

Calidad en el Desarrollo de Aplicaciones siguiendo la Metodología Team Software Process TSPi*

Jose A. Calvo-Manzano, Gonzalo Cuevas, Alleinni Félix, Tomás San Feliu

Dpto. Lenguajes y Sistemas Informáticos e Ingeniería del Software. Facultad de Informática
Universidad Politécnica de Madrid, Campus Montegancedo, 28660 Boadilla del Monte
Madrid, España

{joseantonio.calvomanzano, gonzalo.cuevas, tomas.sanfeliu}@upm.es, a.feliz@alumnos.upm.es

* los autores están en orden alfabético.

Abstract—Este artículo presenta un caso de estudio basado en la aplicación de TSPi. Los datos fueron obtenidos de 34 equipos de estudiantes de cuarto curso de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid. Todos los equipos desarrollaron el mismo proyecto a lo largo de dos ciclos de desarrollo. Con los datos obtenidos, se ha realizado un análisis por fase del ciclo de vida de TSPi, con respecto a la desviación en la estimación de defectos, la densidad de defectos y la evolución del rendimiento de defectos. Finalmente, se presenta el análisis de los resultados, comparando ambos ciclos, así como propuestas de mejora.

Keywords- TSPi; Calidad; Defectos; Densidad de Defectos; Estimación; Rendimiento de Defectos.

I. INTRODUCCIÓN

La calidad del software es el conjunto de cualidades que caracterizan al software y determinan su utilidad y existencia. La calidad es sinónimo de eficiencia, flexibilidad, corrección, confiabilidad, mantenibilidad, portabilidad, usabilidad, seguridad e integridad. Razón por la cual, la calidad en el desarrollo y mantenimiento del software se ha convertido hoy en día en uno de los principales objetivos estratégicos de las organizaciones [1].

Como resultado de la importancia de la calidad para las organizaciones, en los últimos años se han publicado diversos estudios y estándares en los que se exponen los principios que se deben seguir para la mejora tanto de productos como de procesos software [2] [3].

Algunas organizaciones han mejorado la calidad del software utilizando inspecciones [4] [5]. Los modelos desarrollados por el SEI (Software Engineering Institute): CMMI (Capability Maturity Model Integration [2], PSP (Personal Software Process) [6] y TSP (Team Software Process) [3], han adoptado las inspecciones como mecanismo de calidad.

Este trabajo está basado en la introducción al proceso de software en equipo (TSPi). TSPi es una versión académica de TSP. TSPi proporciona un proceso definido para el desarrollo de software con equipos [7], basado en los siguientes principios: (1) los ingenieros conocen más acerca de su trabajo y, por lo tanto, pueden realizar mejores planes, (2) cuando los ingenieros planifican su trabajo, se comprometen con el plan,

(3) la monitorización del proyecto, requiere planes detallados y datos exactos, (4) solamente las personas que hacen el trabajo, pueden recoger datos precisos y exactos, (5) para minimizar el tiempo del ciclo, los ingenieros deben balancear su carga de trabajo, y (6) para maximizar la productividad, se debe enfocar primero en la calidad.

Con este artículo se pretende cuantificar la evolución de los equipos en los aspectos de calidad, estimaciones y eficiencia al aplicar TSPi. Para ello, se han analizado los datos históricos proporcionados por 49 equipos de estudiantes del cuarto curso de la asignatura de Ingeniería de Software I, de la Facultad de Informática, de la Universidad Politécnica de Madrid, que recibieron entrenamiento de TSPi y desarrollaron el mismo producto. Para desarrollar el producto, se utilizó el modelo de ciclo de vida estándar de TSPi, aunque estructurado en dos ciclos. El análisis final se realizó con los datos de una población de 34 equipos, ya que en un análisis preliminar se detectaron problemas en los datos proporcionados por 15 de los mismos.

II. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO SEGUIDO

A continuación se muestra el detalle del proceso seguido en cada uno de los dos ciclos de desarrollo aplicados (véase Fig. 1).

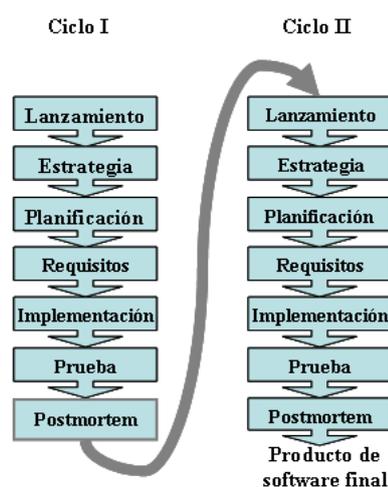


Figura 1. Ciclos de desarrollo de TSPi

A. Definición de los ciclos de desarrollo

Primer Ciclo. Durante este ciclo los alumnos fueron entrenados en:

- Técnicas para la toma de decisión y definición de roles de TSPi (responsable de desarrollo, líder de equipo, responsable de planificación, responsable de proceso, responsable de calidad y responsable de soporte) [7].
- Las etapas de TSPi (lanzamiento, estrategia, planificación, requisitos, diseño, implementación, pruebas y postmortem) [7] (véase Fig. 1).
- Técnicas de estimación y mecanismo de recogida de datos.

Este entrenamiento se realizó en el periodo comprendido desde el mes de Octubre de 2006 al mes de Febrero de 2007.

Segundo Ciclo. Durante este ciclo se reforzó el entrenamiento de los alumnos en TSPi, en especial en las técnicas de revisión e inspección.

Este entrenamiento se realizó en el periodo comprendido desde el mes de Marzo de 2007 al mes de Abril de 2007.

B. Desarrollo del proyecto

Los alumnos desarrollaron el proyecto desde el mes de Octubre-2006 al mes de Abril-2007, estableciéndose las siguientes condiciones:

- El producto se desarrolla en dos ciclos.
- Se parte de los mismos requisitos funcionales, debiendo todos grupos obtener el mismo producto.
- Se preestablecen las fechas de inicio y de fin de cada uno de los ciclos.

El primer ciclo se inicia con la creación de los equipos. Ésta fue realizada de manera libre. Cada equipo estaba formado por 5 ó 6 integrantes que cubrieron los roles de responsable de: 1) desarrollo, 2) equipo, 3) planificación, 4) proceso, 5) calidad y 6) soporte) [7]. En los casos de los equipos formados por 6 personas, calidad y proceso fueron realizados por la misma persona.

A continuación, los equipos realizan el desarrollo del proyecto siguiendo cada una de las etapas establecidas por TSPi. Además, utilizan los formularios establecidos por TSPi para la recogida de datos.

En el segundo ciclo, los equipos repiten los mismos pasos del primer ciclo, produciendo una versión ampliada del producto obtenido en el primer ciclo. En este ciclo se enfatiza en la utilización de pruebas de integración y validación.

Cada ciclo finaliza con una presentación por equipo en la que se exponen: Objetivos, Enfoque del trabajo, Rendimientos obtenidos, Dificultades encontradas, Puntos fuertes y débiles y Lecciones aprendidas. Además, se entrega una evaluación del desempeño de cada rol, con respecto a su contribución al desarrollo del producto.

III. MEDICIÓN SOBRE EL DESARROLLO

El proceso de medición de los datos se inicia con la selección de las medidas principales para el seguimiento del desarrollo. Humphrey [7] y Hilburn [8] analizan medidas como tamaño, esfuerzo, productividad y densidad de defectos se analizan para realizar la monitorización del proyecto.

De las medidas antes mencionadas, los equipos, durante el desarrollo del proyecto, eligieron las correspondientes a defectos y tamaño del producto.

En Fig. 2, se presenta el modelo de medidas seleccionadas. Con las medidas base de defectos y tamaño, se obtienen las medidas derivadas: 1) los defectos eliminados (estimados y reales) por fase, determinan la desviación de la estimación de defectos, 2) el total de los defectos eliminados y el total del tamaño del producto (KLOC), determinan la densidad de defectos, 3) los defectos eliminados por fase, determinan el rendimiento.

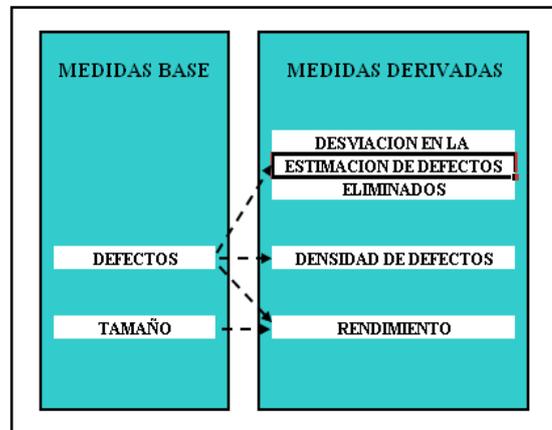


Figura 2. Modelo de métricas seleccionadas

Las medidas base de este análisis fueron extraídas a partir de los formularios estándar del TSPi, en particular del documento SUMP-Summary Project. De este formulario, se obtuvieron el tamaño del producto (LOC totales) y los defectos inyectados y eliminados (planificados y reales) del proyecto por fase [7].

Estos datos se registraron usando una hoja de calculo Excel (véase Fig. 3), y se realizó un análisis preliminar con el objeto de detectar problemas en los datos fuente.

Las causas de los problemas identificados fueron: el abandono del grupo, fallo de lectura del medio de almacenamiento y formularios con datos incompletos y/o datos inconsistentes.

A la vista de estos problemas, de 49 equipos se eliminaron los datos de 15 equipos.

RESUMEN DEL PLAN (SUMP)											
Nombre:				Fecha:							
Equipo:				Instructor:							
Parte/Nivel:				Nº Ciclo:							
Tamaño del producto	Plan	Real	%Real	Defectos Inyectados	Plan	Real	%Real	Defectos Eliminados	Plan	Real	%Real
Páginas de requisitos (ERS)				Estrategia y planificación				Estrategia y planificación			
Otras páginas de texto				Requisitos				Requisitos			
Páginas de diseño de alto nivel				Plan de pruebas del sistema				Plan de pruebas del sistema			
Líneas de diseño detallado				Inspección de requisitos				Inspección de requisitos			
LOC básicas (B) (medidas)				Diseño de alto nivel				Diseño de alto nivel			
LOC eliminadas (D)				Plan de pruebas de integración				Plan de pruebas de integración			
LOC modificadas (M)				Inspección de diseño de alto				Inspección de diseño de alto			
LOC añadidas (A)				Diseño detallado				Diseño detallado			
LOC reutilizadas (R)				Revisión de diseño detallado				Revisión de diseño detallado			
LOC nuevas y cambiadas				Desarrollo de pruebas				Desarrollo de pruebas			
LOC totales (T)				Inspección de diseño detallado				Inspección de diseño detallado			
LOC reutilizables nuevas				Código				Código			
LOC objeto estimadas (E)				Revisión de código				Revisión de código			
Intervalo de predicción				Compilación				Compilación			
Intervalo de predicción				Inspección de código				Inspección de código			
				Pruebas unitarias				Pruebas unitarias			
				Construcción e integración				Construcción e integración			
				Pruebas del sistema				Pruebas del sistema			
				Desarrollo total				Desarrollo total			

Figura 3. Proceso recolección de datos y proceso de análisis

IV. ANÁLISIS REALIZADO

Para el análisis de los resultados, se utilizó la herramienta estadística Statgraphics plus V5.0 para Windows [9]. A los datos se les aplicó los siguientes test: 1) t-Student, para el análisis de medias [10], y 2) cociente de varianzas, para el análisis de varianzas [11].

Además, se realizó el cálculo de dos estadísticos descriptivos: la media y la desviación típica en cada equipo con un umbral del 95% de confianza. Se considera que existe un resultado válido cuando el valor resultante (P-valor) es menor o igual a 0,05 en alguna de las dos pruebas llevadas a cabo. El P-valor (valor crítico) es el nivel de significación más pequeño al que una hipótesis nula puede ser rechazada.

A. Análisis de mejora en la desviación de estimación de defectos eliminados

En este apartado, se muestra el análisis de la desviación de los defectos eliminados en las fases de: requisitos, diseño, implementación y pruebas, de TSPi.

Hipótesis:

“A medida que avanzan los equipos en su formación en TSPi, las estimaciones de eliminación de defectos se aproximan más a los defectos eliminados reales en cada fase del producto a realizar y sus desviaciones son menores”.

Los datos para realizar el análisis se han obtenido mediante la siguiente fórmula: Desviación de la estimación de defectos = $100 * (\text{Defectos Reales} - \text{Defectos Estimados}) / \text{Defectos Estimados}$.

En la Fig. 4, se muestran los diagramas de bigotes del porcentaje de la desviación de la estimación de los defectos eliminados en la Fase de Implementación. En esta fase se manifiesta una reducción en la desviación de la estimación de defectos eliminados en el ciclo II (donde la media de defectos es -6,86), con respecto a la del ciclo I (donde la media es -42,42). Es decir, le corresponde una reducción del 16% de la desviación de la estimación de defectos del ciclo II respecto al ciclo I (véase I).

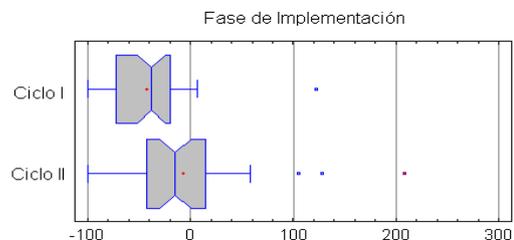


Figura 4. Desviación en la estimación de defectos eliminados en la fase de implementación del Ciclo I y el Ciclo II

En la Tabla I se muestran los resultados obtenidos en la aplicación de los estadísticos descriptivos por fase. Las columnas mostradas son: fase (requisitos, diseño, implementación y pruebas), estadísticos descriptivos (media y varianza), ciclos I y ciclo II, análisis de la media (t-Student (P-valor)) y análisis de varianzas (Cociente varianzas (P-valor)), valor relativo a la media e impacto.

TABLE I. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LA DESVIACIÓN DE DEFECTOS ELIMINADOS POR FASES DEL CICLO I Y CICLO II

Fase	Estadísticos Descriptivos	Ciclo I	Ciclo II	t-Student (P-valor)	Cociente varianzas (P-valor)	Valor Relativo a la Media	Impacto
Requisitos	Media	60,4	24,55	0,4103	0,0086	0,41	-
	Varianza	45762	17904				
Diseño	Media	42,33	1,86	0,2238	0,0034	0,04	-
	Varianza	27369	9563,7				
Implementación	Media	-42,4	-6,86	0,0077	0,0418	0,16	+
	Varianza	1863	3833,2				
Pruebas	Media	88,5	-15,15	0,1876	0	-0,17	-
	Varianza	195780	10282				

Se puede observar en la Tabla I, que sólo la fase de implementación tiene un valor menor de 0,05, tanto para el análisis de la media (columna t-Student (P-valor)) como para el análisis de varianzas (columna Cociente varianzas (P-valor)). Esto implica que existe una diferencia significativa entre los dos ciclos.

B. Análisis de mejora en la densidad de defectos

Se entiende por defecto aquellos elementos de los requisitos, diseños y/o implementación que de no ser cambiados pueden causar que el diseño, la implementación, la evaluación, el uso o el mantenimiento del producto sea inapropiado [7]. Dado que la densidad de defectos es una medida derivada del producto, se consideró realizarlo por ciclo de desarrollo.

Hipótesis:

“A medida que los equipos avanzan a través de los ciclos, el número de defectos eliminados por cada 1.000 líneas de código (KLOC) disminuye”[12].

La densidad de defectos es un indicador de la calidad final y se define mediante la siguiente formula: $Densidad\ defectos = \frac{Defectos\ eliminados}{KLOC}$.

Fig. 5 presenta los diagramas de bigotes de la densidad de defectos. En ella, se muestra una reducción en el ciclo II (donde la media de la densidad de defectos es 0,02), con respecto al ciclo I (donde la media es de 0,05). Es decir, le corresponde una reducción del 46% de la densidad de defectos del ciclo II respecto al ciclo I (véase Tabla II).

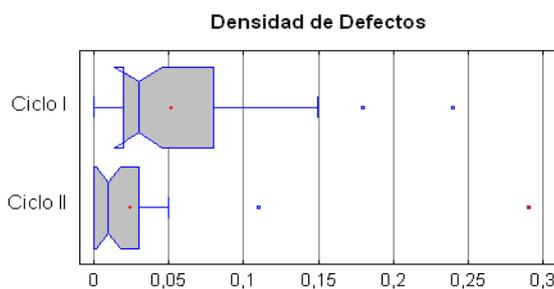


Figura 5. Densidad de defectos del Ciclo I y el Ciclo II

En la Tabla II, se muestran los resultados obtenidos en la aplicación de los estadísticos descriptivos. Las columnas

mostradas son: estadísticos descriptivos (media y varianza), ciclos I y ciclo II, análisis de la media (t-Student) y análisis de varianzas (Cociente varianzas), valor relativo a la media e impacto.

TABLE II. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LA DENSIDAD DE DEFECTOS DEL CICLO I Y CICLO II

Estadísticos Descriptivos	Ciclo I	Ciclo II	t-Student (P-valor)	Cociente varianzas (P-valor)	Valor Relativo a la Media	Impacto
Media	0,05	0,02	0,0344	0,759	0,46	-
Varianza	0	0				

Se puede observar en la Tabla II que existe una diferencia significativa (P-valor es menor a 0,05), en el análisis de la media y que no existe diferencia significativa en el análisis de la varianza. Por lo que afirmamos que los equipos han mejorado, y que la densidad de defectos es un indicador clave de calidad. La mejora en la densidad de defectos se debe a que en el ciclo II los equipos: 1) han reforzado su formación en técnicas de revisión e inspección, y 2) usan la experiencia obtenida en el desarrollo del producto durante el ciclo I.

C. Rendimiento de eliminación de defectos

El rendimiento (porcentaje de defectos eliminados antes de una fase) [13] permite obtener la eficacia para la eliminación de defectos de las diferentes fases del TSPi. Un rendimiento del 70% o superior es un buen indicador de un proceso de calidad, mientras que un rendimiento por debajo del 70% indica problemas potenciales en la calidad del software o en su desarrollo [14].

Hipótesis:

“A medida que avanzan los equipos en su formación en TSPi, la eficacia de la eliminación de los defectos mejora de manera considerable”.

Los datos para realizar el análisis, se han obtenido mediante la siguiente formula: $Rendimiento = \frac{\% \text{ defectos encontrados}}{100} = \frac{\% \text{ defectos eliminados}}{\% \text{ defectos inyectados} + \text{escape fase anterior}}$.

En la Tabla III, se muestran los resultados obtenidos del cálculo del rendimiento en el ciclo I. Se puede observar, en todas las fases, que el indicador del rendimiento está por debajo del 70%, lo que significa que la calidad del proceso no es buena.

TABLE III. CÁLCULO DEL RENDIMIENTO CON LOS DEFECTOS INYECTADOS Y ELIMINADOS REAL CICLO I.

Fase	Def inyectados	Def Iny Acum	Def Eliminados	Def Elim Acum	Escapes	Yield
REQ	7.20	7.20	3.62	3.62	3.58	50.25%
DIS	4.09	11.28	3.46	7.08	4.21	45.14%
IMP	80.33	91.62	19.31	26.38	65.23	22.84%
PRUE	2.62	94.23	4.08	30.46	63.77	6.01%

En la Tabla IV, se muestran los resultados obtenidos del cálculo del rendimiento para el ciclo II. A diferencia del ciclo I, los datos obtenidos en cada una de las fases sobrepasan el 80% de eficacia de eliminación de defectos, obteniendo el 96,75% de efectividad para la fase de pruebas, lo cual indica que existe una mejora significativa con respecto a la fase de pruebas del ciclo I.

TABLE IV. CÁLCULO DEL RENDIMIENTO CON LOS DEFECTOS INYECTADOS Y ELIMINADOS REAL CICLO II

Fase	Def inyectados	Def Iny Acum	Def Eliminados	Def Elim Acu,	Escapes	Yield
REQ	4.77	4.77	4.62	4.62	0.15	96.77%
DIS	2.62	7.38	2.46	7.08	0.31	88.89%
IMP	22.77	30.15	19.81	26.88	3.27	85.83%
PRUE	1.46	31.62	4.58	31.46	0.15	96.75%

Fig. 6 presenta el comportamiento del rendimiento en cada una de las fases para el ciclo I y el ciclo II. Se puede observar una mejora en la efectividad de la eliminación de defectos en cada una de las fases del ciclo II con respecto al ciclo I.

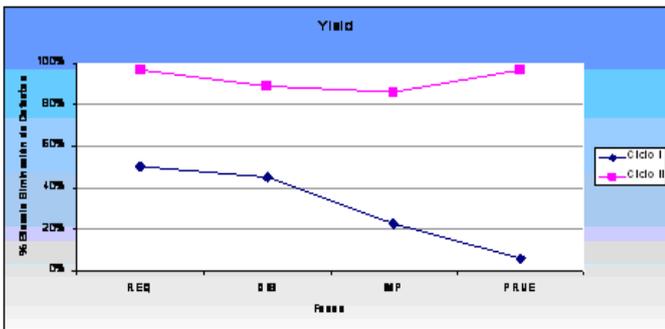


Figura 6. Comportamiento del Rendimiento CI y CII

Como se observa en Fig. 6, en el ciclo II existe una mejora en la eficacia de los defectos eliminados con respecto al ciclo I, debido a que en el ciclo II los equipos contaban con: 1) datos históricos del ciclo I, lo que les permitía tener una estimación más exacta en el rango de defectos estimados y eliminados, 2) los equipos han reforzado su formación en técnicas de revisión e inspección, y 3) usan la experiencia obtenida en el desarrollo del producto durante el ciclo I.

V. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

A. Conclusiones generales

Como conclusiones se puede señalar con respecto a:

- Estimaciones de los defectos eliminados. Las estimaciones de eliminación de defectos se aproximaron más a los defectos eliminados reales en cada fase del producto a realizar y sus desviaciones son menores. Se obtuvo una mejora en el ciclo II debido a que los equipos contaban con parámetros cuantitativos de datos históricos del ciclo I, hicieron uso de la experiencia en como desarrollar el producto, existía

una mayor integración y compromiso de sus miembros, y reforzaron su formación en técnicas de revisión e inspección; lo cual dio como resultado una estimación más certera.

- Disminución en la densidad de defectos eliminados. Disminuye el número de defectos por cada 1.000 líneas de código (KLOC). De lo que se puede deducir que a medida que los equipos adquirieron mayor experiencia e introdujeron revisiones en el diseño y en el código en el ciclo II, se produjo una mejora en la eliminación de los defectos, con lo que se obtuvo un producto de mayor calidad.
- Incremento del rendimiento de defectos eliminados. Se obtuvo una mejora significativa en la eficacia de la eliminación en cada una de las fases del ciclo II con respecto al ciclo I. A diferencia del ciclo I, los datos obtenidos en cada una de las fases del ciclo II sobrepasan el 80% de eficacia de eliminación, obteniendo el 97% de efectividad para la fase de pruebas, lo cual indica que existe una mejora muy relevante con respecto de la fase de pruebas del ciclo I.

B. Propuestas de mejoras

En esta sección se proponen algunas recomendaciones:

- Estandarizar la terminología de las actividades de cada una de las fases del TSPi, es decir utilizar la misma terminología que ya está definida en los formularios.
- Establecer un sistema para gestionar los formularios, donde cada formulario o archivo sea almacenado en un repositorio central para facilitar su localización y reuso.
- Disponer de una herramienta que permita la fácil captura, gestión y validación de los datos, y genere los formularios principales del TSPi (SUMQ, SUMP, SUMS, TASK, LOGD, POSTMORTEM, etc.).

C. Líneas futuras

Como futuros trabajos dentro de esta área se propone completar el análisis realizado con:

- Un análisis sobre la eficacia (defectos/horas) de los defectos eliminados.
- Un análisis sobre la frecuencia de defectos por fase, es decir los tipos de defectos que más se suelen insertar al producto en una fase determinada.

REFERENCIAS

- [1] W. Deming, "Out of the Crisis," MA: MIT Center for Advanced Engineering Study, Cambridge, Massachusetts 1982.
- [2] CMMI Product Team, CMMi (Capability Maturity Model Integration), CMU/SEI-2006-TR-008, ESC-TR-2006-008.
- [3] W. S. Humphrey, "The Team Software Process," SEI CMU/SEI-2000-TR-023, November 2000.
- [4] M. Fagan, "Design and Code Inspections to Reduce Errors in Program Development," IBM Systems Journal 8, 3, 1976.

- [5] M. Fagan, "Advances in Software Inspections", IEEE Transactions on Advanced, Vol. 12, No. 7, July 1986.
- [6] W. S. Humphrey, "The Personal Software ProcessSM (PSPSM)," CMU/SEI-2000-TR-022 November 2000.
- [7] W. S. Humphrey, *Introduction to the Team Software Process*: Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 2000.
- [8] T.B. Hilburn & W.S. Humphrey, Teaching teamwork. Software, IEEE Volume 19, Issue 5, Digital Object Identifier 10.1109/MS.2002.1032857. IEEE JNL. Sept.-Oct. 2002.
- [9] P. César, "Estadística Práctica con Statgraphics," P. Hall, Ed., 2003.
- [10] A. S., Carmen (1994), Manual de SPSS: Estadística descriptiva.
- [11] R. M. Walpole, H. Raymond, K.Ye and L. Sharon, Probability and Statistics for Engineers and Scientists, seventh edition (International Edition), New Moon , (02-23311578), 2002.
- [12] Bayona, S., G. Cuevas, Calvo Manzano, J., San Feliu, T., Mejía J., "Aplicación de TSPi en la Gestión de Software," *Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*. pp. 8, 2007.
- [13] Donald R, McAndrews, "The Team Software ProcessSM (TSP):An Overview and Preliminary Results of Using Disciplined Practices", November 2000, SEI Technical Report CMU/SEI-2000-TR-015, ESC-TR-2000-015.
- [14] T. B. Hilburn, "Teams Need a Process!," *Embry-Riddle Aeronautical University Department of Computing USA, Daytona Beach, FL 32114*, 2000.