

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

Raúl Vicente González Carrión  
Henry Xavier Hernández Rendón  
Mónica Katuska Villavicencio Cabezas, Ing.  
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación  
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL  
Campus Gustavo Galindo, Guayaquil, Ecuador  
[rgonzale@fiec.espol.edu.ec](mailto:rgonzale@fiec.espol.edu.ec)  
[hbernand@fiec.espol.edu.ec](mailto:hbernand@fiec.espol.edu.ec)  
[mvillavi@espol.edu.ec](mailto:mvillavi@espol.edu.ec)

## Resumen

*El presente artículo trata sobre un estudio realizado en las ciudades de Quito y Guayaquil, el mismo que fue aplicado a empresas pequeñas desarrolladoras de software. El citado estudio involucró un total de 20 proyectos, cuyo objetivo fue validar un instrumento de medición que serviría para la obtención de métricas y con esto determinar los factores que inciden en el proceso de desarrollo. Al efecto en este artículo se presentan las dos hipótesis que el estudio planteó y los resultados de los indicadores satisfacción del cliente y usuario versus el esfuerzo de los mismos; porcentaje de error en la estimación del costo; porcentaje del esfuerzo empleado en documentar; complejidad del negocio y complejidad técnica; costo promedio hora; porcentaje de inspecciones realizadas por fases; porcentaje de variación de los requerimientos; ocurrencia de defectos y fallas; tipo de defectos y fallas más frecuentes, identificados por su severidad; porcentaje de tiempo utilizado en corrección de defectos y fallas; y eficiencia en atención de defectos y fallas. Con todos los resultados presentados finalmente se detallan las conclusiones respecto a las hipótesis e indicadores.*

**Palabras Claves:** *Instrumento de medición, Proyecto de software, Defectos y fallas en proyectos, Ecuador, Guayaquil, Quito,*

## Abstract

*The present article treats a study made in the cities of Quito and Guayaquil, itself who was applied to small companies developers of software. The mentioned study involved a total of 20 projects, whose objective was to validate a measuring instrument that would be used for the obtaining the metric and this to determine the factors that affect the development process. To the effect in this article are presents the two hypotheses and the results of the indicators satisfaction of the customer and user versus the effort of such; percentage of error in the estimation of the cost; percentage of the effort used in documenting; complexity of the business and technical complexity; cost average hour; percentage of inspection made by phases; percentage of variation of the requirements; occurrence of defects and faults; type of defects and more frequent faults, identified by its severity; percentage of time used in correction of defects and faults; and finally efficiency in attention of defects and faults. With all the results presented finally we explain the conclusions with respect to the hypotheses and indicators are detailed.*

## 1. Introducción [5]

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 [5]

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 [5]

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 fueron contactadas por el plan piloto; 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. Antecedentes [5]

Analistas e investigadores sobre temas relacionados con la Ingeniería de Software indican que, prestar atención a la calidad de las especificaciones en las primeras etapas del proceso de desarrollo del software, asegura que pocos serán los defectos detectados y corregidos en fases posteriores. Así también concluyen que los defectos afectan los costos de desarrollo, las fechas de entrega y la satisfacción del cliente; en consecuencia es importante tener presente que la existencia de defectos derivan en la baja calidad del producto. Un estudio llevado a cabo en el uso de PSP (Personal Software Process) en una compañía ecuatoriana demuestra que aproximadamente el 50% de los defectos son causados en la etapa de diseño. Los defectos pueden también ser detectados durante inspecciones, y se ha demostrado que, en promedio, hasta el 57% son detectados en el código y en los

documentos de diseño. Una regla es que entre el 50% y el 75% de todos los defectos de diseño pueden ser encontrados cuando se hacen las inspecciones.

### 5. Hipótesis planteadas [5]

Las hipótesis son suposiciones sujetas a prueba que toman como base un razonamiento derivado de una recopilación de ideas relacionadas con nuestra realidad, y de los procesos investigativos realizados; en tal sentido, atendiendo las orientaciones fundamentales y las descripciones hipotéticas contenidas en el documento de aplicación para la aprobación del financiamiento del presente estudio las hipótesis a probar son:

Cuanto mejor es la estimación del tamaño de un proyecto de software, mejor es la estimación del tiempo de realización del mismo. No obstante, debido a la complejidad que en la práctica derivaba la determinación del tamaño del proyecto, la presente hipótesis se sustituye por la que se describe a continuación: *“Cuanto mejor es el tiempo empleado en la planificación, menor es el error en la estimación del tiempo”*; planteamiento hipotético que en todo caso confirma la afirmación de que a “mejor planificación menos errores”.

*“Cuanto mayor es el número de inspecciones en las etapas de diseño y de implementación, más pequeño es el número de los errores en el producto final entregado a los clientes”*.

### 6. 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]. Del mismo se derivan los indicadores que se proceden a explicar a continuación:

### 7. Resultados obtenidos de los indicadores

#### 7.1. Indicador “satisfacción del cliente versus el esfuerzo del cliente” y “satisfacción del usuario versus el esfuerzo del usuario” [5]

Este indicador determina si las horas de participación del usuario están relacionadas con su nivel de satisfacción.

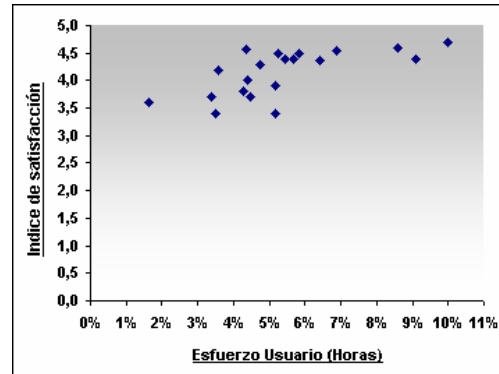


Gráfico 7.1.1 Satisfacción del usuario versus el esfuerzo del usuario [5]

En la gráfica se puede observar que en el rango de participación del 8% al 10% el nivel de satisfacción fue alto, mientras que en el rango del 4% al 7% el nivel de satisfacción fue relativamente menor. Lo que nos indicaría que a mayor participación el usuario otorgaría mayor nivel de satisfacción..

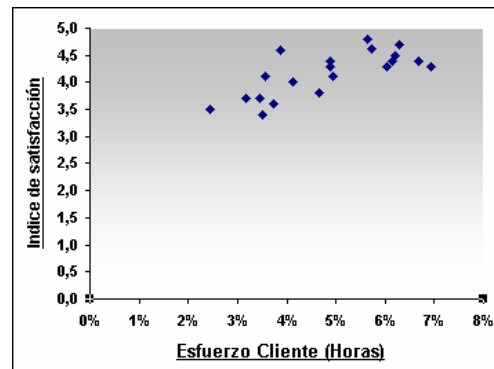
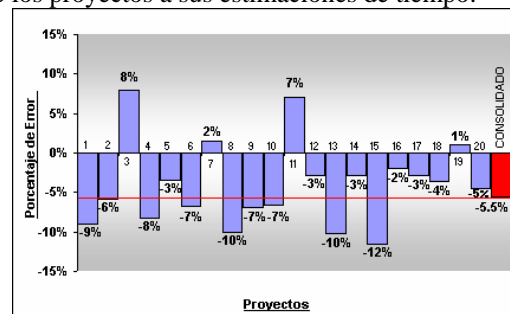


Gráfico 7.1.2. Satisfacción del cliente versus el esfuerzo del cliente [5]

En la gráfica se puede ver que en el rango del 5% al 6% el nivel de satisfacción fue alto en el cliente, pero conforme el porcentaje de participación va aumentando el nivel de satisfacción va bajando, lo que nos lleva a concluir que el cliente al tener criterios y funciones de tipo comercial, prefiere asignar menor tiempo a la parte operativa.

#### 7.2. Indicador “porcentaje de error en la estimación del esfuerzo” [5]

Este indicador determina el grado de acercamiento de los proyectos a sus estimaciones de tiempo.



### Gráfico 7.2. Porcentaje de error en la estimación del esfuerzo [5]

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.

### 7.3. Indicador “porcentaje del esfuerzo empleado en documentación” [5]

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

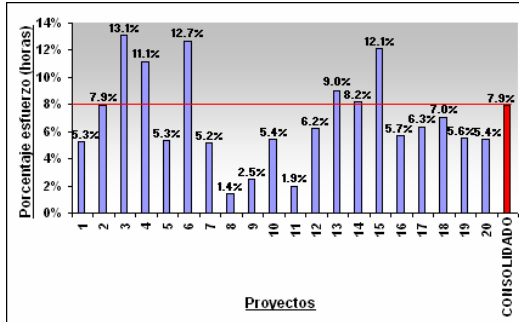


Gráfico 7.3. Porcentaje del esfuerzo empleado en documentación [5]

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 conocedoras de estos temas sugieren mayor dedicación de horas al proceso de documentar los proyectos, por el alto riesgo que su ausencia implica.

### 7.4. Indicador “complejidad del negocio y complejidad técnica” [5]

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.

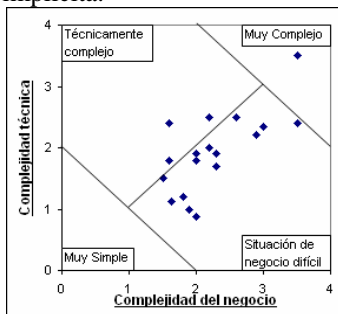


Gráfico 7.4. Complejidad de los proyectos [5]

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.

### 7.5. Indicador “porcentaje de error en la estimación del costo” [5]

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

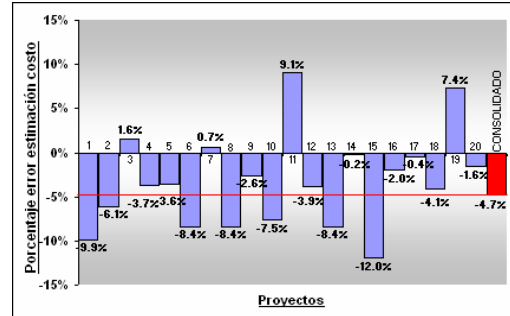


Gráfico 7.5. Porcentaje de error en la estimación del costo [5]

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.

### 7.6. Indicador “costo promedio hora real” [5]

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

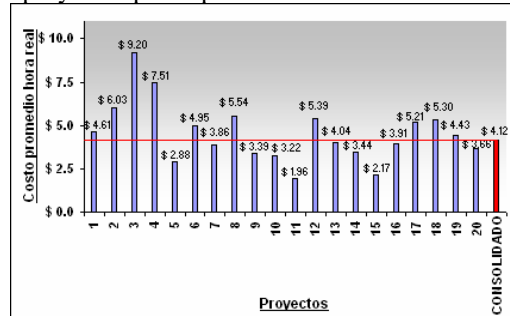
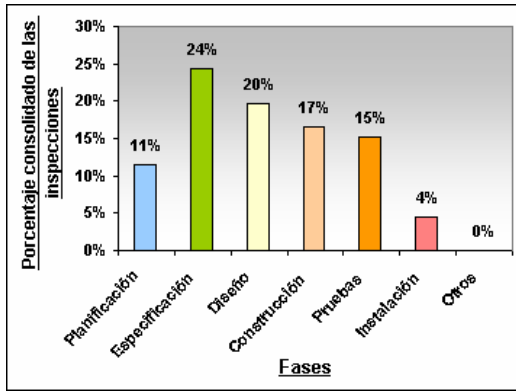


Gráfico 7.6. Costo promedio hora real [5]

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.

### 7.7. Indicador “porcentaje de inspecciones realizadas por fases” [5]

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.

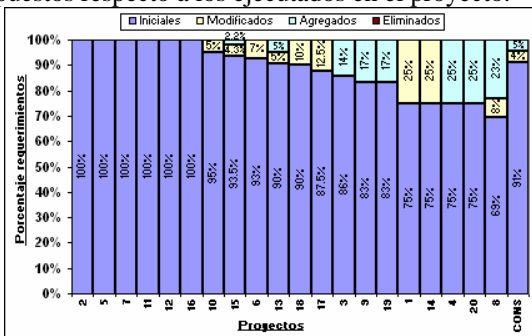


**Gráfico 7.7. Porcentaje de inspecciones realizadas por fases [5]**

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.

**7.8. Indicador “porcentaje de variación de los requerimientos” [5]**

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

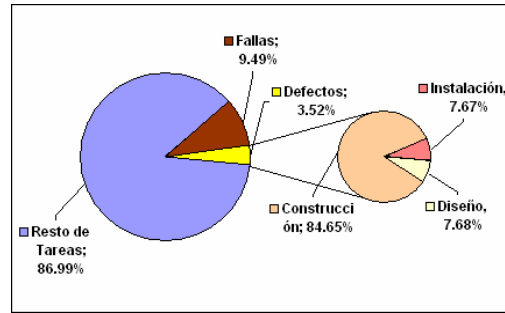


**Gráfico 7.8. Porcentaje de variación de los requerimientos [5]**

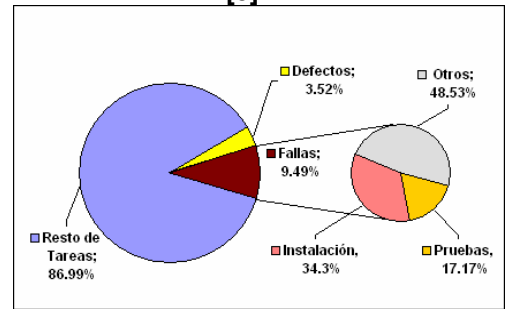
El promedio general consolidado respecto a los requerimientos iniciales en todos los proyectos participantes alcanzó el 91%, esto es, que de los requerimientos iniciales el 91% fueron ejecutados, el 4% fueron modificados y se agregó un 5% de nuevos pedidos.

**7.9. Indicador “ocurrencia de defectos y fallas por fases” [5]**

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.



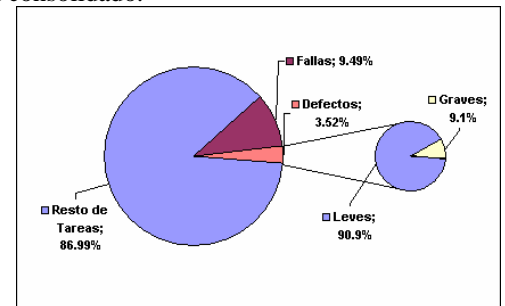
**Gráfico 7.9.1. Ocurrencia de defectos por fase [5]**



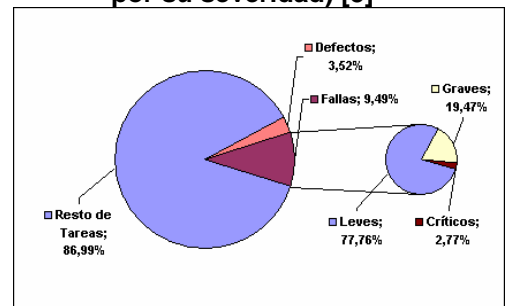
**Gráfico 7.9.2. Ocurrencia de fallas por fase [5]**

**7.10. Indicador “tipo de defectos y fallas más frecuentes (identificados por severidad)” [5]**

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, a nivel consolidado.



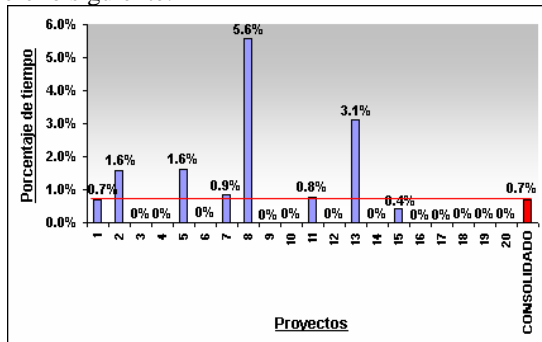
**Gráfico 7.10.1. Porcentaje consolidado de defectos respecto a las tareas (identificadas por su severidad) [5]**



**Gráfico 7.10.2. Porcentaje consolidado de fallas respecto a las tareas (identificadas por su severidad) [5]**

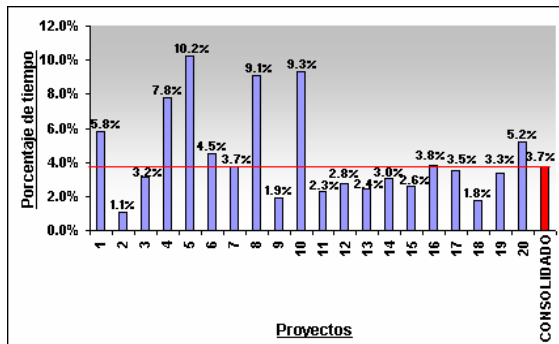
### 7.11. Indicador “porcentaje del tiempo utilizado en corrección de defectos y fallas” [5]

Este indicador revela el tiempo dedicado por cada proyecto en la corrección de defectos o fallas, expresado en porcentaje respecto a la totalidad del tiempo demandado en los mismos; al tiempo de realizar el análisis comparativo con la situación consolidada de todos los proyectos participantes en el estudio; de cuyos gráficos independientes para cada aspecto se infiere lo siguiente:



**Gráfico 7.11.1. Porcentaje de tiempo utilizado en corrección de defectos [5]**

En la gráfica de arriba, el consolidado de todos los proyectos evidencia un porcentaje de tiempo utilizado para la corrección de defectos de 0.7, aspecto que por cierto es bajo, lo que indicaría que las empresas no están documentando los defectos que se les presentan.

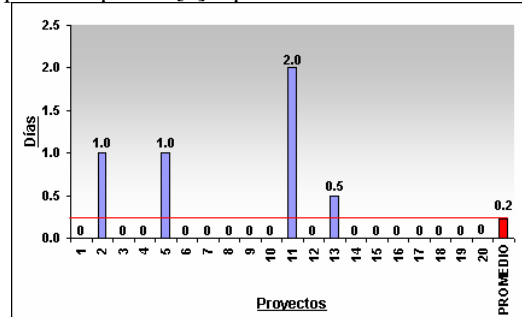


**Gráfico 7.11.2. Eficiencia en atención de fallas [5]**

El consolidado de todos los proyectos participantes, que se aprecia en el primer gráfico, manifiesta que el tiempo utilizado en el promedio general de los proyectos para la corrección de defectos es del 0.7%, el mismo que en la práctica se considera mínimo, toda vez que la experiencia de personas conocedoras de estos temas opinan que la dedicación de tiempo a la corrección de defectos sería mucho mayor, por lo que los resultados que presentan el estudio estarían dados por la práctica de no calificar a los defectos sino únicamente cuando son reportados por el líder de proyectos o el cliente/usuario.

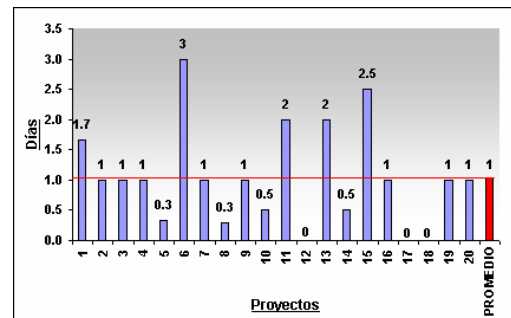
### 7.12. Indicador “eficiencia en atención de defectos y fallas” [5]

Este indicador revela la eficiencia de la empresa proveedora de software en atender los defectos y/o fallas, medido en número de días que se cuentan desde la fecha de notificación del defecto y/o falla hasta la fecha de atención. Este indicador se denomina también tiempo de respuesta [7] o promedio de ciclo.



**Gráfico 7.12.1. Eficiencia en atención de defectos [5]**

En la gráfica de arriba, el consolidado de todos los proyectos evidencia un tiempo de respuesta promedio general equivalente a 0.2 días, esto es, aproximadamente 5 horas que habría demandado la respuesta para la atención de los defectos denunciados.



**Gráfico 7.12.2. Eficiencia en atención de fallas [5]**

En esta gráfica, el consolidado de todos los proyectos evidencia un tiempo de respuesta promedio general equivalente a 1 día, en atender las fallas presentadas que si se lo compara con los demás participantes, observamos que 5 proyectos están por arriba y 7 por debajo de dicho promedio. Ocho proyectos son iguales al promedio, lo que, excepto por el sesgo evidenciado en el proyecto 6, nos lleva a concluir las razones de la tendencia.

## 8. Conclusiones

### Sobre las hipótesis [5]

- Que la variable porcentaje de esfuerzo empleado en planificar, esta relacionada con el porcentaje de error en la estimación del esfuerzo; lo que afirma el planteamiento hipotético en el sentido que “a mayor esfuerzo (horas) por parte de las empresas desarrolladoras de software en la planificación, disminuye el porcentaje de error en la estimación del proyecto”.

- Que la variable esfuerzo empleado en las 4 fases iniciales esta relacionada con el esfuerzo empleado en solucionar las fallas; lo que afirma el planteamiento hipotético en el sentido que “a mayor esfuerzo (horas) de las empresas en sus fases iniciales (planificación, especificación, diseño, construcción), disminuirían el esfuerzo (horas) que se emplea en solucionar las fallas que se les presenta al usuario”.

#### **Sobre los indicadores [5]**

- Que a mayor participación del cliente, la calificación del nivel de satisfacción decrece, lo que podría explicarse por el perfil del evaluador, que al tener criterios y funciones de tipo comercial, prefiere asignar el menor tiempo posible a aspectos de orden operativo.
- Que la gran mayoría de los proyectos producto de este estudio carecen de adecuada estimación, lo que respondería al escaso esfuerzo en la planificación de los mismos.
- Que respecto a documentación el consolidado de todos los en la práctica se considera relativamente bajo, toda vez que la experiencia de personas conocedoras de estos temas sugieren mayor dedicación de horas al proceso de documentar los proyectos, debido al alto riesgo que su ausencia implica.
- Que en lo atinente a documentación se colige que en el Ecuador al igual que en las empresas latinoamericanas no existe cultura de documentación de los proyectos informáticos, lo que como se ha mencionado en líneas anteriores, constituye un alto nivel de riesgo operativo.
- Es importante dedicar una considerable cantidad de tiempo a la documentación de los procesos, puesto que el requisito fundamental para obtener certificaciones ISO9001:2000 ò CMMI es que la empresa tenga y lleve los procesos debida y correctamente documentados.
- Que en la complejidad técnica versus la complejidad del negocio una considerable parte de proyectos han sido realizados para negocios complejos, lo que en cierta parte se refleja en las conclusiones anteriores; al tiempo que se apreció pocos proyectos que han derivado alta complejidad y más aún encontramos que en el rango de proyectos muy complejos existió un solo caso, y además que no han existido proyectos que puedan catalogarse en la calidad de muy simples, lo que ratifica el perfil de las empresas elegidas para el estudio.
- Que la realidad del mercado salarial ha evidenciado la existencia de buenos desarrolladores a un costo hora relativamente bajo, particularmente en empresas pequeñas.
- Que el costo hora promedio obtenido por el presente estudio de \$4.12 guarda relación con publicado por la CORPEI, esto es, Ingeniero / Analista de Sistemas Senior = \$6.18 (calculado de 160 horas); y, Ingeniero / Analista de Sistemas Junior = \$3.80 (calculado de 160 horas). [8], aspecto que confirmaría la validez del mismo.
- Que indicadores como la variación porcentual en los requerimientos proporcionan información que se considera de alta utilidad práctica para futuros proyectos a fin de que los encargados de ejecutarlos analicen y planifiquen apropiadamente el levantamiento de información y la coordinación con los clientes y/o usuarios.
- Que 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, toda vez que la demanda de recursos para su regularización es relativamente baja.

#### **Aspectos generales [5]**

- Que los resultados respecto a los defectos presentados son considerablemente bajos, lo que indicaría ausencia de documentación a todos los casos, que a su vez confirmaría la aseveración de algunas empresas, en el sentido que, “para los desarrolladores (programadores) su software es casi perfecto, que nunca tiene defectos, sino hasta que el líder del proyecto o el cliente/usuario los encuentra, todo esto siempre en la fase de pruebas”, opinión que no es compartida por los autores de este estudio, en razón que no se habrían documentado los defectos cometidos en las fases anteriores.
- Que para realizar este tipo de estudios es necesario además de un mesurado análisis, una prudente investigación, unido a una actitud perseverante y persistente, ya que las empresas ecuatorianas si bien están interesadas en este tipo de proyectos, desafortunadamente no disponen de tiempo ni recursos para coadyuvar a dichos estudios.

## **9. 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. A. Ibear, “Elaboración y análisis de métricas para el proceso de desarrollo de software para empresas desarrolladoras de software del ecuador” Plan piloto 2006, (Tesis Ingeniería en Computación, ESPOL, Guayaquil-Ecuador, 2006.)

[5] Raúl González, Henry Hernández, “Desarrollo de un código de métricas para empresas desarrolladoras de software ecuatorianas pequeñas” (Tesis Ingeniería en Computación, 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] Horngren-Sundem-Stratton, “Contabilidad Administrativa”, México, Prentice Hall, 2001.

[8] Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones – CORPEI; Octubre 2006, "Condiciones del mercado laboral", [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.