



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Instituto de Ciencias Matemáticas

“Elaboración y Análisis de Métricas para Empresas Grandes
Desarrolladoras de Software en el Ecuador”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ESTADÍSTICA INFORMÁTICA

Presentada por:

Gypsy Vanessa Bracco Vera

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2006

AGRADECIMIENTO

A quien hace posible todas las cosas, Dios. A mis padres, por creer y aportar en mi desarrollo personal y educativo, a mis hermanas por su apoyo y contribución incondicional, a mis amigos, mi fiel compañera y amiga Nury y al Sr. Choez por su colaboración ante todo.

DEDICATORIA

A MIS PADRES
A MIS HERMANAS
Y AMIGOS

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Luis Rodríguez O.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Mónica Villavicencio.
DIRECTORA DE TESIS

Mat. Efrén Jaramillo.
VOCAL

Ing. Margarita Martínez.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Gypsy Bracco Vera

RESUMEN

La presente tesis de grado tiene como propósito analizar las diferentes etapas del proceso de desarrollo del software de las empresas desarrolladoras del Ecuador, para lo cual se utilizó como herramienta de investigación la aplicación de un cuestionario.

En el primer capítulo se presenta información de la evolución del desarrollo del software en el tiempo y del Ecuador, el segundo capítulo presenta información sobre conceptos básicos de los procesos del software, una breve introducción de métricas, teoría relacionada al análisis univariado, multivariado aplicado en la investigación, la obtención de la muestra, y una breve descripción del software utilizado. En el tercer capítulo se describe el análisis estadístico univariado y multivariado de las variables investigadas, y el cuarto y último capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGÍA.....	VIII
ÍNDICE DE FÍGURAS.....	IX
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	
1. ACERCA DEL DESARROLLO DEL SOFTWARE.....	4
1.1. Introducción.....	4
1.2. Evolución del Software.....	5
1.2.1. Desarrollo en el Tiempo.....	5
1.2.2. Aplicaciones.....	6
1.3. La Historia de los Métodos del Desarrollo del Software.....	8
1.4. Desarrollo del software en el Ecuador.....	11
1.4.1. Estudio Exploratorio sobre Empresas Desarrolladoras de Software.....	13
1.4.2. Exportaciones del software.....	15

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1. La Ingeniería del Software.....	17
El Proceso de Desarrollo del Software.....	18
2.2.1. Principales actividades.....	20
2.2.1.1. Especificación del software.....	20
2.2.1.2. Diseño e implementación del software.....	21
2.2.1.3. Validación del software.....	23
2.2.1.4. Evolución del software.....	25
2.2.2. Modelos del proceso del software.....	25
2.2.2.1. Modelo cascada.....	26
2.2.2.2. Desarrollo evolutivo.....	28
2.2.2.3. Desarrollo formal de sistemas.....	30
2.2.2.4. Desarrollo orientado a la reutilización.....	31
2.2.3. Iteración de procesos.....	32
2.2.3.1. Desarrollo incremental.....	33
2.2.3.2. Desarrollo en espiral.....	34
2.2.3.2.1. Fases del Modelo Espiral.	34
2.2.4. Requerimientos Funcionales y no Funcionales.....	36
2.2.4.1. Requerimientos funcionales.....	36
2.2.4.2. Requerimientos no funcionales.....	36
2.2.4.3. Requerimientos del dominio.....	37

2.3. Conceptos básicos de métricas.....	37
2.3.1. Definición de métricas de software.....	37
2.3.2. Clasificación de Métricas.....	38
2.3.3. Funciones de las métricas de software.....	41
2.4. Análisis Univariado.....	41
2.5. Tipo de muestreo.....	42
2.5.1. Obtención de la Muestra.....	43
2.6. Análisis Multivariado.....	44
2.6.1. Análisis de contingencia.....	44
2.6.2. Análisis de Homogeneidad (Homals)	47
2.7. Determinación de los índices de satisfacción	48
2.7.1. Metodología.....	49
2.8. Software utilizado.....	51
2.8.1. SPSS breve descripción.....	52
2.8.2. Vistas en SPSS.....	53

CAPITULO III

3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	55
3.1. Diseño Muestral.....	55
3.2. Análisis Univariado.....	57
3.2.1. Proceso de Desarrollo del SW.....	57
3.2.2. Herramientas.....	65

3.2.3. Cliente / Usuario Final.....	80
3.2.4. Personal.....	86
3.2.5. Documentos.....	93
3.2.6. Requerimientos, Diseño, Código Fuente y Defectos.....	97
3.3. Análisis de Independencia	111
3.4. Análisis de Homogeneidad para ciertas variables de estudio.....	123

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	155
4.1. Conclusiones.....	155
4.2. Recomendaciones.....	161

BIBLIOGRAFIA

ANEXO

GLOSARIO

ABREVIATURAS

ESPOL:	Escuela Superior Politécnica del Litoral
VLIR:	Vlaamse Interuniversitaire Raad
FIEC:	Facultad de Ingeniería de Electrónica y Computación
AESOFT:	Asociación Ecuatoriana de Software
CAF:	Corporación Andina de Fomento
CORPEI:	Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones
SW:	Software
MSF:	Microsoft Solution Framework
RUP:	Racional Unified Process
T.a.:	Total Acuerdo
P.a.:	Parcial Acuerdo
N:	Neutro
P.d.:	Parcial Desacuerdo
T.d.:	Total desacuerdo

SIMBOLOGÍA

X_{ij}	Número de valores observados
E_{ij}	Número de observaciones esperadas
$X_{.j}$	Número de observaciones
$X_{..}$	Número total de observaciones o n
$\chi^2 > \chi^2_{\alpha}(r-1)(c-1)$	Estadístico de Prueba Chi Cuadrado con $(r-1)*(c-1)$ grados de libertad
$N5_i$	Número de respuestas con escala 5 en el atributo i
$N4_i$	Número de respuestas con escala 4 en el atributo i
$N3_i$	Número de respuestas con escala 3 en el atributo i
$N2_i$	Número de respuestas con escala 2 en el atributo i
$N1_i$	Número de respuestas con escala 1 en el atributo i
C_i	Calificación del atributo
ICS	Índice de satisfacción general

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 . 1 Evolución histórica del Software	6
Figura 1 . 2 Programando en los años 40	9
Figura 2 . 1 Proceso del desarrollo del software	19
Figura 2 . 2 Modelo cascada	27
Figura 2 . 3 Modelo de desarrollo evolutivo	29
Figura 2 . 4 Modelo de desarrollo espiral	35
Figura 2 . 5 Tabla de contingencia	45

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. 1	Número de empresas por ciudad	14
Gráfico 1. 2	Proporción de empresas según ciudad y tamaño	14
Gráfico 1. 3	Exportaciones vs Ciudades	14
Gráfico 3. 1	Tipo de aplicación de software	58
Gráfico 3. 2	Tipo de proyecto	58
Gráfico 3. 3	Duración Proyecto	60
Gráfico 3. 4	Trabajo Diario	60
Gráfico 3. 5	Trabajo Semanal	61
Gráfico 3. 6	Proceso Definido y Documentado	62
Gráfico 3. 7	Metodología de Desarrollo	62
Gráfico 3. 8	Inspecciones Realizadas	63
Gráfico 3. 9	Continuidad	64
Gráfico 3. 10	Interrupciones en Semanas	65
Gráfico 3. 11	Planificación	66
Gráfico 3. 12	Estimación	66
Gráfico 3. 13	Seguimiento	67
Gráfico 3. 14	Documentación	68
Gráfico 3. 15	Modelado de datos	68
Gráfico 3. 16	Prototipo Interfase	69
Gráfico 3. 17	Sistema Operativo	70
Gráfico 3. 18	Sistema Operativo	71
Gráfico 3. 19	Plataforma	71
Gráfico 3. 20	Plataforma de trabajo	72
Gráfico 3. 21	Lenguaje de Programación	73
Gráfico 3. 22	Lenguajes de Programación	74
Gráfico 3. 23	Servidor HTML/Web	75
Gráfico 3. 24	Servidor HTML/Web	76
Gráfico 3. 25	Base de Datos	77
Gráfico 3. 26	Base de Datos	78
Gráfico 3. 27	Revisión de Código	79
Gráfico 3. 28	Control de Versiones	80
Gráfico 3. 29	Tipo de Usuario del SW	81
Gráfico 3. 30	Participación del Usuario	81
Gráfico 3. 31	Número de Usuarios Finales	83
Gráfico 3. 32	Número de Horas de Participación	84

Gráfico 3.	33	Participación del Cliente / Usuario	85
Gráfico 3.	34	Esfuerzo en Horas por etapas	86
Gráfico 3.	35	Capacitación	87
Gráfico 3.	36	# Personas Capacitadas	88
Gráfico 3.	37	Total horas Capacitadas	90
Gráfico 3.	38	Horas Esfuerzo por Roles	91
Gráfico 3.	39	Títulos de miembros del equipo	92
Gráfico 3.	40	Experiencia en el desarrollo del SW	92
Gráfico 3.	41	Experiencia en el área del negocio	93
Gráfico 3.	42	Personas que documentan	94
Gráfico 3.	43	Elaboración de documentos	95
Gráfico 3.	44	Plantilla definida	96
Gráfico 3.	45	# de requerimientos	98
Gráfico 3.	46	Tiempo Generarlos	99
Gráfico 3.	47	Cambios durante el desarrollo del proyecto	100
Gráfico 3.	48	Cambios en las actividades del desarrollo del proyecto	101
Gráfico 3.	49	Tipo de Diseño	102
Gráfico 3.	50	Número de Casos de Uso	103
Gráfico 3.	51	Número total de clases	105
Gráfico 3.	52	Estándar de Codificación	105
Gráfico 3.	53	Cantidad de defectos	107
Gráfico 3.	54	Total de defectos al final del proyecto en cada actividad	107
Gráfico 3.	55	Total defectos según tiempo transcurrido	108
Gráfico 3.	56	Tiempo utilizado en corregir defectos	110
Gráfico 3.	57	Fallas reportadas por usuarios	111
Gráfico 3.	58	Medidas de discriminación entre las variables, Tipo de proyecto y Metodología	124
Gráfico 3.	59	Cuantificaciones Categóricas para las variables Tipo de proyecto y Metodología	125
Gráfico 3.	60	Cuantificaciones Categóricas para las variables Tipo de proyecto y Metodología	125
Gráfico 3.	61	Medidas de discriminación entre las variables Participación y Tipo de proyecto	127
Gráfico 3.	62	Cuantificaciones Categóricas para las variables Participación Usuario y Tipo de proyecto	128
Gráfico 3.	63	Cuantificaciones Categóricas para las variables Participación Usuario y Tipo de proyecto	128
Gráfico 3.	64	Medidas de discriminación entre las variables Tipo de proyecto y Tipo de diseño	130
Gráfico 3.	65	Cuantificaciones Categóricas para las variables Tipo de proyecto y Tipo de diseño	131
Gráfico 3.	66	Cuantificaciones Categóricas para las variables	131

		Tipo de proyecto y Tipo de diseño	
Gráfico 3.	67	Medidas de discriminación entre las variables Proceso Def. y Doc. vs. Metodología	133
Gráfico 3.	68	Cuantificaciones Categóricas para las variables Proceso Def. y Doc. vs. Metodología	134
Gráfico 3.	69	Cuantificaciones Categóricas para las variables Proceso Def. y Doc. vs. Metodología	134
Gráfico 3.	70	Medidas de discriminación entre las variables Metodología vs. Tipo de Diseño	136
Gráfico 3.	71	Cuantificaciones Categóricas para las variables Metodología vs. Tipo de Diseño	137
Gráfico 3.	72	Cuantificaciones Categóricas para las variables Metodología vs. Tipo de Diseño	138
Gráfico 3.	73	Medidas de discriminación entre las variables Proceso Def. y Doc. vs. SW cumplió objetivos	139
Gráfico 3.	74	Cuantificaciones Categóricas para las variables Proceso Def. y Doc. vs. SW cumplió objetivos	140
Gráfico 3.	75	Cuantificaciones Categóricas para las variables Proceso Def. y Doc. vs. SW cumplió objetivos	141
Gráfico 3.	76	Medidas de discriminación entre las variables SW funciona sin contratiempos vs. SW procesa transacciones	143
Gráfico 3.	77	Cuantificaciones Categóricas para las variables SW funciona sin contratiempos vs. SW procesa transacciones	144
Gráfico 3.	78	Cuantificaciones Categóricas para las variables SW funciona sin contratiempos vs. SW procesa transacciones	144
Gráfico 3.	79	Medidas de discriminación entre las variables SW cumple requerimientos vs. SW tiene funcionalidad	146
Gráfico 3.	80	Cuantificaciones Categóricas para las variables SW cumple requerimientos vs. SW tiene funcionalidad	147
Gráfico 3.	81	Cuantificaciones Categóricas para las variables SW cumple requerimientos vs. SW tiene funcionalidad	148
Gráfico 3.	82	Medidas de discriminación entre las variables Productividad del Personal vs. Personal cumplió act.	150
Gráfico 3.	83	Cuantificaciones Categóricas para las variables Productividad del Personal vs. Personal cumplió act.	151
Gráfico 3.	84	Cuantificaciones Categóricas para las variables Productividad del Personal vs. Personal cumplió act.	151

Gráfico 3.	85	Medidas de discriminación entre las variables SW fácil usar vs. SW es intuitivo	153
Gráfico 3.	86	Cuantificaciones Categóricas para las variables SW fácil usar vs. SW es intuitivo	154
Gráfico 3.	87	Cuantificaciones Categóricas para las variables SW fácil usar vs. SW es intuitivo	154

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
TABLA 1	Proceso De Desarrollo, Duración Proyecto (Días)	59
TABLA 2	Interrupciones en Semanas	64
TABLA 3	Índices de Satisfacción de los Sistemas Operativos	70
TABLA 4	Índices de Satisfacción de Plataforma de Trabajo	72
TABLA 5	Índices de Satisfacción de Lenguaje de programación	74
TABLA 6	Índices de Satisfacción de Servidor HTML/WEB	76
TABLA 7	Índices de Satisfacción de Base de datos	78
TABLA 8	Número de Usuarios Finales	82
TABLA 9	Número de Horas de Participación	84
TABLA 10	Número de Personas Capacitadas	88
TABLA 11	Total horas de Capacitación	89
TABLA 12	Personas que Documentación	94
TABLA 13	Número de Requerimientos Funcionales	97
TABLA 14	Tiempo en generar requerimientos	99
TABLA 15	Número de Casos de Uso	103
TABLA 16	Número Total clases implementadas	104
TABLA 17	Cantidad de defectos registrados	106
TABLA 18	Tiempo utilizado en corrección	109
TABLA 19	Fallas reportadas por usuarios	110
TABLA 20	Tipo de proyecto vs. Metodología	112
TABLA 21	Tipo de proyecto vs. Participación del Usuario	113
TABLA 22	Tipo de proyecto vs. Tipo de diseño	114
TABLA 23	Proceso definido y documentado vs. Metodología	115
TABLA 24	Metodología vs. Continuidad	116
TABLA 25	Metodología vs. Tipo de diseño	117
TABLA 26	Proceso definido y documentado vs. SW cumplió objetivos	118
TABLA 27	SW funciona sin contratiempos vs. SW procesa transacciones a tiempo	119
TABLA 28	SW cumple requerimientos vs. SW tiene funcionalidad	120
TABLA 29	Productividad del Personal vs. Personal cumplió objetivos	121
TABLA 30	SW fácil de usar vs. SW es intuitivo	122
TABLA 31	Autovalores entre la Variable, Tipo de Proyecto y Metodología	123

TABLA 32	Medidas de discriminación entre las variables Tipo de proyecto y Metodología	124
TABLA 33	Autovalores entre las Variables, Participación y Tipo de Proyecto	126
TABLA 34	Medidas de discriminación entre las variables Participación y Tipo de proyecto	126
TABLA 35	Autovalores entre las Variables, Tipo de proyecto y Tipo de diseño	129
TABLA 36	Medidas de discriminación entre las variables, Tipo de proyecto y Tipo de diseño	129
TABLA 37	Autovalores entre las Variables, Proceso Def. y Doc. vs. Metodología	132
TABLA 38	Medidas de discriminación entre las variables, Proceso Def. y Doc. vs. Metodología	132
TABLA 39	Autovalores entre las Variables, Metodología vs. Tipo de Diseño	136
TABLA 40	Medidas de discriminación entre las variables, Metodología vs. Tipo de Diseño	136
TABLA 41	Autovalores entre las Variables, Proceso Def. y Doc. vs. SW cumplió objetivos	139
TABLA 42	Medidas de discriminación entre las variables, Proceso Def. y Doc. vs. SW cumplió objetivos	139
TABLA 43	Autovalores entre las Variables , SW funciona sin contratiempos vs. SW procesa transacciones	142
TABLA 44	Medidas de discriminación entre las variables, SW funciona sin contratiempos vs. SW procesa transacciones	142
TABLA 45	Autovalores entre las Variables, SW cumple requerimientos vs. SW tiene funcionalidad	145
TABLA 46	Medidas de discriminación entre las variables, SW cumple requerimientos vs. SW tiene funcionalidad	146
TABLA 47	Autovalores entre las Variables, Productividad del Personal vs. Personal cumplió act.	149
TABLA 48	Medidas de discriminación entre las variables, Productividad del Personal vs. Personal cumplió act.	149
TABLA 49	Autovalores entre las Variables, SW fácil usar vs. SW es intuitivo	152
TABLA 50	Medidas de discriminación entre las variables, SW fácil usar vs. SW es intuitivo	153

INTRODUCCIÓN

La Escuela Superior Politécnica del Litoral, en conjunto con el consorcio de la Universidades Flamenca, se encuentran trabajando en proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, el Componente 8 del Programa VLIR, Área de Ingeniería de Software, tiene como uno de sus objetivos brindar apoyo a la industria del software en el País, suministrando información y conocimientos que faciliten el desarrollo del mismo, para un mejor ingreso al mercado internacional.

Es importante mencionar que para que las empresas obtengan un software de calidad se necesita de la consideración de métricas de software, las que permitirán estimar con mayor precisión entre otros aspectos, los costos de desarrollo, el tiempo empleado, los recursos humanos requeridos, la complejidad y el tamaño de los sistemas.

Es por eso que el Área de Ingeniería del Software del Programa VLIR, conscientes de que el sector de desarrollo del software carece de información acerca de métricas impulsó a la elaboración de esta investigación, realizando un estudio a las empresas desarrolladoras de software.

Objetivo General:

- Analizar las etapas del proceso de desarrollo del software y utilizar métodos estadísticos que permitan describir las fortalezas y debilidades de las empresas en el desarrollo del software.

Objetivos Específicos:

- Diseñar un cuestionario para evaluar las etapas del proceso de desarrollo del software.
- Recolectar los datos, esto con ayuda del personal de la facultad de la FIEC.
- Realizar un análisis univariado para las variables estudiadas.
- Realizar un análisis multivariado utilizando tablas de contingencia y análisis de homogeneidad.
- Realizar los índices de satisfacción de las herramientas de gestión de trabajo utilizadas en el desarrollo del software.

Este estudio podría ser utilizado para que en un futuro se elabore un plan de métricas que permita a las empresas desarrolladoras de software del Ecuador productos de alta calidad y competitivos en el mercado internacional.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con base a estudios anteriores, se determinó que las empresas de desarrollo no tienen definido un plan de métricas, por lo tanto no pueden establecer indicadores que les permitan estimar con mayor precisión entre otros aspectos, los costos de desarrollo, el tiempo empleado, los recursos humanos requeridos y la complejidad/tamaño de los sistemas. Es por eso que se necesita conocer que esta pasando en cada etapa y analizar en que condiciones se encuentran las empresas desarrolladoras de software del Ecuador.

BIBLIOGRAFÍA

1. Choque Aspiazu, G., 2002, La Ingeniería del Software, Principios y Conceptos, La paz, Bolivia.
2. ESPOL – VLIR, Componente 8 Ingeniería de Software. (Mayo 2005) Estudio de Calidad y Dificultades en la Gestión de Proyectos de Software: “Estudio Exploratorio”.
3. ESPOL – VLIR, Componente 8 Ingeniería de Software. (Octubre, 2004). Estudio estadístico exploratorio de las empresas desarrolladoras de software asentadas en Guayaquil, Quito y Cuenca.
4. Fenton E. Norman, 1991, Software Metrics: A rigorous approach, Chapman & Hall, Primera Edición.
5. Ferran, Magdalena, 2001, SPSS para Windows, Mc. Graw Hill de Interamericana de España.
6. Freíd, John; 2000, Estadística Matemática: Con aplicaciones, 6ª Edición; Pearson Educación; México.
7. González Doria, Heidi, 2001, Las métricas de software y su uso en la región, Universidad de las Américas – Puebla.
8. Jonson, D, 1998, Métodos Multivariados: Aplicados al análisis de los datos, Internacional Thompson Editors, México.
9. Mah. Michael, 1999, “High-definition software measurement”. Software Development.

10. Mendicoa, Gloria, 2003, Sobre Tesis y Tesistas; Lecciones de enseñanza y aprendizaje; Espacio Editorial.
11. Pérez, César; 2000, Técnicas de Muestreo Estadístico: Teoría, práctica y aplicaciones informáticas; Editorial Alfaomega; Madrid –España.
12. Pressman, Roger S., 1998, Ingeniería del Software: un enfoque práctico, 4ª Edición, Mc. Graw Hill de Interamericana de España.
13. Sommerville, Ian, 2002, Ingeniería de Software, 6ª Edición; Capítulo III: Procesos del Software, Addison – Wesley.
14. AESOFT (2005). Publicación de la AESOFT sobre la industria del Software en Ecuador, disponible en http://www.aesoft.com.ec/index.php?option=com_content&task=view&id=1&Itemid=65
15. Gacitúa, Ricardo A., 2003, Métodos de Desarrollo de Software: El Desafío pendiente de la Estandarización, Concepción, Chile, <http://omega.fdo-may.ubiobio.cl/th/v/v12/2.pdf>
16. Ingeniería del Software, disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_de_software