

Propuesta de Metodología de Estimación de Costos para PYMES Desarrolladoras de Software en México

Edith Ilicet Melgoza Toral, María de los Ángeles Sumano López, Juan Manuel Fernández Peña

Facultad de Estadística e Informática, Universidad Veracruzana, Av. Xalapa esq. Av. Ávila Camacho s/n, Col. Obrero - Campesina, 91020, Xalapa, Veracruz
edilicet@gmail.com, masumano04@yahoo.com.mx, juanmf_3@yahoo.com
Paper received on 02/08/08, accepted on 10/09/08.

Resumen. En los últimos años, en la República Mexicana, se han formado empresas cuyo campo de trabajo es el desarrollo de Software. Algunas han llegado a posicionarse en el mercado nacional e internacional, contando con procesos definidos e histórico de desarrollo que les permite establecer un costo adecuado para su producto. En contraparte, existen empresas cuyo tamaño o falta de antigüedad no les permite establecer un costo adecuado a su producto causando con ello un descontrol tanto al interior como al exterior de la empresa. Lo que lleva a la siguiente pregunta: ¿Cómo interpretar las métricas utilizadas en las empresas para estimar costos en las PYMES de México? El presente artículo presenta fundamentos teóricos y el estudio práctico que sirvieron como base para elaborar la metodología de estimación de costos propuesto.

1. Introducción

Las empresas mexicanas que desarrollan software y que cuentan con algún tipo de certificación, llevan a cabo estimaciones con la finalidad de establecer algunas características de los proyectos que elaboran, tales como: tiempo, costo y esfuerzo. Sin embargo, estas empresas son pocas, la mayoría de las empresas en México son o nuevas o muy pequeñas y no cuentan ni con métricas ni con datos históricos que permitan realizar estimaciones. Es por ésto que parece necesario elaborar una propuesta de estimación para las empresas pequeñas.

En este escrito se presentan: 1) qué son las métricas de software y cómo apoyan al cálculo de estimaciones sobre costo, tiempo y esfuerzo; 2) un estudio de campo en el que se estableció tanto las métricas como el uso que se les da en las empresas mexicanas maduras y 3) la propuesta de estimación del costo de desarrollo de un nuevo Sistema de Software (SS) para PYMES.

2. Métricas de Software

Métricas de Software es un término que se usa para describir el producto de actividades de Ingeniería de Software que llevan a establecer números que representan algunas características del Software [1]. Por medio de algunas métricas.

es posible estimar aspectos de los SS como: tamaño, esfuerzo, tiempo y costo. Son este tipo de métricas las que atañen a este trabajo, siendo las de mayor interés aquellas que permiten hacer mediciones tempranas, es decir, cuando se empieza el análisis de requerimientos de software, por ello se explican dos de las principales métricas utilizadas a nivel mundial: Puntos de Función y Puntos de Casos de Uso.

2.1 Puntos de Función

La métrica Puntos de Función (PF) es ampliamente utilizada, incluso existe una organización mundial que regula su uso, a saber: International Function Point Group (página de Internet: www.ifpug.org). Es un método, cuya unidad lleva el mismo nombre. Consiste en tres pasos [2]:

1. Realizar un conteo de cinco indicadores del SS, los cuales se dividen en: dos de datos (archivos) y tres transaccionales (funcionalidades). A cada indicador se le asigna un rango (simple, medio o complejo) dependiendo de sus características. Una vez etiquetados los indicadores se obtienen los PF sin ajustar en donde se utiliza una tabla de pesos que da el método (ver Tabla 1).

Tabla 1. Contabilidad de puntos de función sin ajustar

Indicador	Simple	Mediano	Complejo	SUMA
Archivos Lógicos Internos	7	10	15	
Archivos de Interfaz Externa	5	7	10	
Entradas Externas	3	4	6	
Salidas Externas	4	5	7	
Consultas Externas	3	4	6	
			T =	

2. Calcular el grado de alcance de catorce modificadores (M), que son requerimientos no funcionales [3], para lo cual el método de PF ofrece diversas pautas las cuales se califican de cero a cinco dependiendo la influencia que tienen en el sistema (ver Tabla 2). El método da las pautas para establecer el grado de influencia.

Tabla 2. Modificadores de Puntos de Función

1. Comunicación de datos.	8. Actualización en Línea.
2. Procesamiento Distribuido de Datos.	9. Procesamiento Complejo.
3. Rendimiento.	10. Reusabilidad.
4. Configuración Altamente Usada.	11. Facilidad de Instalación.
5. Promedio de Transacciones.	12. Facilidad de Operación.
6. Entrada de Datos en Línea.	13. Varios Sitios.
7. Eficiencia para el Usuario Final.	14. Facilidad de Cambios.

3. Una vez obtenidos estos valores, aplicar la Fórmula 1 con la finalidad de obtener el valor del SS en puntos de función (PF).

$$PF = T * (0.65 + 0.01 * M) \quad (1)$$

2.2. Puntos de Casos de Uso.

La estimación mediante Puntos de Casos de Uso (PCU) es un método de estimación de tamaño de un proyecto a partir de los casos de uso identificados, con una idea similar a la de Puntos de Función. Una diferencia importante reside en que asigna "pesos" a ciertas características del ambiente de desarrollo que lo afectan. A continuación se muestran los pasos principales (con base en [4]):

1. Calcular los PCU sin ajustar (UUCP) con la Fórmula 2.

$$UUCP = UAW + UUCW \quad (2)$$

- El peso de los actores (UAW), se calcula mediante la sumatoria de la complejidad de los Actores presentes en el sistema. Se establece considerando si es una persona u otro sistema y la forma en la que interactúa con el sistema.
- El peso de los CU sin ajustar (UUCW), se calcula mediante la sumatoria de la complejidad de los CU en el sistema. Se establece teniendo en cuenta la cantidad de transacciones entre ellos.

2. Una vez que se tienen los UUCP, éste valor se ajusta con la Fórmula 3.

$$UCP = UUCP * TCF * EF \quad (3)$$

- El Factor de complejidad técnica (TCF), cuantifica un conjunto de factores como tipo de sistema, objetivos, tipo de procesamiento, entre otros. Se cuantifican con un valor de 0 a 5, donde 5 es un aporte muy importante. Una vez obtenidos dichos valores, el Factor de complejidad técnica se calcula mediante la Fórmula 4.

$$TCF = 0.6 + 0.01 * \Sigma (\text{Peso} * \text{Valor asignado}) \quad (4)$$

- El Factor de ambiente (EF), se refiere a las habilidades y el entrenamiento del grupo involucrado en el desarrollo. El cálculo es similar al de TCF: un conjunto de factores que se cuantifican con valores de 0 a 5, como son familiaridad con el sistema, experiencia en las actividades a realizar, motivación, entre otros. Una vez asignados los valores, el EF se calcula mediante la siguiente ecuación que se detalla en Fórmula 5.

$$EF = 1.4 - 0.03 * \Sigma (\text{Peso} * \text{Valor asignado}) \quad (5)$$

3. Criterios de Estimación de Costos de Software

Estimar quiere decir predecir el futuro, lo cual es una espada de dos filos. en la antigüedad, los oráculos y adivinos eran ampliamente recompensados o sentenciados a muerte si se equivocaban [5]. Actualmente, aunque no se condena a muerte por una mala estimación, si puede representar pérdidas para empresa. Lo que se espera al estimar las características de un sistema de software, como por ejemplo el tamaño del mismo, es un aproximado con base en la información con la que se cuenta en ese momento.

En la opinión de Philip Armour [5], una estimación no debe ser exacta, sino suficientemente acertada y brindar información de calidad que permita a la empresa asignar un presupuesto, hacer compromisos en los proyectos y tomar una mejor decisión. Entre los métodos que se utilizan para estimar el esfuerzo a partir de métricas de Software están: 1) el basado en Puntos de Función de Longstreet [6] y 2) el basado en Puntos de Casos de Uso de R. Clemons [4].

1. El primer método, luego de llevar a cabo un estudio con cerca de mil proyectos, obtuvo una asociación entre PF y esfuerzo en horas persona (ver Tabla 3).

Tabla 3. Incremento del esfuerzo por PF

Tamaño en PF	Horas persona/PF	Tamaño en PF	Horas persona/PF
50	1.3	2.000	2.7
100	1.4	3.000	3.6
500	1.6	4.000	4.9
1.000	2.0	5.000	6.6

2. Por su parte el método dos, propone multiplicar los PCU por un factor de productividad, el cual partirá de diversos criterios para irse adaptando a la experiencia de la empresa.

4. Estudio de Campo sobre métricas y estimación de costos de Software en México

El estudio realizado se dividió en tres etapas cuya finalidad fue obtener una fuente de información del mundo real confiable con base en la cual elaborar un modelo de apoyo.

4.1 Etapa 1. Entrevista aplicada a Empresas Certificadas.

Se enfocó a identificar la manera en que las Empresas Desarrolladoras de Software (EDS) en México, que cuentan con certificación CMMI – 3, MoProSoft o semejante, llevan a cabo la transformación de una métrica a una estimación de costos. Se elaboró una entrevista, que se aplicó a algunas EDS en el país (a través de correo electrónico) y que permitió conocer los siguientes puntos, mismos que se

consideraron influyentes, con base en la teoría, en la estimación del costo de desarrollo de un SS:

1. Metodologías de desarrollo aplicadas.
2. Métricas y su forma de utilización.
3. Estrategia utilizada para estimar el costo a partir de las métricas.

Los resultados más importantes de las respuestas enviadas por las cuatro empresas que contestaron son: como modelo de desarrollo, utilizan un modelo iterativo (50%); las características para llevar a cabo mediciones y las propias métricas, son diversas y la mayoría de las empresas utiliza más de una, destacan los Puntos de Casos de Uso (50%); finalmente, además de considerar métricas también compara el proyecto actual con proyectos semejantes ya terminados, es decir datos históricos (50%).

4.2 Etapa 2. Cuestionario aplicado a PYMES

Se elaboró un cuestionario basado en el marco teórico y en las respuestas recibidas de la primera etapa. Éste se aplicó a EDS pequeñas que no necesariamente cuentan con una certificación ni procesos definidos. Con este cuestionario se buscó conocer:

1. Uso de métricas de software.
2. Estimación de costos de proyecto.

La información más importante obtenida con el cuestionario aplicado a veintidós PYMES se describe a continuación.

- La estimación del esfuerzo se lleva a cabo principalmente con métricas y llevando a cabo una comparación con proyectos previos con una presencia de 34.5% ambas.
- Los métodos de estimación más utilizados son Puntos de Casos de Uso y Puntos de función con 50 y 16.7%, respectivamente.
- La mayoría de las empresas encuestadas (46.7%) dijo llevar registro de algunas estimaciones que elabora pero el 40% no lleva un registro de proyectos terminados.

4.3 Etapa 3. Entrevista aplicada a PYMES

En la entrevista personal aplicada a PYMES se interrogó sobre elementos teóricos y del estudio de campo, con el fin de conocer su grado de influencia en el desarrollo de la aplicación. Dichos elementos se agrupan en dos categorías de variables: 1) Esfuerzo y 2) Calendario.

En la entrevista personal a PYMES, se incluyeron preguntas acerca de los históricos que conservaban, de los cuales destacaron tiempo de desarrollo, recursos asignados a un proyecto, versiones del software. También se cuestionó acerca de la precisión de las estimaciones, al respecto las PYMES dijeron: una tercera parte dijo

elaboran estimaciones exactas, otra tercera parte dijo estar en un rango del 70% de exactitud y el resto dijo que generalmente el esfuerzo real resultaba del doble del estimado.

Con respecto a variables esfuerzo y calendario, fue posible observar la influencia de los modificadores, en la Tabla 4 (a) y (b) se presentan los resultados.

Tabla 4 (a). Resultados de la entrevista aplicada a PYMES. Esfuerzo

Modificador	Grado de influencia
Familiaridad con el modelo de desarrollo	Suficiente
Habilidades del equipo de desarrollo	Alta
Conocimiento de Hardware Especializado	Media
Información de Proyectos Similares	Alta
Capacidad de Liderazgo	Media
Conocimiento de Técnicas y Herramientas de IS	Suficiente
Conocimiento de Lenguajes y Plataformas	Suficiente

Tabla 4 (b). Resultados de la entrevista aplicada a PYMES. Calendario

Modificador	Grado de influencia
Restricciones de tiempo	Alta
Riesgos	Alta
Poca estabilidad de requerimientos	Alta
Falta de comunicación con el cliente	Media
Ánálisis incorrecto	Suficiente
Pérdida de base de conocimiento	Alta
Turnos	Poca
Personal de medio tiempo	Media

Con todo lo anterior, se elaboró una línea base que permitirá a las PYMES adaptar el esfuerzo obtenido por medios teóricos a la situación particular de las empresas y, posteriormente, ir particularizando dicha línea.

5 Propuesta de Estimación y su Aplicación

La presente sección contiene la propuesta de metodología de estimación de costos para PYMES. Incluye las características del método, la innovación que propone, los pasos de los que se compone su descripción, así como un diagrama de las actividades a realizar. Se describen tareas, artefactos y resultados del mismo y definiciones de los elementos considerados para la construcción de la línea base para la estimación.

5.1 Lineamientos

En esta sección se explican las variables y modificadores que utiliza el método propuesto de estimación de costos; partiendo de una medición del tamaño del proyecto de software a elaborar para luego ser transformada en esfuerzo, aplicada a un calendario y finalmente poder estimar un costo.

5.1.1. Descripción de las variables dependientes. Luego de la revisión de toda la información, se determinó que existen tres variables sujetas a la estimación en un proyecto:

1. *Esfuerzo.* Se refiere a la cantidad de Horas-Persona por unidad de medida estimada necesaria para llevar a cabo el desarrollo de un proyecto de software. Su importancia radica en que, al relacionarlo con la productividad del equipo de desarrollo, permite conocer el calendario. Al final del proyecto también puede compararse el esfuerzo estimado con el real y así obtener información histórica que retroalimentará el modelo. Usualmente se calcula a partir del tamaño del software propuesto.
2. *Calendario.* Quiere decir el tiempo en días, semanas o meses en que se va a elaborar la aplicación. Depende directamente del esfuerzo estimado. Es importante ya que por medio de éste se asignan recursos humanos y materiales al proyecto. Aún en proyectos sin restricción alguna de tiempo es necesario establecer un calendario que permita visualizar el avance.
3. *Costo.* Una vez asignados los recursos necesarios a la aplicación, según el calendario, es necesario saber cuánto gastará la empresa para elaborarlo. Es importante conocer el costo de un proyecto, aún en la elaboración para sistemas internos de la empresa, para poder destinar los recursos económicos necesarios y como una referencia para calcular lo que se deberá cobrar por ellos.

5.1.2. Descripción de las variables independientes. Se refiere a un conjunto de modificadores y su manera de obtenerlos. Se comienza con un cálculo inicial, que se basa en lo indicado en [4] y [6] y debe ajustarse a la realidad de las empresas, especialmente en PYMES. Éste ajuste se hace implementando las variables independientes (modificadores) que se describen a continuación.

Modificadores relacionados al Esfuerzo. Los elementos relacionados con el Esfuerzo son, los que propone la métrica Puntos de Casos de Uso:

1. *Familiaridad con el modelo de desarrollo.* Es el grado de conocimiento relacionado con el ciclo de vida del proyecto del que haga uso la empresa. Afecta de manera inversa al Esfuerzo ya que a mayor conocimiento, presumiblemente menor esfuerzo. Es relevante que el equipo de desarrollo conozca al menos los fundamentos del modelo de desarrollo para poder llevar a cabo el proyecto. La empresa, conociendo las capacidades de su personal podrá incrementar o decrementar el esfuerzo obtenido inicialmente.
2. *Habilidades del equipo de desarrollo.* Se refiere a la facilidad con que el equipo de desarrollo lleva a cabo las actividades de análisis, codificación y prueba. Afecta inversamente al esfuerzo ya que, a mayor habilidad, menor esfuerzo; por lo mismo es muy importante. Al igual que en el anterior la empresa puede aumentar o disminuir el esfuerzo inicial con respecto a la habilidad de su personal.
3. *Información de proyectos similares.* Incluye todos los datos históricos relacionados a proyectos previos. Permite al equipo de desarrollo estimar con

mayor aproximación el esfuerzo de un proyecto, además de brindar información de cómo se puede llevar a cabo el mismo. Éste modificador permitirá ajustar el esfuerzo obtenido.

Modificadores relacionados con el Calendario. Los elementos relacionados con el Calendario son:

1. *Establecimiento de calendario.* Una vez obtenido el esfuerzo se procede a transformar éste en días, semanas, meses de duración del proyecto, los cuales permitirán a la empresa, posteriormente, establecer costos. Es la empresa la que debe establecer cuánto tiempo va a trabajar cada desarrollador dependiendo de su rol en el equipo de desarrollo. A continuación se describen brevemente algunos roles así como el tiempo posible que puede ser asignado a éstos.

a. *Líder de proyecto.* Encargado del desarrollo completo del proyecto, debido a que debe de estar al tanto de todo, presumiblemente se puede decir que trabajará el tiempo que dure el proyecto.

b. *Desarrolladores del proyecto.* Se refiere al resto del equipo de trabajo, quienes tomarán parte en uno de los ciclos fundamentales del desarrollo, a saber, análisis, diseño, codificación y prueba; inicialmente puede considerarse que cada ciclo tomará un cuarto del tiempo total de desarrollo repartido entre los desarrolladores asignados a éste. Posteriormente, la empresa puede ir ajustando ésto de acuerdo al modelo que utilice y al tiempo que tome cada ciclo.

2. *Restricciones de Tiempo.* Es la cantidad de tiempo medido en días, semanas o meses de duración de desarrollo del proyecto definida por el cliente. Implica la asignación de recursos para ajustarse a cumplir los plazos determinados de tiempo. Dependiendo de la decisión de la empresa puede que sea necesario agregar un mayor número de desarrolladores, hacer que el equipo de desarrollo trabaje horas extra o ambos.

3. *Riesgos.* Implican todos los elementos que representan un grado de incertidumbre o inestabilidad en el desarrollo del proyecto. Un ejemplo puede ser la poca estabilidad en los requerimientos de un proyecto, la cual se presenta cuando el cliente no está seguro de todas las necesidades que debe cubrir el sistema, implica desconocimiento y ambigüedad de la información sobre el proyecto. Hace necesaria una mayor comunicación con el cliente y algunas veces afecta al avance del mismo debido a que implica errores en el desarrollo.

Modificadores relacionados con el Costo. Los elementos relacionados con el Costo para el caso particular de Empresas Desarrolladoras de Software son:

1. *Costos Directos.* Son todos aquellos elementos que se relacionan directamente con la producción del proyecto. En el caso de las desarrolladoras se refiere al salario del personal, el cual incluye el pago por hora, de acuerdo a lo establecido en el calendario, prestaciones, horas extra en el caso de que existieran, etc.

2. *Costos indirectos.* Representan elementos que son soporte para la producción del proyecto. Su importancia radica en que influyen a muchos

conceptos del presupuesto. Algunos costos indirectos en el caso de empresas desarrolladoras de software son:

- a. *Capacitación al personal*. Todos los elementos de formación de personal en relación a métodos, herramientas, modelos, estándares y otros elementos relacionados directamente con la Ingeniería de Software o el desarrollo de sistemas. Se puede asignar un porcentaje de las capacitaciones al costo total del proyecto con la finalidad de recuperar la inversión.
- b. *Asesorías*. Si la empresa se ve en la necesidad de consultar alguna duda a algún especialista ya sea una empresa o persona física ajenos a la organización, es recomendable que se incluya el costo por consulta en el costo del proyecto.
- c. *Gastos administrativos*. Se refiere a todos aquellos elementos que implican un costo para el funcionamiento de la empresa, no se relacionan directamente con el proyecto pero implican un mejor funcionamiento del mismo. Para agregarlos en el presupuesto, se recomienda incluir una parte proporcional de los gastos como luz, agua, teléfono, renta de local, gastos de papelería, etc., en el costo del proyecto.

5.2. Procedimiento a seguir para aplicar la propuesta

Los pasos a seguir para llevar a cabo la metodología de estimación ajustada para PYMES y así obtener un estimado del costo se describen a continuación en los siguientes párrafos. En la Figura 1, se muestra un diagrama de flujo que detalla el proceso, para mayor comprensión del mismo.



Fig. 1. Diagrama de Flujo de la Metodología de Estimación de Costos

1. Estimar el tamaño, lo cual puede ser con Puntos de Casos de Uso o Puntos de Función.
2. Posteriormente se presentan dos opciones, una con datos históricos y otra sin datos históricos.
 - a. Con datos históricos: se elabora una estimación del esfuerzo comparando el tamaño aproximado obtenido previamente con los históricos y luego aplicando los modificadores históricos de la línea base.
 - b. Sin datos históricos: se lleva a cabo la estimación con alguna de las propuestas de estimación, ya sea Clemons [4] o Longstreet [6] (ver sección 3).
3. Si se cuenta con una línea base de modificadores de esfuerzo, se aplican al esfuerzo estimado para ajustarlo.
4. Ya que se cuenta con el esfuerzo en Horas-Persona, se procede a elaborar el calendario de desarrollo con base en las exigencias del cliente y los recursos de la empresa.
5. Con el calendario y la cantidad de recursos ya asignada al proceso, se estima el valor monetario del proyecto considerando los tres tipos distintos de costos.
6. Una vez obtenido el costo estimado se lleva a cabo el desarrollo del proyecto.
7. Al término del desarrollo se registran los datos reales del proyecto elaborado que pasarán a formar parte de los datos históricos.

6. Conclusiones

Después de una revisión bibliográfica laboriosa y un estudio de campo que muestra el interés de las empresas, grandes y pequeñas, por tener estimaciones certeras, se procedió a tratar de establecer un método sencillo, claro y no costoso.

El método resultante se basa en dos métricas fáciles y dos formas de estimación empíricas que, aunque fueron obtenidas en Estados Unidos, sirven como punto de arranque a las empresas mexicanas que, a lo largo de su trayectoria podrán ir ajustando sus estimaciones conforme registren datos históricos confiables.

Como una forma de comprobación de la validez de las estimaciones empleadas, se está llevando a cabo una recolección de datos de proyectos que incluyen Puntos de Función y Horas persona, correspondientes a sistemas desarrollados en la Ciudad de Xalapa por exalumnos de posgrado en Ingeniería de Software. Sobre esa base se espera ajustarlas. En un paso siguiente se recolectarán y analizarán datos de proyectos de empresas.

También es importante hacer notar que el método propuesto se encuentra en etapa de prueba y que se cuenta con un modelo cargado en Excel que resulta muy simple de utilizar.

Referencias

1. N. Fenton (2000). Software Metrics: Roadmap: ACM Press: Future of Software Engineering. Pp. 357 – 370; Ireland.

2. C. Jones (1996). *Applied Software measurement: assuring productivity and quality*; Mc Graw – Hill; Second Edition; USA.
3. M. A. Sumano López (2007). *Áncora: Análisis de requerimientos de software conduceente al reuso de artefactos*; 1era ed.; colección Textos Universitarios; Universidad Veracruzana; México.
4. R. Clemons (2006). Project Estimation with Use Case Points; *CrossTalk, The Journal of Defense Software Engineering*; February; USA.
5. P. Armour (2002). Ten Unmyths of Project Estimation. Reconsidering some commonly accepted project management practices; *Communications of the ACM*; Pp. 15 – 18; November; Vol. 45; No. 11; EEUU.
6. D. Longstreet (2008). *Estimating Data*; Longstreet Consulting Inc.; disponible en: <http://softwaremetrics.com/Articles/estimatingdata.htm>; USA.