing of data was carried out from statistical techniques, obtaining a prediction model that is able to explain 99.5 % of the represented cases. A computer application was developed for the interpretation of the different output formats of tools that allow modeling business processes and the implementation of the obtained predictive model.*

### Keywords

*Software metrics; business processes; business process models; BPMN notation.*

## 1. Introducción

El desarrollo de productos de *software* ha impactado de forma significativa a la sociedad, y ha marcado en los últimos años pautas en el perfeccionamiento de las organizaciones empresariales. El proyecto de *software* es un caso particular de proyecto, donde existe una gran incertidumbre sobre las variables involucradas: costo, riesgos, así como el esfuerzo y tiempo que

1 Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Cuba ({ygranados, gheisa}@uclv.edu.cu).

2 Universidad Metropolitana del Ecuador, Quito, Ecuador (gferreira@umet.edu.ec)

implica su desarrollo. Dentro de la disciplina Gestión de Proyectos, la estimación es un punto clave para lograr una adecuada planificación, lo que constituye un reto ya sea con modelos dependientes del juicio del experto, modelos empíricos o con el uso de técnicas de inteligencia artificial (Dapozo et al., 2015), (Almache et al., 2015).

Un aspecto que incide directamente en la estimación de tiempo, esfuerzo y costo de un producto *software* es su complejidad. Resultados interesantes encontrados en (Peña, 2012) demuestran que los proyectos no son totalmente exitosos debido a que sobrepasan el tiempo y el costo planificados, no satisfacen los requisitos y existe una inadecuada estimación. Con un método de estimación basado en criterio de expertos, se estima el nivel de complejidad haciendo uso de los conocimientos o experiencia adquiridos en el desarrollo de proyectos similares. Por otra parte, con un método de estimación basado en métricas, se pueden definir métricas de complejidad teniendo en cuenta el volumen, el tamaño, las anidaciones, el costo (estimado), la agregación, la configuración y el flujo de control. En (Negro y Giandini, 2008) se reportan que las métricas más utilizadas son las métricas de tamaño. En (Constanzo et al., 2014), (Callejas-Cuervo et al., 2017) y (Meidan et al., 2018) también se consideran aspectos relacionados con los modelos de calidad, métricas y medidas del proceso de *software*.

A pesar que estas métricas son empleadas comúnmente, tienen la dificultad de que para calcularlas se necesitan elementos que están disponibles sólo en etapas avanzadas del desarrollo del *software*, lo que no permite contar con una estimación del tamaño del *software* a desarrollar en etapas bien tempranas de su ciclo de vida. Esto trae como consecuencia que, si el proyecto no es viable, haya pérdidas de recursos, esfuerzos y costos para las organizaciones involucradas en el proceso. De aquí se puede derivar una primera interrogante: ¿Cuál es la etapa más temprana para predecir la complejidad del producto *software* a desarrollar?

Según se plantea en (O'Farrill Fernández, 2012), la etapa más temprana en la concepción de un producto de *software* es la identificación y el estudio de los procesos de negocio de la organización a la que servirá de apoyo el sistema informático. Desde el punto de vista empresarial los procesos de negocio son definidos como el "conjunto de dos o más procedimientos o actividades enlazadas que realizan de forma colectiva un objetivo del negocio o meta política, normalmente dentro del contexto de una estructura organizacional en donde se definen roles funcionales y relaciones" (WfMC, 1999). Son representados de forma gráfica mediante un diagrama o modelo y sistematizados en herramientas automatizadas que incluyen varios estándares, entre ellos, la notación BPMN (*Business Process Modeling Notation*) (OMG, 2011). En trabajos como (Montes de Oca et al., 2014) y (Galvis y González, 2014), se destacan elementos importantes que reflejan la utilidad de la definición y evaluación de la calidad de los modelos y su utilización en una organización. También en (Sandoval et al., 2017) se pone énfasis en el desarrollo de arquitecturas empresariales con un enfoque ágil, que impacte menos en los procesos y disminuya el tiempo de desarrollo y los costos.

En los últimos años diversos factores como la globalización o el incremento de la competencia, han forzado a las organizaciones a mejorar y a centrarse en sus procesos de negocio (Rolón Aguilar, 2009). Teniendo en cuenta el auge que ha cobrado el seguimiento, control y mejora continua de los procesos de negocio en el contexto empresarial, se presenta la segunda interrogante: ¿Cómo evaluar la complejidad de los modelos de procesos de negocio?

A partir de los estudios realizados en (Rolón Aguilar, 2009) y (Rolón et al., 2008) se dan a conocer un conjunto de métricas para evaluar los procesos de negocio desde el punto de vista de su complejidad estructural. Años más tarde (O'Farrill Fernández, 2012) propone un procedimiento basado en métricas, que evalúa la complejidad de informatizar los procesos de negocio,

algunas coincidentes con las planteadas en (Rolón Aguilar, 2009). En dicho procedimiento se realiza la evaluación de la complejidad de un modelo de proceso de negocio de acuerdo a tres criterios: Complejidad Alta, Complejidad Media y Complejidad Baja. En (Bandomo Toledo, 2014), a partir de la investigación de (O’Farrill Fernández, 2012), se realizó una predicción de la complejidad, utilizando técnicas de inteligencia artificial. Esta predicción aportaba información similar en cuanto a la clasificación de la complejidad.

Los criterios expresados anteriormente son útiles, pero carecen de exactitud. En el caso de que un proceso posea una complejidad Alta, no es posible determinar cuánto va a tardar la automatización del mismo; lo mismo ocurre si se clasifica su complejidad en Media o Baja. Teniendo en cuenta la actualidad del tema y las constantes búsquedas para obtener una estimación del esfuerzo empleado en el desarrollo de productos de *software*, el presente trabajo se centra en el análisis de modelos de procesos de negocio y las métricas asociadas a los elementos centrales de su representación, para determinar el esfuerzo de la automatización en horas/hombre. De acuerdo a lo planteado se identifica la interrogante siguiente: ¿Cómo calcular el esfuerzo que demanda la automatización de un proceso de negocio a partir de su representación gráfica?

## 2. Metodología












La definición de las métricas asociadas a los procesos de negocio que influyen en la propuesta del modelo de estimación del esfuerzo, parte de considerar la analogía que existe entre la métrica de *software* LOC y algunas métricas de procesos de negocio establecidas en (O’Farrill Fernández, 2012) y presentadas en la *Tabla 1*.

**Tabla 1.** Analogía entre la métrica LOC y métricas de procesos de negocio

Métricas de <i>software</i>	Métricas de procesos de negocio
Líneas de código: <b>LOC</b> ( <i>Lines of Code</i> )	Número de actividades: <b>NOA</b> ( <i>Number of Activities</i> ) Número de actividades y flujos de control: <b>NOAC</b> ( <i>Number of Activities and Control-Flow</i> ) Número de actividades y nodos: <b>NOAJS</b> ( <i>Number of activities and Joins/Splits</i> )

Esta analogía se establece a partir del conteo de los elementos esenciales de un modelo de procesos de negocio representado con la notación BPMN que se resume en la *Figura 1*.

**Figura 1.** Elementos esenciales de la notación BPMN

Elemento		Notación Gráfica	Elemento		Notación Gráfica
Objetos de flujo	Evento		Artefactos	Objetos de datos	
	Actividad			Grupos	
	Entrada (Decisión)			Anotación de texto	
Objetos de conexión	Flujo de secuencia		Swimlanes	Pool	
	Flujo de mensaje			Carriles	
	Asociación				

Fuente: BizAgi, herramienta para el modelado de procesos de negocio, <https://www.bizagi.com/es>

La investigación se dividió en dos etapas: determinación de las métricas asociadas a modelos de procesos de negocio y estandarización del cálculo de las métricas a partir de la interpretación de diferentes formatos presentes en las herramientas de modelado.

### 2.1 Determinación de las métricas asociadas a modelos de procesos de negocio

Decidir qué debe ser medido para conectar los resultados deseados tiene algo de ciencia y algo de arte, ya que como regla general hay múltiples maneras de poner un número sobre un fenómeno que ha sido escogido como que tiene valor para ser medido (Méndez Mayor, 2013). Una métrica debe poseer precisión, exactitud y robustez. En este caso, la definición de las métricas se basa en los elementos de la notación BPMN (*Business Process Modeling Notation*) (OMG, 2011). El objetivo que se pretende conseguir con la definición de las métricas es el de encontrar elementos útiles que influyan directamente en el cálculo del esfuerzo que demanda la automatización de procesos de negocio.

Debido a que las métricas a presentar operarán sobre elementos del modelo o diagrama de procesos de negocio, constituye un elemento importante, evaluar cómo influye la complejidad estructural (Rolón Aguilar, 2009) y la complejidad de informatización (O’Farrill Fernández, 2012) y (Bandomo Toledo, 2014) de los modelos de procesos de negocio expresados con BPMN, en el cálculo del esfuerzo. La propuesta estará basada en la idea de que un modelo con alto grado de complejidad requerirá mayor esfuerzo de desarrollo. Con esta filosofía, se estaría proporcionando al desarrollo de *software* un cálculo estimado del esfuerzo en una etapa temprana: estudio e identificación de los procesos de negocio a automatizar.

En el primer grupo estarán aquellas métricas que respondan al conteo directo de elementos del modelo y en el segundo grupo, aquellas que no tienen correspondencia directa con elementos del modelo pero que pudieran aportar indicadores de interés a la investigación. En la *Tabla 2* se presentan las métricas correspondientes al primer grupo. Las métricas ubicadas en este grupo representan características estructurales o estáticas del modelo. Fueron seleccionadas con el objetivo de medir la influencia de dichas características en el esfuerzo de desarrollo de un proceso de negocio y seleccionar aquellas que verdaderamente influyen en la determinación de este.

**Tabla 2.** Grupo I de métricas correspondiente a la propuesta

Elemento BPMN	Clasificación	Métrica	Definición de la Métrica
Evento	Evento de inicio	NTEI	Número total de eventos de inicio
	Evento Intermedio	NTEIn	Número Total de Eventos Intermedios
	Evento final	NTEF	Número Total de Eventos Fin
	Total de Eventos	NTE	NTEI+ NTEIn+ NTEF
Actividad	Tareas	NTT	Número Total de Tareas
	Subprocesos	NTS	Número Total de Subprocesos
	Total de actividades	NTA	NTT+ NTS
Nodo	Nodos Decisión/Unión	NTCO	Número total de nodos decisión/unión
Flujos de secuencia	Entre actividades	NFSA	Número total de flujos de secuencia entre actividades
	Procedentes de un nodo	NFSN	Número total de flujos de secuencia procedentes de un nodo
	Total de flujos de secuencia	NTFS	Número total de flujos de secuencia
Carriles		NTC	Número total de carriles
Participantes		NTP	Número total de participantes
Objetos de dato		NTOD	Número total de objetos de dato

Las métricas ubicadas en el segundo grupo (Grupo II) constituyen características de comportamiento del modelo, sobre todo de acuerdo a la complejidad que representan a partir de estudios recientes en esta temática. Fueron seleccionadas con el objetivo de medir la influencia que tiene la complejidad desde diferentes perspectivas en el esfuerzo de automatización de procesos de negocio. Las perspectivas que se tuvieron en cuenta fueron: el Nivel de Conectividad entre Actividades, NCA<sup>3</sup> propuesto por (Rolón Aguilar, 2009), el Coeficiente de Complejidad, CCOM<sup>4</sup> recopilado en (Kluza y Nalepa, 2012) y la Complejidad de Automatización de Procesos de Negocio, CAPN<sup>5</sup> calculado en (O’Farrill Fernández, 2012) y (Bandomo Toledo, 2014). La *Tabla 3* muestra las métricas correspondientes a este grupo.

**Tabla 3.** Grupo II de métricas correspondiente a la propuesta

Nombre	Métrica	Definición de la Métrica
Nivel de conectividad entre actividades	NCA	NTA/ NFSA
Coeficiente de complejidad	CCOM	NTFS/ (NTA+ NTCO)
Complejidad de automatización	CAPN	Descrita más adelante

CAPN: mide la complejidad de automatización de un proceso de negocio propuesta en (Bandomo Toledo 2014) tomando como base la definición de métricas que influyen en la automatización de procesos de negocio presentada por (O’Farrill Fernández, 2012). De esta manera, el algoritmo para el cálculo de la métrica CAPN queda definido como se muestra en la *Figura 2*.

**Figura 2.** Algoritmo para el cálculo de la complejidad de automatización (CAPN)

```

Si NTCO <= 2 y NTC <= 5 y NTOD <= 2 y NTP <= 1 y NFSA <= 5
  Entonces CAPN = "Baja"
Si no
  Si 3 < NTC <= 5 y NTOD <= 2
    Entonces CAPN = "Media"
  Si no
    Si NTC <= 3 y NTOD <= 3 y NTCO > 3,
      Entonces CAPN = "Media"
    Si no
      Si NTC > 4 y NTOD > 1
        Entonces CAPN = "Alta"
      Fin Si
    Fin Si
  Fin Si
Fin Si

```

## ***2.2 Estandarización del cálculo de las métricas a partir de la interpretación de diferentes formatos presentes en herramientas de modelado***

El conjunto de métricas presentadas ha sido definido en un lenguaje natural. Sin embargo, esta definición puede causar una interpretación equivocada produciendo efectos indeseables tales como:

3 CLA: denominación original del inglés *Connectivity Level of Activities*  
 4 CNC: denominación original del inglés *Coefficient Network Complexity*  
 5 Denominación realizada por la autora de la presente investigación

- Las métricas no pueden ser repetibles. Esto significa que dos personas distintas, aplicando la misma métrica a un mismo artefacto de *software*, pueden obtener dos resultados diferentes (ISO 2001).
- Que los resultados experimentales usando la métrica pueden ser mal interpretados debido al hecho de que tal vez no sea claro lo que realmente mide. Esto a su vez, dificulta la réplica experimental (Baroni, 2002).
- Que las herramientas utilizadas para la extracción de los valores de las métricas pueden obtener diferentes resultados (Baroni, 2002).

Para evitar estas dificultades se definió una herramienta automatizada (IEEMPN) para la interpretación de archivos correspondientes a modelos de negocio del tipo .xpdL y .bpmn y la estimación del esfuerzo (Esquivel Ariz et al., 2014), (Maure et al., 2015). La misma permite importar diagramas de procesos de negocio con formatos .xpdL y .bpmn, procedentes de herramientas de modelado utilizadas internacionalmente como BizAgi, BonitaSoft y VisualParadigm. La interpretación de los diferentes formatos hace posible la extracción de los valores correspondientes a cada uno de los elementos BPMN presentados en la *Figura 1* y del cálculo de cada una de las métricas propuestas en las *Tablas 2 y 3*. De esta manera no es significativo quién o sobre qué modelo se obtienen las métricas propuestas, debido a que se medirán de la misma forma, asegurando un resultado homogéneo y confiable.

La *Figura 3* muestra la sentencia computacional para el cálculo de las métricas del formato .xpdL. De forma análoga se obtiene la expresión de las métricas a partir de los archivos con formato .bpmn.

**Figura 3.** Sentencia computacional para el cálculo de cada métrica (formato .xpdL)

```

if (evento.getName().equalsIgnoreCase("StartEvent")) NTEI.contar();
if (evento.getName().equalsIgnoreCase("IntermediateEvent"))
NTEIn.contar();
if (evento.getName().equalsIgnoreCase("EndEvent")) NTEF.contar();
if (eventos.getName().equalsIgnoreCase("Implementation"))
NTT.contar();
if (activity.getName().equalsIgnoreCase("ActivitySet")) NTS.contar();
if (eventos.getName().equalsIgnoreCase("Route")) NTCO.contar();
if ((activitiesIDs.contains(to.getValue())) &&
activitiesIDs.contains(from.getValue())) NFSA.contar();
if (RoutesIDs.contains(from.getValue())) NFSN.contar();
if (o3.getName().equalsIgnoreCase("Lane")) NTC.contar();
if (o1.getName().equalsIgnoreCase("Pool")) NTP.contar();

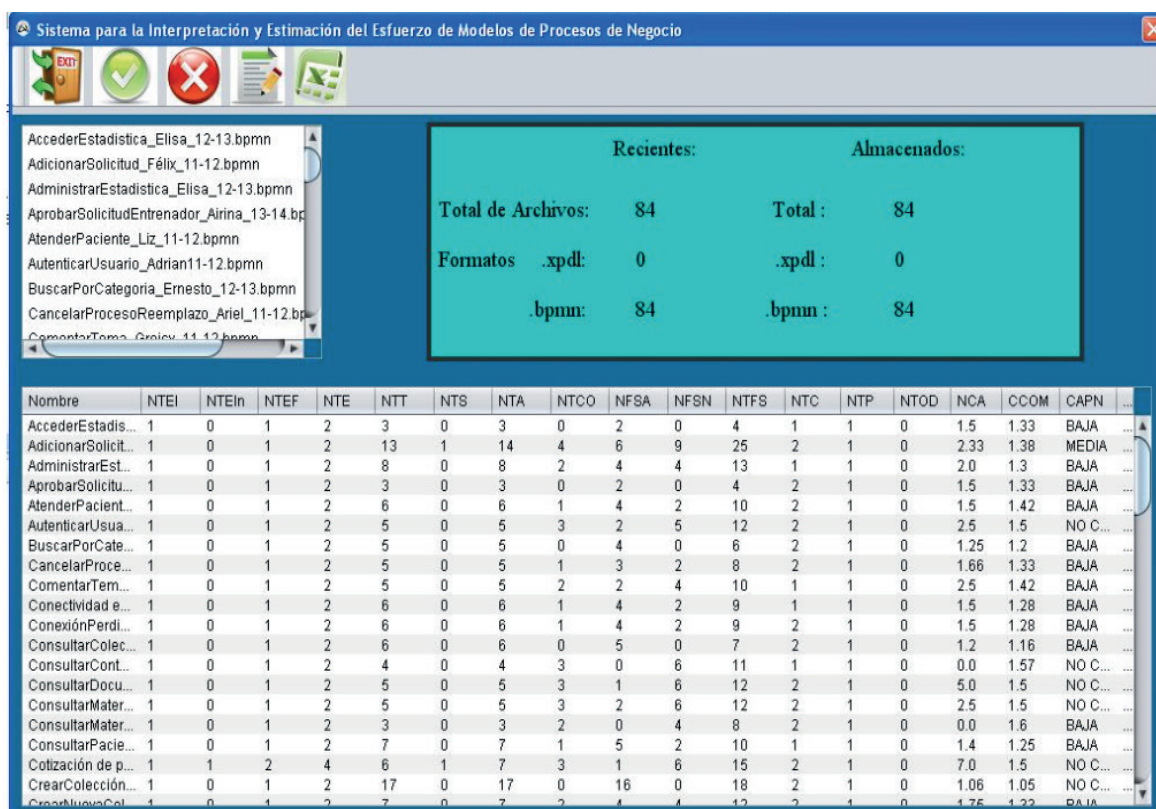
```

### 3. Resultados

Para la determinación del modelo, el punto de partida fue la recolección de datos, en este caso, modelos de proceso de negocio. Los datos fueron coleccionados como resultado de trabajos de graduación de estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, realizados en empresas de la provincia de Villa Clara y bajo la su-

pervisión de especialistas en el negocio. En total se almacenó la información de 84 modelos de procesos de negocio. La *Figura 4* muestra un fragmento de esta información y los cálculos de las métricas propuestas, utilizando la herramienta IEEMP. La información posteriormente fue exportada a un documento Excel que constituyó la entrada al procesamiento estadístico.

**Figura 4.** Fragmento de la información de los modelos de procesos de negocio con los resultados de las métricas propuestas



Para el análisis inicial de los datos se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson como medida de la asociación lineal entre dos variables. Las correlaciones obtenidas por la aplicación de esta técnica destacaron, como métricas que mayor influencia tienen en el esfuerzo las siguientes: NTEF, NTE, NTT, NTA, NFSA y NTFS. Este resultado hace referencia a los elementos de la notación BPMN del tipo Evento (NTEF y NTE), Actividades (NTT y NTA) y Flujos de secuencia (NFSA y NTFS) detallados en la *Tabla 2*.

Como el análisis anterior no es concluyente, para la obtención del modelo predictivo del esfuerzo se utilizó un test de regresión lineal múltiple. Aquí se relaciona el Esfuerzo, como variable dependiente, con las variables independientes definidas como métricas.

Se obtuvieron como variables incluidas en el modelo de predicción las que se muestran en la *Tabla 4*. Se destacan en este caso los elementos Actividades (NTA), Flujos de Secuencia (NFSN), Eventos (NTEF) y Nodos (NTCO). Aunque no existe una coincidencia total con los resultados del coeficiente de correlación de Pearson, es interesante la coincidencia que existe con NTA (Número Total de Actividades) lo cual presupone su significación indudable.

**Tabla 4.** Variables introducidas en el modelo

Variables introducidas	Método
NTA	Por pasos (criterio: Prob. de F para entrar $\leq$ ,050, Prob. de F para salir $\geq$ ,100).
NFSN	Por pasos (criterio: Prob. de F para entrar $\leq$ ,050, Prob. de F para salir $\geq$ ,100).
NTEF	Por pasos (criterio: Prob. de F para entrar $\leq$ ,050, Prob. de F para salir $\geq$ ,100).
NTCO	Por pasos (criterio: Prob. de F para entrar $\leq$ ,050, Prob. de F para salir $\geq$ ,100).

También aparece incluida la métrica NTCO (Número Total de Nodos decisión/unión), otro elemento a tener en cuenta en el modelo predictivo, ya que brinda información con respecto a la complejidad presentada en (Kluza y Nalepa, 2012).

El coeficiente de determinación  $R^2=0.995$  y  $R^2$  corregido = 0.995 que aparecen en el resumen del modelo (Tabla 5), se acercan suficientemente a uno como para determinar la validez de un modelo que explica el 99.5 % de los casos representados.

**Tabla 5.** Resumen del modelo

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
,998 <sup>d</sup>	,995	,995	,512

d. Variables predictoras: (Constante), NTA, NFSN, NTEF, NTCO

Finalmente, la expresión obtenida para inferir el esfuerzo de automatización de procesos de negocio se forma a partir de la Tabla 6, que representa los coeficientes de la ecuación.

**Tabla 6.** Ecuación de regresión

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
(Constante)	2,027	,163		12,413	,000
NTA	1,572	,015	,986	101,771	,000
NFSN	,802	,140	,277	5,733	,000
NTEF	-,509	,114	-,045	-4,450	,000
NTCO	-,948	,281	-,162	-3,379	,001

Donde:

$$\text{Esfuerzo} = 2,027 + 1,572 * \text{NTA} + 0,802 * \text{NFSN} - 0,509 * \text{NTEF} - 0,948 * \text{NTCO}$$

#### 4. Discusión

A fin de corroborar la calidad del modelo, se realizaron tres experimentos para mostrar la influencia real de las métricas seleccionadas en el modelo predictivo, con la variable dependiente esfuerzo.

**Experimento 1:** Eliminación de la métrica NTA de la regresión. Se obtuvo un modelo válido (Tabla 7), destacando como variables significativas las métricas NFSN, NTEF y NTCO, coincidentes con el modelo actual.



**Tabla 7.** Eliminación de la métrica NTA del conjunto de variables independientes

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
,998 <sup>e</sup>	,995	,995	,515
e. Variables predictoras: (Constante), NTT, NFSN, NTS, NTEF, NTCO			

En ausencia de NTA, quedaron incluidas las métricas NTT y NTS. Esto comprueba que el número de actividades influye significativamente en la estimación del esfuerzo (de la Tabla 2, NTA = NTT + NTS).

**Experimento 2:** División del conjunto de datos de análisis en dos subconjuntos de cuarenta modelos cada uno (1 al 40 y 41 al 80). La *Tabla 8* muestra las métricas que influyen directamente en la determinación del esfuerzo.

**Tabla 8.** Métricas que influyen directamente en el esfuerzo según experimento 2

Modelos	Métricas que influyen					R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Corregida
Modelo 1	NTT	NTCO	NTFS	CCOM		1,000	1,000
Modelo 2	NTA	NTCO	NFSN		NTEF	,994	,993

**Experimento 3:** Selección de casos aleatorios (25%, 50%, 75% y 100% de los casos) cuyos resultados aparecen en la *Tabla 9*.

**Tabla 9.** Métricas que influyen directamente en el esfuerzo según experimento 3

Modelos	Métricas que influyen					R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Corregida
25%	NTT	NTCO	NFSN	NTEF		1,000	1,000
50%	NTA	NTCO	NTFS			,995	,994
75%	NTA	NTCO			CCOM	,996	,996
100%	NTA	NTCO	NFSN	NTEF		,995	,995

En los experimentos desarrollados las métricas que representan las Actividades (NTT, NTA) y los Nodos (NTCO), coinciden con el modelo predictivo obtenido. Igual ocurre con las métricas relacionadas con el flujo de secuencia (NTFS, NFSN). Esto permite afirmar que son realmente significativas para el cálculo del esfuerzo.

Adicionalmente se analizaron las posibles dependencias de otras métricas con el esfuerzo. En cuanto a CCOM, si bien es cierto que dos de sus componentes (NTA y NTCO) influyen directamente en el esfuerzo, dada su expresión de cálculo ( $CCOM = NTFS / (NTA + NTCO)$ ) no se puede determinar una relación entre esta métrica y el esfuerzo.

Con respecto a la métrica de complejidad de automatización de procesos de negocio (CAPN), los resultados obtenidos no son concluyentes. Como se observa en la *Tabla 10*, el 33.1% de los casos recolectados no se ajustan a ninguna de las tres clasificaciones propuestas (alta, Media, Baja), lo que transmite un nivel de incertidumbre elevado, por lo que se concluye que no existen elementos que verifiquen la relación entre la métrica CAPN y el esfuerzo.

Tabla 10. Resultados de la evaluación de CAPN

CAPN	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
BAJA	42	50,0	50,0
MEDIA	10	11,9	61,9
ALTA	0	0,0	0,0
NO CA	32	38,1	100,0
Total	84	100,0	

El modelo predictivo desarrollado fue adicionado a la herramienta mencionada en el epígrafe 2.2. De esta forma, la herramienta es capaz de estimar, a partir de la representación gráfica de un modelo de procesos de negocio, el esfuerzo que demanda la automatización del mismo en horas/hombre. Una vista general de la herramienta es mostrada en la *Figura 5*.

Figura 5. Interfaz principal de la herramienta. Cálculo del esfuerzo

The screenshot shows the main interface of the tool. At the top, there is a title bar and a menu bar. Below the menu bar, there is a list of BPMN files. In the center, there is a summary box with the following data:

Recientes:		Almacenados:	
Total de Archivos:	84	Total :	84
Formatos .xpdl:	0	.xpdl :	0
.bpmm:	84	.bpmm :	84

At the bottom, there is a table with the following columns: Nombre, NTEI, NTEL..., NTEF, NTE, NTT, NTS, NTA, NTCO, NFS..., NFSN, NTFS, NTC, NTP, NTOD, NCA, CCOM, CAPN, and ESFUERZO. The table contains data for various BPMN files, including their CAPN status and the estimated effort in hours/human resources.

## 5. Conclusiones y recomendaciones

Se proponen dos grupos de métricas relacionadas con los elementos esenciales de los modelos de procesos de negocio (de acuerdo a sus características estructurales y de comportamiento) que conducen a la formación de la base de casos de modelos de procesos de negocio, a partir de la cual se realizó el procesamiento estadístico para la obtención del modelo de estimación del esfuerzo.

Con el desarrollo de la herramienta IEEMPEN para la interpretación y estimación del esfuerzo que demanda la automatización de los procesos de negocio, es posible la medición homogé-

nea y confiable de las métricas propuestas, a partir la interpretación de formatos .xpdl y .bpmn proporcionados por diferentes herramientas de modelado.

El procesamiento estadístico de los datos obtenidos a partir de los modelos de procesos de negocio, hizo posible la obtención de un modelo de predicción del esfuerzo, así como el subconjunto de métricas más influyentes en el cálculo de dicho esfuerzo y su posterior incorporación a la herramienta.

Estudios posteriores se centrarán en la ampliación del conjunto de modelos a procesar y la obtención de un nuevo modelo de predicción del esfuerzo que permita comparar los resultados con los obtenidos en el presente estudio. Además, explorar la existencia de otros formatos de salida, exportados por herramientas para modelar procesos de negocio que se consideren significativos para el mundo empresarial, incorporándolos al *software* desarrollado.

## Referencias

- Almache, M., Raura, G., Ruiz, J., y Fonseca, E. (2015). Modelo de red neuronal de estimación para el esfuerzo de desarrollo en proyectos de Software (MONEPS). *Revista Latinoamericana de Ingeniería de Software* 3 (3). ISSN 2314-2642. Disponible en: <http://sistemas.unla.edu.ar/sistemas/redisla/ReLAIS/index.htm>.
- Bandomo Toledo, L. (2014). Procedimiento para evaluar el nivel de complejidad de los procesos de negocio a partir de su representación gráfica. Trabajo de Diploma. Disponible en <http://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/6669>.
- Baroni, A. L. (2002). Formal Definition of Object-Oriented Design Metrics. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/277289881\\_Formal\\_Definition\\_of\\_Object-Oriented\\_Design\\_Metrics](https://www.researchgate.net/publication/277289881_Formal_Definition_of_Object-Oriented_Design_Metrics).
- Callejas-Cuervo, M., Alarcón-Aldana, A., y Álvarez-Carreno, A. (2017). Modelos de qualidade de software, um estado da arte. *Entramado [online]*, 13 (1), 236-250. ISSN 1900-3803. <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25125>.
- Constanzo, M., Casas, S., y Marcos, A. (2014). Comparación de modelos de calidad, factores y métricas en el área de la Ingeniería de software. *Revista de Informes Científico Técnicos-UNPA* 13 (1). ISSN 1852-4516. <http://secyt.unpa.edu.ar/journal/index.php/ICTUNPA>.
- Dapozo, G. N. et al. (2015). Métodos de estimación de esfuerzo y duración en proyectos web pequeños. *Revista Eletrônica Argentina-Brasil de Tecnologias da Informação e da Comunicação*, 1 (2), 015. ISSN 2446-7634. Disponible en <https://revistas.setrem.com.br/index.php/reabtic/article/view/50>. doi: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.59447>.
- Esquivel Ariz, M., Granados Hondares, Y. y Ferreira Lorenzo, G. (2014). INTERVAR Sistema para la interpretación de archivos XPDL correspondientes a procesos de negocio modelados con notación gráfica BPMN. Trabajo de Diploma. Disponible en <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/handle/123456789/7325>.
- Galvis, E. y González, M. (2014). Herramientas para la gestión de procesos de negocio y su relación con el ciclo de vida de los procesos de negocio: una revisión de literatura. *Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 24 (2). ISSN-e 0124-8170. Disponible en <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin>.
- ISO, 2001. 9126, Software Product Evaluation-Quality Characteristics and Guidelines for their use.
- Kluza, K. y Nalepa, G. J. (2012). Proposal of Square Metrics for Measuring Business Process Model Complexity. *Information Systems*, 919-922.
- Maure, C., Granados, Y. y Ferreira, G. (2015). Herramienta para la interpretación y estimación del esfuerzo de modelos de procesos de negocio. IEEMPON.
- Meidan, A., García, J., Ramos, I., y Escalona, M. (2018). Measuring Software Process: A Systematic Mapping Study. *Journal of ACM Computing Surveys*, 51 (58). doi: 10.1145/3186888.

- Méndez Mayor, L. (2013). Métricas de procesos de negocio, Maracaibo. Disponible en [www.monografías.com](http://www.monografías.com).
- Montes de Oca, I., Rodríguez, A., Snoeck, M., Moreno, R., Casas, G., González, L., 2014. Directrices prácticas y métricas de calidad en la modelación de procesos de negocio: un caso de estudio. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 8 (2). versión On-line ISSN 2227-1899.
- Negro, P. y Giandini, R. (2008). Umbrales para Métricas Orientadas a Objetos. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/228880050>.
- O'Farrill Fernández, L. (2012). Procedimiento para evaluar el nivel de complejidad de la informatización de los procesos de negocio a partir de su representación gráfica. (Tesis de Maestría). Disponible en <http://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/6669>.
- OMG (2011). Business Process Modeling Notation (BPMN) Specification. Object Management Group. Object Management Group.
- Peña, H. (2012). ¿Por qué los proyectos no son totalmente exitosos? Primer Congreso Internacional de Gerencia de Proyectos. Capítulo Colombia. [https://www.researchgate.net/profile/Hernando\\_Pena2/publication/280560921\\_Por\\_que\\_los\\_proyectos\\_no\\_son\\_exitosos/links/55b9832008aed621de086b48](https://www.researchgate.net/profile/Hernando_Pena2/publication/280560921_Por_que_los_proyectos_no_son_exitosos/links/55b9832008aed621de086b48).
- Rolón, E., García, F., Ruiz, F. Piattini, M., Visaggio, C., y Canfora, G. (2008). Evaluation of BPMN Models Quality-A Family of Experiments. ENASE 2008-Proceedings of the 3rd International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering, Funchal, Madeira, Portugal, May 4-7, 2008. INSTICC Press 2008, ISBN 978-989-8111-28-9.
- Rolón Aguilar, E., 2009. Medidas para Asegurar la Calidad de los modelos de Procesos de Negocio. Tesis de doctorado. Disponible en: <https://ruidera.uclm.es/xmlui/handle/10578/2727>.
- Sandoval, F., Galvez, V., Moscoso, O., 2017. Desarrollo de Arquitectura Empresarial usando un Framework con Enfoque Ágil. *Enfoque UTE*, v.8, n.1, pp. 135-147. <https://doi.org/https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n1.120>.
- WfMC, 1999. Terminology & Glossary, Workflow Management Coalition: TC-1011. (3.0). Disponible en: <http://www.wfmc.org>.