

# **Desarrollo de un código de métricas para pequeñas empresas ecuatorianas desarrolladoras de software**

Raúl González Carrión.

*Ingeniero en Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral.  
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación.  
e-mail: rgonzale@espol.edu.ec*

Henry Hernández Rendón.

*Ingeniero en Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral.  
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación.  
e-mail: hhernande@fiec.espol.edu.ec*

Mónica Villavicencio Cabezas.

*Ingeniera en Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral.  
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación.  
e-mail: mvillavi@espol.edu.ec*

## **Resumen**

*El presente artículo reporta un estudio orientado a validar el instrumento de medición que se utilizó para la obtención de métricas. El estudio se orientó también a determinar los factores que inciden en la administración de proyectos de software en empresas pequeñas desarrolladoras de software en el Ecuador. Se tomó una muestra de 15 empresas asentadas en las ciudades de Quito y Guayaquil. Los resultados que se presentan tienen relación con la variación del porcentaje de error en la estimación del esfuerzo, la determinación del porcentaje de esfuerzo empleado en documentación; la complejidad técnica y del negocio en los proyectos; el establecimiento del porcentaje de error en la estimación del costo; el conocimiento del costo promedio hora; la presencia de cambios en los requerimientos y su frecuencia; la evaluación de defectos y fallas por fases y su severidad; la eficiencia de las empresas para atender los defectos y las fallas presentados, entre otros. El estudio pretende cuantificar la eficacia en la planificación, la eficiencia en la administración de recursos, la frecuencia y severidad de los elementos conspiradores y el grado de efectividad con que se superan tales elementos en empresas pequeñas.*

## **1. Introducción**

Dos estudios realizados por el Sub-Componente 8 de Ingeniería de Software [1] [2], dentro del marco de Proyecto VLIR-ESPOL, sirvieron como punto de partida para la elaboración de un plan de métricas, así como los instrumentos utilizados para la recopilación de datos en el contexto ecuatoriano [3]. Previamente, se realizó un plan piloto en el que se aplicó un instrumento de medición en tres empresas grandes desarrolladoras de software ubicadas en las ciudades de Guayaquil y Quito [4]. Seguidamente, se dio inicio al presente estudio haciendo un corte a la información generada por el estudio piloto, contándose también con el plan de métricas con las respectivas plantillas para el levantamiento de información. Esto último facilitó redefinir y adicionar parámetros y, consecuentemente, formular los indicadores definitivos para la presente investigación [5].

## **2. Población objetivo del estudio**

Para la elección de la población objetivo, se consideró como elemento fundamental la premisa técnica de que, para realizar una correcta comparación de los datos, era necesario que las empresas tuvieran similares características. En tal sentido, se han considerado los siguientes principios:

Seleccionar únicamente empresas que dentro de sus líneas de negocios tengan el desarrollo de software y/o la provisión de servicios asociados. Por lo tanto, se excluyó las empresas que tienen como actividad exclusiva la comercialización.

Que las empresas sean de tamaño pequeño, tomando como base el número de empleados. Para esto, se hizo uso de estudios previos dentro del Proyecto VLIR-ESPOL, Componente 8 Área de Ingeniería de Software, realizados en los años 2003 [1] y 2005 [2], donde se aplicaron los siguientes rangos:

- Pequeñas: 10 empleados o menos.
- Medianas: entre 10 y 50 empleados.
- Grandes: 50 empleados o más.

Utilizando estas definiciones, se procedió a seleccionar las empresas pequeñas para el presente estudio.

Que los proyectos sean de tamaño pequeño, con base en el criterio de la duración de éstos. Para lo cual, se utilizó como término de referencia los mismos estudios realizados dentro del Proyecto VLIR-ESPOL en los años 2003 [1] y 2005 [2], en los que se clasifica a los proyectos pequeños a aquellos cuya duración está entre 1 y 6 meses; proyectos medianos a los que están entre 7 y 15 meses; y grandes a los que requieren más de 15 meses para su ejecución [1].

Que su proceso de desarrollo de software se divide en fases: planificación, especificación, diseño, construcción, pruebas e instalación. Dichas fases pueden ser ejecutadas en cualquier orden, no necesariamente se debe haber terminado una para dar inicio a otra.

### 3. Muestra seleccionada

Para la selección de la muestra, se partió de un universo de empresas tomado de la base de datos del Componente 8 del Proyecto VLIR – ESPOL, la cual agrupa un total de 200 empresas, ubicadas en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca. Esta base de datos contiene información actualizada de todas las empresas que desarrollan software en el Ecuador. De este número de empresas, se tomó una muestra de 20 empresas desarrolladoras de software, en mayo del 2006; decisión que responde al principio estadístico de que cuando se realizan estas pruebas, es suficiente tomar el 10% del universo de estudio [6].

Con la finalidad de cumplir con el tamaño de muestra de 20 empresas, fue necesario visitar y/o llamar a un total de 73 empresas que tuvieran el perfil de la población objetivo del estudio. Al término de esta actividad, se obtuvo que: 13 empresas no aceptaron participar (rechazo explícito); 1 no desarrolla software; 7 no tenían proyecto para aplicar las métricas; 7

estaban participando en otros proyectos de investigación; 4 quedaron pendientes de confirmar (nunca confirmaron); 3 manifestaron interés, pero al final nunca participaron; 18 nunca se pudo localizar a la persona encargada; y, finalmente, 20 empresas aceptaron la participación. A estas últimas se les proporcionó el programa de instrucciones. De estas 20 empresas, 5 no cumplieron el compromiso adquirido, por lo que se optó por solicitar a las 15 restantes que aporten con proyectos adicionales para completar al menos 20 proyectos. [5]

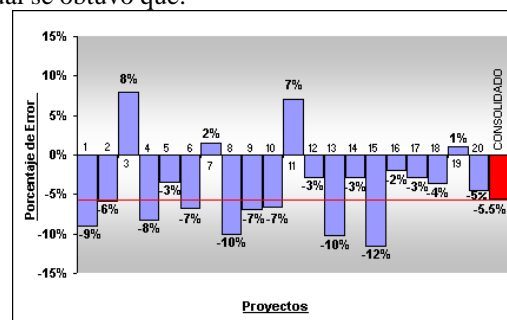
### 4. Instrumento de medición

Se define como instrumento de medición a la herramienta que sirvió para lograr el objetivo fundamental del presente estudio; obtener métricas de empresas desarrolladoras de software. Su mecanismo de funcionamiento se apoya en el levantamiento de información, cálculo, y evaluación de los resultados obtenidos a fin de inferir acciones y recomendaciones tendientes a optimizar los resultados en esta parte de la industria informática [5]. De esto, se derivan los indicadores que se explican a continuación. En este trabajo no han sido incluidos todos los resultados del estudio, pues a la fecha de presentación del artículo no se había concluido con todo el análisis.

### 5. Resultados de los indicadores obtenidos

#### 5.1. Resultados indicador 1: porcentaje de error en la estimación del esfuerzo

Este indicador determina el grado de acercamiento de los proyectos a sus estimaciones de tiempo, con lo cual se obtuvo que:



**Gráfico 5.1 [5]. Porcentaje de error en la estimación del esfuerzo**

El promedio general de todos los proyectos estimó el 5.5% menos del tiempo necesario para desarrollarlos, lo que explica la posición negativa que se evidencia en las barras.

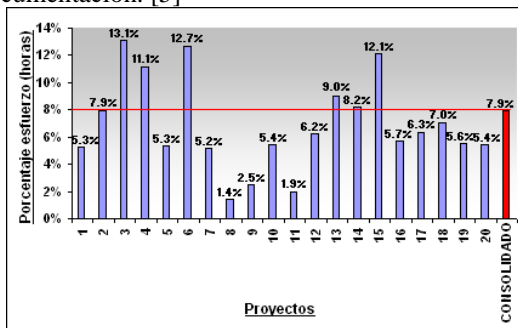
La gráfica evidencia que en dos de los proyectos, esto es, el 7 y el 19, el nivel de estimación de tiempo es

apropiado, pues, a pesar de haberse estimado más del tiempo requerido, dicho exceso únicamente se ubica en el 2% y 1% respectivamente. Estas discrepancias se consideran razonables en estos casos.

El sesgo en el proyecto 15 indica que se estimó un 12% menos del tiempo total requerido, situación que ratifica la tendencia en el sentido de que la gran mayoría de los proyectos informáticos carecen de una adecuada estimación. [5]

### 5.2. Resultados indicador 2: porcentaje del esfuerzo empleado en documentación

Este indicador refleja el porcentaje de las horas totales que cada proyecto ha dedicado a su documentación. [5]

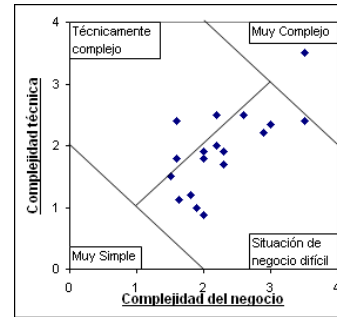


**Gráfico 5.2. Porcentaje del esfuerzo empleado en documentación [5]**

El consolidado de todos los proyectos participantes alcanza el 7.9%, valor que en la práctica se considera relativamente bajo debido a que la experiencia de personas conectoras de estos temas sugieren mayor dedicación de horas al proceso de documentar los proyectos, por el alto riesgo que su ausencia implica[10]. Se evidencia en los proyectos 3 un 13.1% y en el 6 un 12.7%, en el 15 un 12.1% y en el 4 un 11.1%, los mismos que por exceder de manera evidente al promedio, se consideran datos cuya atipicidad estaría dada porque se trata de nuevos proyectos o porque el encargado de esta función no posee la experiencia necesaria en el manejo de técnicas de documentación, y no porque posean cultura de documentación. [5]

### 5.3. Resultados indicador 3: complejidad del negocio y complejidad técnica

Este indicador relaciona la complejidad del negocio con la complejidad técnica, lo que apunta a una separación de los proyectos participantes en 4 cuadrantes, de tal manera que se evidencia la virtual segregación existente entre proyectos simples, muy complejos, técnicamente complejos y negocios de complejidad implícita. [5]

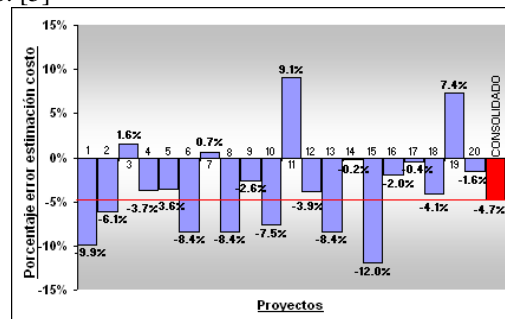


**Gráfico 5.3. Complejidad de los proyectos [5]**

De la grafica se puede deducir que la mayor parte de proyectos han sido realizados para negocios complejos; al tiempo que se aprecia pocos proyectos que han derivado alta complejidad. Adicionalmente encontramos que en el rango de proyectos muy complejos existiría un solo caso. La gráfica muestra también de manera clara que no han existido proyectos que puedan catalogarse en la calidad de muy simples.[5]

### 5.4. Resultados indicador 4: porcentaje de error en la estimación del costo

Este indicador determina el grado de acercamiento de los proyectos a sus estimaciones presupuestales de costo. [5]



**Gráfico 5.4. Porcentaje de error en la estimación del costo [5]**

El promedio general de todos los proyectos estimó el 4.7% menos del costo necesario para desarrollarlos, lo que explica la posición negativa que se evidencia en las barras.

Los proyectos 7, 14 y 17 acusan un apropiado nivel de estimación de costo, considerando que, a pesar de haber estimado más o menos el costo requerido, dicho exceso o faltante, según el caso, únicamente se discrepa en el 0.7%, -0.2% y -0.4% respectivamente.

Varios proyectos se pasaron de la media, situación que ratifica la tendencia en el sentido de que la gran mayoría de los proyectos informáticos carecen de una adecuada estimación en el costo, lo que respondería al escaso esfuerzo en la planificación los mismos. [5]

### 5.5. Resultados indicador 5: costo promedio hora real

Este indicador refleja el costo promedio hora real de los proyectos participantes. [5]

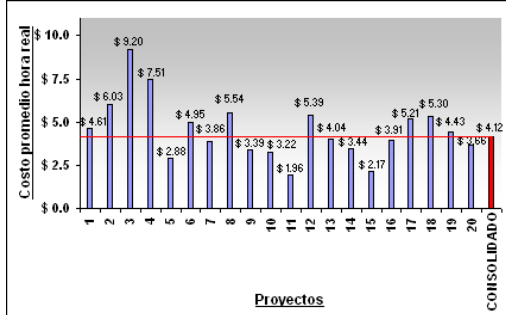


Gráfico 5.5. Costo promedio hora real [5]

El consolidado de todos los proyectos alcanza un costo promedio de \$4.12, que si se lo examina con los demás participantes, observamos que 10 proyectos están por arriba y 10 por debajo de dicho promedio, lo que nos llevaría a concluir el por qué de la tendencia.

El proyecto 3 tiene un costo de \$9.20 promedio hora real, valor que por exceder de manera evidente a la media se considera atípico, en razón de que en el mismo habrían participado en mayor proporción recursos de más alto costo en la empresa, como el caso de gerentes o líderes de proyectos. Podría también haber la presencia de costos indirectos adicionales que inciden en el promedio hora real, como el caso de personal indirecto que habría participado en los proyectos, tales como secretarías, personal de apoyo y hasta eventuales honorarios a consultores.

Por otro lado, el proyecto 11 tiene un costo hora promedio de \$1.96, cuya atipicidad podría obedecer a que en el proyecto participaron recursos de bajo costo, los que no necesariamente podrían catalogarse como malos recursos.

Como dato adicional tenemos un artículo publicado por la CORPEI en el que indican los resultados de la encuesta salarial realizada por Price Waterhouse SIREM "Servicio Integrado de Remuneraciones" a Empresas Nacionales y Multinacionales del Ecuador [11]. Dicho artículo presenta lo siguiente:

Costo hora promedio:

Ingeniero / Analista de Sistemas Senior = \$6.18 (calculado de 160 horas).

Ingeniero / Analista de Sistemas Junior = \$3.80 (calculado de 160 horas).

### 5.6. Resultados indicador 6: porcentaje de inspecciones realizadas por fases

Este indicador determina a nivel consolidado la proporción que representa las inspecciones realizadas en cada fase, respecto al total de tareas realizadas en las mismas. [5]

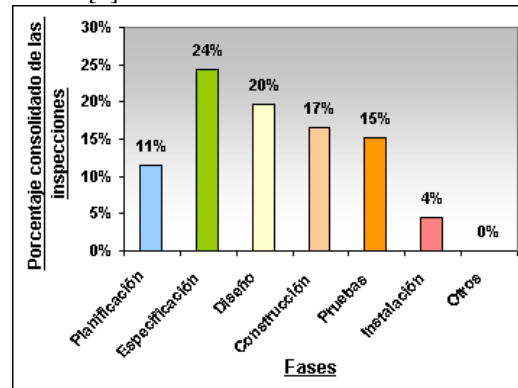


Gráfico 5.6. Porcentaje de inspecciones realizadas por fases [5]

La mayor cantidad de inspecciones se realizan a partir de la segunda fase, esto es, en la especificación, donde se observa que las fases siguientes tuvieron niveles de inspección porcentualmente decrecientes. A nuestro parecer las empresas deben de inspeccionar también su plan de trabajo para prever de manera temprana complicaciones en el desarrollo del proyecto.

### 5.7. Resultados indicador 7: porcentaje de variación de los requerimientos

Este indicador mide la forma como han variado en porcentaje los requerimientos originalmente propuestos respecto a los ejecutados en el proyecto. [5]

Previo a la discusión acerca de los resultados obtenidos del presente indicador, es necesario explicar que significa "requerimiento" para las empresas. Un requerimiento "es una funcionalidad que actualmente no posee el sistema de software o cualquier funcionalidad que se le pueda agregar de forma o de fondo".

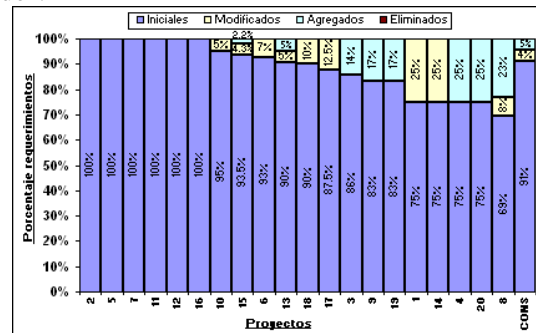


Gráfico 5.7. Porcentaje de variación de los requerimientos [5]

El promedio general consolidado respecto a los requerimientos iniciales en todos los proyectos

participantes alcanzó el 91%, esto es, que de los requerimientos iniciales el 91% fueron ejecutados, el 4% fueron modificados y un 5% fueron nuevas solicitudes para el sistema.

Existen 11 proyectos en los que se evidencia un porcentaje de requerimientos iniciales ejecutados, inferior al promedio general de 91%, entre los que se encuentran los proyectos 1, 14, 4, 20, con un porcentaje de 75% de requerimientos iniciales ejecutados y el proyecto 8 con 69% de requerimientos iniciales ejecutados.

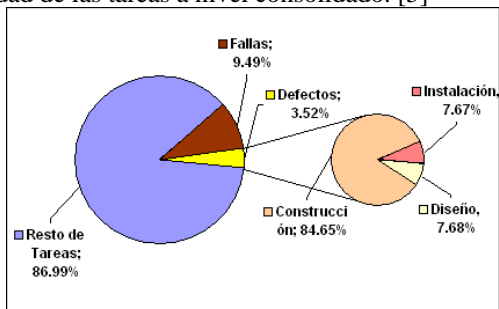
Respecto al porcentaje promedio general consolidado, el 4% que representa los requerimientos modificados, encontramos que 9 proyectos se encuentran por arriba de dicho porcentaje, aspecto que reflejaría que éstos realizaron un deficiente levantamiento de información o que podría existir falta de experiencia o conocimiento del entorno del cliente y/o usuario.

Del 5% que representan los requerimientos agregados, se determinó que 7 proyectos superan dicho promedio y uno está por debajo, aspecto que en ambos casos reflejaría una inadecuada coordinación con los clientes y/o usuarios.

Respecto a los requerimientos eliminados, en la gráfica se puede observar que, de la muestra seleccionada, no se ha presentado dicho particular. [5]

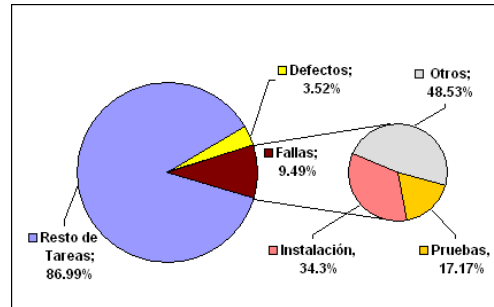
### 5.8. Resultados indicador 8: ocurrencia de defectos y fallas por fases

Este indicador mide la proporción que representa la ocurrencia de defectos y/o las fallas con respecto a la totalidad de las tareas a nivel consolidado. [5]



**Gráfico 5.8.1. Ocurrencia de defectos por fase [5]**

Con relación a la ocurrencia de defectos, se encontró que el 3.52% de las tareas se orientó a atender los defectos presentados, de los cuales se establece que el 84.65% se concentran en la fase de construcción, el 7.68% en la fase de instalación y el 7.67% de estos en la fase de diseño. [5]

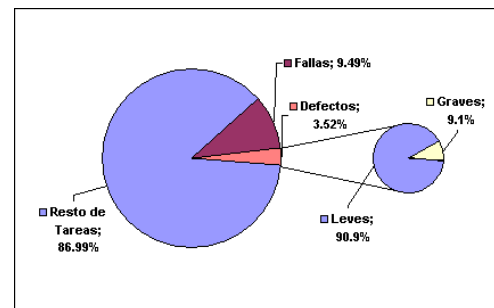


**Gráfico 5.8.2. Ocurrencia de fallas por fase [5]**

Con relación a la ocurrencia de fallas, se evidenció que el 9.49% de las tareas se orientó a atender las fallas presentadas, de las cuales se establece que el 48.53% se concentran en la fase "otros", también llamada fase de mantenimiento o post implementación, el 34.3% en la fase de instalación y el 17.17% de estos en la fase de pruebas. [5]

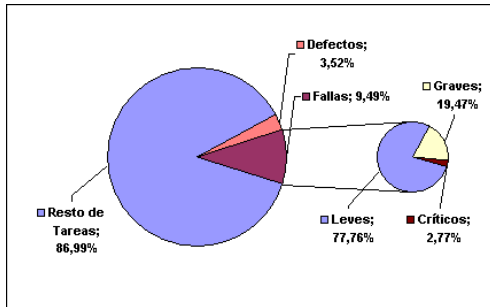
### 5.9. Resultados indicador 9: tipo de defectos y fallas más frecuentes (identificados por severidad)

Este indicador mide la proporción que representa los tipos de defectos y/o fallas con respecto a la totalidad de las tareas, identificados por su severidad [5]



**Gráfico 5.9.1. Porcentaje consolidado de defectos respecto a las tareas (identificados por su severidad) [5]**

La presente gráfica corresponde a la proporción de los defectos con respecto al total de tareas, la misma que alcanza el 3.52%. De estos defectos, el 90.9% fueron de carácter leve, el 9.1% graves y 0% críticos. [5]

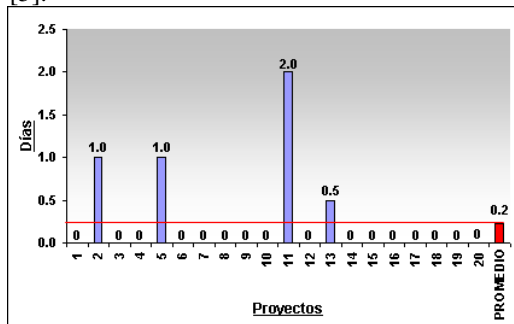


**Gráfico 5.9.2. Porcentaje consolidado de fallas respecto a las tareas (identificadas por su severidad) [5]**

La presente gráfica, que también se analizó en el indicador anterior corresponde a la proporción de las fallas que, con respecto al total de tareas, alcanzan el 9.49% lo que indica que por su severidad, el 77.76% fueron de carácter leve, el 19.47% graves y el 2.77% críticos. [5]

### 5.10. Resultados indicador 10: eficiencia en atención de defectos y fallas

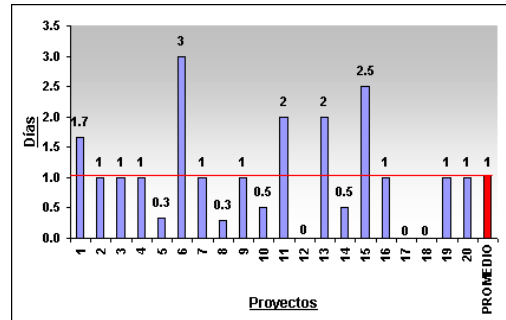
Este indicador revela la eficiencia de la empresa proveedora de software en corregir los defectos y/o fallas. La eficiencia fue medida en número de días, es decir los días que transcurrieron desde la fecha de notificación del defecto y/o falla hasta la fecha de reparación de los mismos. Este indicador es conocido también como tiempo de respuesta [9] o promedio de ciclo [5].



**Gráfico 5.10.1. Eficiencia en atención de defectos [5]**

En la gráfica de arriba, el consolidado de todos los proyectos evidencia un tiempo de respuesta promedio de 0.2 días, esto es, aproximadamente 5 horas.

En 16 proyectos no se registró este indicador debido, fundamentalmente, a que las empresas no tienen como práctica hacerlo y no cuantifican ni califican los defectos. Los defectos son reportados por terceros como fallas. [5]



**Gráfico 5.10.2. Eficiencia en atención de fallas [5]**

En esta gráfica, el consolidado de todos los proyectos evidencia un tiempo de respuesta promedio de 1 día para atender las fallas reportadas. Podemos observar en la gráfica 5.10.2 que 5 proyectos están por arriba del promedio y 7 por debajo. Ocho proyectos son iguales al promedio, lo que nos lleva a concluir que existe una tendencia marcada. [5]

## 6. Conclusiones

Es importante dedicar una considerable cantidad de tiempo a la documentación de los procesos, puesto que el requisito fundamental para obtener la certificaciones ISO9001:2000 ò CMMI es que la empresa tenga y lleve los procesos debida y correctamente documentados [7] [8].

Respecto a la complejidad de los proyectos, se evidenció una alta presencia de proyectos de negocios complejos, con pocos proyectos de complejidad técnica y solamente un proyecto catalogado como complejo. No se tuvo proyectos de complejidad simple, aspecto que ratifica la buena selección de la muestra.

Respecto a la estimación del costo, 16 proyectos han estimado por encima o por debajo de lo presupuestado, específicamente la gran mayoría estimó menos de lo que realmente gastó.

La realidad del mercado salarial ha evidenciado que el costo hora de desarrollar software en Ecuador es relativamente bajo, pese a la calidad de profesionales que trabajan desarrollando proyectos. Esto se da muy particularmente en empresas pequeñas. [5]

En estudios previos se logró determinar que el costo promedio hora varía según la categoría de recursos que participan en los proyectos, de tal manera que los proyectos en los que intervienen categorías jerárquicas altas, producen mayor costo hora promedio y, contrariamente, los proyectos en los que intervienen categorías jerárquicas de menor nivel, tienen bajo costo promedio hora. En el presente estudio, se evidenció un relativo equilibrio en este sentido. [5]

Se confirma la poca realización de inspecciones en la fase de planificación, aspecto que lleva a las

empresas a incurrir en errores de costo y estimación de los proyectos.

Indicadores como la variación porcentual en los requerimientos proporcionan información que se considera de alta utilidad práctica para futuros proyectos, pues los encargados de ejecutarlos pueden analizar y planificar apropiadamente el levantamiento de información y la coordinación con los clientes y/o usuarios. [5]

La mayor proporción de los defectos y fallas presentados en el estudio, catalogados por su severidad, se ubican en la categoría de leves, aspecto que no entraña mayor riesgo debido a que la demanda de recursos para su regularización es relativamente baja. [5]

Los resultados obtenidos respecto al porcentaje de defectos son considerablemente bajos, lo que indicaría ausencia de documentación cuando estos se presentan. Lo que a su vez confirmaría la aseveración de algunas empresas en el sentido de que, “para los programadores su software es casi perfecto, que nunca tiene defectos y sólo se los encuentra cuando el líder del proyecto o el cliente/usuario se da cuenta de aquello. Todo esto siempre en la fase de pruebas”, opinión que no es compartida por los autores de este estudio debido a que no se están documentando apropiadamente los defectos cometidos en las fases anteriores. [5]

Para realizar este tipo de estudios, es necesario, además de un concienzudo análisis, una prolija investigación junto a una actitud perseverante y persistente, pues las empresas ecuatorianas si bien están interesadas en este tipo de proyectos, desafortunadamente no disponen de tiempo ni recursos para dar el apoyo requerido [5]

## 10. Referencias

- [1] Danny Salazar, Mónica Villavicencio, María Macías, Monique Snoeck. “Estudio estadístico exploratorio de las empresas desarrolladoras de software asentadas en Guayaquil, Quito y Cuenca”, ESPOL – VLIR, Componente 8 Ingeniería de Software, Guayaquil-Ecuador, Octubre-2003, pp. 1-15
- [2] Jorge Mazón, José Alvear, Gipsy Bracco, Mónica Villavicencio. “Aspectos de la calidad y dificultades en la gestión de proyectos de software: “Estudio exploratorio””, ESPOL – VLIR, Componente 8 Ingeniería de Software, Guayaquil-Ecuador, Septiembre-2005, pp. 1 - 12.
- [3] M. Villavicencio, J. Mazón, J. Alvear, “Elaboración y análisis de métricas para el proceso de desarrollo de software, “aplicado a pymes ecuatorianas desarrolladoras de software” Proceedings de las Terceras Jornadas de Ingeniería de Software ESPOL 2006, Guayaquil-Ecuador, Octubre, pp. 1- 10.
- [4] J. Mazón, J. Alvear, “Elaboración y análisis de métricas para el proceso de desarrollo de software para empresas desarrolladoras de software del ecuador” Plan piloto 2006, TESIS ESPOL, Guayaquil-Ecuador, 2006.
- [5] Raúl González, Henry Hernández, “Desarrollo de un código de métricas para empresas desarrolladoras de software ecuatorianas pequeñas”, TESIS ESPOL, Guayaquil-Ecuador, 2006.
- [6] Martínez E. Medición. “Requisitos y procedimientos para construir un instrumento de medición.”, Universidad Metropolitana, Venezuela, 2004, pp. 1 - 6
- [7] Instituto Argentino de normalización y certificación “Orientación acerca del enfoque basado en procesos para los sistemas de gestión de calidad”, Argentina, Mayo 2001 , pp. 1 – 12
- [8] Joaquín García, “CMMI – CMMI nivel 2”, España ,Noviembre 2005, pp. 1-5
- [9] Horngren-Sundem-Stratton, “Contabilidad Administrativa”, México, Prentice Hall, 2001.
- [10] Microsoft, “¿Por qué su empresa no se puede permitir una mala documentación?”, disponible en [http://www.microsoft.com/spain/empresas/rpp/mala\\_documentacion.aspx](http://www.microsoft.com/spain/empresas/rpp/mala_documentacion.aspx), última visita: Octubre 2006
- [11] Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones - CORPEI, "Condiciones del mercado laboral", disponible en, [www.ecuadorinvest.org/ecuadorinvest/docs/10\\_8Condiciones\\_del\\_Mercado\\_Laboral.pdf](http://www.ecuadorinvest.org/ecuadorinvest/docs/10_8Condiciones_del_Mercado_Laboral.pdf), última visita: Octubre 2006.