

Prácticas de Ingeniería de Requisitos en las Empresas de Desarrollo de Software, en la Ciudad de Quito - Ecuador

Javier Simbaña Saransig, Gabriel Simbaña Quinsasamin, Cecilia Hinojosa Raza, Mario Ron Egas
*Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE,
Sangolquí, Ecuador*

E-mail: simbana.javier@gmail.com, jgabriels_87@hotmail.com, {[cmhinojosa](mailto:cmhinojosa@espe.edu.ec), [mbron](mailto:mbron@espe.edu.ec)}@espe.edu.ec

Resumen—Antecedentes: Uno de los elementos clave para mejorar la industria de software en el Ecuador es contar con un diagnóstico de las prácticas que utilizan las empresas en el proceso de desarrollo y específicamente, en la Ingeniería de Requisitos (IR). Este diagnóstico permitirá orientar acciones concretas de mejora, en cuanto a la calidad del software. **Objetivo:** El presente trabajo se planteó como objetivo realizar un estudio exploratorio de las prácticas de la IRs que aplican las empresas de desarrollo de software de la ciudad de Quito - Ecuador. **Metodología:** El estudio se realizó en 51 empresas elegidas de forma aleatoria. Mediante una encuesta guiada, diseñada para utilizar estadística descriptiva. **Resultados:** Los datos ponen de manifiesto el estado actual de la IR en un sector representativo de la industria del software de Quito. **Conclusiones:** En la presente investigación se detectaron debilidades en la aplicación de la IR en las empresas de desarrollo de software, radicadas en la ciudad de Quito, ante lo cual se propone como alternativa crear sinergia entre la universidad y la empresa para emprender proyectos orientados a la solución de los problemas detectados

Palabras Clave— *Prácticas de Ingeniería de Requisitos, Investigación exploratoria, Empresas de desarrollo de software, Quito - Ecuador*

I. INTRODUCCIÓN

El sector de desarrollo de software ha sido reconocido por el gobierno ecuatoriano como un eje estratégico, el cual aporta al cambio de la matriz productiva del país [1]. A través del Ministerio de Industrias y Productividad, se busca fortalecer la cadena de valor del sector software, promocionar e insertar los productos ecuatorianos en mercados internacionales. Para fortalecer el sector, es preciso contar con un conocimiento más profundo sobre las prácticas que aplican las empresas de desarrollo de software, en general; y sobre las prácticas de la Ingeniería de Requisitos (IR), en particular.

Ante la importancia que reviste la IR en la competitividad de las empresas de desarrollo de software, y la falta de estudios referentes a este ámbito en el Ecuador, se pone a consideración esta investigación, la cual presenta una aproximación del estado de la IR en el sector de desarrollo de software en Quito. Se

espera que los datos resultantes de este estudio contribuyan al planteamiento de acciones que favorezcan el desarrollo eficiente de este sector estratégico del país.

El artículo está estructurado de la siguiente forma: en la sección 2 se detallan los antecedentes sobre la industria de software en el Ecuador, la importancia de la Ingeniería de Requisitos y el proceso que sirvió de base para esta investigación. La sección 3 describe el diseño de la investigación. En la sección 4 se presentan los resultados obtenidos. Y finalmente, en la sección 5 se presentan las conclusiones y trabajos futuros.

II. ANTECEDENTES

A. La industria de software en el Ecuador

En la ciudad de Quito - Ecuador, ochenta empresas se dedican exclusivamente al desarrollo de software [2] y corresponden al 49% de la industria ecuatoriana de software. En Guayaquil se encuentran radicadas el 37%. Se trata de una industria relativamente nueva, conformada en su mayor parte por microempresas. Empezó su crecimiento en la década de los noventa y ha presentado una importante evolución en los últimos años, con un tasa de crecimiento anual del 22.4% [3]. Según el Reporte Global de Competitividad del Foro Económico Mundial, el país ha ascendido del puesto 106 al 101 en cuanto al indicador Absorción Empresarial de la Tecnología, entre el 2010 y el 2013 [4]. La mayoría de estas firmas incursionan en el desarrollo de soluciones para pequeñas y medianas empresas. Su producción se enfoca de manera importante en software de gestión, tales como: ERP, CRM, ERM, gestión de logística y aplicaciones móviles.

B. La Ingeniería de Requisitos

La Ingeniería de Requisitos es un proceso cooperativo, iterativo e incremental, [5] en el cual se descubren, analizan, documentan, comunican, validan y gestionan [6] las características o restricciones operativas y funcionales que se esperan del sistema, las cuales deben ser: documentadas, completas y acordadas entre los involucrados [7]; de tal manera que sean la base para las posteriores fases del desarrollo del

sistema.

La Ingeniería de Requisitos es la fase más importante y difícil del proceso de desarrollo de software [8] [9] [10], es la base para la planificación, diseño, implementación y pruebas del software. Los requisitos deficientes son la principal causa del fracaso de proyectos, al respecto, la consultora internacional Standish Group [11], cita que tan solo el 32% de los proyectos de desarrollo de software, se pueden considerar exitosos, el 44% se entregaron fuera de plazo, excedieron su presupuesto y no cubrieron la totalidad de las características y funcionalidad pactada, y el 24% de los proyectos fueron cancelados. En este mismo estudio se puntualiza que el principal factor para el fracaso de un proyecto de desarrollo de software radica en la mala calidad de los requerimientos.

Jones [12] luego de analizar cientos de organizaciones, llegó a determinar que el proceso de ingeniería de requisitos es deficiente en más del 75 por ciento de las mismas. Si bien este estudio fue realizado hace dos décadas, es importante analizar cuánto han avanzado las organizaciones en este sentido.

C. Proceso de la Ingeniería de Requisitos

Para obtener requisitos de calidad, es preciso seguir un proceso bien definido, así también utilizar en cada fase las técnicas que aporten a la calidad de los resultados y a la eficiencia del proceso; al respecto, el “Software Engineering Body of Knowledge – SWEBOK” [13] determina las fases genéricas del proceso de IR, las cuales son: Elicitación, Análisis, Especificación y Validación. Estas fases siguen una secuencia lógica y se ejecutan de manera iterativa.

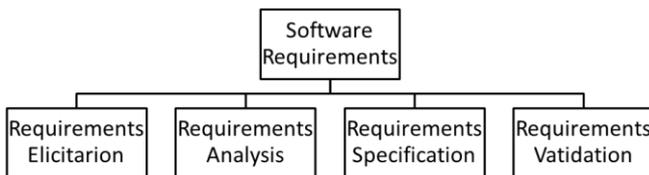


Figure 1. Fases del proceso de Requisitos del Software (IEEE Computer Society, 2014)

III. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

A. Método de investigación

El presente estudio es de carácter exploratorio, su objetivo es determinar las prácticas de la IR que aplican las empresas de desarrollo de software, en la ciudad de Quito. Las unidades de análisis para el presente estudio fueron las empresas de desarrollo de software, representadas por el líder de proyectos, el gerente de desarrollo o el desarrollador encargado de las actividades de la ingeniería de requisitos. En todos los casos hubo un solo representante por organización.

Hipótesis: Las empresas de desarrollo de software de la ciudad de Quito, no aplican sistemáticamente los lineamientos de la Ingeniería de Requisitos.

Población: Para el estudio la población estuvo conformada por las empresas y organizaciones dedicadas al desarrollo de

software en la ciudad de Quito, que ascendieron a ochenta [2].

Muestra: La muestra se determinó aplicando el método de muestreo aleatorio simple. En la investigación participaron 51 empresas de desarrollo de software, radicadas en la ciudad de Quito; considerando que en esta ciudad se concentra aproximadamente el 49% de las empresas de este estratégico sector [15]. El tamaño de la muestra se estableció utilizando la fórmula (1) del método estadístico para una población finita.

$$n = \frac{Z^2 * P * Q * N}{(N-1) * E^2 + Z^2 * P * Q}$$

Dónde:

N = número de la población = 80

E = margen de error = 5%

Z = nivel de confianza = 1.65 (90%)

P = probabilidad de éxito = 15%

Q = probabilidad de fracaso = 85%

n = tamaño de la muestra = 51.

B. Elaboración del instrumento de investigación

Para la extracción de la información, se estructuró un cuestionario con preguntas abiertas, cerradas y de opción múltiple. Las preguntas estuvieron enfocadas a los siguientes tópicos:

- Tiempo de vida de la organización.
- Certificaciones que ha obtenido.
- Tamaño de los equipos de desarrollo.
- Número de proyectos de desarrollo.
- El proceso de ingeniería de requisitos aplicado por la empresa.
- Las técnicas utilizadas en cada una de las fases de la IR.
- Problemas detectados en su organización en el ámbito de la IR.

C. Recolección y análisis de datos

Los datos fueron recolectados con métodos directos o de primer nivel, los investigadores estuvieron en contacto directo con los líderes de proyectos de las empresas que conformaron la muestra. Se aplicó una entrevista semiestructurada, la misma que tuvo una duración aproximada de 45 minutos, en cada empresa; el objetivo fue conocer las técnicas que aplican en el proceso de la IR. Con el fin de identificar patrones o relaciones entre los datos, se clasificaron las empresas en: pequeñas, medianas y grandes y el análisis de datos fue mayoritariamente cuantitativo.

IV. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

A. Empresas encuestadas

La actividad principal de las empresas que conformaron la muestra, es el desarrollo de software. De las 51 organizaciones, 10 tienen una antigüedad menor a 5 años, 28 se encuentran en el rango de 5 - 15 años y 13 organizaciones están en el mercado por más de 15 años. El tamaño de las áreas de desarrollo y mantenimiento de software de las organizaciones, se midió en base al número de personas que conformaban los equipos de desarrollo. De las 51 organizaciones, 17 tenían equipos con menos de 6 personas, los equipos de 21 organizaciones estaban en el rango de 6 – 20 personas y 13 organizaciones con más de 20 personas en el área.

B. Proyectos de software desarrollados en los 2 últimos años

La investigación arrojó que el 68.98% de proyectos desarrollados tuvo una duración menor a un mes, estos proyectos mayoritariamente correspondieron a mantenimiento de software (corrección de errores), el 14.38% proyectos tuvieron una duración en el rango de 1 - 6 meses y el 16.64% corresponde a proyectos cuya duración fue mayor a 6 meses. Los datos obtenidos dan indicios de que los altos niveles de mantenimiento correctivo probablemente se deben a que el proceso de Ingeniería de Requisitos no es lo suficiente robusto.

C. Personal especializado en ingeniería de requisitos

Según lo respondido por las empresas encuestadas se obtuvo que el 70.6% no tiene personal especializado en IR, tan solo el 29.4% cuenta con personal capacitado específicamente en esta área. Al analizar los resultados en relación al tamaño y el personal especializado, se encontró que el 82,35% de las organizaciones pequeñas tienen un mayor porcentaje de personal no especializado.

Esta situación podría considerarse una debilidad de la industria de desarrollo de software de la ciudad de Quito, acentuándose en las empresas pequeñas. El detalle de los resultados, se puede apreciar en la Tabla I.

TABLA III. PERSONAL ESPECIALIZADO EN INGENIERÍA DE REQUISITOS

Tamaño empresa	Posee personal especializado en IR			
	SI	Porcentaje	NO	Porcentaje
De 1 a 5 Empleados	3	17,65%	14	82,35%
De 5 a 6 empleados	8	38,10%	13	61,90%
> 20 empleados	4	30,77%	9	69,23%
Total	15	29,40%	36	70,60%

D. Certificación CMMI

A fin de obtener información orientadora sobre el grado de madurez del proceso de desarrollo de software, se consultó a las empresas si contaban con certificación CMMI. Los resultados arrojaron que el 98.03% no cuenta con esta certificación, tan solo el 1.97% tiene certificación, como se aprecia en la Tabla II. Cabe

indicar que la única empresa que cuenta con este tipo de certificación, es una empresa internacional.

TABLA IV. NÚMERO DE EMPRESAS CON CERTIFICACIÓN CMMI

Tamaño empresa	SI	Porcentaje	NO	Porcentaje
De 1 a 5 Empleados	0	0.00%	17	33,33%
De 5 a 6 empleados	0	0.00%	21	41,18%
Más de 20 empleados	1	1.97%	12	23,53%
Total	1	1.97%	50	98.03%

Este aspecto reviste importancia debido a que la calidad es fundamental para el sector, especialmente en el Ecuador cuya industria está conformada principalmente por pequeñas y medianas empresas. A nivel mundial, las organizaciones del ramo orientan sus esfuerzos a mejorar sus procesos y realizar productos de calidad, que les garanticen la preferencia y permanencia en el mercado. La ausencia de este tipo de certificaciones podría ser otro elemento que dificulta el fortalecimiento del sector software en el país.

E. Certificación ISO para el proceso de desarrollo de software

Según lo respondido por las empresas encuestadas se obtuvo que el 9.8% de las organizaciones tienen certificación ISO para el proceso de desarrollo de software, el detalle se presenta en la Tabla III.

TABLA V. NÚMERO DE EMPRESAS CON CERTIFICACIÓN ISO

Tamaño empresa	NO	Porcentaje	SI	Porcentaje
De 1 a 5 Empleados	17	33,33%	0	0.00%
De 5 a 6 empleados	17	33,33%	4	7,84%
Más de 20 empleados	12	23,53%	1	1,96%
Total	46	90.20%	5	9.80%

F. Fases del proceso de ingeniería de requisitos utilizadas en la industria ecuatoriana

Para obtener información sobre las fases del proceso que aplican las empresas, los encuestados describieron su proceso de IR, mientras los investigadores documentaron mediante diagramas y notas. Luego se contrastó con una pregunta cerrada, en la que se les solicitó indiquen las fases que aplican, la cual constaba de 6 ítems correspondientes a cada fase del proceso de IR, mismos que permitían respuestas múltiples. Los resultados obtenidos en la pregunta cerrada se presentan en la Fig. 2.

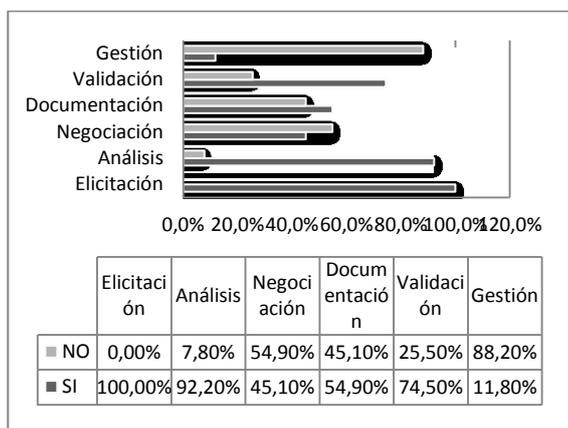


Figure 2. Respuestas sobre la aplicación del proceso de ingeniería de requisitos

De los resultados obtenidos se desprende que la mayoría de empresas no siguen un proceso sistemático de la IR que garantice la calidad de los requisitos. Llama la atención el bajo porcentaje de empresas que cumplen con las fases de gestión y documentación. En el 88,20% de las organizaciones los requisitos no se gestionan. Así también llama la atención que el 45,10% de los encuestados, manifestaron que no atienden la fase de documentación, factor que impactaría negativamente en la planificación y gestión del proyecto. Finalmente, 45,10% de los encuestados indicaron que aplican la fase de negociación, lo que puede ser un indicador de que los requisitos, mayoritariamente no son consensuados entre los involucrados. Este constituye otro elemento, que no favorece a la calidad de los requisitos obtenidos.

G. Técnicas más utilizadas en cada fase del proceso de ingeniería de requisitos, en la industria local

Las técnicas que utilizan las empresas en las diferentes fases del proceso de la IR, se resume en la Tabla IV.

TABLA VI. TÉCNICAS MÁS UTILIZADAS PARA CADA FASE DE REQUISITOS EN LA INDUSTRIA LOCAL

Fase del proceso	Nombre de la técnica	%
Elicitación	Entrevista	32,30%
	Grupos de trabajo	24,20%
	Estudio de sistemas existentes	22,60%
Análisis	Casos de uso	40,50%
	Escenarios	26,20%
	Modelo de clases	21,40%
Negociación	Negociación win - win	47,10%
	Matriz de interacción	41,20%
	Otras	11,80%
Documentación	Lenguaje natural	71,40%
	Otros	28,26%
Validación	Prototipos	35,20%
	Control documental	24,10%
	Inspecciones	20,40%
Gestión	Un solo criterio	63,60%
	Clasificación y top-ten	22,70%

V. VALIDEZ Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO

A. Validez interna

En la presente investigación se ha utilizado una serie de estrategias, para fomentar la validez interna de la investigación. Se aplicó un muestreo aleatorio simple, a un listado de las empresas desarrolladoras de software. Se empleó una encuesta guiada, con el objeto de clarificar cualquier duda que pudiera surgir en el encuestado y que el estudio proporcione respuestas significativas y coherentes.

La elección de las empresas fue aleatoria, sin embargo, algunas de las empresas seleccionadas, en primera instancia, se negaron a participar en el estudio, por lo que se procedió a un nuevo sorteo para completar la muestra, para no restarle validez al estudio. Esta situación puede introducir un sesgo, ya que una de las posibilidades de no haber aceptado participar en el estudio, puede ser la inseguridad que tienen sobre la forma como ejecutan su proceso de IR.

Por otro lado, la validez interna de la investigación, pudo haberse fortalecido si se hubiera considerado una categorización específica de las empresas y de los proyectos, lo cual hubiera permitido obtener información más detallada para el diagnóstico. Este tema puede ser abordado en trabajos futuros.

B. Validez externa

El presente estudio es de carácter exploratorio, por lo tanto, las conclusiones no deberían ser comprendidas como generalizaciones más allá del ámbito de estudio. Los resultados obtenidos deberían ser considerados como hipótesis que deben ser validadas más a fondo.

VI. TRABAJOS RELACIONADOS

En cuanto a estudios relacionados a la investigación de las prácticas de ingeniería de requisitos se encontró un trabajo realizado por miembros de la IEEE, en Malasia llamado "Investigation into Requirements Management Practices in the Malaysian Software Industry" [14] este estudio se realizó para tener un conocimiento de las prácticas de ingeniería de requisitos en dicho país, a nivel de CMM 2. Fue un estudio realizado a diferentes empresas por medio de un cuestionario para la obtención de los datos. Con los resultados obtenidos en la investigación se indica que la industria de ese país carece de buenas prácticas en la gestión de requisitos.

A demás se encontró otro trabajo realizado por la Facultad de Ingeniería y Ciencias Exactas, UADE, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, llamado "Prácticas de Ingeniería de Requerimientos en el desarrollo de aplicaciones Web" este estudio se realizó en diferentes empresas de Argentina, específicamente en IR para aplicaciones web, dicho estudio expresa que "los resultados en términos de cronograma y presupuesto, permiten deducir una cierta debilidad en las metodologías de estimación. Esta debilidad es previsible pues los procesos de estimación no han logrado estabilizarse en las aplicaciones convencionales (el arte "negro"), menos aún en las aplicaciones Web que agregan grados de complejidad al problema." [15]

VII. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

La presente investigación provee un diagnóstico inicial sobre las prácticas que aplican las organizaciones radicadas en la ciudad de Quito – Ecuador, en el proceso de la IR. Para esta primera aproximación, se optó por el método basado en encuestas guiadas, lo cual permitió obtener información relevante del sector, mas queda abierta la posibilidad de profundizar el estudio de los tópicos abordados, utilizando otras herramientas de investigación. Por ejemplo, es necesario determinar si el alto porcentaje de proyectos orientados al mantenimiento correctivo se debe a la mala calidad de los requisitos.

La industria ecuatoriana de desarrollo de software, es una industria joven, conformada, en un alto porcentaje, por micro y pequeñas empresas, el 74% cuenta con equipos menores a 20 personas. Solo el 30% de organizaciones tiene personal con formación específica en IR. Al parecer, la falta de personal capacitado explicaría el bajo porcentaje de empresas que cumplen con el ciclo del proceso de IR.

Ante el escenario descrito, surge la necesidad de crear sinergia entre la universidad y la empresa para el desarrollo de proyectos orientados a la solución de los problemas detectados. Es necesario generar proyectos de capacitación para el personal que es responsable de realizar las actividades de: recolección, análisis, especificación, validación y gestión de requisitos. Así también es necesario, diseñar soluciones que permitan la implementación de las buenas prácticas de la IR en las empresas del sector, acorde a sus características particulares.

REFERENCIAS

- [1] MIPRO. (2013, Noviembre) MIPRO suscribió convenio con AESOFT. Video.
- [2] Superintendencia de Compañías del Ecuador. (2014, Mar.) Consulta de Compañías. [En línea]. <http://www.supercias.gob.ec/>: <http://www.supercias.gob.ec/portalinformacion/index.php?archive=portaldeinformacion/consultadirectorioparametro.zul>
- [3] AESOFT. (2012, Junio) AESOFT. [En línea]. <http://www.aesoft.com.ec/www/index.php/118-slideshow/154-http-www-slideshare-net-aesoft-ot-20489-microsoftfolleto>
- [4] Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. (2012, Noviembre) unctad. [En línea]. <http://unctad.org/es/paginas/PressRelease.aspx?OriginalVersionID=109>
- [5] Ortas, Aproximacion a la Ingenieria de Requerimientos. Uruguay: Universidad ORT, 2001.
- [6] IEEE Std 610, "Standard Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries," New York, 1990.
- [7] Klaus Phol, Requirements Engineering Fundamentals, Principles, and Techniques. Berlin: Springer, 2010.
- [8] Carlos Zapata, "Una propuesta de metaontología para la educación de requisitos," vol. 18, no. 1, 2009.
- [9] D. Pandey, U. Suman, and A.K. Ramani, "An Effective Requirement Engineering Process Model for Software Development and Requirements Management," vol. 1, no. 978-1-4244-8093-7, 2010.
- [10] Hubert Hofman and Franz Lehner, "Requirements Engineering as a Success Factor in Software Projects," IEEE Software, p. 58.66, 2001.
- [11] The Standish Group. (2009, Apr.) Standish Group report. [En línea]. http://www1.standishgroup.com/newsroom/chaos_2009.php
- [12] Capers Jones, Applied software measurement: assuring productivity and quality. New York: McGraw Hill, 1996.
- [13] IEEE Computer Society, Guide to the Software Engineering Body of Knowledge. Québec: IEEE, 2014.
- [14] A. Zainol. (2008, octubre) IEEE. [En línea]. http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=4722056&searchWithin%3Dp_Authors%3A.QT.Zainol%2C+%2FA%2F.QT.%26searchWithin%3Dp_Author_Iids%3A37658732400
- [15] Alejandro Oliveros, Fernando J. Danyans, and Matías L. Mastropietro. (2013, octubre) Facultad de Ingeniería y Ciencias Exactas, UADE, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. [En línea]. http://wer.inf.puc-rio.br/WERpapers/pdf_counter.lua?wer=WER14&file_name=paper9.pdf