



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIA E INGENIERÍA DE LA COMPUTACIÓN

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL
MODELO DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL
SOFTWARE (MoProSoft)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA
(COMPUTACIÓN)

P R E S E N T A:

OSWALDO GÓMEZ GALLARDO

DIRECCIÓN: DR. HANNA OKTABA
CODIRECCIÓN: M. EN C. CECILIA PÉREZ COLÍN

México, D.F.

2007.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*“La evolución está en función
de los eventos, no del tiempo”
Thomas Mann.*

Dedicatorias

A la Universidad Nacional Autónoma de México y al Programa de Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación, por haberme dado la oportunidad de crecer tanto profesional como académicamente, lo menos que puedo hacer para agradecerle es llevar en alto nuestra Alma Máter: "Por mi raza hablará el espíritu".

A la Dra. Hanna Oktaba. Sus grandes obras y su gran corazón son un ejemplo a seguir para mí, le agradezco su paciencia, su apoyo y toda su ayuda. Usted siempre será una luz que me iluminará en el camino del conocimiento. Este logro es suyo.

A mis maestros del Posgrado, Cecilia Pérez, Lupita Ibarquengoitia y Amparo López, por su confianza, paciencia y su dedicación. No hay una labor más noble y honorable que la de transmitir el conocimiento. Muchas gracias.

Al Dr. Mario Piattini, al Dr. Félix García y al grupo Alarcos de la Universidad Castilla-La Mancha. Les agradezco mucho su interés y confianza en mí, su valioso tiempo y su dedicación para hacerme crecer académicamente.

A mis Padres Wulfrano y Amelia. A ustedes les debo lo que soy, gracias por su amor, su dedicación, por todos sus sacrificios, por su apoyo. Los quiero mucho.

A mis Hermanos Perla (¡¡Manitaaaa!!), Wulfrano, Amelia, Tamara y Lalo. Por todo su apoyo, su cariño y su compañía. Estoy muy orgulloso de todos ustedes, los quiero mucho y por ese motivo les dedico esta tesis.

A mis sobrinitas Perlita y Karlita, gracias por todos los momentos de alegrías y los pleitos, por su risa que llena la casa y sus momento de rebeldía. Recuerden que no hay personas más importantes que ustedes mismas, así que cuídense mucho.

Al Maestro Víctor Damián y la CPCIT, usted me ha dado algo que muy pocas personas dan y que es lo más valioso que tiene un ser humano en la vida: "Tiempo". Quizás nunca pueda pagarle su paciencia y comprensión, pero al menos déjeme ofrecerle mi amistad. Este logro también es de ustedes.

A mis amigos de toda la vida Gil, Vic, Neto y Oscar por compartir conmigo sus alegrías, sus penas, por los bueno y malos momentos, por su compañía, por siempre estar ahí. Talvez no somos hermanos biológicos, pero la vida se encargó de hacernos hermanos del alma. Gracias.

A mis amigos del Posgrado Alex, Silvia, Rodrigo, Monse, Wendy y Jerry. Agradezco a la vida haber estado en el mismo barco con ustedes sufriendo las mismas tormentas, pero finalmente lo estamos logrando. Muchas Gracias por todo, esta tesis también les pertenece.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	V
CAPÍTULO 1. MEDICIONES DEL SOFTWARE	1
1.1 Medición del Software	1
1.1.1 Teoría de la medición del software	2
1.1.2 Ontología de la Medición del Software	3
1.2 Estado del arte de las mediciones de software	6
1.2.1 Revisión Sistemática	6
1.2.2 Teoría de la Revisión Sistemática	6
1.2.3 Revisión Sistemática en las medidas de software	8
1.2.4 Resultados de la Revisión Sistemática	11
CAPÍTULO 2. PROCESO DE MEDICIÓN DEL SOFTWARE	18
2.1 Propósito y ventajas de los Procesos de Medición	18
2.2 Importancia de los Procesos de Medición	19
2.3 El Modelo de Proceso de Medición ISO/IEC 15939	19
2.4 El Modelo de Información de Medición	23
2.5 La metodología de Medición GQIM	25
CAPÍTULO 3. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DE SOFTWARE	31
3.1 Motivación de la propuesta de mediciones para del Modelo de Procesos MoProSoft	31
3.1.1 Ventajas de una propuesta de medición para el Modelo de Procesos MoProSoft	32
3.1.2 Alcance de la propuesta de medición	33
3.1.3 Implementación de la propuesta de medición	34
3.2 Medidas para el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software	35
3.2.1 Objetivo general de la propuesta de medidas para el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software	36
3.2.2 Preguntas y sub-objetivos para el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software	36
3.3.3 Selección de Medidas para el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software	39
3.4 Mediciones Técnicas	43
CAPÍTULO 4. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS	47
4.1 Objetivo general de la propuesta de medidas para el Proceso de Administración de Proyectos Específicos	47
4.1.1 Preguntas y sub-objetivos para el Proceso de Administración de Proyectos Específicos	48

ÍNDICE GENERAL

4.2 Implementación de medidas para el Proceso de Administración de Proyectos Específicos	52
4.2.1 Medidas para las actividades de Planificación	54
4.2.2 Medidas para las actividades de Realización	62
4.2.3 Medidas e Indicadores para las actividades de Evaluación y Control	68
4.2.3.1 Indicadores de Variación	69
4.2.3.2 Análisis de Valor Ganado	71
4.2.3.3 Indicadores para el Aseguramiento de Calidad	75
4.2.3.4 Diagramas de Gantt	80
4.2.3.5 Indicadores de Riesgo	82
CAPÍTULO 5. DEFINICIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE MEDIDAS PARA EL MODELO DE PROCESOS MoProSoft	87
5.1 El Modelo de Información de Medición para el Modelo de Procesos MoProSoft	87
5.2 Implementación de la Plantilla de Indicadores	97
5.3 Implementación del Proceso de Medidas para el Modelo de Procesos MoProSoft	104
CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	114
BIBLIOGRAFÍA	118
Apéndice A. Medidas por fases del Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software	122
Apéndice B. Medidas por fases del Proceso de Administración de Proyectos Específicos	134
Apéndice C. Reportes de Actividades y de Seguimiento	148

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Distribución de medidas para las entidades	11
Figura 1.2. Atributos de Proyectos	12
Figura 1.3. Atributos de Calidad	13
Figura 1.4. Atributos de Mantenibilidad	13
Figura 1.5. Atributos de Sistemas OO	14
Figura 1.6. Atributos de Sistemas WEB	15
Figura 1.7. Proporción de validaciones a las mediciones	15
Figura 1.8. Mediciones y enfoques de programación	17
Figura 2.1. Modelo de Procesos de Medición	20
Figura 2.2. Modelo de información de medición	24
Figura 3.1. Alcance de la Propuesta de Mediciones	33
Figura 3.2. Implementación de medidas para MoProSoft	35
Figura 4.1. Implementación de medidas para el Proceso de Administración de Proyectos Específicos	53
Figura 4.2. Valor Ganado en Tiempo	73
Figura 4.3. Valor Ganado en Costo	74
Figura 4.4. Diagrama de Barras de Defectos	76
Figura 4.5. Diagrama de Barras de Defectos	77
Figura 4.6. Carta de Control de Densidad de Defectos	79
Figura 4.7. Diagrama de Precedencias del Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software	81
Figura 4.8. Diagrama de Gantt	82
Figura 4.9. Ejemplo de un WBS de riesgos	83
Figura 4.10. Matriz de Probabilidad e Impacto	83
Figura 5.1. La Plantilla de Indicadores y su adaptación al Proceso de Medición	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Resultados totales de Búsqueda	9
Tabla 1.2. Plantilla para la extracción subjetiva y objetiva de los datos	10
Tabla 1.3. Definición de entidades	10
Tabla 1.4 Definición de las características de las medidas	11
Tabla 3.1 Preguntas para el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software	38
Tabla 3.2 Medidas de Proceso	39
Tabla 4.1. Preguntas para el Proceso de Administración de Proyectos Específicos	51
Tabla 4.2. Resumen de medidas propuestas para las actividades de Planificación	62
Tabla 4.3 Resumen de medidas propuestas para las actividades de Realización	68
Tabla 4.4. Tabla de Valor Ganado en Tiempo	73
Tabla 4.5. Tabla de Valor Ganado en Costo	73
Tabla 4.7 Resumen de medidas para las actividades de Evolución y Control	84
Tabla 5.1. Entidades y Atributos Medidos	87
Tabla 5.2 Medidas Base	88
Tabla 5.3 Medidas Base y Derivadas para la entidad Proceso	88
Tabla 5.4 Medidas Base y Derivadas para la entidad Producto	90
Tabla 5.5 Medidas Base y Derivadas para la entidad Proyecto	91
Tabla 5.6 Medidas Base, Derivadas e Indicadores para la entidad Proceso.	93
Tabla 5.7 Medidas Base, Derivadas e Indicadores para la entidad Producto	94
Tabla 5.8 Medidas Base, Derivadas e Indicadores para la entidad Proyecto	96

INTRODUCCIÓN

Motivación y antecedentes

La literatura y la experiencia afirman que las mediciones ayudan a las organizaciones a entender más sobre las propiedades y características de los *Productos*, los *Proyectos* y los *Procesos* del software [ISO/IEC 15504-2:2003]. Esto se debe a que nos ayudan en la validación, rastreo, control y evaluación de manera sistemática de dichas propiedades y características contra estándares establecidos [Ebert et al., 2004] u objetivos estratégicos, permitiéndonos optimizar dichos procesos, productos y proyectos del software [[Fenton y Pfleeger, 1997].

También debemos destacar que la calidad de los procesos de desarrollo de sistemas y de los productos informáticos debe ser muy alta para satisfacer los requisitos del cliente y asegurar el éxito del que depende la supervivencia de las organizaciones. Por tales motivos, es necesario establecer mediciones que nos asistan en la validación de propiedades y características de los productos y procesos del software, para saber si cumplen con nuestros objetivos de calidad [Stephen H. K., 2002], identificando oportunidades de mejora.

Por otra parte, podemos asegurar que las medidas del software también apoyan en la toma de decisiones y en la realización de mejores estimaciones [Fenton y Pfleeger, 1997; Florac et al., 1999] durante el proceso de desarrollo dando un gran soporte cuantitativo a la administración y al control de proyectos.

Además, antes de poder aplicar la mejora en cualquier organización [Piattini y García, 2003], es necesario partir de una base cuantitativa que permita determinar, de una forma objetiva, los puntos fuertes o débiles de los productos, proyectos y procesos. De ésta manera, las mediciones nos ayudan a institucionalizar la mejora de proceso de software en las organizaciones.

INTRODUCCIÓN

Por éstos motivos, se han hecho esfuerzos en los diferentes modelos de procesos, como en la [ISO/IEC 12207:2002], que define en los lineamientos organizacionales, las mediciones o como en CMMI [Chrissis M. B. et al., 2003] que incorporó una nueva área de procesos en su nivel dos de madurez denominada “Medición y Análisis” y la [ISO 9000:2000] que establece la necesidad de implementar un modelo de medición con el objetivo de controlar la calidad del producto, la capacidad del proceso y la satisfacción del cliente, es decir, implementar el concepto de “Calidad Total” (TQM¹) [Stephen H. K., 2002].

Como soporte a los modelos de medición se pueden destacar marcos de trabajo como GQM² [Basili V.y Weiss D., 1984] o GQ(I)M³ [Goethert W., Siviyy J., 2004] y los estándares [ISO/ IEC 15939:2001] e [IEEE Std. 982.2-1988]. Estos estándares y marcos de trabajo se esfuerzan en proporcionar la referencia necesaria para poder llevar a cabo el proceso de medición de una forma efectiva y sistemática.

Conceptos

Ahora que ha quedado expresada la necesidad de las mediciones del software, de los estándares y marcos de trabajo de medición, nos cabe la pregunta: ¿Qué es la medición del software?

La literatura nos dice que la medición es *”el proceso de asignar números o símbolos a los atributos de las entidades del mundo real, de forma que se puedan describir de acuerdo a unas reglas claramente definidas”* [Fenton y Pfleeger, 1997].

¹ Por sus siglas en Inglés Total Quality Managenemt

² Por sus siglas en Inglés Goal Question Metric

³ Por sus siglas en Inglés Goal Question Indicator Metric

Cabe aclarar que existen más definiciones de *medición del software*, todas igual de válidas y aceptadas, pero para fines del presente trabajo, la definición arriba descrita es la que tomaremos como referencia.

Una vez definida la importancia y el significado de la medición del software, debemos especificar cuál es el estado de la situación actual del Modelo de Procesos MoProSoft [NMX-I-059, 2005] con el fin de formularnos el planteamiento del problema y la solución que proponemos en este trabajo. Para tal fin, a continuación explicaremos en que consiste dicho Modelo de Procesos.

MoProSoft, es el Modelo de Proceso para la Industria de Software que fomenta la estandarización de sus procesos de software a través de la incorporación de las mejores prácticas en gestión e Ingeniería de Software. Lo anterior con el fin de elevar la capacidad de las organizaciones para ofrecer servicios con calidad. Esta Norma se dirige a las organizaciones pequeñas y/o medianas dedicadas al desarrollo y/o mantenimiento de software, con o sin procesos establecidos, que deseen alcanzar hasta un nivel de capacidad dos⁴ de madurez [ISO/IEC 15504-2:2003] en sus procesos.

El Modelo de Procesos MoProSoft define tres categorías que lo constituyen: la Alta Dirección, la Gerencia y la Operación. Para cada categoría existen procesos y para cada uno de ellos se definen, entre otras cosas, actividades, productos de entrada, productos de salida, indicadores y sugerencias de medición que permiten a una organización analizar su desempeño, mejorar sus prácticas y consecuentemente entregar productos de software de alta calidad.

⁴ De acuerdo a la ISO/IEC 15504-2:2003, El nivel de Madurez dos, también denominado Nivel Administrado, se alcanza cuando los procesos de una organización generan productos de una calidad aceptable, los productos siguen estándares establecidos y se siguen procedimientos específicos, planeados y revisables.

Planteamiento del problema

MoProSoft sugiere mediciones, a efecto de lograr lo anteriormente descrito, pero no define como definir las e implementarlas.

En la actualidad, es muy difícil hablar de mejores prácticas a nivel de mediciones en pequeñas y/o medianas empresas, porque la mayor parte de ellas no tienen prácticas de Ingeniería de Software adecuadas, realizan mediciones como pueden y, además, les resulta complicado reconocer que es lo que vale la pena medir y como medirlo.

Por lo tanto, el Modelo de Procesos MoProSoft requiere de un refinamiento en lo que concierne a sus mediciones, porque, como ya se había señalado, indica qué hay que medir pero no especifica como medir, lo que ocasiona discrecionalidad en éste punto.

Propuesta de solución, objetivo y metodología

El objetivo del presente trabajo de tesis es definir un Proceso de Medición elemental que complemente a los procesos de Administración de Proyectos Específicos y Desarrollo y Mantenimiento de Software contenidos en la Categoría Operación de MoProSoft.

De esta manera, basándonos en la metodología de medición GQ(I)M [Goethert W., Sivi J., 2004], comenzaremos formulando preguntas asociadas a dichos objetivos para establecer nuestras necesidades de información.

Posteriormente definiremos las medidas⁵ para los atributos de entidades previamente establecidos, a partir de las cuales se construirán indicadores que

⁵ Dichas medidas serán extraídas principalmente de una revisión sistemática [Kitchenham et al 2004; Travassos et al., 2005] en medidas de software

den respuesta a las preguntas planteadas y satisfagan las necesidades de información anteriormente establecidas.

Finalmente, una vez que se tenga las respectivas mediciones y los indicadores que den respuesta a las necesidades de información, procederemos a establecer un Proceso de Medidas de Software en el cual se detallen las actividades y tareas necesarias para implementarlas, basándonos principalmente en el estándar [ISO/ IEC 15939:2001].

Organización del documento

El presente trabajo de tesis se encuentra organizado de la siguiente manera:

Capítulo 1. En éste capítulo mostraremos la importancia de la medición del software, revisaremos la teoría y la ontología de la medición. Finalmente, analizaremos el estado del arte de las mediciones del software, a través de una revisión sistemática en medidas del software.

Capítulo 2. Revisaremos los propósitos, ventajas y la importancia de los procesos de medición, explicaremos en qué consiste el estándar [ISO/ IEC 15939:2001], la metodología GQ(I)M y de manera general el Modelo de Información de Medición.

Capítulo 3. Definiremos las medidas base y derivadas para los procesos de Desarrollo y Mantenimiento de Software y plantearemos las preguntas, entidades y atributos de dicho proceso. Daremos una panorámica de las medidas técnicas más estudiadas de la literatura.

Capítulo 4. En este capítulo, de manera análoga al anterior, definiremos las entidades y sus respectivos atributos para tomar medidas base, derivadas e

INTRODUCCIÓN

indicadores para el proceso de Administración de Proyectos Específicos. Explicaremos el Modelo de Información de Medición para las medidas incorporadas en MoProSoft, el cual es un modelo que une a las necesidades de información, con los atributos relevantes de las entidades definidos para el negocio y, de ésta manera, construir indicadores que den respuesta a dichas necesidades de información.

Capítulo 5. En este capítulo definiremos el Proceso de Medidas para el Modelo de Procesos MoProSoft y como fue integrado al mismo.

Finalmente daremos las conclusiones de haber realizado ésta investigación y plantearemos los trabajos futuros en esta área.

CAPÍTULO 1

MEDICIONES DEL SOFTWARE

1.1 Mediciones del Software

Las siguientes son solo algunas de las ventajas de las mediciones del software:

- Sirven para entender, evaluar y controlar tanto los atributos, como las propiedades de los productos y procesos de software, con el fin de evaluar una situación o característica de los mismos. Por lo tanto, es posible detectar oportunidades de mejora [Briand et al., 1996], mostrando áreas problemáticas en la calidad de los sistemas.
- Soportan a las mejores decisiones [Pfleeger, 1997; Florac et al., 1999] ya que sirven para rastrear, evaluar, analizar y controlar los atributos de los proyectos, productos y procesos de software.
- Nos ayudan a estimar, predecir o pronosticar características del software.
- Generan bases de conocimiento más íntegras y robustas, con información cuantitativa de la administración de procesos, proyectos y datos de los productos basadas en la experiencia.
- Nos sirven para evaluar los productos de trabajo o procesos contra los estándares establecidos.
- Con ellas podemos definir y medir características específicas durante el ciclo de vida del proyecto, para soportar la administración y control del mismo.
- También nos sirven para optimizar los procesos y productos del software [Fenton N. and Pfleeger S. L., 1997].
- Nos ayudan a institucionalizar la mejora de proceso de software.

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

Podemos concluir fácilmente que las mediciones dan un apoyo cuantitativo muy importante para la ingeniería del software. Por éste motivo vale la pena profundizar en la teoría de la medición del software.

1.1.1 Teoría de la medición del software

Como ya habíamos visto en la introducción del presente trabajo la medición *“es el proceso de asignar números o símbolos a los atributos de las entidades del mundo real, de forma que se puedan describir de acuerdo a unas reglas claramente definidas”*.

Para comprender esta definición, se debe aclarar que una entidad es un objeto físico o un evento. La ISO/IEC 15504-2:2003 y CMMI [Chrissis M. B. et al., 2003] definen como entidades a ser medidas al *Proyecto*, al *Proceso* y al *Producto*.

Un atributo es una característica de una entidad. Dichos atributos o sub-tributos [Fenton y Pfleeger, 1997] se clasifican como internos, si pueden ser medidos de una entidad sin evaluar el comportamiento externo de dicha entidad. Por ejemplo: la complejidad o el tamaño de software. Externo si una entidad tiene relación con su entorno. Por ejemplo, los defectos, estabilidad o seguridad del sistema. Además, los atributos internos son imprescindibles para evaluar los atributos externos.

Con esto en mente, podemos redefinir la medición del software como el proceso de asignar números o símbolo a los atributos y subatributos internos y/o externos de los Proyectos, Procesos y Productos de software.

Una vez definido el concepto de medición del software, podemos dar los conceptos operativos básicos de esta área de la ingeniería del software.

1.1.2 Ontología de la Medición del Software

La medición del software se encuentra todavía en una etapa de consolidación y aún se están definiendo sus principios y métodos [Briand, 2002]. Por lo tanto, aún no existe un consenso general sobre la definición exacta de los conceptos que maneja. Con el fin de evitar confusiones y clasificar la información de la mejor manera posible, nos basamos en los conceptos definidos en la *Ontología de Medición de Software* [García et al., 2005] y en los del estándar [ISO/IEC 15504-2:2003], los cuales tienen como objetivo contribuir a la armonización de las diferentes medidas de software y estándares, proveyendo un grupo coherente de conceptos comunes usados en la medición del software.

Los conceptos necesarios para comprender la medición del software son los siguientes:

- **Base de Experiencias de Medición:** Repositorio que contiene la evaluación de la información de los productos y los procesos, así como cualquier lección aprendida durante el proceso de medición.
- **Concepto medible:** Relación abstracta entre los atributos de las entidades y las necesidades de información.
- **Criterio de decisión:** Acuerdos y objetivos usados para determinar la necesidad de una acción, investigaciones posteriores o para describir el nivel de confianza de un resultado.
- **Dato:** Colección de valores asignados a las medidas básicas, medidas derivadas y/o indicadores.
- **Escala:** Conjunto ordenado de valores, continuos, discretos o conjunto de categorías, en el cual un atributo es mapeado.
 - **Escala Nominal:** Los valores de medición son categóricos.
 - **Escala Ordinal:** Los valores de medición son rangos.

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

- **Escala Intervalo:** Los valores de medición son equidistantes, correspondiendo a cantidades equivalentes de los atributos, el cero no puede existir.
- **Escala Ratio:** Los valores de medición son equidistantes, correspondiendo a cantidades equivalentes de los atributos, donde el valor de cero corresponde a ausencia del atributo.
- **Función de medida:** Algoritmo o cálculo desarrollado para combinar dos o más medidas base.
- **Indicador:** Medida que provee una estimación o evaluación de atributos específicos derivado de un modelo con respecto a una necesidad de información.
- **Medición:** Conjunto de operaciones con el objetivo de determinar el valor de una medida.
- **Medida:** Resultado de una medición.
- **Medida Base:** Medida definida en términos de atributos y el método de cuantificarlo. Es funcionalmente independiente de otras medidas.
- **Medida Derivada:** Está definida como la función de uno o mas valores de medidas base.
- **Medir:** Realizar una medición.
- **Método de medición:** Secuencia lógica de operaciones descritas de manera general, usadas en la cuantificación de un atributo con respecto a una escala específica. El tipo de método de medición depende de la naturaleza de las operaciones usadas para cuantificar un atributo, la cual puede ser objetiva o subjetiva.
- **Modelo:** Algoritmo o cálculo que combina una o más medidas base y/o derivadas con un criterio de decisión.
- **Necesidad de Información:** Discernimiento necesario para manejar objetivos, metas, riesgos y problemas.
- **Procedimiento de medición:** Conjunto de operaciones bien definidas usadas en la ejecución de una medida particular de acuerdo a un método dado.

CAPÍTULO 1. MEDICIONES DEL SOFTWARE

- **Proceso:** Conjunto de actividades interrelacionadas que transforman un conjunto de entradas en salidas [ISO/IEC 15504-9: 1998].
- **Proceso de medición:** Proceso para establecer, planear, realizar y evaluar las medidas del software, dentro de todo un proyecto dando una estructura organizacional de medidas.
- **Producto de información:** Uno o más indicadores y sus interpretaciones asociadas para perseguir una necesidad de información.
- **Producto de Software:** Conjunto de programas de computadora, procedimientos, su documentación asociada y datos [ISO/IEC 12207: 1995].
- **Proyecto:** Es un esfuerzo temporal emprendido para crear un producto, servicio o resultado único [ANSI/PMI 99-001-2004 PMBOK Guide].
- **Observación:** Instancia de aplicar un procedimiento de medición a un valor o medida base.
- **Repositorio de Datos:** Colección persistente y organizada de datos e información que permiten su consulta.
- **Sistema:** Compuesto integrado que consiste en uno o más de los procesos, hardware, software, instalaciones y personas que provee una capacidad para satisfacer una necesidad u objetivo [ISO/IEC 12207: 1995].
- **Unidad de Medida:** Cantidad particular definida y adoptada por convenio, en la cual otras cantidades del mismo tipo son comparadas con el fin de expresar su magnitud relativa a esa cantidad.
- **Valor de un indicador:** Resultado numérico o categórico asignado a un indicador.

Con estas definiciones básicas, podemos realizar estudios más profundos como el que se muestra a continuación.

1.2 Estado del arte de las mediciones de software

En éste punto explicaremos cómo realizamos una revisión sistemática de la literatura, con el fin de encontrar las medidas, saber las tendencias de las mismas y reconocer que atributos se han estado midiendo de los productos, proyectos y procesos del software.

1.2.1 Revisión Sistemática

No es difícil percatarse que en la Ingeniería de software, los estudios generalmente se encuentran fragmentados, inapropiadamente integrados y sin ningún consenso estandarizado [Kitchenham et al., 2004]. Por estos motivos, la revisión sistemática establece una evaluación confiable en un campo de investigación con un método riguroso, auditable y con una estrategia bien definida que asegura la integridad de la investigación a ser ejecutada.

Por lo tanto, hemos realizado una revisión sistemática propuesta por [Kitchenham, 2004], que define un método que va a un paso adelante de la simple revisión, para buscar información en medidas de software de las diferentes fuentes, de manera sistemática y disciplinada. Por lo tanto, ésta revisión nos permitió reconocer, evaluar e identificar información consistente con nuestros objetivos de investigación [Travassos et al., 2005].

1.2.2 Teoría de la Revisión Sistemática.

La revisión sistemática es un proceso metodológico y formal, que permite evaluar e interpretar los estudios existentes relacionados con un estudio particular. Está basada en una pregunta de investigación, un tópico, un área de estudio o un fenómeno de interés. Resume la evidencia actual disponible para una investigación y ayuda a identificar áreas para futuros estudios, ya que establece

CAPÍTULO 1. MEDICIONES DEL SOFTWARE

un marco de referencia para realizar nuevas actividades de investigación apropiadamente.

Por otra parte, nos provee de la información necesaria para ubicar nuestra investigación, haciendo un mapeo del campo de estudio, encontrando datos relevantes, ideas, técnicas y su relación con nuestra investigación. Más aún, la revisión sistemática integra la investigación empírica, con la finalidad de encontrar generalizaciones, estableciendo objetivos para crear criterios de análisis.

Ahora veremos a grandes rasgos las fases y actividades fundamentales que componen a una revisión sistemática.

- *Planeación de la revisión:* Aquí se establecen los objetivos y el *protocolo de revisión*. En éste protocolo se define la pregunta de investigación y los métodos que serán ejecutados. A grandes rasgos, esta fase involucra los siguientes actividades:
 - *Formulación de la Pregunta:* Esta actividad es considerada entre las más importantes del proceso de revisión. Aquí los objetivos de la investigación deben ser definidos enfocándose en la pregunta de investigación, estableciendo su amplitud y calidad.
 - *Selección de las Fuentes:* En éste punto se identifican, se revisan, se seleccionan y se evalúan las fuentes de referencia.
 - *Selección de los estudios:* Describe el proceso de selección de los artículos obtenidos de las fuentes evaluadas.

- *Fase de Revisión:* Involucra la identificación, selección y evaluación de los estudios primarios, basados en el criterio definido en el *protocolo de revisión*. Esta fase esta compuesta por las siguientes actividades:

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

- *Ejecución de la Selección:* En esta sección se registra todo el proceso de selección de los estudios primarios, evaluándolos con nuestro criterio de calidad.
- *Extracción de la Información:* Una vez que los estudios primarios fueron seleccionados, la información relevante de los mismos debe ser extraída siguiendo un criterio de exclusión e inclusión, definiendo formularios de extracción de datos y resolviendo divergencias entre los revisores.
- *Análisis de Resultados:* En esta fase toda la información de los diferentes estudios es analizada. Establece el *resumen de resultados*, el cual presenta los datos resultantes de los estudios recolectados, puede incluir, información estadística, tablas de resultados, análisis sensitivos, etc., lo cual lleva a las conclusiones y comentarios finales.

Todo el proceso debe ser registrado y la planeación debe garantizar que la investigación puede ser realizada. Vale la pena mencionar aquí, que el *Protocolo de Revisión* debe ser evaluado por expertos. Finalmente, muchas actividades del proceso de revisión involucran iteraciones para refinar dicho proceso y no son necesariamente secuenciales.

1.2.3 Revisión sistemática de las medidas de software

Primero que nada, debemos mencionar que en nuestra *revisión sistemática* se propuso dar respuesta a la siguiente pregunta fundamental: ¿Cuáles son las mediciones más actuales y usadas en la literatura? Nuestro *protocolo de búsqueda* se desarrolló en torno a esta pregunta.

Una vez establecida la pregunta principal, realizamos las búsquedas con todas las combinaciones posibles de las siguientes cadenas: “(measure OR metric OR quality OR quantitative) OR (process OR engineering OR maintenance OR management OR improvement OR Software testing OR development)”, en los

CAPÍTULO 1. MEDICIONES DEL SOFTWARE

motores de búsqueda de las siguientes fuentes: ACM Digital Library, Search IEEE magazines, Wiley Interscience, and Science@Direct. Los resultados de la búsqueda en Internet son mostrados en la Tabla 1.1.

Fuentes	Resultados de Búsquedas	Revisados	Aceptados
Science@Direct	3569	78	10
ACM	950	85	28
IEEE	3740	111	32
Wiley	653	20	8
TOTAL	8912	294	78

Tabla 1.1. Resultados totales de Búsqueda

Como se puede apreciar en la Tabla 1, se obtuvo una cantidad considerable de resultados, pero sólo menos del 1%. Esto se debe a que nuestros filtros de búsqueda no fueron muy restrictivos, lo cual nos dio la ventaja de no perder posibles estudios de interés, pero tuvo la desventaja de que, como se puede apreciar en las cifras, tuvimos que revisar una gran cantidad de artículos.

Por otra parte, nuestro *criterio de calidad* confió en las fuentes escogidas porque son serias, comprometidas con la calidad de sus artículos y fueron avaladas por expertos. De acuerdo con nuestro *Protocolo de Revisión*, se aceptaron todos los artículos relacionados con mediciones para el desarrollo, mantenimiento, administración y gestión proyectos de software que contuvieran las cadenas de búsqueda en el título, las palabras claves y, en algunos casos, en todo el documento. Posteriormente se realizaron *extracciones objetivas y subjetivas* de la información contenida en los estudios, dichas extracciones de datos fueron realizadas elaborando una plantilla de extracción, con el fin de documentar los resultados de este proceso siguiendo la propuesta de [Travassos et al., 2005] que se muestran en la Tabla 1.2.

Basándonos en los conceptos definidos en la *Ontología de Medición de Software* anteriormente descrita, elaboramos una plantilla para clasificar la

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

información extraída de las siguientes tres formas: “Qué se mide”, “Cómo se mide” y “Cuándo se mide”.

Resultados de la Extracción Objetiva	
Identificación del Estudio	
Nombre	
Autor	
Institución	
Revista	
Fecha	
Metodología del Estudio	
Resultados del Estudio	
Problema del Estudio	
Resultados de la extracción subjetiva	
Información por los autores	
Resúmenes e impresiones generales	

Tabla 1.2. Plantilla para la extracción subjetiva y objetiva de los datos

Como habíamos mencionado antes, las entidades medidas son el *Proyecto*, el *Proceso* y el *Producto*. Por lo tanto, extrajimos las características medidas de dichas entidades para clasificar por atributos y por subatributos [Fenton y Pfleeger, 1997] internos y externos (Tabla 1.3).

Qué se mide						
Entidades			Atributos	Subatributos	Tipo de Atributo	
Proyecto	Proceso	Producto			Interno	Externo

Tabla 1.3. Definición de entidades

Una vez que descubrimos que se mide, procedimos a analizar “Cómo se mide”, clasificando las mediciones extraídas de los artículos en términos de las siguientes características: Representación, descripción, medida base, derivada o indicadores [García et al., 2005; Goethert y Siviy, 2004], escala [Fenton y Pfleeger, 1997] y validación empírica [Wohlin et al., 2000; Juristo y Moreno, 2001; Basili et

CAPÍTULO 1. MEDICIONES DEL SOFTWARE

al., 1999; Perry et al., 2000] o teórica [Weyuker, 1988; Briand et al., 1996; Whitmire, 1997; Zuse, 1998; Poels y Dedene, 2000]. La Tabla 1.4 resume esto.

Cómo se mide					
Representación	Descripción	Medición		Escala	Validación
		Básica	Derivada		

Tabla 1.4 Definición de las características de las medidas

1.2.4 Resultados de la Revisión Sistemática

Los resultados de la revisión sistemáticas de medidas del software son los siguientes:

La entidad más medida fue el producto de software, ya que medir el producto es mucho más sencillo que medir el proceso y el proyecto para los que no se tienen bien definidos sus atributos, esto se muestra en la Figura 1.1

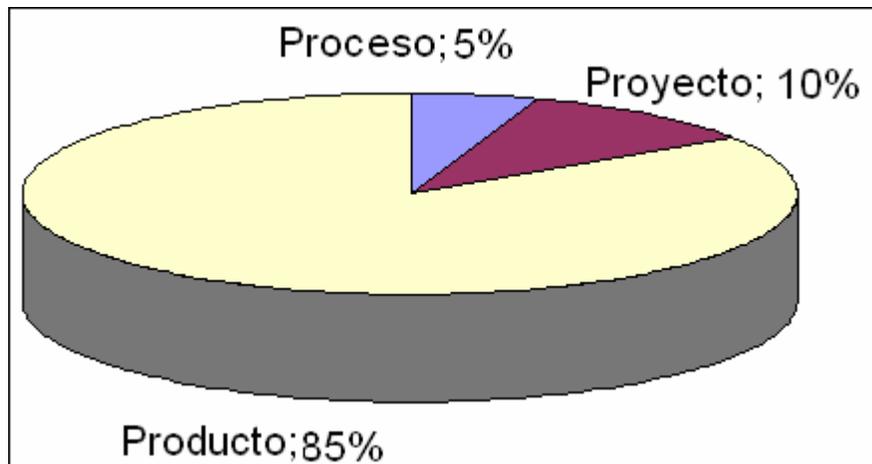


Figura 1.1. Distribución de medidas para las entidades

Con el fin de ilustrar los atributos más medidos de forma clara, los hemos clasificado de la siguiente manera: Atributos de Proyectos (Figura 1.2), de Calidad (Figura 1.3), de Mantenibilidad (Figura 1.4), de Sistemas Orientados a Objetos (OO) (Figura 1.5) y Atributos de Sistemas WEB (Figura 1.6).

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

Hemos encontrado que el tamaño es el atributo más medido en la mayoría de las mediciones derivadas enfocadas principalmente al control de proyectos, a la estimación de defectos¹, tiempo y costos como se muestra en la Figura 1.2. Esto se debe a que una vez medido el tamaño podemos medir el tiempo del desarrollo de sistemas y, una vez calculado el tiempo, podemos hacer la estimación del costo [Ebert C. et al., 2004].

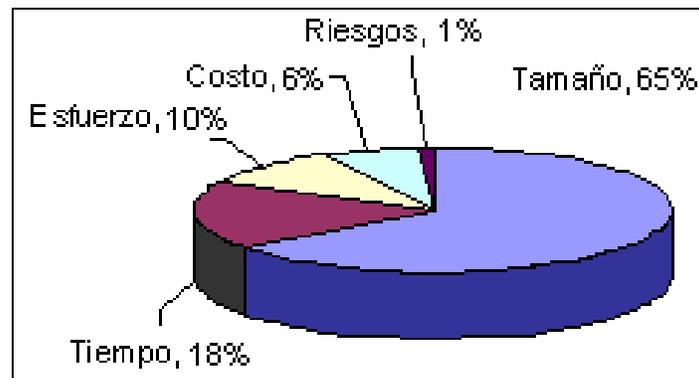


Figura 1.2. Atributos de Proyectos

Debemos señalar que las medidas relacionadas con la calidad del producto abarcaron la estimación de defectos, errores encontrados en alguna fase del ciclo de vida del software, efectividad en la detección de errores, densidad de defectos, estimación de la confiabilidad y defectos en ejecución durante las pruebas. Dichas medidas evalúan primordialmente los siguientes atributos de calidad: seguridad, portabilidad, manejabilidad, robustez, usabilidad y desempeño [Stephen H. K., 2002]. De lo anterior, podemos deducir que el contar defectos es la técnica más aplicada y aceptada para determinar la calidad del software, como se muestra en la Figura 1.3.

¹ De acuerdo a la IEEE 610.1, un defecto es un paso incorrecto, proceso, o deficiencia de datos, debido a una acción humana que produce un resultado incorrecto, el cual se manifiesta.

CAPÍTULO 1. MEDICIONES DEL SOFTWARE

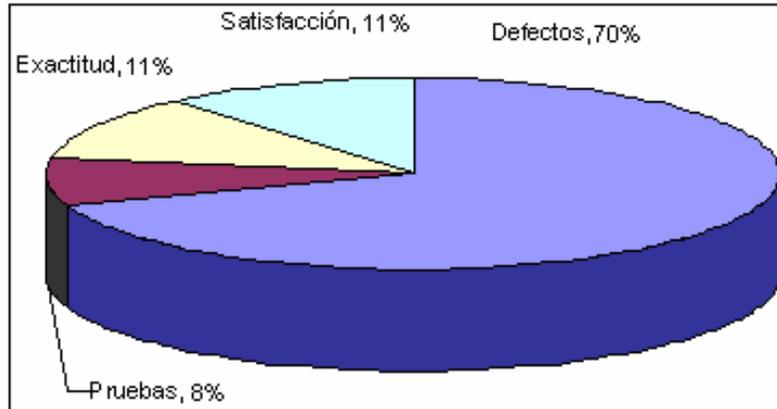


Figura 1.3. Atributos de Calidad

Por otra parte, la complejidad [McCabe, 1976; Henry y Kafura, 1981], se ha usado en varios contextos. Por ejemplo, en el diseño, arquitectura, código fuente, diagramas del Lenguaje de Modelado Unificado (UML²), etc., Por lo tanto, podemos ver en la Figura 1.4, que este atributo fue otro de los que acumuló una gran cantidad de mediciones de sus diferentes aplicaciones.

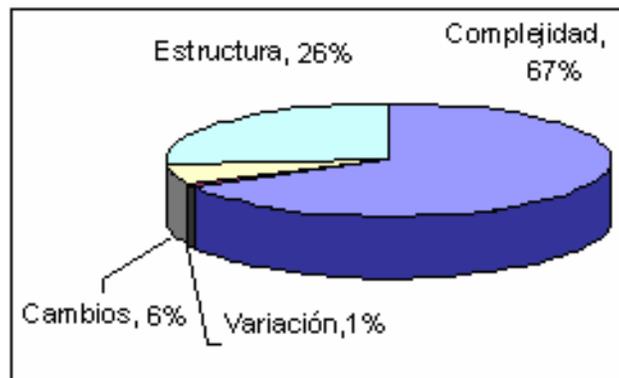


Figura 1.4. Atributos de Mantenibilidad

También pudimos observar que existen muchas medidas de atributos tanto para la programación OO (Figura 1.5) [Chidamber y Kemerer, 1994; Lorenz y Kidd, 1994; Marchesi, 1998] como para la programación WEB (Figura 1.6) [Calero, Ruiz y Piattini, 2005], debido a que hoy en día los sistemas OO y WEB, han tenido mucho auge en el desarrollo de sistemas informáticos.

² De sus siglas en inglés Unified Model Language.

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

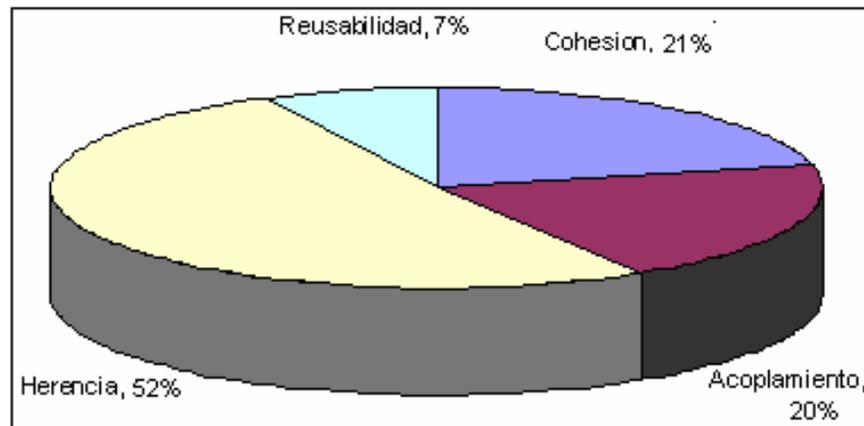


Figura 1.5. Atributos de Sistemas OO

El desarrollo de OO y UML [Chidamber y Kemerer, 1994; Lorenz y Kidd, 1994; Marchesi, 1998] han adquirido gran auge en los últimos años. El paradigma OO difiere mucho del desarrollo utilizado en los enfoques tradicionales. Ello planteó la necesidad de definir nuevas mediciones adaptadas a las características particulares de este paradigma, por lo que en la revisión hemos encontrado una cantidad considerable de medidas OO. Debemos destacar de la Figura 1.5 que existe muchas medidas enfocadas a la Herencia.

Por otra parte, un aspecto importante encontrado en esta revisión, es el esfuerzo por lograr una definición más universal de las mediciones para sistemas Web [Calero, Ruiz y Piattini, 2005], estableciendo marcos de referencia y modelos para clasificar las medidas en este campo, ya que las aplicaciones Web, son generalmente consideradas entre las más difíciles de construir, tanto en costo como en tamaño. De la figura 1.6 se puede inferir que, para los sistemas WEB, existe un gran interés en conocer su relevancia, su interacción con el usuario y la similitud entre las páginas que componen dichos sistemas.

CAPÍTULO 1. MEDICIONES DEL SOFTWARE

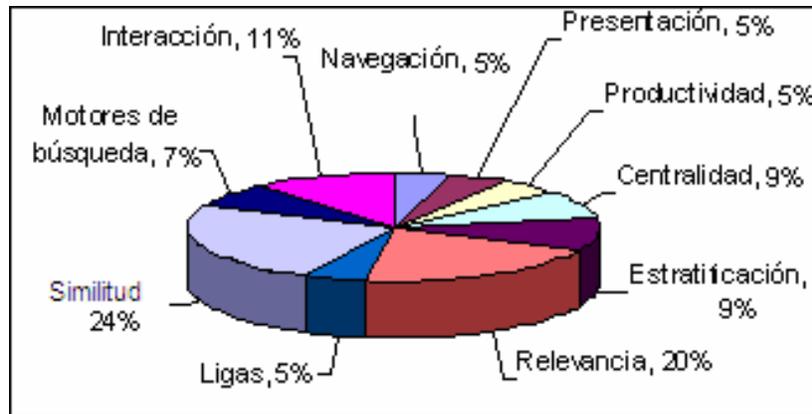


Figura 1.6. Atributos de Sistemas WEB

Continuando con los resultados de la revisión sistemática, nos enfocaremos en uno de los aspectos más importantes de la medición concerniente a la validación. El objetivo de las validaciones teóricas es verificar si la idea intuitiva de los atributos a medir, es considerada en la definición de la medición y, por otra parte, el propósito de la validación empírica, es obtener información objetiva concerniente a la utilidad de las mediciones propuestas. La validación teórica por sí misma no es suficiente para garantizar la utilidad de una medición, ya que puede ocurrir que una medida tenga una validación teórica, pero que no tenga una relevancia práctica en relación con un problema específico. Por lo tanto, en la Figura 1.7, podemos observar que la mayoría de las mediciones tienen validaciones empíricas o ambas.

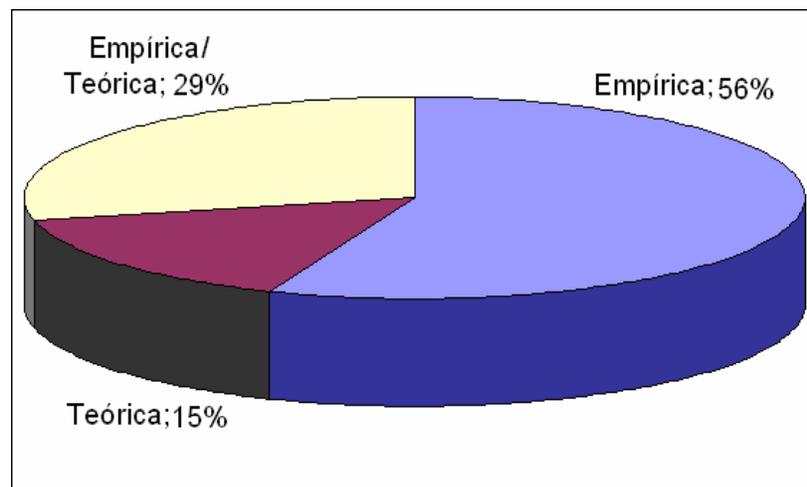


Figura 1.7. Proporción de validaciones a las mediciones

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

En esta revisión sistemática nos pudimos percatar de que es necesario llegar a un consenso en la comunidad de medición del software sobre la forma correcta de validar las mediciones teóricamente, ya que cada quién valida siguiendo distintos modelos de evaluación. De las validaciones empíricas, hemos detectado que a pesar de que los experimentos son útiles, es necesario contar con datos reales, ya que muy pocas mediciones encontradas se han validado con datos de las industrias, la escasez de tales datos continúa siendo un grave problema, además, se necesita gran cantidad de información empírica para definir valores deseables de cada medida.

Otro punto tratado en este trabajo, se refiere a las mediciones en función al enfoque de programación y de medición en que se han usado. Las medidas más representativas de los modelos conceptuales [Genero, Piattini y Coral, 2005; Piattini y García, 2003] encontradas fueron para los modelos de Bases de Datos Relacionales, así como para los diagramas de Clases, de Casos de Uso y de UML [Marchesi, 1998]. También descubrimos que la gran popularidad de los proyectos OO, se refleja en la cantidad de medidas hechas en ese campo, ya que representa casi la mitad de las existentes en la literatura revisada. Además, las medidas de tamaño funcional como los Puntos de Función (FP) propuestos por la IFPUG³ [IFPUG: Function Point Counting Practices Manual, 2004], los Objetos Función para el paradigma Orientado a Objetos usados en el modelo de estimación COCOMO II [Boehm et al., 2000] o los Puntos de Función Totales (FFP) elaborados por COSMIC [COSMIC: ISO/IEC 19761:2003], han tenido gran aceptación para las estimaciones de tamaño de sistemas y consecuentemente han constituido la base para la estimación de costos y calendarios para varias organizaciones.

Para concluir con esta parte del análisis, nosotros agrupamos dentro del paradigma imperativo, aquellas medidas de atributos referentes a la estructura de un programa, que pudieran ser utilizadas en cualquier paradigma de programación

³ Por sus siglas en inglés International Function Point User Group

CAPÍTULO 1. MEDICIONES DEL SOFTWARE

y que no se especializan en alguno en particular, ya que el paradigma imperativo hace uso de la secuencia, selección e iteración para escribir programas, siendo estos aspectos muy generales y, por lo tanto muy usados. Como consecuencia, este tipo de medidas ocupan un 22 % del total de las encontradas en esta revisión. La Figura 1.8 resume esta parte del análisis.

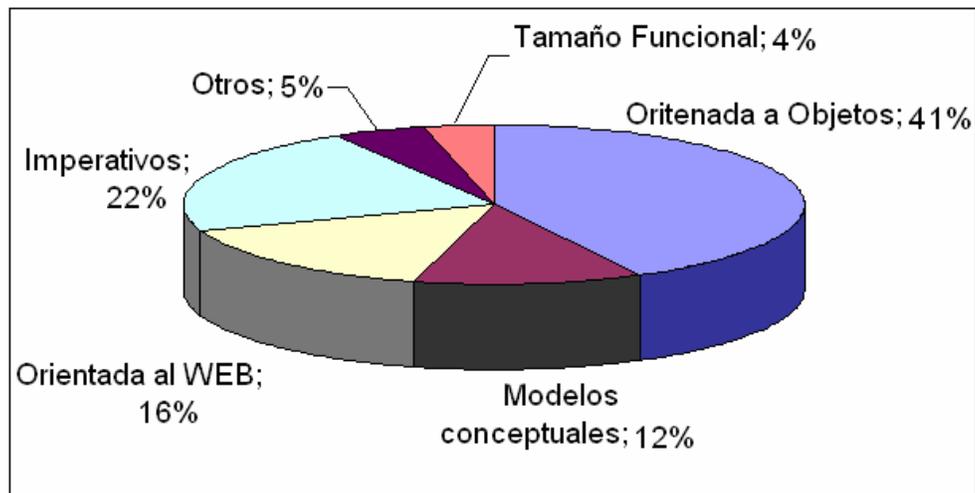


Figura 1.8. Mediciones y enfoques de programación

Debemos destacar que los resultados de esta revisión sistemática fueron presentados en el International Conference on Software and Data Technologies (ICSOF) en Setúbal, Portugal; en el cual se publicó el artículo intitulado: “A SYSTEMATIC REVIEW MEASUREMENT IN SOFTWARE ENGINEERING”.

También se publicaron otros dos más en el IV Simposio Internacional en la Sociedad del Conocimiento (SISOFT 2006) en Cartagena de Indias, Colombia, intitutados: “Calidad de Productos de Software: un estado del arte de la medición” e “INCORPORACIÓN DE MEDIDAS EN EL MODELO DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DE SOFTWARE MoProSoft”, respectivamente.

Una vez definido los conceptos de medición y analizado el estado del arte de las medidas de software, podemos definir los marcos y estándares de medidas que utilizaremos en nuestra propuesta de medición en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 2

PROCESO DE MEDICIÓN DEL SOFTWARE

2.1 Propósito y ventajas de los Procesos de Medición.

De acuerdo con la [ISO/IEC FIDS 15939], el propósito de un Proceso de Medición Consiste en recolectar, analizar y reportar datos relacionados con los productos de desarrollo y procesos implementados dentro de una organización, para soportar la administración efectiva de los procesos [ISO/IEC 15504-2:2003] y demostrar de manera objetiva la calidad de los productos.

Como resultado de una implementación correcta de un Proceso de Medidas, podemos mencionar lo siguiente:

- Se establecerá y se mantendrá un compromiso organizacional para mediciones.
- Se definirán las necesidades de información de un proceso técnico o administrativo.
- Se definirá y/o desarrollará un conjunto apropiado de medidas basado en las necesidades de información.
- Se establecerá las actividades de medición.
- Se planearán las actividades de medición.
- Los datos necesarios se recolectarán, almacenarán, organizarán, analizarán y se interpretarán los resultados.
- Se evaluará el proceso de medición.
- Se comunicarán las mejoras del proceso.

2.2 Importancia de los Procesos de Medición

A continuación se listan las desventajas de no contar con un Proceso de Medición correctamente definido en las organizaciones:

- Los reportes podrían verse bien pero significar muy poco.
- Las definiciones de las medidas e indicadores seguramente serían inconsistentes y, por lo tanto, mal interpretados.
- El contexto de los indicadores difícilmente se comprendería.
- No se tendría una línea base para comparar el desempeño actual.
- Las actividades serían poco frecuentes o inefectivas.
- Las comparaciones y las estimaciones se podrían realizar basadas sobre procesos inestables.
- Los indicadores quedarían pobremente definidos debido a que los objetivos no son claros.
- Se realizaría una inconsistente colección de datos a través de la organización y los elementos de datos no estarían operacionalmente bien definidos.

Por estos motivos resulta imprescindible no solo establecer medidas, sino también elaborar un Proceso de Medición muy bien definido para recolectar, analizar y reportar datos relacionados con los productos de desarrollo, con los proyectos y los procesos implementados dentro de una organización.

2.3 El modelo de Proceso de Medición ISO/IEC 15939

El estándar [ISO/IEC 15939] establece actividades y tareas necesarias para implementar un proceso de medición de software. Define una actividad como un conjunto de tareas relacionadas que sirven para alcanzar el propósito de los procesos de medidas. Una tarea es un segmento de trabajo bien definido. Cada actividad está comprometida con una o más tareas. Las actividades son

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

secuenciales en un ciclo iterativo, permitiendo la continua retroalimentación y mejora del proceso de medición.

Este estándar define cuatro actividades principales, que son las siguientes:

1. Establecer y mantener el compromiso de medición.
2. Planificar el Proceso.
3. Realizar las Mediciones.
4. Evaluar el proceso de medición y las mediciones.

La Figura 2.1 muestra estas actividades y su interacción.

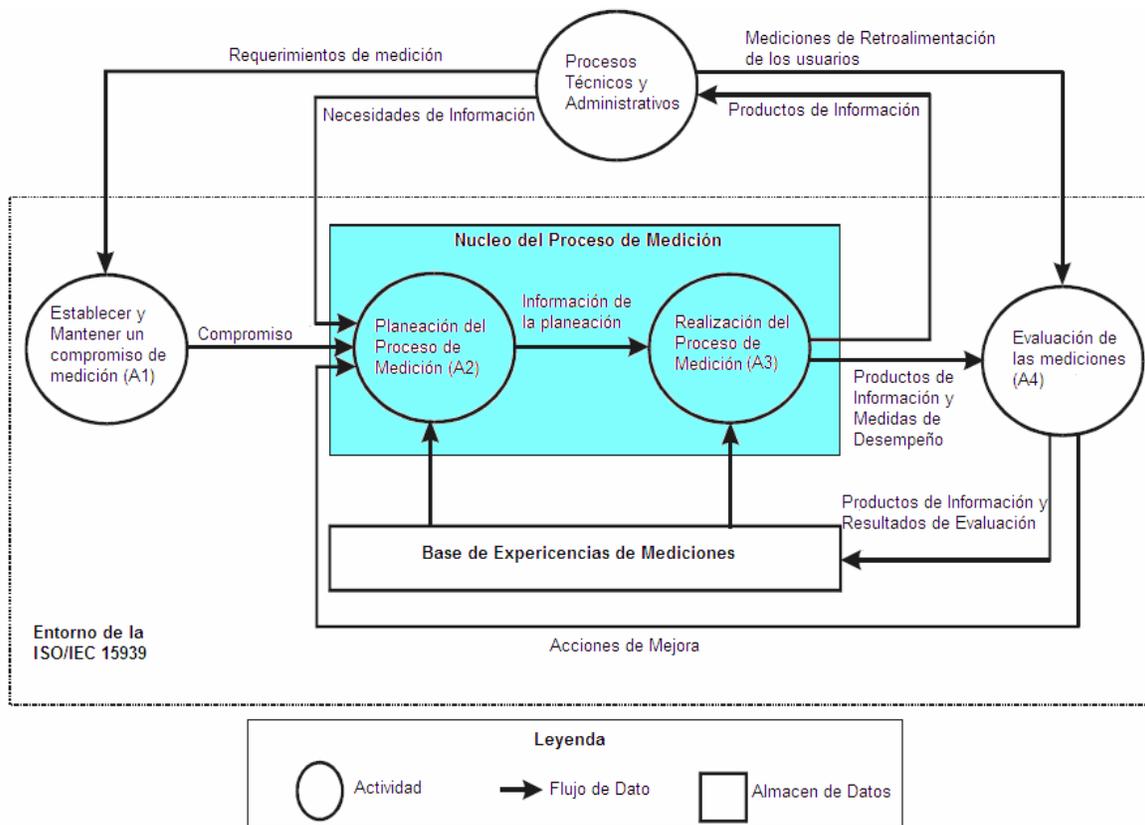


Figura 2.1. Modelo de Procesos de Medición

Hay dos actividades que se consideran el núcleo del proceso de medición: Planificar y Realizar el Proceso de Medición. Son las actividades que indican

CAPÍTULO 2. PROCESO DE MEDICIÓN DEL SOFTWARE

principalmente la implicación del usuario de la medición. Las otras dos actividades proporcionan la base del núcleo del proceso y retroalimentación para el propio núcleo e involucran más al propietario del proceso.

El Proceso de Medición está guiado por las necesidades de información de la organización. Por cada necesidad de información, el Proceso de Medición produce un producto de información que lo satisface. El producto de información es la base en la toma de decisiones en la organización.

La realización de las actividades de este estándar satisface al menos el nivel uno de los niveles de capacidades de la [ISO/IEC 15504-2: 2003]. Sin embargo, éste estándar provee las bases para implementar un proceso de medición y paulatinamente subir los niveles de capacidad.

Los procesos definidos en dicho estándar incluyen la evaluación de las actividades con el propósito de enfatizar la retroalimentación y para orientar la mejora del Proceso de Medición y las mediciones.

La Base de Experiencias de Medición se encuentra incluida en el ciclo del Proceso de Medición. Esta Base de Experiencias trata de capturar la información de las iteraciones de ciclos anteriores y la evaluación de productos y procesos de previas iteraciones. Dicha Base de Experiencias debe usarse en futuras iteraciones del Proceso de Medición.

A continuación se describen a grandes rasgos las actividades para implementar este Modelo de Medición.

A1 Establecer y mantener un compromiso de medición

A1.1 Establecer los requerimientos de medición.

A1.2 Asignar Recursos.

A2 Plan del Proceso de Medición

- A2.1 Caracterizar las unidades organizacionales.
- A2.2 Identificar las necesidades de Información.
- A2.3 Seleccionar las Medidas.
- A2.4 Definir la recolección de datos, análisis y reportes.
- A2.5 Definir criterios de evaluación de los productos de información y el proceso de medición.
- A2.6 Revisar, aprobar y proveer fuentes para las tareas de medición.
- A2.7 Adquirir o desarrollar tecnología de soporte.

A3. Realizar el Proceso de medidas

- A3.1 Integrar procedimientos.
- A3.2 Recolectar Datos.
- A3.3 Analizar y desarrollar los productos de información.
- A3.5 Comunicar resultados.

A4. Evaluar las mediciones

- A4.1 Evaluación de los productos de información y del proceso de medición.
- A4.2 Identificar mejoras potenciales.

Las actividades están identificadas por A1, A2, A3... etc., las tareas se encuentran identificadas por A1.1,A1.2, A1.3, ... etc.

Una vez definido el Proceso de Medición, debemos especificar la manera en que las medidas del software resolverán nuestras necesidades de información. Lo que se explica a continuación.

2.4 El Modelo de Información de Medición

El Modelo de Información de Medición es una estructura que une a las necesidades de información con los atributos relevantes de las entidades. Como ya hemos mencionado, las entidades pueden ser *Productos*, *Procesos* y *Proyectos*. El Modelo de Información de Medición, describe cómo los atributos relevantes se cuantifican y se convierten en indicadores que proveen las bases para la toma de decisiones.

La selección o definición de las medidas apropiadas para responder a una necesidad de información, necesita comenzar con un concepto medible, que es una idea abstracta en la cual los atributos medibles se relacionan con las necesidades de información.

Como se muestra en la Figura 2.2, primero se comienza definiendo los atributos relevantes a una necesidad de información. Posteriormente, a través de un método de medición, se obtienen las medidas base de esos atributos. Al aplicarles a esas medidas base una función de medición, se calculan medidas derivadas. Con dichas medidas derivadas por un modelo de análisis se construyen los indicadores. Finalmente, se interpreta ese indicador para generar los productos de información que den respuesta a las necesidades de información.

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

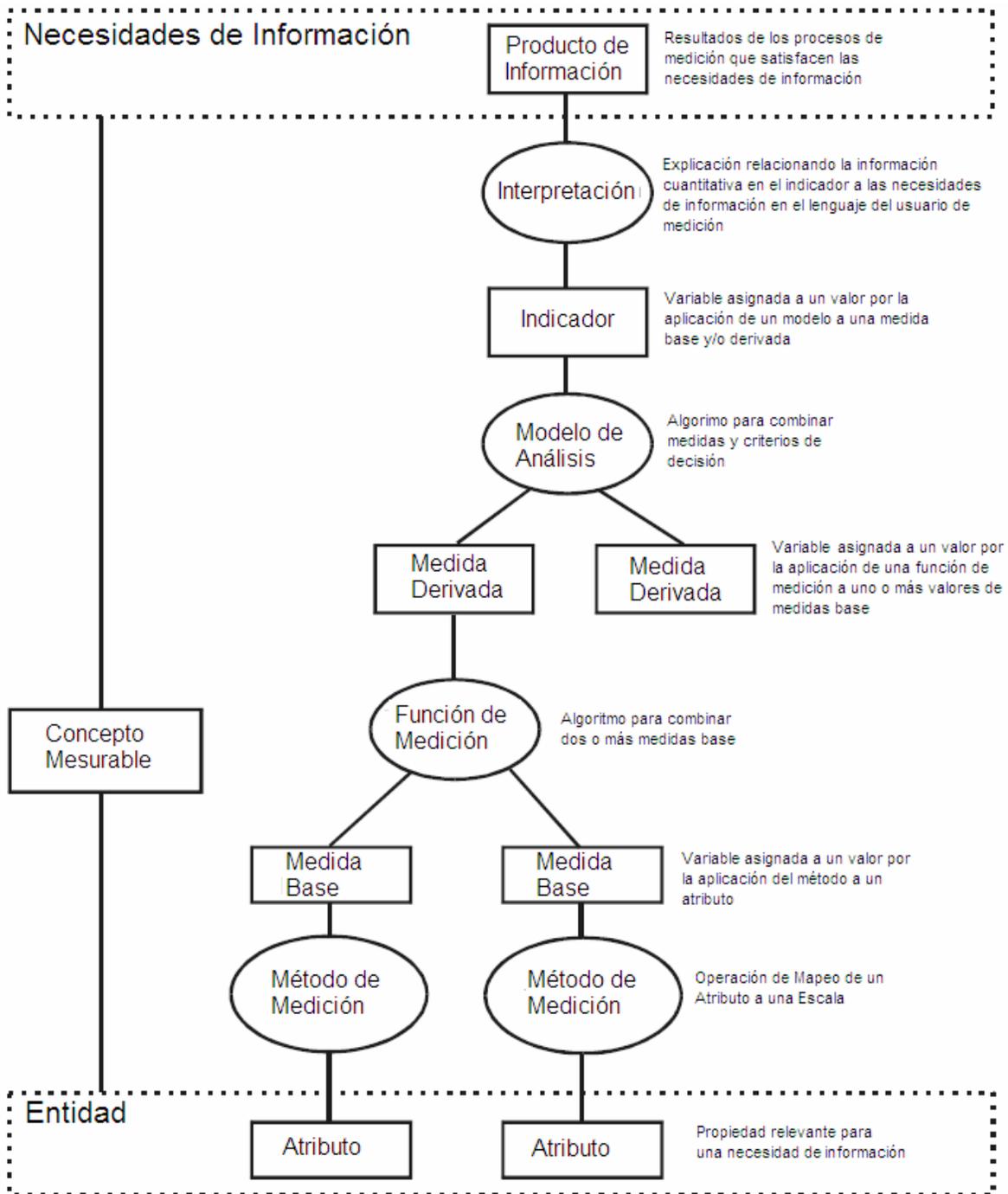


Figura 2.2 Modelo de información de medición

El Modelo de Información de Medición, define cómo un producto de información se utiliza para responder a nuestras necesidades de información. Los productos de información son las interpretaciones de los indicadores. Por tal

motivo, en la siguiente sección explicaremos como se construyen dichos indicadores siguiendo la metodología GQ(I)M.

2.5 La Metodología de Medición GQ(I)M

La metodología GQ(I)M¹ [Goethert W., Sivi J., 2004] define medidas que soportan al negocio de la empresa, la mejora de procesos y los objetivos de sus proyectos. Define la trazabilidad de los datos recolectados con los objetivos de negocio. GQ(I)M es semejante con la metodología orientada por objetivos GQM², pero GQ(I)M añade soporte muy detallado a los indicadores. Por éste motivo el producto más relevante de esta metodología es la *Plantilla de Indicadores*, que define “quién”, “qué”, “dónde”, “cuándo”, “por qué” y “cómo” de un indicador, documentando la relación del mismo con los objetivos la organización. De esta manera se puede tener un conjunto consistente de medidas que sirven para construir dichos indicadores. Esta metodología se compone de los siguientes pasos:

Identificación de Objetivos.

Paso 1. Identificar los objetivos de negocio. Se identifican los objetivos de la organización en cualquier nivel en el que se puedan establecer de forma razonable dichos objetivos. Debe obtenerse una lista de objetivos ordenada según su prioridad.

Paso 2. Identificar lo que se quiere conocer o aprender. Identificar las necesidades de información con el fin de entender, valorar, predecir o mejorar las actividades relacionadas con los objetivos. Se deben traducir los objetivos de negocio a un nivel operacional. Los objetivos son relacionados con los procesos de negocio y estrategias de la organización. Se definen atributos y entidades a

¹ Por sus siglas en Inglés Goal Question Inficator Metric

² Por sus siglas en Inglés Goal Question Metric

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

partir de las preguntas asociadas con los objetivos de negocio. Es importante identificar los productos de trabajo, actividades y otras entidades que puedan ofrecer oportunidades de mejora.

Paso 3. Identificar los sub-objetivos. Refinar los objetivos en sub-objetivos.

Paso 4. Identificar las entidades y atributos relacionados con los sub-objetivos. Se formulan las preguntas para refinar el proceso así como sus entidades y atributos asociados. Se establece un conjunto definido de objetivos de negocio que sirvan para comenzar con el proceso GQ(I)M. Se deben seleccionar las preguntas que se consideran relevantes y que suelen estar asociadas con los sub-objetivos de mayor prioridad. Hay que identificar las entidades implicadas y sus atributos. La cuantificación de esos atributos responderá a las preguntas planteadas. Este paso es iterativo, por lo que se refinan las preguntas y sub-objetivos.

Paso 5. Formalizar los objetivos de negocio. Se traducen los objetivos de negocio en objetivos de medición y se definen las posibilidades de medición de acuerdo a sus procesos de trabajo. Los objetivos de medición deben incluir, el objeto de interés (entidad); el propósito, la perspectiva y una descripción del entorno y restricciones. El propósito de la medición puede ser: entender, predecir, planificar, controlar, comparar, valorar o mejorar algún aspecto de calidad o productividad del objeto o entidad. La perspectiva define quién es el interesado en los resultados de la medición. La información del contexto o entorno ayuda en la interpretación de los resultados de la medición.

Definición de Indicadores.

Paso 6. Identificar preguntas cuantificables y los indicadores relacionados. Se identifican las preguntas e indicadores a partir de cada uno de

CAPÍTULO 2. PROCESO DE MEDICIÓN DEL SOFTWARE

los objetivos de medición. Los indicadores representan los productos obtenidos en las actividades de medición y se utilizan por los directores de proyectos y profesionales para la toma de decisiones. Existen tres tipos de indicadores que se pueden definir [Goethert y Saviy, 2004]:

Indicadores de éxito. Estos indicadores se construyen a partir de los criterios de éxito definidos y se utilizan para determinar si se han alcanzado los objetivos.

Indicadores de progreso. Estos indicadores se utilizan para realizar el seguimiento del progreso por la ejecución de las tareas definidas. El cumplimiento de los valores de este tipo de indicador significará que la ejecución de las tareas se está llevando a cabo con éxito, pero no garantiza la consecución de los objetivos de negocio aunque un fallo en este indicador, puede significar un problema importante para conseguir dichos objetivos.

Indicadores de análisis. Este tipo de indicadores se utiliza para ayudar en el análisis de las salidas producidas por las tareas.

Paso 7. Identificar los elementos de datos. Los indicadores reflejan los elementos de datos que son necesarios.

Paso 8. Definir las mediciones. Una vez identificados los elementos de datos, hay que definir las mediciones necesarias que permitan obtener respuesta para las preguntas planteadas. La definición de las mediciones es importante para obtener una interpretación correcta de los datos recolectados teniendo en mente el propósito del indicador.

Crear un plan de acción

Paso 9. Identificar las acciones a implementar. Se debe analizar la situación actual en la organización con respecto a las necesidades de información planteadas. Es necesario identificar las fuentes de información existentes en la organización. Hay que hacer un análisis de los datos que son necesarios y no están disponibles en la organización y valorar la cantidad de esfuerzo que requiere su obtención. En este paso también se deben priorizar los datos respecto a los indicadores de los que dependen. Para cada elemento de datos, se debe determinar su estado respecto de si existe una explícita definición de una medida para dicho elemento de datos, si se han determinado los puntos en el proceso en el que se realizarán las mediciones y su frecuencia, si hay formularios y procedimientos para recoger y registrar los datos, quién recogerá dichos datos; cómo se analizarán, si hay herramientas de soporte, etc.

Paso 10. Preparar un plan de acción. Se debe definir el plan en el que se incluyan las acciones concretas a llevar a cabo para satisfacer las necesidades de información planteadas.

Por otra parte, como ya se mencionó al definir GQ(I)M, la *plantilla de indicadores* representa el producto de trabajo más importante de esta metodología. A continuación mostraremos como está integrada dicha plantilla y daremos una breve explicación de sus elementos.

NOMBRE DEL INDICADOR

OBJETIVO:	Describe los objetivos o propósitos del indicador.
PREGUNTA:	Lista preguntas que el usuario del indicador trata de responder.

REPRESENTACIÓN GRÁFICA. En éste punto se muestra el indicador de manera visual. Por ejemplo una gráfica de tiempo, barras, diagrama de Pareto, etc.

PERSPECTIVA:	Describe la audiencia o el punto de vista en que el indicador debe interpretarse.
---------------------	---

CAPÍTULO 2. PROCESO DE MEDICIÓN DEL SOFTWARE

ENTRADAS

Elementos de Datos	Definición
Lista de elemento para la construcción del indicador	Definición precisa de los elementos de datos o lugares donde la definición se puede encontrar.

RECOLECCIÓN DE DATOS

Cómo	Describe cómo los datos se deben recolectar.
Periodicidad	Describe cuándo los datos se deben recolectar y en qué frecuencia.
Por quien	Especifica quién será el que recolecte los datos.

PLANTILLAS O FORMULARIOS

Referencia a cualquier formulario estándar y cómo obtenerlo.

REPORTE DE DATOS:

Responsable de generar el reporte	Indica quien es el responsable de reportar los datos.
Por o para quién	Indica para qué y para quién es el reporte.

ALMACENAMIENTO DE DATOS

Cuándo	Indica cuándo se recolectan los datos para ser almacenados.
Cómo	Indica los medios de almacenamiento.
Seguridad	Especifica quiénes pueden consultar la información.

Algoritmo	Especifica el algoritmo o fórmula para combinar los elementos de datos para crear los valores de entrada del indicador.
Suposiciones	Identifica cualquier suposición acerca de la organización, que son condiciones importantes para recolectar y utilizar el indicador.
Análisis	Especifica qué tipo de análisis se puede realizar con el indicador.
Interpretación	Describe los significados de los diferentes valores de indicador. Haciendo claro cómo el indicador responde a las preguntas. Da precauciones necesarias para evitar mal interpretar el indicador.
Preguntas Supuestas	Tipo repreguntas acerca del valor de indicador.

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

Evolución	Especifica como el indicador puede mejorar con el tiempo.
Sugerencias de Mejora	Descripción de los procedimientos a usar cuando sea recomendable una modificación a la plantilla del indicador.
Referencias	Si el valor de otros indicadores influencia la apropiada interpretación del indicador actual, se debe referencia aquí.

En los Capítulos 3 y 4, describiremos los objetivos, las preguntas, las medidas y sus respectivos indicadores para los Procesos de Desarrollo y Mantenimiento de Software y Administración de Proyectos Específicos de MoProSoft, respectivamente.

CAPÍTULO 3

INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DE SOFTWARE

3.1 Motivación de la propuesta de mediciones para el Modelo de Procesos MoProSoft

Como ya habíamos mencionado en la introducción de éste trabajo, MoProSoft, es el Modelo de Proceso para la Industria de Software que fomenta la estandarización de sus procesos a través de la incorporación de las mejores prácticas en gestión e Ingeniería de Software. Forma parte de la Norma Mexicana [MNX-I-059 Tecnología de la Información-Software-Modelos de Procesos y de Evaluación para el desarrollo y mantenimiento de software NYCE]. Se dirige a las organizaciones pequeñas y/o medianas dedicadas al desarrollo y/o mantenimiento de software, con o sin procesos establecidos, que deseen incrementar la capacidad [ISO/IEC 15504-2:2003] de sus procesos.

El Modelo de Procesos MoProSoft define tres categorías que lo constituyen: la Alta Dirección, la Gerencia y la Operación. Para cada categoría existen procesos y para cada uno de ellos se definen, entre otras cosas, actividades, productos de entrada, productos de salida, indicadores y sugerencias de medición, que permiten a una organización analizar su desempeño, mejorar sus prácticas y consecuentemente entregar productos de software de alta calidad.

Por otra parte, MoProSoft sugiere mediciones, pero no explica como definir las e implementarlas, lo que ocasiona discrecionalidad en éste punto. Por tal motivo, es necesario definir un Proceso de Medición Elemental que complemente a la Norma Mexicana MoProSoft y que permita a las organizaciones, entender, rastrear, evaluar y controlar los atributos de los proyectos, productos y procesos

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

de software, con el fin de apoyar a la toma de decisiones, soportar a las estimaciones, impulsar la mejora de procesos y la calidad de los productos, entre otros.

3.1.1 Ventajas de una propuesta de medición para el Modelo de Procesos MoProSoft

En la actualidad es muy difícil hablar de estandarización a nivel de mediciones porque cada empresa sigue su propio camino. Adicionalmente, la mayor parte de las organizaciones no tienen prácticas de Ingeniería de Software adecuadas y, para las que son de reciente creación, les resulta complicado reconocer que es lo que vale la pena medir y como medirlo.

Por tales motivos, con una propuesta de medición, las organizaciones que implemente MoProSoft contarán con las siguientes ventajas:

- La propuesta de medidas colaborará con la generación de la base de conocimiento de la organización basada en la experiencia.
- Se contará con formatos de medición que guiarán a las empresas en la captura y análisis de las medidas.
- Se realizaría una consistente colección de datos a través de la organización.
- Se establecería y se mantendrá un compromiso organizacional para institucionalizar la mejora continua en la organización.
- Se definirán las necesidades de información con base en los objetivos de negocio. Por lo tanto, el conjunto de medidas estará basado en dichas necesidades de información y será consistente.
- Se establecerá, planearán, realizarán y evaluarán las actividades de medición a través de un Proceso de Medidas.
- Con una propuesta de medidas se podrán controlar y evaluar las actividades, productos y proyectos de software de la organización que

CAPÍTULO 3. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DE SOFTWARE

requiera mejorar los mismos y, más aún, podría llegar a compararse en sus niveles de calidad, eficiencia, estimación, etc., con otras organizaciones bajo un mismo protocolo y con el mismo lenguaje de medición.

Éstas son quizás las ventajas más significativas de implementar una propuesta de medición en el Modelo de Procesos MoProSoft.

3.1.2 Alcance de la propuesta de medición

La presente propuesta sólo complementará a los procesos de Administración de Proyectos Específicos y el Desarrollo y Mantenimiento de Software, contenidos en la Categoría de Operación. Lo anterior se ilustra en la Figura 3.1.

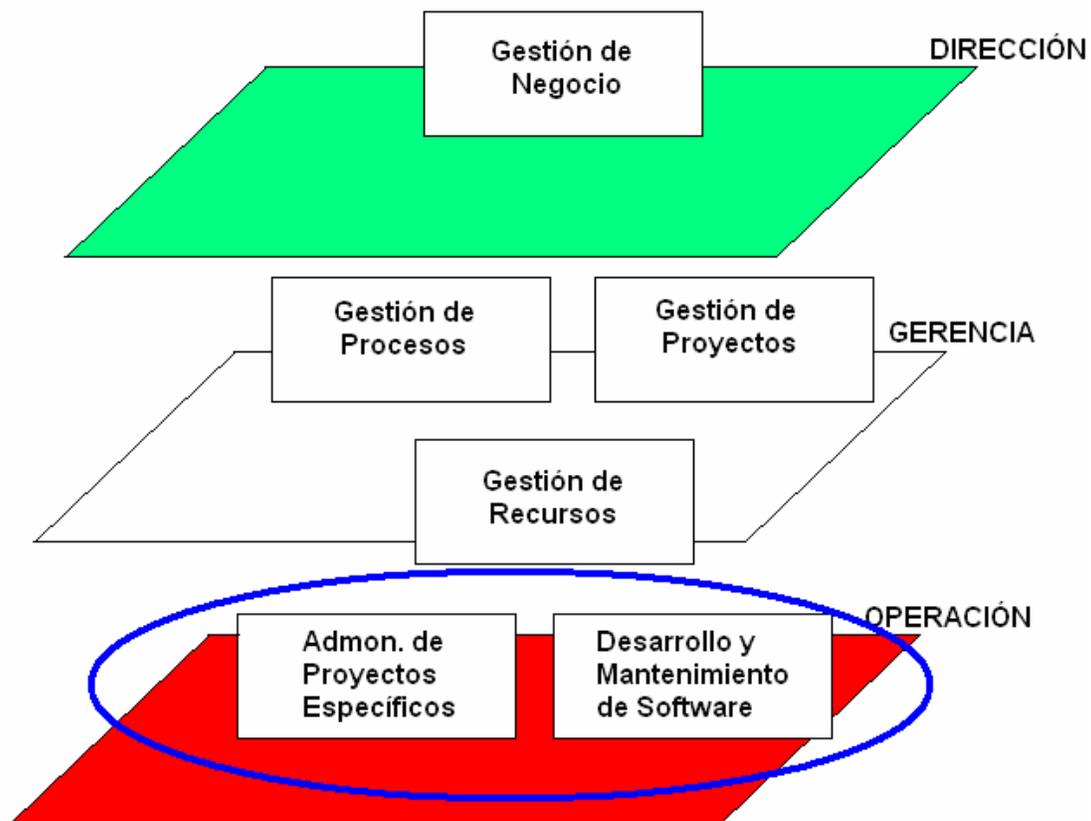


Figura 3.1. Alcance de la Propuesta de Mediciones

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

Decidimos complementar estos procesos debido a que en la literatura se encuentran más y mejores mediciones para los mismos. Dichas medidas están validadas tanto teórica como empíricamente, además de que se cuenta con más experiencia para medir procesos operativos.

3.1.3 Implementación de la propuesta de medición

De acuerdo con nuestro proceso de medición y la metodología GQ(I)M, las medidas e indicadores propuestos se utilizarán en varios niveles de operación considerando los objetivos específicos para cada proceso. Por lo tanto, definiremos mediciones desde los niveles más operativos, en función de sus objetivos, para dar soporte a los niveles administrativos o de gestión.

Para el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software, el más operativo de todos los procesos de MoProSoft, definiremos medidas base y derivadas que serán productos de entrada para el Proceso de Administración de Proyectos Específicos. En éste proceso, dichas medidas se utilizarán para generar mediciones derivadas e indicadores que a su vez serán productos de entrada para el Proceso de Gestión de Proyectos. Todo ello es resumido en la Figura 3.2.

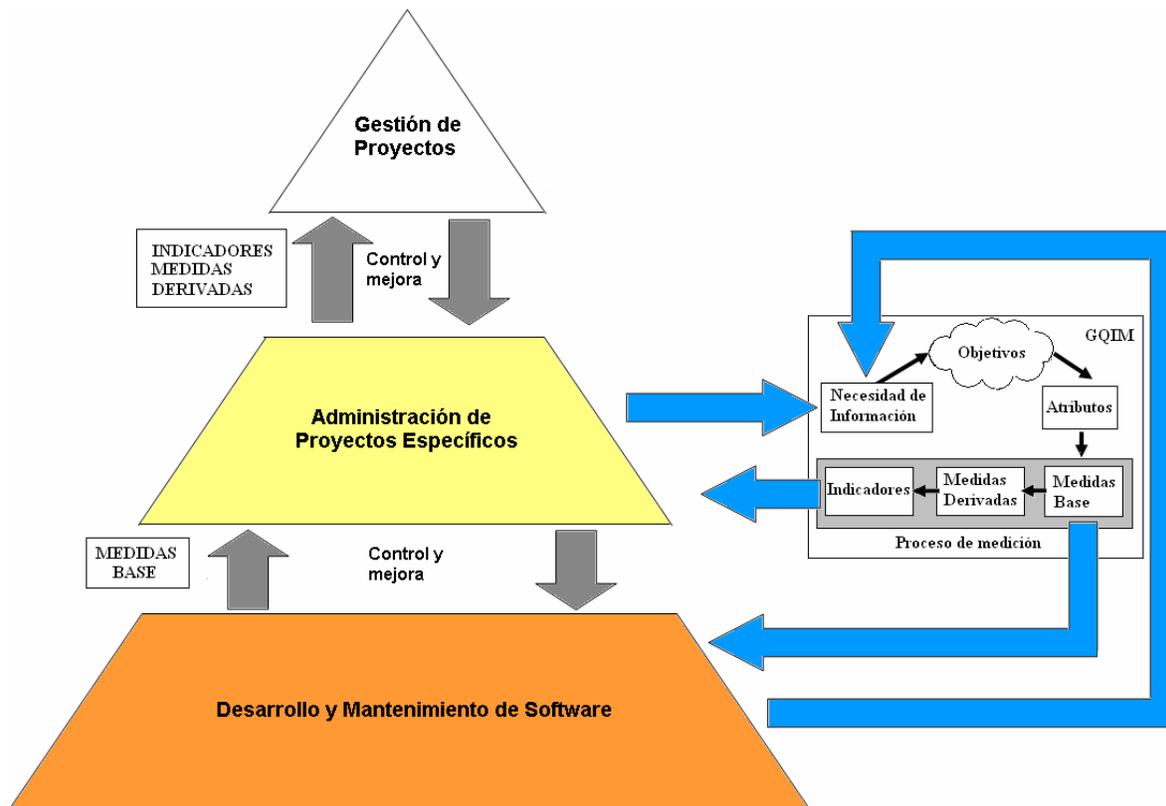


Figura 3.2. Implementación de medidas para MoProSoft

3.2 Medidas para el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software

“El propósito del Desarrollo y Mantenimiento de Software es la realización sistemática de las actividades de análisis, diseño, construcción, integración y pruebas de productos de software nuevos o modificados cumpliendo con los requerimientos especificados”.¹

¹NMX-I-059 Tecnología de la Información-Software-Modelos de procesos y de evaluación para desarrollo y mantenimiento de software NYCE, Diario Oficial de la Federación, p. 133, (2005).

3.2.1 Objetivo general de la propuesta de medidas para el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software

El objetivo principal de esta propuesta, consiste en establecer los atributos a ser medidos de éste proceso y de los productos generados a través de las fases de desarrollo, así como sus respectivas medidas base y derivadas. Estas medidas, complementarán a los *Reportes de Actividades* del Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software y servirán como base a la propuesta de medidas del *Proceso de Administración de Proyectos Específicos*.

3.2.2 Preguntas y sub- objetivos para el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software

Los objetivos planteados para el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software, deben refinarse a un nivel de detalle por sub-objetivos que nos permitan identificar entidades y atributos medibles, guiados por preguntas muy puntuales. Para esta propuesta de mediciones, los sub-objetivos se derivan de los objetivos originales de MoProSoft de la siguiente manera:

*“O1 Lograr que los productos de salida sean consistentes con los productos de entrada en cada fase de un ciclo de desarrollo mediante las actividades de verificación, validación o prueba”.*²

Como se puede apreciar en el **O1**, hay un interés especial en saber que tan consistentes son los productos generados en las fases de desarrollo. La consistencia entre los productos de las fases se logra eliminando los defectos encontrados en las actividades de verificación, validación y/o pruebas. De acuerdo con lo anterior, detallamos este objetivo en el siguiente.

² Ibidem, p.135.

CAPÍTULO 3. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DE SOFTWARE

O1.1 Las actividades de verificación, validación y/o pruebas con su correspondiente corrección de defectos, propuestas en el *Plan de Desarrollo*, garantizan la consistencia entre los productos generados.

Debemos aclarar que MoProSoft define al Plan de Desarrollo como un producto que se genera en el Proceso de Administración de Proyectos Específicos, es usado como una guía para la ejecución del desarrollo y/o mantenimiento del software y contiene la descripción del producto, entregables, proceso específico, equipo de trabajo y el calendario.

A continuación se muestra los sub-objetivos del objetivo **O2**.

*“O2 Sustentar la realización de ciclos posteriores o proyectos de mantenimiento futuros mediante la integración de la Configuración del Software del ciclo actual”.*³

En este objetivo se tiene la preocupación de generar la línea base de la *Configuración del Software* para sustentar nuevos ciclos de desarrollo y mantenimiento. Por tal motivo, es importante incorporar las medidas de los productos generados en las fases de desarrollo. El sub-objetivo definido a partir de lo anteriormente descrito, es el siguiente:

O2.1 Los productos y sus mediciones se incluyen en la línea base de la *Configuración del Software*.

*“O3 Llevar acabo las actividades de las fases de un ciclo mediante el cumplimiento del Plan de Desarrollo actual”.*⁴

³ Idem.

⁴ Idem.

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

El propósito del **O3** es el cumplimiento del *Plan de Desarrollo*, esto involucra cumplir tanto en tiempos como en esfuerzos, así que nuestro sub-objetivo queda planteado de la siguiente manera:

O3.1 Realzar las actividades en tiempo y esfuerzo planeados en el *Plan de Desarrollo* actual.

Se pueden definir más sub-objetivos, pero nuestro propósito no es complicar el Modelo de Procesos, por tal motivo solo definimos lo que nosotros creemos son los sub-objetivos más esenciales.

Una vez identificados estos sub-objetivos, tenemos que plantearnos lo que en la ontología de medición llamamos nuestra *Necesidad de Información*, es decir, lo que queremos conocer en términos de preguntas acerca de dichos objetivos, como se muestra en la Tabla 3.1

Clave	Pregunta	Objetivos
Preguntas Asociadas al Tiempo y Esfuerzo (PTE)		
PTE1	¿Cuánto tiempo y esfuerzo se invirtió para realizar las actividades de una fase de éste proceso?	O3.1,O2.1
PTE2	¿Cuál es el tiempo y el esfuerzo total para elaborar y/o modificar, verificar y/o validar, realizar pruebas unitarias (para los componentes de software) y corregir cada producto de una fase de éste proceso?	O3.1,O2.1
PTE3	¿Cuál es el tiempo y esfuerzo total para integrar el sistema, hacer las pruebas de integración, corregir los defectos encontrados en pruebas de integración, realizar pruebas de sistema y corregir los defectos encontrados en las pruebas de sistema?	O3.1,O2.1
Preguntas asociadas al Aseguramiento de Calidad (PQA)		
PQA	¿Cuántos defectos se encontraron y/o eliminaron en los productos de una fase de éste proceso?	O1.1,O2.1
Preguntas asociadas al Tamaño (PT)		
PT	¿Qué tan grandes son los productos de una fase de éste proceso, después de corregir los defectos encontrados en las verificaciones, validaciones y/o pruebas (para los componentes de software)?	O2.1

Tabla 3.1. Preguntas para el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software

CAPÍTULO 3. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DE SOFTWARE

Como se observa en la Tabla 3.1, clasificamos las preguntas de acuerdo al atributo que deseamos conocer para cumplir con nuestros sub-objetivos. Debemos destacar que la clave **PTE** significa Pregunta asociada al Tiempo y Esfuerzo, **PQA**⁵ significa Pregunta asociada al Aseguramiento de Calidad, finalmente **PT** significa Pregunta asociada al Tamaño.

3.3.3 Selección de Medidas para el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software

Ahora que se plantearon las preguntas asociadas a los objetivos, la metodología GQ(I)M nos dice que debemos definir las entidades y sus respectivos atributos para medirlos, con el fin de dar respuesta a las preguntas planteadas. Como ya se dijo, la ISO 15504 y CMMI definen como entidades a ser medidas, al *Proyecto*, al *Proceso* y al *Producto*.

Los atributos considerados para el *Proceso* fueron los siguientes: El tiempo, calendario y el esfuerzo [Humphrey, S.H., 2005]. Por lo tanto las medias quedan definidas como se muestran la Tabla 3.2

Medidas escogidas para la Fase de Inicio									
Qué mide		Cómo lo mide					Objetivos	Destino	
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad						
Medidas asociadas al Tiempo y Esfuerzo									
Proceso	Tiempo	T	Hora	T=Tiempo en Horas sin contar interrupciones	Tiempo (T) efectivo para realizar una Actividad planeada en un WBS ⁶	Base	Ratio	PTE1	TFR
	Esfuerzo	E	Hora / Hombre	E=Horas x Número de Personas	Esfuerzo (F) para realizar la Actividad planeada en un WBS	Base			EFR, CActR

Tabla 3.2. Medidas de Proceso

⁵ Por sus siglas en Inglés Quality Assurance.

⁶ Por sus siglas en inglés Work BreakDown Structure

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

La Tabla 3.2 muestra qué es lo que se esta midiendo al definir las entidades y sus respectivos atributos. Posteriormente define cómo miden dichos atributos, en términos de la medida (definida por su clave y su unidad), el método de medición, una ligera descripción, el tipo (que para este caso es base) y la escala. Además especifica cuál es la pregunta que se resuelve con dicha medida. Finalmente, se define el destino de esa medida, es decir, nos dice en qué otra medida se utiliza y en qué proceso. Debemos resaltar que todas las medidas e indicadores de esta propuesta se encuentran definidos en el formato de la Tabla 3.2. Además, en dicha tabla sólo se muestran las medidas para la Fase de Inicio, si desea ver la descripción de todas las medidas propuestas ordenadas por fase del Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software, puede consultar el Apéndice A de éste trabajo. Por otra parte, las medidas descritas en la Tabla 3.2 contestan a la pregunta: ¿Cuánto tiempo y esfuerzo se invirtió para realizar las actividades de una fase de éste proceso? (**PTE1**).

Los atributos medidos para el *Producto* son: el tamaño, la calidad, el tiempo y el esfuerzo base en realizarlo. Una vez identificados los atributos de las entidades, a continuación se presentan las preguntas planteadas y las medidas que dan respuesta a dichas preguntas:

¿Cuál es el tiempo y el esfuerzo total para elaborar y/o modificar, verificar y/o validar, realizar pruebas unitarias (para los componentes de software) y corregir cada producto de una fase de éste proceso? (**PTE2**).

Esta pregunta se responde con las siguientes medidas: El Tiempo (TB) y el Esfuerzo (EB) Base, que son medidas derivadas de las suma de los Tiempos (T) y Esfuerzos (E) tomados del proceso de desarrollo. Específicamente de sus actividades de elaboración y/o modificación se toma el Tiempo de elaboración (Te) y el Esfuerzo de elaboración (Ee). De las actividades de verificación y/o validación se toma el Tiempo de verificación y/o validación (Tv) y el Esfuerzo de verificación

CAPÍTULO 3. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DE SOFTWARE

y/o validación (E_{vv}). Finalmente de las actividades de corrección se toma el Tiempo en corregir (T_c) y el Esfuerzo en corregir (E_c) cada producto generado.

De manera análoga, para los componentes de software, su Tiempo (T_{Bsw}) y Esfuerzo (E_{Bsw}) Base quedan en términos de la suma de los tiempos (T) y esfuerzos (E) de las actividades de elaboración y/o modificación, con las que obtenemos el Tiempo de elaboración del componente de software (T_{esw}) y el esfuerzo de elaboración del componente de software (E_{esw}). De las actividades de pruebas unitarias obtenemos el Tiempo en para hacer pruebas unitarias de los componente de software (T_{puSw}) y el Esfuerzo para pruebas hacer unitarias de los componente de software (E_{puSw}). Finalmente, de las actividades de corrección se toman las medidas de tiempo para corregir los componentes de software (T_{cSw}) y esfuerzo para corregir los componentes de software (E_{cSw}).

A continuación presentamos la pregunta y las medias de tiempo y esfuerzo para el sistema de software:

¿Cuál es el tiempo y esfuerzo total para integrar el sistema, hacer las pruebas de integración, corregir los defectos encontrados en pruebas de integración, realizar pruebas de sistema y corregir los defectos encontrados en las pruebas de sistema?(**PTE3**).

Para responder a ésta pregunta se tomaron las siguientes medias: el Tiempo (T_B) y Esfuerzo (E_B) Base para el sistema, de la misma manera como lo hemos venido haciendo, queda en términos de la suma de los Tiempos (T) y Esfuerzos (E) de las siguientes actividades:

De las actividades de integración se registra el Tiempo de integración (T_i) y el Esfuerzo de integración (E_i). De las actividades de pruebas de integración obtenemos el tiempo en pruebas de integración (T_{pi}) y el esfuerzo en pruebas de integración (E_{pi}). De las actividades de corrección de defectos encontrados en

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

pruebas de integración medimos el tiempo en corregir defectos en pruebas de integración (Tci) y el esfuerzo en corregir defectos en pruebas de integración (Eci). De las actividades de pruebas de sistema se registra el Tiempo para realizar las pruebas de sistema (Tps) y el Esfuerzo para realizar las pruebas de sistema (Eps). Finalmente, de las actividades de corrección defectos encontrados en pruebas de sistema, obtenemos el Tiempo en corregir defectos de pruebas de sistema (Tcs) y el Esfuerzo en corregir defectos de pruebas de sistemas (Ecs).

La pregunta: ¿Qué tan grandes son los productos de una fase de éste proceso, después de corregir los defectos encontrados en las verificaciones, validaciones y/o pruebas (para los componentes de software)? (**PT**), se responde con las siguientes medidas.

El tamaño del producto se define dependiendo de su naturaleza. Por lo tanto, definimos como tamaño de documentos el número de páginas (TAMdoc), para tamaño de los *componentes de software* y del sistema los Punto de Función (TAMfp) [IFPUG: Function Point Counting Practices Manual, 2004] y/o las Líneas de Código, LOC⁷ (TAMloc) [Humphrey, S.H., 2005].

La última pregunta de este proceso es la siguiente: ¿Cuántos defectos se encontraron y/o eliminaron en los productos de una fase de éste proceso? (**PQA**), y queda respondida por las siguientes medidas:

La literatura nos dice que el contar defectos es la técnica más aplicada y aceptada para determinar la calidad del software [Stephen H. K., 2002]. Por tal motivo, los contamos y clasificamos en defectos inyectados (Din) (en alguna fase del desarrollo), removidos (Dr), defectos encontrados en pruebas unitarias (Dsw), en pruebas de integración (Di), en pruebas de sistema (Ds) y el total que se encontraron en un producto determinado (D).

⁷ Por sus siglas del inglés Line of Code.

CAPÍTULO 3. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DE SOFTWARE

Todas las medidas descritas anteriormente, pueden ser tomadas a lo largo de las fases del Proceso de Desarrollo y Mantenimientos de Software. Por tal motivo, agrupamos las medidas por fase que se muestran en Apéndice A de este trabajo.

3.4 Mediciones Técnicas

Por otra parte, existen medidas técnicas que dependen del paradigma de programación, los lenguajes, las metodologías y de la tecnología usada, entre otros. Debemos aclarar que dichas mediciones están enfocadas a medir los productos de software de las fases de Análisis y Diseño, Construcción, Integración y Pruebas definidas en el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software. Además, tienen el propósito de darnos una idea de cuanto tiempo y esfuerzo se necesitará para realizar las siguientes actividades contenidas en las fases antes mencionadas: elaborar y/o modificar los componentes del software, realizar pruebas unitarias, corregir los defectos en pruebas unitarias, realizar la integración, corregir defectos en pruebas de integración, realizar pruebas de sistema y corregir los defectos en pruebas del sistema. Las medidas propuestas se mencionan a continuación.

Medidas Basadas en la Función

La medida de puntos función fue definida por [Albrecht, 1979] con el fin de predecir el esfuerzo y el costo de desarrollo. Dicha medición es una de las más conocidas y utilizadas de la literatura. Si desea consultar a detalle esta medida puede consultar el [IFPUG: Function Point Counting Practices Manual, 2004].

Medidas para el Código Fuente

Las medidas para código fuente fueron propuestas por [Halstead, 1977] para intentar independizar las mediciones del lenguaje de programación. Halstead

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

asignó leyes cuantitativas al desarrollo de software empleando un conjunto de medidas primitivas que se derivan después de que se ha generado el código, o se estiman una vez que el diseño esté completo.

Medidas de complejidad

Dentro de las medidas de complejidad cabe destacar a la Complejidad Ciclomática (V(G)) [McCabe, 1976], usada para evaluar la complejidad de un programa. Está basada en la teoría de grafos y mide el número de caminos linealmente independientes de un programa, que puede representarse mediante un grafo de flujo de control.

Otras medidas de complejidad son las llamadas *Fan-in* (concentración) y *Fan-out* (expansion) [Henry y Kafura, 1981]. Que trabajan sobre la estructura de un módulo representada como un árbol o grafo de llamadas entre módulos. El *Fan-in* de un módulo m es el número de flujos que terminan en m mientras que el *Fan-out* es el número de flujos que salen de m .

Medidas Orientadas a Objetos

El desarrollo de Sistemas Orientados a Objetos (OO) ha adquirido gran auge en los últimos años, este tipo de paradigma difiere en importante medida del desarrollo utilizado en los enfoques tradicionales. Ello planteó la necesidad de definir nuevas mediciones adaptadas a las características particulares de este paradigma.

Las siguientes tablas resumen algunas de las medidas OO más conocidas en la literatura. A continuación se listan las propuestas de medidas OO más representativas

CAPÍTULO 3. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DE SOFTWARE

- Medidas MOOSE [Chidamber y Kemerer, 1994]: Estas medidas se enfocan en la cohesión, herencia, acoplamiento y profundidad del árbol de herencia.
- Mediciones MOOD: El objetivo de las mediciones MOOD [Brito e Abreu y Carapuca, 1994], es medir el encapsulamiento, herencia, polimorfismo y paso de mensajes, para saber influencia sobre la calidad del software y la productividad en el desarrollo. Se pueden utilizar en las fases de diseño para ser aplicadas en los diagramas de clases.
- Medidas de Diseño OO: Las Medidas de Diseño [Lorenz y Kidd,1994], se refieren a características estáticas del diseño de un producto software y se clasifican en: medidas de tamaño, medidas de herencia y medidas de características internas de las clases.

Medidas para el Lenguaje de Modelado UML

Se pueden encontrar diversas propuestas de mediciones para los distintos diagramas de UML, las siguientes son algunas de las medidas para UML más importantes.

- Medidas para los Diagramas de Casos de Uso: Con ellas se pueden medir la complejidad, la modificabilidad del sistema en términos de número de casos de uso, relaciones y actores.
- Medidas para los Diagramas de Clases: Genero et al. (2000; 2004), definieron un conjunto de medidas para la complejidad estructural de diagramas de clase de UML basadas en asociaciones, generalizaciones, dependencias y agregaciones. Estas medidas pueden ser indicadores de las características de mantenibilidad de un diagrama de clases de UML.
- Medidas para los Diagramas de Estados: Miranda et al. (2003), con la hipótesis de que el tamaño y la complejidad estructural de los diagramas de estados de UML puede influenciar su facilidad de entendimiento y su mantenibilidad, definieron un conjunto de mediciones, validadas teórica y

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

empíricamente, para la complejidad estructural y el tamaño de los diagramas de estados de UML.

Para concluir esta parte de mediciones para los diagramas de UML, debemos resaltar que aún falta mucho por investigar en el campo de mediciones para los diagramas de este lenguaje de modelado, seguramente en un futuro veremos más medidas de este tipo.

Medidas WEB.

Existen muchas mediciones de atributos para la programación WEB, debido a que hoy en día ha tenido mucho auge en el desarrollo de sistemas informáticos. Por otra parte, las aplicaciones WEB, son generalmente consideradas entre las más complejas de construir, tanto en costo como en tamaño. Este tipo de medidas se enfocan las páginas HTML, en los archivos multimedia, Java Script, también miden la densidad de conexión, multimedios, lígas a otra páginas, etc.

Todas las medidas anteriores, son una muestra de lo que nosotros consideramos las medidas más sencillas y estudiadas, pero en la literatura existen mucho más mediciones de las mencionadas.

Una vez planteadas las medidas base y derivadas para el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software, podemos definir las medidas derivadas e indicadores del Proceso de Administración de Proyectos Específicos. Esto se describe en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 4

INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

“El propósito de la Administración de Proyectos Específicos es establecer y llevar a cabo sistemáticamente las actividades que permitan cumplir con los objetivos de un proyecto en tiempo y costo esperado”¹.

Con el fin de obtener una evidencia cuantitativa que demuestre si se están cumpliendo con dichos objetivos, en éste capítulo realizaremos una selección de medidas prácticas y sencillas para construir indicadores y, de esta manera, obtener información relevante del Proceso de Administración de Proyectos Específicos.

Siguiendo con la metodología GQ(I)M, a continuación estableceremos los objetivos y sub-objetivos para éste proceso.

4.1 Objetivo general de la propuesta de medidas para el Proceso de Administración de Proyectos Específicos

El objetivo principal de esta propuesta, es proporcionar información relevante de los atributos del proceso, del proyecto y de los productos generados a través de las actividades de planeación, realización, control y cierre de un proyecto, en términos de medidas base y derivadas, para construir indicadores que den respuestas a nuestras necesidades de información.

¹ NMX-I-059 Tecnología de la Información-Software-Modelos de procesos y de evaluación para desarrollo y mantenimiento de software NYCE, Diario Oficial de la Federación, pp. 117, (2005).

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

Estos indicadores y medidas, se basarán en las medidas recopiladas en el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software. Además, complementarán a los *Reportes de Seguimiento* generados en la el Proceso de Administración de Proyectos Específicos. Finalmente, ésta propuesta de medición servirá de base para la selección de medidas del Proceso de Gestión de Proyectos.

4.1.1 Preguntas y sub-objetivos para el Proceso de Administración de Proyectos Específicos

De manera análoga al Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software, definimos sub-objetivos que se derivan de los objetivos originales de MoProSoft, los cuales se muestran a continuación:

“O1 Lograr los Objetivos del proyecto en tiempo y costo mediante la coordinación y el manejo de los recursos del mismo”².

El **O1** involucra administrar el tiempo y el costo de un proyecto pero además, se necesita tener un control de los riesgos que puedan comprometer a nuestros *Objetivos del Proyecto*, incluyendo los de tiempo, esfuerzo y costo.

Por otra parte, éste proceso genera sus propios productos. Por lo tanto, como se mencionó para el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de software, la consistencia entre los productos de las fases se logra eliminando los defectos encontrados en las actividades de verificación, validación y/o pruebas. De ésta manera el **O1.4**, para éste proceso, será idéntico al objetivo **O1.1** el Proceso de Desarrollo y mantenimiento de software, con la diferencia de que en el primero se hace referencia al Plan de Desarrollo y en el segundo se hará referencia al Plan de Proyecto respectivamente. Dicho todo lo anterior, podemos refinar al **O1** en los siguientes sub-objetivos:

² Ibidem, p. 119.

CAPÍTULO 4. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

O1.1 El tiempo y el esfuerzo del proyecto deben cumplir con los *Objetivos del Plan de Proyecto*.

O1.2 El costo del proyecto debe cumplir con los *Objetivos del Plan de Proyecto*.

O1.3 Los riesgos que impiden la realización de los *Objetivos del Proyecto* en tiempo y costo se mantienen controlados.

O1.4 Las actividades de verificación, validación y/o pruebas con su correspondiente corrección de defectos, propuestas en el *Plan de Proyecto*, garantizan la consistencia entre los productos generados.

“O2 Mantener informado al Cliente mediante la realización de reuniones de avance del proyecto”³.

De este objetivo, lo que podemos resaltar son las reuniones de seguimiento al proyecto. Para éstas actividades nos interesa saber el tiempo, el esfuerzo y el costo asociadas a dichas reuniones, los cuales ya están considerados en los objetivos **O1.1** y **O1.2**. Por estos motivos, ya no es necesario definir algún subobjetivo específico para este objetivo.

“O3 Atender las Solicitudes de Cambio del cliente mediante la recepción y análisis de las mismas”⁴.

Este objetivo indica que los *cambios* al proyecto deben ser recibidos y analizados. Se tiene que establecer el tiempo, el esfuerzo, el costo y los riesgos potenciales que compromete la realización de dicho *cambio*, en caso de ser aceptado. Por tal motivo, podemos definir los siguientes sub-objetivo:

³ Idem.

⁴ Idem.

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

03.1 Administra el tiempo, esfuerzo y costo del proyecto para atender y realizar las *Solicitudes de Cambio* por el Cliente

03.2 Los riesgos que impiden la realización de las solicitudes de cambio en tiempo y costo se mantienen controlados.

De manera semejante a como definimos las preguntas asociadas a los objetivos para el proceso anterior, para éste proceso las preguntas planteadas son las que se muestra en la Tabla 4.1.

Clave	Pregunta	Objetivos
Preguntas asociadas al Tiempo y Esfuerzo		
PET	¿Cuánto tiempo y esfuerzo se invirtió realizar las actividades de una fase del Proceso de Administración de Proyectos Específicos?	01.1, 03.1
PETB	¿Cuál es el tiempo y el esfuerzo total para elaborar, modificar, verificar y/o validar y corregir cada producto de una fase del Proceso de Administración de Proyectos Específicos?	01.1, 03.1
PETP	¿Cuál es el tiempo y esfuerzo estimado para realizar las actividades del Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software?	01.1, 03.1
PETBP	¿Cuál es el tiempo y el esfuerzo total planeado para elaborar, modificar y/o integrar (para los componentes de software), verificar, validar y/o realizar pruebas (unitarias o de sistema, para los componentes de software) y corregir cada producto de una fase del Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software?	01.1, 03.1
PETR	¿Cuánto tiempo y esfuerzo real se está invirtiendo en realizar las actividades del Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de software?	01.1, 03.1
PETC	¿Cuánto tiempo y esfuerzo se ha ganado o perdido en el desarrollo del Proyecto?	01.1, 03.1
Preguntas asociadas al aseguramiento de Calidad		
PQA	¿Cuál ha sido la cantidad de defectos encontrados en el desarrollo del Proyecto?	01.4
PQC1	¿Cuáles han sido las fases más defectuosas?	01.4
PQC2	¿Ha sido eficiente la detección de defectos?	01.4
Preguntas asociadas al costo		
PCP	¿Cuál será el costo para desarrollar el Proyecto?	01.2, 03.1

CAPÍTULO 4. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

PCR	¿Cuál ha sido el costo de desarrollo del Proyecto?	O1.2, O3.1
PCC	¿Cuánto costo se ha ganado o perdido en el desarrollo del Proyecto?	O1.2, O3.1
Preguntas asociadas al tamaño		
PT	¿Qué tan grandes son los productos de una fase del Proceso de Administración de Proyectos Específicos, después de corregir los defectos encontrados en las verificaciones y/o validaciones?	O1.1, O1.2
PTP	¿Cuál será el tamaño de los productos a desarrollar?	O1.1, O1.2
Preguntas relacionadas al riesgo		
PRR	¿Cuántos riesgos han ocurrido en el desarrollo de Proyecto y cuál ha sido su impacto?	O1.3, O3.2
PRP	¿Se han encontrado nuevos riesgos?	O1.3, O3.2
PRC	¿Cuál es el impacto y la probabilidad de ocurrencia de los riesgos en transcurso del desarrollo del Proyecto?	O1.3, O3.2

Tabla 4.1. Preguntas para el Proceso de Administración de Proyectos Específicos

De la tabla 4.1 las claves significan lo siguiente:

- **PET**: Pregunta asociada al Esfuerzo y Tiempo.
- **PETP**: Pregunta asociada al Esfuerzo y Tiempo Planeado.
- **PETBP**: Pregunta asociada al Esfuerzo y Tiempo Base para desarrollar un producto Planeado.
- **PETR**: Pregunta asociada al Esfuerzo y Tiempo Realizado.
- **PETC**: Pregunta asociada al Esfuerzo y Tiempo Controlado.
- **PQA**⁵: Pregunta asociada al Aseguramiento de Calidad.
- **PQC**⁶: Preguntas asociada al Control de Calidad.
- **PFP**: Pregunta asociada a la Fecha Planeada.
- **PFBP**: Pregunta asociada a la Fecha Base para desarrollar un producto Planeada.
- **PCP**: Pregunta asociada al Costo Planeado.
- **PCR**: Pregunta asociada al Costo Realizado.

⁵ Por sus siglas en Inglés Quality Assurance.

⁶ Por sus siglas en Inglés Quality Control

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

- **PCC:** Pregunta asociada al Costo Controlado.
- **PT:** Pregunta asociada al Tamaño (para productos de éste Proceso)
- **PTP:** Pregunta asociada al Tamaño Planeado (para productos del Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software).
- **PTR:** Pregunta asociada al Tamaño Controlado (para productos del Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software).
- **PRP:** Pregunta asociada al Riesgo Planeado.
- **PRR:** Pregunta asociada al Riesgo Real.
- **PRC:** Pregunta asociada al Riesgo Controlado.

4.2 Implementación de medidas para el Proceso de Administración de Proyectos Específicos

Este proceso se encuentra estructurado en cuatro actividades principales, la Planificación, la Ejecución, la Evaluación y el Control y el Cierre.

Para las actividades de Planificación, propusimos medidas de estimación de proyectos. Para las actividades de Ejecución tomamos en cuenta las medidas base y derivadas del Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software generando medidas derivadas a nivel de fases y proyectos. Finalmente, para las actividades de Evaluación y Control, con las medidas recopiladas de la Planificación y la Ejecución, definimos medidas derivadas e indicadores que dan respuesta a nuestras necesidades de información. Esto se encuentra descrito en la Figura 4.1

CAPÍTULO 4. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

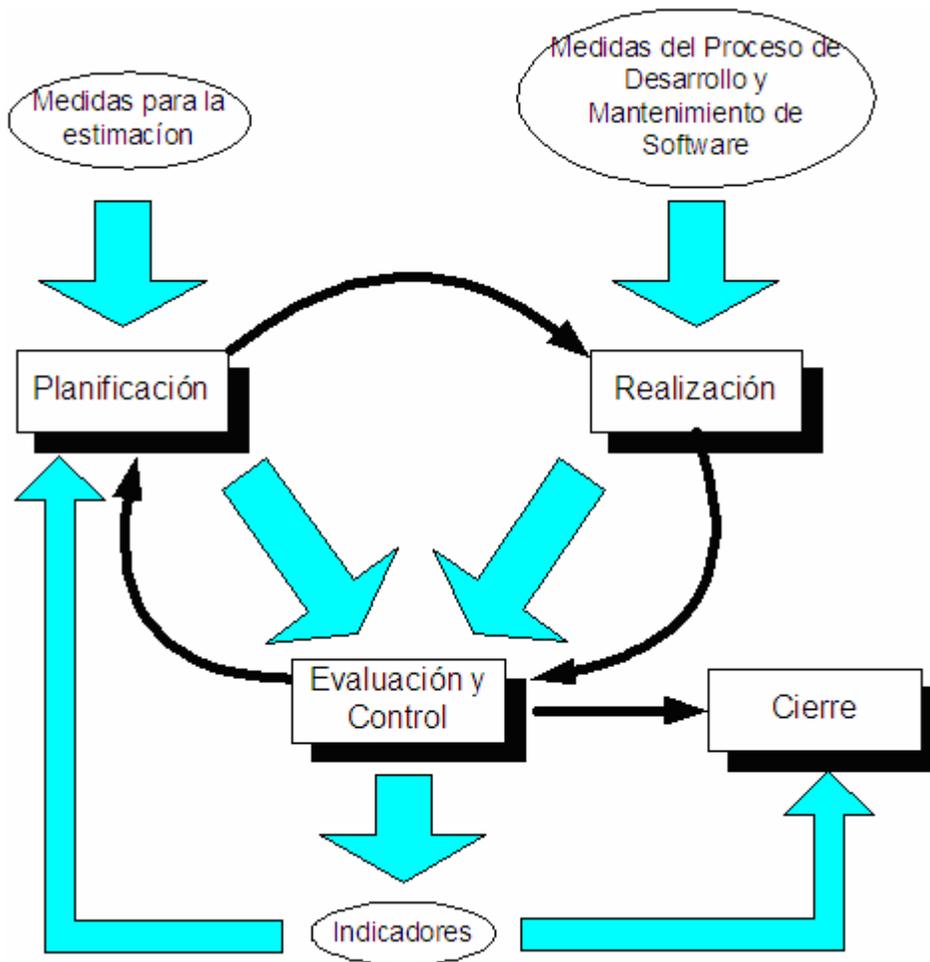


Figura 4.1. Implementación de medidas para el Proceso de Administración de Proyectos Específicos

La Figura 4.1 muestra como las medidas para la Planificación y las medidas del Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software, se utilizan en la Evaluación y el Control para generar indicadores, los cuales pueden apoyar a la estimación en futuros ciclos o nuevos proyectos. En las Actividades de Cierre se recopilan todos los indicadores generados, los cuales en su definición ya integran todas las medidas de la propuesta de mediciones.

Por otra parte, para poder establecer un conjunto de mediciones básicas, definimos las siguientes entidades a ser medidas: el Proyecto, el Proceso y el Producto de software.

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

Para la entidad Proyecto, definimos los atributos de tiempo, esfuerzo, desempeño, riesgos, tamaño y costo. Para la entidad Proceso definimos los atributos de tiempo, esfuerzo y costo. Finalmente, para la entidad Producto definimos los atributos de tamaño, calidad, costo, tiempo, productividad y esfuerzo base en desarrollarlo.

Una vez definida la forma en que implementamos las mediciones para éste proceso e identificados los atributos a medir de las entidades antes mencionadas, a continuación mostraremos las medidas seleccionadas y daremos una breve explicación de las mismas.

4.2.1 Medidas para las actividades de Planificación

Estas medidas tienen como propósito principal saber cual será el tiempo, esfuerzo, costo, tamaño y los riesgos cuando se desarrollar el proyecto.

A continuación presentaremos las preguntas planteadas para éstas actividades y las medidas que responde a dichas preguntas.

¿Cuál es el tiempo y esfuerzo estimado para realizar las actividades del Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software? (**PETP**)

Para responder a esta pregunta, de la entidad Proceso medimos sus atributos de tiempo y esfuerzo por las medidas de Tiempo y Esfuerzo por Actividad Planeada. Estas medidas se definen por estimaciones basadas en el proceso de desarrollo [ANSI/PMI 99-001-2004 PMBOK Guide], ya que se toman las actividades planeadas en un WBS⁷. Para cada actividad se estima el Tiempo (TActP) y el Esfuerzo (EActP) por actividad planeado utilizando la técnica de los

⁷ Por sus siglas en inglés Work Breakdown Structure. El WBS es una estructura en la cual el proyecto se divide en actividades de manera jerárquica a niveles más detallados y mejor definidos

CAPÍTULO 4. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

tres puntos, en la cual se realiza un promedio ponderado de las estimaciones optimista, más probable y pesimista, por ejemplo:

$$TAcP=(TAcOp+4TAcAp+ TAcPe)/6+Tre$$

Donde:

TAcOp, es el Tiempo por Actividad Optimista

TAcAp, es el Tiempo por Actividad más Probable

TAcPe, es el Tiempo por Actividad Pesimista

Tre, es el Tiempo de Reserva

La técnica de los tres puntos, brinda una credibilidad más fuerte a la estimación ya que sigue una distribución de probabilidad Beta. Se supone que existe una probabilidad muy pequeña de que, para este ejemplo, el tiempo real resultante se ubique fuera de los valores optimista y pesimista. Además, también hemos considerado el Tiempo de Reserva (Tre), que es el tiempo estimado para resolver alguna contingencia ocurrida en el transcurso del desarrollo del proyecto.

Realizando una estimación de abajo hacia arriba [ANSI/PMI 99-001-2004 PMBOK Guide], las sumas de las medidas de Tiempo y Esfuerzo por actividad planeadas, se utilizan para generar las medidas derivadas de Tiempo (TFP) y Esfuerzo (EFP) por Fase Planeado respectivamente.

De manera análoga, al sumar los Tiempos y Esfuerzos por Fase Planeados, se estima a nivel de proyecto el Tiempo Total Planeado (TTP) y el Esfuerzo Total Planeado (ETP) respectivamente. Estas mediciones son utilizadas para medir los atributos de tiempo y esfuerzo de la entidad Proyecto.

La siguiente pregunta planteada para este proceso se muestra a continuación: ¿Cuál es el tiempo y el esfuerzo total planeado para elaborar,

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

modificar y/o integrar (para los componentes de software), verificar, validar y/o realizar pruebas (unitarias o de sistema, para los componentes de software) y corregir cada producto de una fase del Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software? (**PETBP**), esta pregunta se responde con las siguientes medidas:

Para los atributos de tiempo y esfuerzo de la entidad Producto, las medidas definidas son las siguientes: el Tiempo (TBP) y el Esfuerzo (EBP) Base Planeado para los productos que se generarán en el desarrollo del proyecto. Estas medidas se derivan de las sumas de las estimaciones de tiempo y esfuerzo de las siguientes actividades: elaboración y/o modificación, integración, validación y/o verificación, pruebas unitarias, pruebas de integración, pruebas de sistema y correcciones, dependiendo de cuál sea el producto generado.

Vale la pena mencionar aquí que no solo hemos realizado estimaciones basadas en el proceso, sino que además estimamos el costo y el esfuerzo en función de estimaciones basadas en el producto.

La medida de producto empleada para realizar las estimaciones de esfuerzo y costo fue el tamaño del producto [Ebert C. et al., 2004], la estimación del esfuerzo en función del tamaño queda representada por la siguiente fórmula:

$$EBP = TAMEs \times P$$

Donde:

TAME, puede ser el tamaño estimado en líneas de código (TAMEsloc),

Puntos de Función (TAMEsfp) o número de páginas (TAMEsdoc).

P, es la Productividad Histórica.

Como se puede observar en la fórmula arriba descrita, el esfuerzo base por desarrollar un producto, es igual al tamaño de dicho producto multiplicado por su

CAPÍTULO 4. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

productividad histórica. El Tamaño Estimado (TAME) se definirá en al responder la pregunta que se muestra a continuación:

¿Cuál será el tamaño de los productos a desarrollar? (**PTP**). Esta pregunta queda respondida por las siguientes medidas:

La estimación del tamaño del producto la realizamos por medio de los Puntos de Función [IFPUG: Function Point Counting Practices Manual, 2004] (TAMEsPf) y/o las líneas de código [Watts S. Humphrey, 2005] (TAMEsLoc), para los documentos empleamos el número de páginas (TAMEsDoc).

La siguiente pregunta se refiere al costo estimado del proyecto y quedó definida de la siguiente manera: ¿Cuál será el costo para desarrollar el Proyecto? (**PCP**). Las siguientes medidas dan respuesta a ésta pregunta:

La estimación del costo por actividad, es una medida derivada definida como el producto del Esfuerzo por Actividad Planeada (EActP) y la Tasa Salarial (K):

$$C_{ActP} = E_{ActP} * K + C_r$$

Donde:

EAcP, es el Esfuerzo por Actividad Planeada

K, es la tasa salarial y se define como C/E (C: Costo y E: Esfuerzo en hora-hombre).

Cr, es el Costo de Reserva

Esta tasa salarial es una medida que divide el costo (C) entre el esfuerzo (C/E), lo que nos dice cuánto cuesta la hora trabajada por una persona, C dependerá de la moneda que se utilice. Además, hemos considerado el Costo de

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

Reserva (Cr), que es el Costo por atender alguna contingencia al desarrollar el proyecto.

De manera semejante al Tiempo y Esfuerzo, realizando una estimación de abajo hacia arriba, podemos obtener las medidas derivadas de Costo por Fase Planeado (CFP), como la suma de los costos de las actividades por fase planeados y el Costo Total del Proyecto (CTP) al sumar todos los costo de las fases planeados.

Para el atributo de costo de la entidad Producto, la medida definida es el Costo por Producto Planeado (CProdP). Esta medida se obtiene por una estimación basada en el proceso, ya que se deriva de la suma de las estimaciones de costo de las siguientes actividades: elaboración y/o modificación, integración, validación y/o verificación, pruebas unitarias, pruebas de integración, pruebas de sistema y correcciones, dependiendo de cuál sea el producto generado. Más adelante explicaremos una estimación del costo para producto basada en su tamaño.

La medida de costo del producto en función del tamaño, queda definida como el tamaño del producto multiplicado por la tasa salarial y dividido entre la productividad histórica, como se muestra en la siguiente fórmula:

$$CProdP = TAME \times K / P$$

Donde:

TAME, puede ser el tamaño estimado en líneas de código (TAMEsloc), Puntos de Función (TAMEsfp) o número de páginas (TAMEsdoc).

P, Productividad Histórica.

K, es la tasa salarial y se define como C/E (C: Costo y E: Esfuerzo en hora-hombre).

CAPÍTULO 4. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

Como podemos apreciar en estas dos últimas fórmulas, la productividad histórica tiene un impacto muy grande en las estimaciones basadas en el producto, por lo que la disponibilidad histórica tiene una fuerte influencia en el riesgo de la estimación [Pressman R., 2006]. Esta productividad se debe ir generando con información de proyectos y ciclos anteriores, clasificándola según el tipo de proyecto y se debe almacenar en la base de conocimiento de la organización para soportar futuras estimaciones. Por tal motivo, al comenzar un programa de mediciones desde cero, no es posible utilizar esta estimación para saber el esfuerzo y el costo por elaborar un producto, para éste caso es más recomendable utilizar las estimaciones basadas en el proceso anteriormente descritas. Más adelante, en las medidas para la Realización, definiremos a detalle como se mide dicha Productividad Histórica.

Las siguientes preguntas se basan en la estimación y el control de riesgos:

¿Se han encontrado nuevos riesgos? (**PRP**)

¿Cuál es el impacto y la probabilidad de ocurrencia de los riesgos en transcurso del desarrollo del Proyecto? (**PRC**)

Para responder a estas preguntas debemos recordar que en la planeación y en el transcurso del proyecto hay que identificar y analizar los riesgos. El [ANSI/PMI 99-001-2004 PMBOK Guide] define un análisis cualitativo de riesgos, que nosotros utilizamos para medir el atributo de riesgo de la entidad Proyecto. En éste análisis se asigna un valor nominal para su probabilidad de ocurrencia (PRi), otro valor nominal para su impacto (ImRi) y, con ésta información, generar la matriz de riesgos (Mris). Dicha matriz es utilizada para analizar los riesgos (R) del proyecto. Más adelante, al definir los indicadores, explicaremos de manera detallada como se realiza éste análisis cualitativo.

Para terminar con las medidas de las actividades de planificación, debemos definir las medidas para el desempeño del proyecto. El indicador de progreso más

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

usado y validado, es el Análisis de Valor Ganado (EV) [Watts S. Humphrey, 2005] y es utilizado para saber el desempeño de un proyecto en Tiempo y Costo.

Cuando se planea un proyecto con múltiples tareas, se necesitará siempre una manera de dar seguimiento y reportar el progreso, principalmente cuando esas tareas son completadas en orden diferente al que se planeó. El Análisis del Valor Ganado es la forma más conveniente de rastrear y reportar el progreso de un proyecto.

Las siguientes medidas, junto con otras que se obtendrán de las actividades de realización darán respuesta a las siguientes preguntas:

¿Cuánto tiempo y esfuerzo se ha ganado o perdido en el desarrollo del Proyecto? (**PETC**).

¿Cuánto costo se ha ganado o perdido en el desarrollo del Proyecto? (**PCC**).

Por lo tanto, en la Planificación, para soportar éste análisis en las actividades de Evaluación y Control, se necesita calcular los siguientes valores:

- El Valor Ganado Planeado (PV), que es el porcentaje de tiempo o costo por actividad con respecto al total y se calcula con la siguiente fórmula:

Para el Costo:

$$PV = CActP * 100 / CTP$$

Donde:

CActP, es el Costo por Actividad Planeado

CTP, es el Costo Total Planeado

CAPÍTULO 4. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

o para el Tiempo

$$PVT = TActP * 100 / TTP$$

Donde:

TActP, es el Tiempo por Actividad Planeado

TTP, es el Tiempo Total Planeado

- El Valor Ganado Acumulado Planeado en costo (PVAcum) o en tiempo (PVTAcum).
- El Valor Ganado Acumulado al completar el proyecto, que es al Valor Ganado Acumulado Planeado que se registró al final, después de haber realizado todas las actividades planeadas, en costo (BAC) o en tiempo (TAC).

A continuación mostramos la Tabla 4.2, que resume las medidas propuestas para las actividades de Planificación.

Qué mide		Cómo lo mide		Preguntas que responden
Entidad	Atributo	Clave medida	Descripción	
Medidas asociadas al tiempo y esfuerzo				
Proyecto	Tiempo	TTP	Tiempo Total Planeado para el Proyecto	PETP
	Esfuerzo	ETP	Esfuerzo Total Planeado para el Proyecto	
	Desempeño	PVT	Valor Ganado en Tiempo Planeado	PETC
		PVTAcum	Valor Ganado en Tiempo Acumulado Planeado	
	TAC	Valor Ganado Acumulado en Tiempo al completar el Proyecto		
Producto	Tiempo	TBP	Tiempo Base Planeado	PETBP
	Esfuerzo	EBP	Esfuerzo Base Planeado por Producto basado en el Proceso	
		EBP	Esfuerzo Base Planeado por Producto, basado en la Productividad Histórica	
Proceso	Tiempo	TActP	Tiempo por Actividad Planeada	PETP
		TFP	Tiempo por Fase Planeado	
	Esfuerzo	EActP	Esfuerzo por Actividad Planeado	
		EFP	Esfuerzo por Fase Planeado	
		FFP	Fecha por Fase Planeada	
Medidas asociadas al costo				
Proyecto	Costo	CTP	Costo Total Planeado para el Proyecto	PCP
	Desempeño	PV	Valor Ganado en Costo Planeado	PCC

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

		PVTAcum	Valor Ganado Acumulado en Costo Planeado	
		BAC	Valor Ganado Acumulado al completar el Proyecto en Costo	
Producto	Costo	CProdP	Costo por Producto Planeado utilizando la Productividad Histórica	PCP
Proceso		CActP	Costo por Actividad Planeado	
		CFP	Costo por Fase Planeado	
Medidas asociadas al tamaño				
Proyecto	Tamaño	TAMeSPf	Tamaño del Sistema en puntos de función	PTP
		TAMeSLoc	Tamaño del Sistema en líneas de código tamaño	
Producto		TAMeSDoc	Tamaño planeado de los documentos	
Medidas asociadas al riesgo				
Proyecto	Riesgos	PRi	Probabilidad de ocurrencia del Riesgo	PRC2
		ImRi	Impacto del riesgo	
		Mris	Matriz de Riesgos	
		R	Riesgos identificados	PRP, PRC1

Tabla 4.2. Resumen de medidas propuestas para las actividades de Planificación

Como se muestra en la Tabla 4.2, hemos clasificado las medidas propuestas con sus objetivos en: medidas asociadas al tiempo y esfuerzo, al costo, al tamaño y a los riesgos. Cada medida está relacionada con los atributos de las entidades de Proceso, Proyecto y Producto. Además se muestra su clave de medida y una ligera descripción. Finalmente, se ilustra que preguntas se intentan resolver con dicha medida. Para ver la descripción detallada de estas mediciones puede consultar el Apéndice B de éste trabajo.

Ahora que ya tenemos definidas las medidas de la Planificación, podemos abordar las medidas de las actividades de Realización.

4.2.2 Medidas para las actividades de Realización

Como ya habíamos mencionado anteriormente, las medidas para las actividades de la Realización, son una recopilación de las medidas del Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software, solo que en la Realización, a partir de dichas medidas, planteamos las siguientes preguntas:

CAPÍTULO 4. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

¿Cuánto tiempo y esfuerzo real se está invirtiendo en realizar las actividades del Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de software? (**PETR**) Esta pregunta queda respondida por las siguientes medidas:

Los atributos de tiempo y esfuerzo de la entidad Proceso quedan medidos por el Tiempo por Fase Real (TFR) y Esfuerzo por Fase Real (EFR). Estas medidas se definen como la suma de los Tiempos (T) y Esfuerzos (E) Reales en el desarrollo del proyecto.

Las medidas a continuación mostradas dan respuesta a la siguiente pregunta: ¿Cuál ha sido el costo de desarrollo del Proyecto? (**PCR**).

El atributo de costo para la entidad Proceso, queda medido por el Costo por Actividad Real (CActR), que se calcula multiplicando el Esfuerzo Real (E), obtenido en el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software, por la tasa salarial (K) como se muestra a continuación:

$$CActR = E * K$$

Realizando un análisis de abajo hacia arriba, calculamos el Costo por Fase Real (CFR), como la suma de los Costos por Actividad Reales de las actividades realizadas en esa fase.

De manera similar, el Costo por Producto Real (CProdR) para la entidad Producto, se define multiplicando el Esfuerzo Base (EB) para generar un producto determinado, obtenido en el proceso de desarrollo del proyecto, por la tasa salarial (K). Como se ilustra en la siguiente fórmula:

$$CProdR = EB * K$$

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

Continuado con las preguntas y las respectivas medidas que las responden, enseguida mostramos la pregunta asociada con el tamaño real de los productos generados:

¿Qué tan grandes son los productos de una fase del Proceso de Administración de Proyectos Específicos, después de corregir los defectos encontrados en las verificaciones y/o validaciones? **(PT)**.

El Tamaño Real de los productos generados, medido en el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software, queda registrado por los Puntos de Función (TAMfp) y/o las líneas de código (TAMloc), para los componentes de software, y como número de páginas reales (TAMdoc) para los documentos.

Las siguientes preguntas fueron definidas en las Actividades de Planificación:

¿Cuál será el costo para desarrollar el Proyecto? **(PCP)**.

¿Cuál es el tiempo y el esfuerzo total planeado para elaborar, modificar y/o integrar (para los componentes de software), verificar, validar y/o realizar pruebas (unitarias o de sistema, para los componentes de software) y corregir cada producto de una fase del Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software? **(PETBP)**.

Estas preguntas se responden con la Productividad Histórica (P) recolectada en las actividades de realización, la cual usa las medidas de tamaño real y queda definida por la siguiente fórmula:

$$P=TAMR/EB$$

Donde:

CAPÍTULO 4. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

TAMR, es el Tamaño Real, puede ser el tamaño real en puntos de función (TAMfp), el tamaño real en líneas de código (TAMloc) o el número real de páginas para los documentos (TAMdoc).

EB, es el esfuerzo base para desarrollar dicho producto, el cual también se obtiene del Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software.

Esta productividad es la que se utiliza en ciclos y/o proyectos posteriores, para las estimaciones de los atributos de costo y esfuerzo de la entidad Producto, realizadas en las actividades de Planificación. Debemos reiterar que sólo cuando la organización tenga una base histórica de proyectos y/o ciclos anteriores con esta medida, entonces la Productividad Histórica (P) se puede utilizar para la estimación; si no se cuenta con este acervo histórico, se deben utilizar estimaciones basadas en el proceso para saber el costo y el esfuerzo por actividad.

Por otra parte, las preguntas asociadas a los riesgos del Proyecto quedaron definidas de la siguiente forma:

¿Cuántos riesgos han ocurrido en el desarrollo de Proyecto y cuál ha sido su impacto? (**PRR**).

¿Se han encontrado nuevos riesgos? (**PRP**).

¿Cuál es el impacto y la probabilidad de ocurrencia de los riesgos en transcurso del desarrollo del Proyecto? (**PRC**).

Para responderlas, nuevamente se miden el atributo de riesgo de la entidad Proyecto, identificando y analizando cualitativamente los riesgos, también se deben registrar las contingencias, es decir los riesgos que ocurrieron en la

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

Realización del proyecto, que hayan o no hayan sido identificados en la Planificación.

Continuando con las medidas, para el atributo de desempeño de la entidad Proyecto, en las actividades de Realización se tiene que tomar las siguientes mediciones usadas en el Análisis de Valor Ganado:

- Valor Ganado en Costo (EV), El Valor Ganado Planeado en Costo (PV) se convierte en Valor Ganado en Costo (EV) sólo cuando una actividad planeada se terminó por completo.
- Valor Ganado Acumulado en Costo (EVAcum) es la suma de los Valores Ganados en Costos hasta el momento.

De manera idéntica se obtiene los Valores Ganados en Tiempo:

- Valor Ganado en Tiempo (EVT), El Valor Ganado Planeado en Tiempo (PVT) se convierte en Valor Ganado en Tiempo (EVT) sólo cuando una actividad planeada se termina por completo.
- Valor Ganado Acumulado en Tiempo (EVTAcum) es la suma de los Valores Ganados en Tiempo hasta el momento.

Con estas medidas y con las medidas de desempeño recolectadas en las Actividades de Planificación, daremos respuesta a las preguntas:

¿Cuánto tiempo y esfuerzo se ha ganado o perdido en el desarrollo del Proyecto? (**PCC**).

¿Cuánto costo se ha ganado o perdido en el desarrollo del Proyecto? (**PETC**).

CAPÍTULO 4. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

Finalmente definimos las siguientes preguntas asociadas al aseguramiento de calidad para la entidad Producto:

¿Cuál ha sido la cantidad de defectos encontrados en el desarrollo del Proyecto? (**PQA**).

¿Cuáles han sido las fases más defectuosas? (**PCQ1**).

Dichas preguntas quedan respondidas por las siguientes medidas: Defectos por Fase (DF), es la suma de los defectos (D) encontrados en los productos de una fase del Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software. Defectos inyectados en una fase (DinF), es la suma de todos los defectos que fueron inyectados en una fase (Din). Defectos removidos por fase (DrF), es la suma de todos los defectos que fueron removidos en una fase (Dr).

La Densidad de Defectos ($DD=D/TAMR$), queda definida como el cociente de la cantidad defectos (D) encontrados en un producto determinado entre el tamaño real (TAMR). Debemos especificar que el tamaño real, fue medido en el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software, el cual puede estar expresado en puntos de función (TAMfp) o líneas de código (TAMloc), para los componentes de software, y número de páginas para los documentos (TAMdoc).

A continuación mostramos el resumen de las medidas propuestas para las actividades de Realización en la Tabla 4.3

Qué mide		Cómo lo mide		Preguntas que responden
Entidad	Atributo	Clave Medida	Descripción	
Medidas asociadas al tiempo y esfuerzo				
Proceso	Tiempo	TFR	Tiempo por Fase Real	PETR
	Esfuerzo	EFR	Esfuerzo por Fase Real	
Proyecto	Desempeño	EVT	Valor Ganado en Tiempo	PETC
		EVTAcum	Valor Ganado en Tiempo Acumulado	
Medidas asociadas al aseguramiento de calidad				
Proceso	Calidad	DF	Defectos por Fase	PQA, PQC1
		DinF	Defectos Inyectados por Fase	

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

		DrF	Defectos Removidos por Fase	
Producto		DD	Densidad de Defectos	
Medidas asociadas al costo				
Proceso	Costo	CActR	Costo por Actividad Real	PCR
		CFR	Costo por Fase Real	
Producto	CProdR	Costo por Producto Real		
Proyecto	Desempeño	EV	Valor Ganado en Costo	PCC
		EVAcum	Valor Ganado en Costo Acumulado	
Medidas asociadas al riesgo				
Proyecto	Riesgos	ImpCon	Impacto de la Contingencia	PRR
		PRi	Probabilidad de ocurrencia de riesgo	PRC
		ImRi	Impacto del riesgo	
		Mris	Matriz de Riesgos	
		R	Riesgos identificados	PRP
Medidas asociadas a la Productividad				
Producto	Productividad	P	Productividad Histórica	PCP, PETP

Tabla 4.3. Resumen de medidas propuestas para las actividades de Realización

De manera idéntica a como se hizo la Tabla 4.2 para las actividades de Planificación, se elaboró la Tabla 4.3, en la que se muestran las medidas, su clave, su descripción, los atributos que miden de la entidades y las preguntas que responden. Si desea ver una descripción más detallada de las medidas propuestas consulte al Apéndice B.

Como habíamos mencionado en la implementación de medidas para este proceso, las mediciones tomadas de las actividades de Planificación y Realización, serán utilizadas para generar las medidas derivadas e indicadores de las actividades de Evaluación y Control, como es muestra a continuación.

4.2.3 Medidas e Indicadores para las actividades de Evaluación y Control

El propósito de las mediciones de Evaluación y Control, consiste en generar medidas derivadas e indicadores, a partir de las medidas previamente tomadas, para dar respuesta a nuestras necesidades de información.

Por otra parte, la metodología GQ(I)M nos dice que existen tres categorías o clases de indicadores: los indicadores de éxito, los indicadores de progreso y los indicadores de análisis. A continuación vamos a dar una breve descripción de los

CAPÍTULO 4. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

mismos para que podamos identificar en estas categorías a los indicadores que propongamos.

Indicadores de éxito: Estos indicadores se construyen a partir de un criterio de éxito definido, para determinar si se alcanzan los objetivos.

Indicadores de progreso: Estos indicadores se usan para rastrear el progreso o la ejecución de las tareas definidas.

Indicadores de análisis: Estos indicadores se usan para asistir en el análisis de las salidas de cada tarea.

Una vez definidas las clases de indicadores, podemos comenzar a definir las medidas derivadas y los indicadores que hemos propuesto.

4.2.3.1 Indicadores de Variación

Esta clase de indicador se basa en el concepto del error estándar de la estadística, el cual básicamente compara un valor patrón contra el real, determinando la *variación* que tiene ese valor real con respecto al patrón. La fórmula para éste indicador es la siguiente:

$$E = (\text{Valor Patrón} - \text{Valor Real}) / \text{Valor patrón}.$$

Éste indicador es de éxito, ya que el valor patrón es considerado como un criterio de éxito. El análisis de variación nos dice si ese valor patrón se alcanzó o no.

Nosotros utilizamos el indicador de análisis de variación para saber la desviación de lo planeado contra lo real, la interpretación de éste indicador es la siguiente: si el valor de la variación es cercana a cero, quiere decir que lo que

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

estimamos es muy próximo a lo real, si el valor es positivo y cercano a uno, significa que sobre estimamos el proyecto, pero si la estimación es negativa y mayor que uno, podemos deducir que subestimamos el proyecto.

A continuación mostramos la pregunta del análisis de variación pero asociada al tiempo y al esfuerzo: ¿Cuánto tiempo y esfuerzo se ha ganado o perdido en el desarrollo del Proyecto? (**PETC**).

Para responder a esta pregunta, como ya habíamos mencionados, nosotros utilizamos el indicador de análisis de variación para saber la desviación de lo planeado contra lo real, considerando como valor patrón lo planeado. De esta manera se hizo el análisis de variación para el Tiempo por Fase (VTF), utilizando el Tiempo por Fase Planeado (TFP) y el Tiempo por Fase Real (TFR). Posteriormente realizamos el análisis para el Tiempo Total (VTT), al calcular la medida derivada del Tiempo Total Real (TTR) sumando los Tiempos por Fases Reales (TFR) y comparando este Tiempo Total Real con el Tiempo Total Planeado (TTP).

El análisis de variación también se propone para los Tiempos Bases, al comparar el Tiempo Base Real (TBR) con el Tiempo Base Planeado (TBP) de los productos generados en el desarrollo del sistema.

Para el esfuerzo se realizó dicho análisis de manera idéntica, es decir, se calculó la variación de Esfuerzo (VEF). Posteriormente obtuvimos la medida derivada de Esfuerzo Total Real (ETR), para calcular el Análisis de Variación de Esfuerzo Total (VET). De igual manera, para los productos hicimos el Análisis de Variación de Esfuerzo Base (VEB).

Continuando con las preguntas asociadas a la variación, la siguiente se refiere a la variación del costo: ¿Cuánto costo se ha ganado o perdido en el desarrollo del Proyecto? (**PCC**).

CAPÍTULO 4. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

De manera análoga al Tiempo y el Esfuerzo, se realizó el análisis de variación para el Costo (VCF) por Fase. Después obtuvimos la medida derivada Costo Total Real (CTR) con la que hicimos el Análisis del Costo Total (VCT). Finalmente, para los productos realizamos el Análisis de Variación de Costo por Producto (VCProd).

4.2.3.2 Análisis de Valor Ganado

El Análisis del Valor Ganado es la forma más conveniente de rastrear y reportar el progreso de un proyecto [Watts S. Humphrey, 2005]. Dicho Análisis es particularmente útil cuando hay cambios frecuentes en el *Plan de Proyecto*, da un estatus del proyecto y ayuda a estimar el tiempo y el costo para la terminación del mismo, en cualquier momento en que se realice éste análisis.

El Análisis de Valor Ganado asume que la tendencia para completar las tareas planeadas, es más o menos las misma que ha sido en el pasado. Mide el progreso con relación a lo planeado, si lo planeado es inexacto, el análisis de valor ganado será inexacto, por estos motivos es importante tener experiencia y basar nuestras estimaciones en datos históricos. Finalmente, éste análisis asume que los recursos para el proyecto son uniformes.

Una gran ventaja de utilizar éste análisis en el control del Tiempo y del Costo, es que nos permite determinar las causas de variación, la magnitud de la variación y, de ésta manera, decidir si dicha variación requiere acciones correctivas [ANSI/PMI 99-001-2004 PMBOK Guide].

Este análisis se realizó para el tiempo y el costo. Además también se usaron las medidas de desempeño obtenidas en las Actividades de Planificación y Realización para responder a las siguientes preguntas:

¿Cuánto tiempo y esfuerzo se ha ganado o perdido en el desarrollo del Proyecto? (**PETC**).

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

¿Cuánto costo se ha ganado o perdido en el desarrollo del Proyecto? (PCC).

Por lo tanto, el Análisis de Valor Ganado requirió de los siguientes valores claves para cada actividad planeada en un WBS:

- El valor ganado en Tiempo (PVT)
- El valor ganado planeado en Costo (PV)
- El valor ganado acumulado en Tiempo (PVTAcum)
- El valor ganado acumulado en Costo (PVAcum).

Estos datos fueron calculados en las actividades de Planificación.

Además, del Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software recopilamos los valores de Tiempo Real (T) y Costo Real (C) por actividad. También de las actividades de Planificación obtuvimos el valor ganado acumulado al terminar el proyecto en Tiempo (TAC) y en costo (BAC).

Finalmente, de las actividades de Realización obtuvimos el valor ganado en tiempo (EVT), el valor ganado en costo (EV), el valor ganado acumulado en Tiempo (EVTAcum) y el valor ganado acumulado en Costo (EVAcum).

Con estos datos podemos llenar la Tablas 4.4 para el tiempo y la Tabla 4.5 para el costo respectivamente.

CAPÍTULO 4. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

Tiempo							
Actividad	Tiempo Planeado	Tiempo Real	Tiempo Real Acumulado	PVT	PVTAcum	EVT	EVTAcum
Actividad 1	TActP	T	TAcum= Sum(T)	$PVT = T_{ActP} \times 100 / TTP$	PVAcum= SumA(PVT)	PVT	EVAcum= SumA(EVT)
Actividad 2	TActP	T	TAcum= Sum(T)	$PVT = T_{ActP} \times 100 / TTP$	PVAcum= SumA(PVT)	PVT	EVAcum= SumA(EVT)
Actividad 3	TActP	T	TAcum= Sum(T)	$PVT = T_{ActP} \times 100 / TTP$	PVAcum= SumA(PVT)	PVT	EVAcum= SumA(EVT)
:	:	:	:	:	:	:	:

Tabla 4.4. Tabla de Valor Ganado en Tiempo

Costo							
Actividad	Costo Planeado	Costo Real	Costo Real Acumulado	PV	PVAcum	EV	EVAcum
Actividad 1	Cacto	C	CAcum= SumA(CactP)	$PV = C_{ActP} \times 100 / CTP$	PVAcum= SumA(PV)	PV	EVAcum= SumA(EV)
Actividad 2	Cacto	C	CAcum= SumA(CactP)	$PV = C_{ActP} \times 100 / CTP$	PVAcum= SumA(PV)	PV	EVAcum= SumA(EV)
Actividad 3	Cacto	C	CAcum= SumA(CactP)	$PV = C_{ActP} \times 100 / CTP$	PVAcum= SumA(PV)	PV	EVAcum= SumA(EV)
:	:	:	:	:	:	:	:

Tabla 4.5. Tabla de Valor Ganado en Costo

Al graficar estos valores nos quedan la Figura 4.2 para el Tiempo y la Figura 4.3 para el Costo respectivamente.

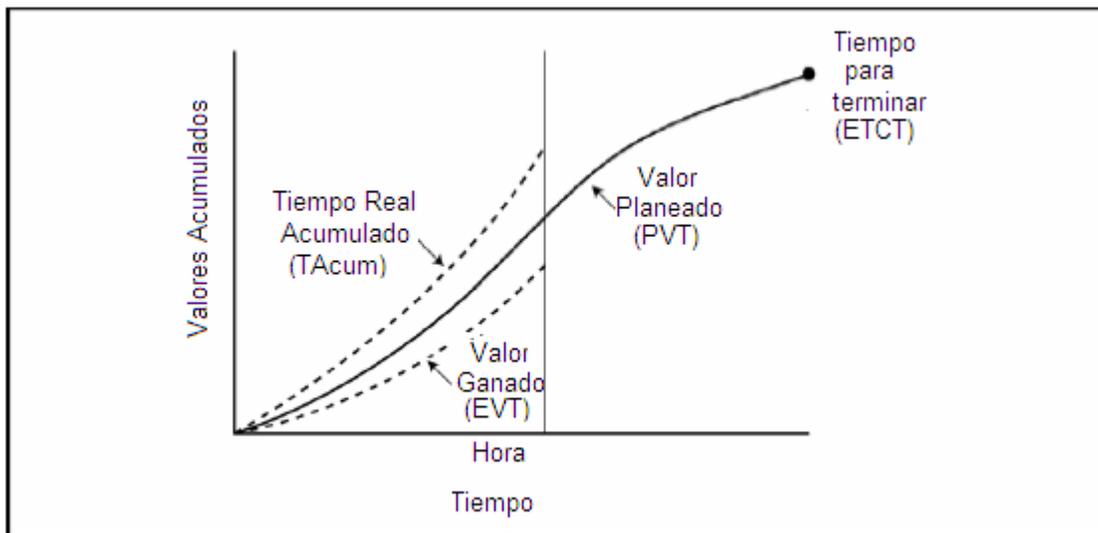


Figura 4.2. Valor Ganado en Tiempo

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

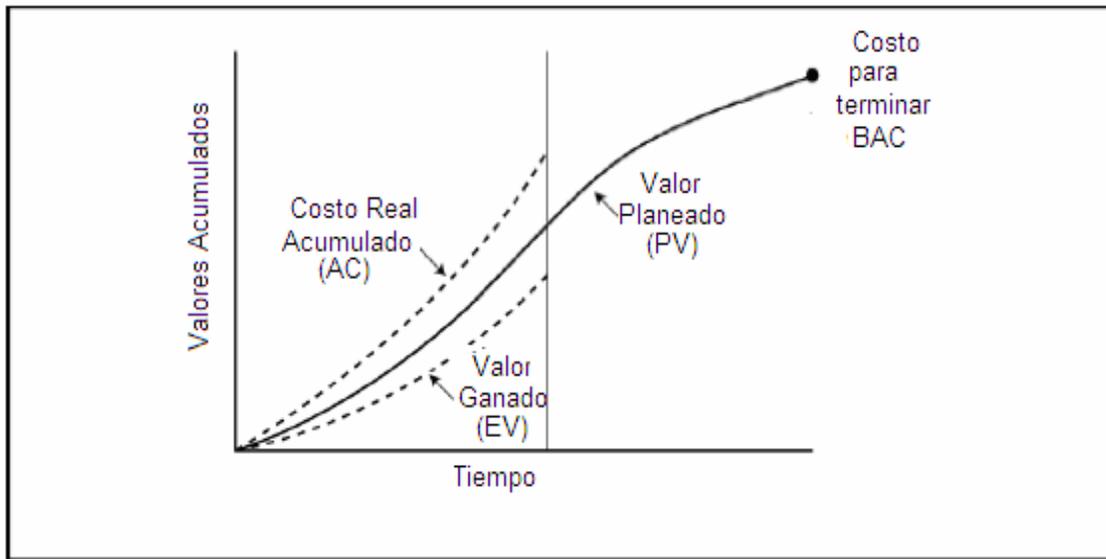


Figura 4.3. Valor Ganado en Costo

Una vez que hemos tabulado y graficado estos valores, podemos calcular:

- La variación del tiempo como $SVT = EVT - PVT$ y la variación de costo como $SV = EV - PV$.

Conforme se avance en el proyecto, el SVT y el SV deben ir tendiendo a cero ya que todos los valores planeados serán ganados. Si el SVT o el SV son negativos, significa que no se está cumpliendo con el valor ganado planeado, si el SVT o el SV son positivos significa que se sobrestimó el valor ganado planeado, pero si son iguales a cero significa que se estimó correctamente. La magnitud de SVT y de SV dará una idea de cuanto se desvió lo planeado de lo real.

- El índice de desempeño de costo (SPI) se calcula como la razón de EV/PV . También el índice de desempeño de calendario (SPIT) se calcula como la razón de EVT/PVT .

Si el SPIT o el SPI son iguales a uno, quiere decir que la estimación fue correcta. Por una parte, si el SPIT o el SPI son próximos a cero, significa que no

CAPÍTULO 4. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

se está cubriendo con el valor ganado planeado, lo cual puede representar un atraso en el proyecto. Por otra parte, si el SPT o el SPI son mayores a cero, puede significar que se subestimo el tiempo planeado.

- Se puede estimar el costo para completar el proyecto con la siguiente fórmula: $ETC=BAC-EVAcum$. También se estima el tiempo para completar el proyecto con la siguiente fórmula $ETCT=TAC-EVTAcum$

- Con el ETC y el ECTC calculados anteriormente, podemos estimar el costo total final anticipado con la siguiente fórmula: $EAC= CAcum+ETC$ y el tiempo total final anticipado con la siguiente fórmula: $EACT= TAcum+ETCT$.

El ETCT y el ETC son considerados como los valores ganados requeridos para terminar el proyecto.

4.2.3.3 Indicadores para el Aseguramiento de Calidad

En esta sección definimos los siguientes indicadores para el aseguramiento de calidad:

Diagramas de Barras de Defectos [ANSI/PMI 99-001-2004 PMBOK Guide], con éste indicador se comparan los defectos inyectados y los defectos removidos entre las fases de desarrollo. Al final de una fase, se suman todos los Defectos Inyectados por Fase (DinF) y los Defectos Removidos por Fase (DrF) recolectados en los *Reportes de Actividades* por producto y se comparan. Las fases que tengan igual proporción de defectos encontrados y corregidos, significan que en ellas se están haciendo eficientemente las correcciones.

Por otra parte, se calcula la eficacia en la eliminación de defectos (EDDi) con la siguiente fórmula:

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

$$EDDi = \frac{DFi}{(DFi + DFsig)}$$

Donde:

DFi, es el número de Defectos Removidos en la Fase "i" (DrF).

DFsig, es el número de Defectos Removidos en la Fase siguiente (DrF).

Se tiene que poner especial atención en que las fases de Requisitos y Análisis y Diseño tengan un EDD muy cercano a 0, lo que significaría que la eficacia en las correcciones es buena, ya que los costos por defectos no detectados en fases tempranas del desarrollo, son muy caros en fases posteriores. La representación gráfica de este indicador se muestra en la Figura 4.4

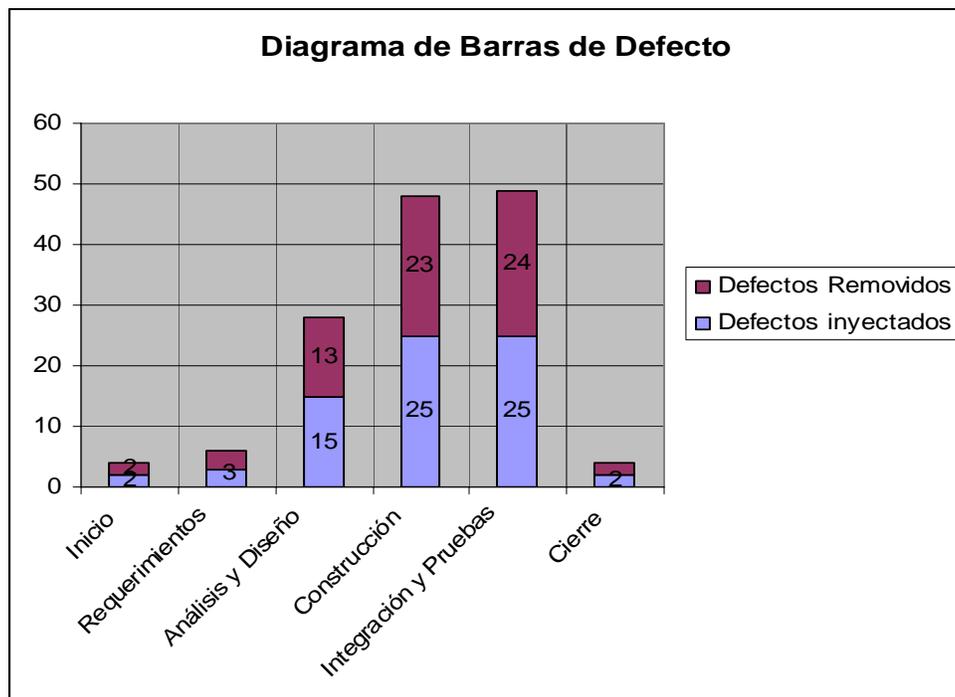


Figura 4.4. Diagrama de Barras de Defectos

Este indicador da respuesta a la siguiente pregunta: ¿Ha sido eficiente la detección de defectos? (PQC2).

CAPÍTULO 4. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

Diagramas de Pareto de Defectos [ANSI/PMI 99-001-2004 PMBOK Guide]. Ésta técnica se basa en un histograma de distribución de frecuencias, solo que en este caso se organizan los datos de mayor a menor frecuencia. Para nuestro análisis contabilizamos los defectos encontrados por fase y organizamos las fases de desarrollo por las que contienen mayor cantidad de defectos, a las que contienen menor cantidad de defectos. Su representación gráfica se muestra en la Figura 4.4

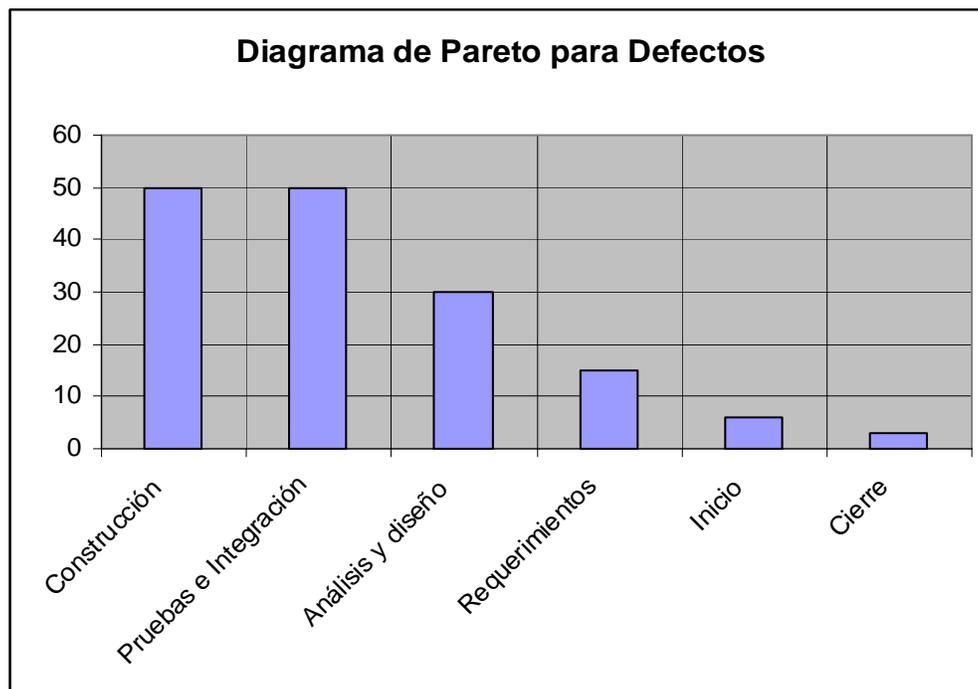


Figura 4.5. Diagrama de Barras de Defectos

Este indicador da respuesta a la siguiente pregunta: ¿Cuáles han sido las fases más defectuosas? (**PQC1**).

Carta de control de Densidad de Defectos. Se puede definir una carta de control [ANSI/PMI 99-001-2004 PMBOK Guide] como un método gráfico para evaluar si un proceso está o no en un estado de control estadístico, es decir cuando sólo actúan causas comunes o aleatorias, inherentes a cualquier proceso.

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

Las cartas de control, también conocidas como gráficas de control, son útiles para vigilar la variación de un proceso en el tiempo, estimar su capacidad, su diagnóstico y su corrección. Además, permiten comprobar la efectividad de las acciones de mejora emprendidas.

Las gráficas de control se deben utilizar en forma permanente para observar el comportamiento del proceso, aún cuando los resultados revelen que se trata de un proceso estable.

Las cartas de control se elaboran teniendo en cuenta los siguientes pasos:

1. Definir la característica de la calidad a evaluar: la variable deberá ser medible y expresable en números. Para nuestro indicador, consideramos la densidad de defectos (DD) de los productos.

2. Escoger el subgrupo racional: Un subgrupo racional, es aquel en el que la variación que se produce dentro del mismo grupo se debe a causas fortuitas; esa variación sirve para calcular los límites de control. Para nuestra carta de control, consideramos las densidades de defectos de los productos generados en una fase del Proceso de Desarrollo y Mantenimientos de Software.

3. Reunir los datos necesarios: La densidad de defectos es recompilada en las actividades de realización del Proceso de Administración de Proyectos Específicos. Además, ésta densidad de defectos se basa en los defectos registrados en el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software.

4. Representar gráficamente las cartas de control: Como se muestra en la Figura 4.6, la carta consiste en una línea central y dos pares de líneas límites espaciadas por encima y por debajo de la línea central, que se denominan límite de control superior y límite de control inferior. Estos límites se eligen de tal manera

CAPÍTULO 4. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

que los valores situados fuera, puedan interpretarse como una carencia de control. Cuando un punto sale de los límites de control, se le considera problemático.

Para nuestro indicador, una densidad de defectos cercana a uno quiere decir que el producto está demasiado defectuoso. Por otra parte, una densidad de defecto cercana a cero, significa que el producto casi no tuvo ninguna falla. De ésta manera, podemos establecer que los valores de DD de 1 y 0 son los límites superior e inferior respectivamente.

El valor de la línea central es el promedio de las densidades de defectos de todos los productos generados en una fase del Proceso de Desarrollo y Mantenimientos de Software.

Una vez identificados los valores de control mencionados arriba, se procede a graficar cada DD de los productos que se van generando a lo largo de una Fase de Desarrollo en función del tiempo.

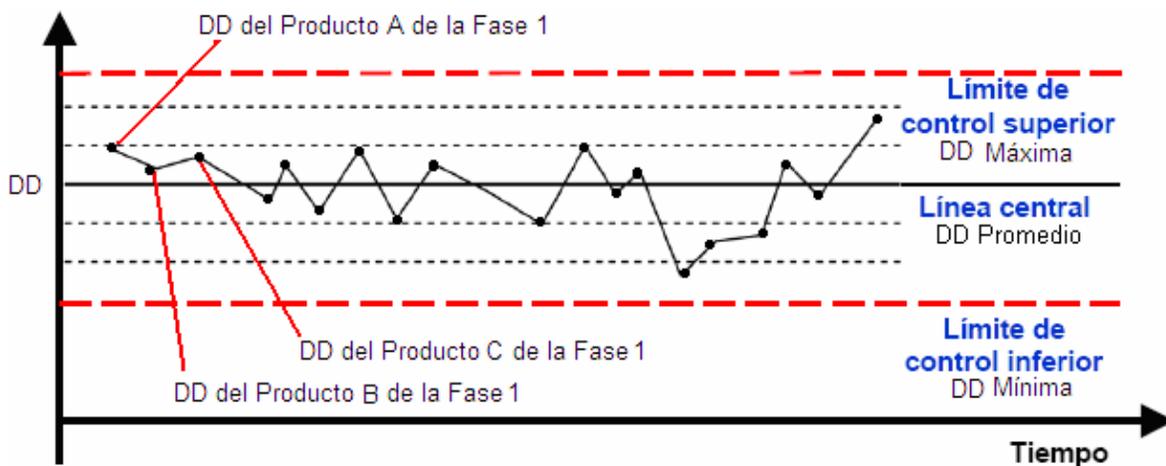


Figura 4.6. Carta de Control de Densidad de Defectos

5. Considerar y evaluar de los resultados obtenidos: las gráficas de control determinan si el proceso es “estable o bajo control” o si se encuentra “fuera de control”. Para nuestro análisis, los casos que salgan de la cota superior, significan que el producto es tan defectuoso que quizás se tenga que reelaborar. Los casos

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

en que se supere o se encuentren cerca la cota inferior, son considerados como sospechoso, ya que significarían que el producto tiene casi ninguna falla. Para éste último caso, se deben revisar cómo se están realizando actividades de verificaciones, validaciones y/o las pruebas, para saber si son realmente adecuadas y, si lo son, confirmar el valor DD muy bajo.

Finalmente este indicador de respuesta a las siguientes preguntas:

¿Cuál ha sido la cantidad de defectos encontrados en el desarrollo del Proyecto? (**PQA**).

¿Cuáles han sido las fases más defectuosas? (**PQC1**).

¿Ha sido eficiente la detección de defectos? (**PQC2**).

4.2.3.4 Diagramas de Gantt

El Diagrama de Gantt es un indicador de progreso y se planteó para dar respuesta a las siguientes preguntas:

¿Cuánto tiempo y esfuerzo se ha ganado o perdido en el desarrollo del Proyecto? (**PETC**)

¿Cuánto tiempo y esfuerzo real se está invirtiendo en realizar las actividades del Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de software? (**PETR**)

Por otra parte, este indicador se basa en un diagrama de precedencias [ANSI/PMI 99-001-2004 PMBOK Guide], como el que se muestra en al figura 4.7, que es un diagrama en el que las actividades, provenientes de un WBS, son representadas por rectángulos y sus precedencias por flechas. Sirve para visualizar que actividades se pueden realizar en paralelo, cuáles se pueden

CAPÍTULO 4. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

desfasar y finalmente, cuales son secuenciales. Con este diagrama, se puede identificar la ruta crítica del proyecto y realizar la asignación de fechas.

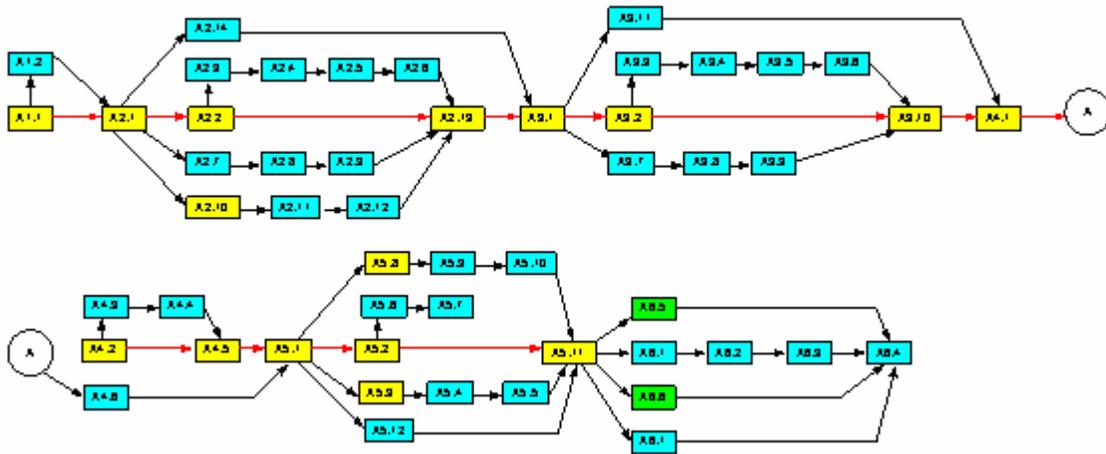


Figura 4.7. Diagrama de Precedencias del Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software

Una vez elaborado éste diagrama se procede a realizar el diagrama de Gantt, también conocido como cronograma [ANSI/PMI 99-001-2004 PMBOK Guide]. La figura 4.8 ilustra el formato de un cronograma, muestra una parte de la calendarización de un proyecto de software, resaltando las tareas para desarrollar cada producto. Todas las tareas del proyecto se citan en la columna de la izquierda. Las barras horizontales indican la duración de cada tarea. Cuando en el calendario se presentan al mismo tiempo múltiples barras, se implica la concurrencia de las tareas. Los diamantes indican los hitos y las flechas indican las precedencias.

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

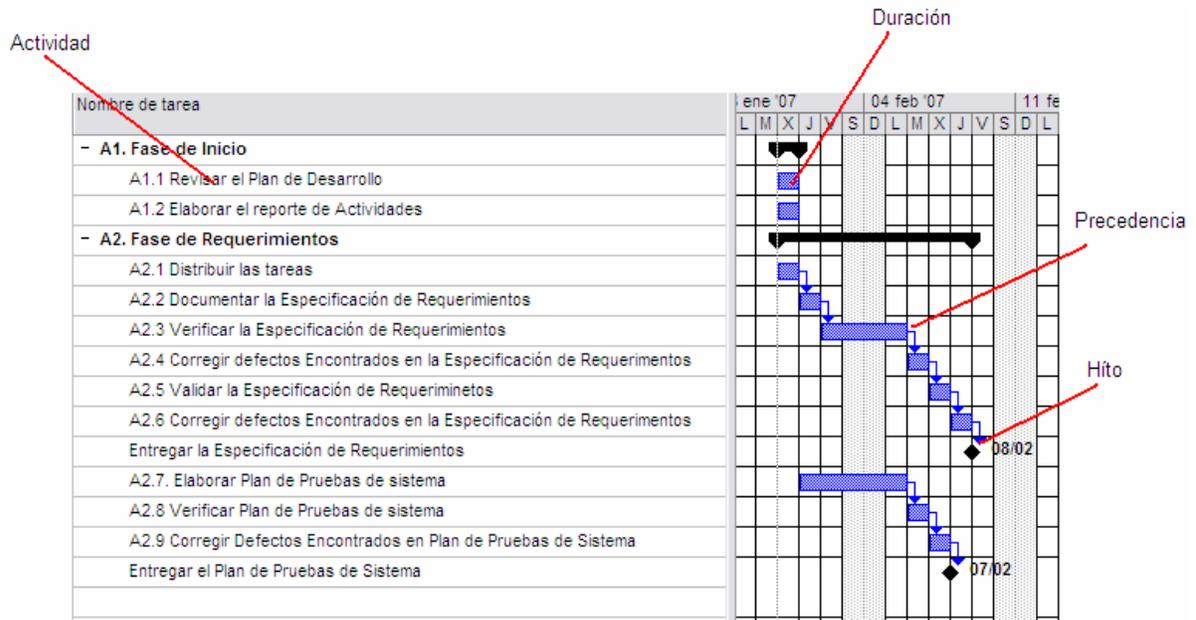


Figura 4.8 Diagrama de Gantt

4.2.3.5 Indicadores de Riesgo

Éste indicador es de análisis y da repuesta a las siguientes preguntas:

¿Cuántos riesgos han ocurrido en el desarrollo de Proyecto y cuál ha sido su impacto? (**PRR**).

¿Se han encontrado nuevos riesgos? (**PRP**).

¿Cuál es el impacto y la probabilidad de ocurrencia de los riesgos en transcurso del desarrollo del Proyecto? (**PRC**).

El análisis de riesgos comienza con la identificación de riesgos, clasificándolos con base en un WBS de riesgos como el que se muestra en la Figura 4.9

CAPÍTULO 4. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS



Figura 4.9. Ejemplo de un WBS de riesgos

Como ya se había mencionado en las actividades de Planificación y Realización, una vez identificados los riesgos, por cada tipo se establece una escala nominal de su impacto (ImRI) y de su probabilidad de ocurrencia (PRI). Al multiplicar vectorialmente esos valores nominales se genera la Matriz de Probabilidad e Impacto (Mris) que se muestra en la figura 4.10.

Matriz de Probabilidad e Impacto										
	Amenaza					Oportunidad				
0.90	0.05	0.09	0.18	0.36	0.72	0.72	0.36	0.18	0.09	0.05
0.70	0.04	0.07	0.14	0.28	0.56	0.56	0.28	0.14	0.07	0.04
0.50	0.03	0.05	0.10	0.20	0.40	0.40	0.20	0.10	0.05	0.03
0.30	0.02	0.03	0.06	0.12	0.24	0.24	0.12	0.06	0.03	0.02
0.10	0.01	0.01	0.02	0.04	0.08	0.08	0.04	0.02	0.01	0.01
PI	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80	0.80	0.40	0.20	0.10	0.05
	Alto Riesgo									
	Riesgo Moderado									
	Bajo Riesgo									

Figura 4.10. Matriz de Probabilidad e Impacto

Como se puede observar en la Figura 4.10, existen tanto amenazas como oportunidades que pueden ocurrir en el transcurso del proyecto. Un posible suceso que llegara a ocurrir teniendo un impacto desfavorable para el proyecto, es considerado como una amenaza, pero si dicho suceso tiene un impacto favorable, se le considera una oportunidad.

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

Cada riesgo identificado se escribe en una Tabla de Riesgo (Tabla 4.6), posteriormente se le asigna un impacto y una probabilidad, de acuerdo con las respectivas escalas nominales. Se multiplica el impacto por la probabilidad y se investiga en la Matriz de Riesgos, la zona en la que se ubica dicho riesgo, el cual puede recibir un valor cualitativo (AC) de Riesgo Moderado (Amarillo), Bajo Riesgo (Verde) o Alto Riesgo (Rojo).

Tipo de Riesgo	Riesgo	Probabilidad	Impacto	ProbabilidadxImpacto	Análisis Cualitativo (AC)
Riesgo del WBS de Riesgos	Nombre del Riesgo 1	PR _i	ImR _i	R=(PR _i xImR _i)	[Rojo, Amarillo, Verde]
Riesgo del WBS de Riesgos	Nombre del Riesgo 2	PR _i	ImR _i	R=(PR _i xImR _i)	[Rojo, Amarillo, Verde]
Riesgo del WBS de Riesgos	Nombre del Riesgo 3	PR _i	ImR _i	R=(PR _i xImR _i)	[Rojo, Amarillo, Verde]
:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:

Tabla 4.6 Tabla de Riesgos

Se debe poner especial atención en los riesgos moderados con una probabilidad media de ocurrencia, así como también los que son de bajo riesgo con una probabilidad alta de ocurrencia.

Finalmente, para las actividades y los productos propios del Proceso de Administración de Proyectos, definimos exactamente las mismas medidas base y derivadas del Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software. Por lo tanto las preguntas quedaron definidas de la misma forma. A continuación mostramos dichas preguntas y las medidas que las responden:

¿Cuánto tiempo y esfuerzo se invirtió realizar las actividades de una fase del Proceso de Administración de Proyectos Específicos? (**PET**)

Para responder dicha pregunta, definimos los atributos de tiempo y el esfuerzo de la entidad Proceso, para los cuales se definieron las medida de Tiempo (T) y Esfuerzo (E).

CAPÍTULO 4. INCORPORACIÓN DE MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

La siguiente pregunta se enfoca en el tiempo y el esfuerzo para elaborar un producto, la cual se muestra a continuación: ¿Cuál es el tiempo y el esfuerzo total para elaborar, modificar, verificar y/o validar y corregir cada producto de una fase del Proceso de Administración de Proyectos Específicos? (**PETB**).

Los atributos del Producto de tiempo y esfuerzo, se miden por el Tiempo (TB) y el Esfuerzo (EB) base. Las cuales responden a la pregunta antes escrita.

Para el tamaño del producto definimos la siguiente pregunta: ¿Qué tan grandes son los productos de una fase del Proceso de Administración de Proyectos Específicos, después de corregir los defectos encontrados en las verificaciones y/o validaciones?

La pregunta arriba mencionada se contesta con la siguiente medida: número de páginas como tamaño de documento (TAMdoc).

Finalmente definimos la última pregunta relacionada con los defectos encontrados en los productos del Proceso de Administración de Proyectos Específicos: ¿Cuál ha sido la cantidad de defectos encontrados en el desarrollo del Proyecto? La cual queda respondida al contar los defectos (D) para los productos desarrollados en éste proceso.

Para concluir con este capítulo solo resta mostrar la Tabla 4.7, que resume las medidas derivadas y los indicadores para las actividades de Evaluación y Control.

Qué mide		Cómo lo mide		Preguntas que responden
Entidad	Atributo	Clave Medida	Descripción	
Medidas asociadas al tiempo y esfuerzo				
Proyecto	Tiempo	VTT	Variación del Tiempo Total del Proyecto	PETC
		TTR	Tiempo Total Real del Proyecto	PETR
		DBF	Diagrama de Gantt	PETC
	Desempeño	SPIT	Índice de Desempeño del Tiempo	PETC
		ETCT	Valor Ganado requerido para terminar el Proyecto	

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

		EACT	Tiempo Total Final en que se desarrollará el Proyecto	
		SVT	Variación del Desempeño del Tiempo	
	Esfuerzo	VET	Variación del Esfuerzo Total del Proyecto	PETC
		ETR	Esfuerzo Total Real del proyecto	PETR
Producto	Tiempo	VTB	Variación del Tiempo Base por Producto	PETC
	Esfuerzo	VEB	Variación del Esfuerzo Base por Producto	
Proceso	Tiempo	VTF	Variación del Tiempo por Fase	
	Esfuerzo	VEF	Variación del Esfuerzo por Fase	
Medidas asociadas al aseguramiento de calidad				
Proyecto	Calidad	DBD	Diagrama de Barras de Defectos	PQA, PQC1, PQC2
		DPD	Diagramas de Pareto	
Producto		CCDD	Carta de Control de Densidad de Defectos	
Proceso		EDD	Eficacia en la Eliminación de Defectos	
Medidas asociadas al costo				
Proyecto	Costo	VCT	Variación de Costo Total del Proyecto	PCC
		CTR	Costo Total Real del Proyecto	PCR
	Desempeño	SPI	Índice de Desempeño del Costo	PCC
		ETC	Valor Ganado requerido para terminar el Proyecto	
		EAC	Costo Total Final en que se desarrollará el Proyecto	
		SV	Variación del Desempeño del Costo	
Producto	Costo	VCProd	Variación del Costo por Producto	
Proceso		VCF	Variación del Costo por Fase	
Medidas asociadas a los riesgos				
Proyecto	Riesgos	AC	Análisis Cualitativo	PRP, PCR2, PCR3

Tabla 4.7 Resumen de medidas para las actividades de Evolución y Control

Todas las medidas derivadas e indicadores mostrados en la Tabla 4.7 serán los datos de entrada para el Proceso de Gestión de Proyectos del Modelo de Procesos MoProSoft.

Ahora que ya hemos definido todas las medidas de los dos procesos de la categoría de Operación de MoProSoft, podemos definir de manera más precisa cuál fue nuestro modelo de información de medición, dar un ejemplo de cómo implementamos la plantilla de indicadores de la metodología GQ(I)M y dejar definido nuestro proceso de medición. Todo eso se verá en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 5

DEFINICIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE MEDIDAS PARA EL MODELO DE PROCESOS MoProSoft

5.1 El Modelo de Información de Medición para el Modelo de Procesos MoProSoft.

A manera de resumen, vamos a definir nuestro Modelo de Información de Medición. Como ya habíamos mencionado en el Capítulo 2 de este trabajo, el Modelo de Información de Medición es un modelo que une las necesidades de información, con los atributos relevantes de las entidades seleccionadas dependiendo de los objetivos estratégicos de la organización.

Nosotros ya habíamos dicho que las entidades a ser medidas son el *Proceso*, el *Proyecto* y el *Producto*. Por lo tanto, los atributos seleccionados de dichas entidades se muestran en la Tabla 5.1.

Entidad	Atributos							
	Tiempo	Esfuerzo	Tamaño	Costo	Defectos	Desempeño	Riesgos	Productividad
Proceso	X	X		X	X			
Proyecto	X	X	X	X	X	X	X	
Producto	X	X	X	X	X			X

Tabla 5.1. Entidades y Atributos Medidos

El Modelo de Información de Medición nos dice que debemos aplicar un método de medición, con el fin de obtener medidas bases de los atributos seleccionados. Las medidas base seleccionadas se muestran en la Tabla 5.2.

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

Entidad	Atributo	Medidas Base
Proceso	Tiempo	Tiempo por Actividad Real(T)
	Esfuerzo	Esfuerzo por Actividad Real (E)
Producto	Tamaño	Tamaño de Documentos TAMDoc
	Defectos	Defectos (D)
		Defectos Inyectados (Din)
		Defectos Removidos (Dr)
		Defectos en Pruebas Unitarias (DSw)
		Defectos en Pruebas de Integración (Di)
		Defectos en Pruebas de Sistema (Ds)
Proyecto	Riesgo	Probabilidad de ocurrencia (PRi)
		Impacto (ImRi)

Tabla 5.2 Medidas Base

En la Tabla 5.2 se debe aclarar que para el Proyecto, se empiezan a considerar las escalas nominales de probabilidad de ocurrencia e Impacto. También debemos destacar que las medidas base son principalmente de Tiempo, Esfuerzo y Defectos.

A partir de estas medidas base, aplicando una función de medición, se generaron las medidas derivadas, las cuales miden nuevas entidades y atributos. En la Tabla 5.3 se muestran las medidas base y derivadas para la entidad Proceso, la Tabla 5.3 muestra las medidas para la entidad Producto y la Tabla 5.4 para la entidad Proyecto.

ENTIDAD PROCESO			
Atributo	Medidas Base	Referencias	Medidas Derivadas
Tiempo	Tiempo por Actividad Real (T)		Tiempo por Actividad Planeado (TActP)
		TAcP	Tiempo por Fase Planeado (TFP)
		T	Tiempo por Fase Real (TFR)
Esfuerzo	Esfuerzo por Actividad Real (E)		Esfuerzo por Actividad Planeado (EActP)
		EAcP	Esfuerzo por Fase Planeado (EFP)
		E	Esfuerzo por Fase Real (EFR)
Costo		EActP	Costo por Actividad Planeado (CActP)
		CActP	Costo por Fase Planeado (CFP)
		E	Costo por Actividad Real (CActR)
		CActR	Costo por Fase Real (CFR)
Defectos		D	Defectos por Fase (DF)
		Din	Defectos Inyectados por Fase (DinF)
		Dr	Defectos Removidos por Fase (DrF)

Tabla 5.3 Medidas Base y Derivadas para la entidad Proceso

CAPÍTULO 5. DEFINICIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE MEDIDAS PARA EL MODELO DE PROCESOS MoProSoft

De la tabla 5.3, debemos especificar que la columna de Referencia muestra la medidas base y/o derivadas para construir las medidas Derivadas.

Como ya se había mencionado en los Capítulos 3 y 4 de éste trabajo, las medidas de Tiempo (T) y Esfuerzo (E) sirven para generar las medidas de Tiempo por Fase Real (TFR) y Esfuerzo por Fase Real (EFR) . Además, aplicando la técnica de los tres puntos para la estimación, se generaron las siguientes medidas derivadas: Tiempo por Actividad Planeado (TActP) y Esfuerzo por Actividad Planeado (EActP). A partir de estas últimas medidas, haciendo una estimación de abajo hacia arriba, se calcularon las medidas derivadas de Tiempo por Fase Planeado (TFP) y Esfuerzo por Fase Planeado (EFP).

Tomando las medidas base de producto para Defectos (D), Defectos Inyectados (Din) y Defectos Removidos (Dr), se calcularon las siguientes medidas derivadas: Defectos por Fase (DF), Defectos Inyectados por Fase (DinF) y Defectos Removidos por Fase (DrF).

Para concluir con las medidas derivadas de la entidad Proceso, calculamos el costo a partir del esfuerzo y la tasa salarial (K), de la que se habló anteriormente, dando como resultado las siguientes medidas derivadas: Costo por Actividad Planeado (CActP), Costo por Actividad Real (CActR). Haciendo también una estimación de abajo hacia arriba, obtenemos el Costo por Fase Planeado (CFP) y el Costo por Fase Real (CFR).

A continuación, la Tabla 5.4 resume las medidas derivadas para la entidad Producto.

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

ENTIDAD PRODUCTO			
Atributo	Medidas Base	Referencias	Medidas Derivadas
Tiempo		T	Tiempo Base (TB)
		T	Tiempo Base Software (TBSw)
		T	Tiempo Base Sistema (TBS)
		TActP	Tiempo Base Planeado (TBP)
Esfuerzo		E	Esfuerzo Base (EB)
		E	Esfuerzo Base Software (EBSw)
		E	Esfuerzo Base Sistema (EBS)
		EActP o TAME.P	Esfuerzo Base Planeado (EBP)
Tamaño	Tamaño Documentos (TAMDoc)		Tamaño en Líneas de Código (TAMloc)
			Tamaño en Puntos de Función (TAMfp)
			Tamaño Esperado (TAME)
Defectos	Defectos (D)	D, TAMDoc o TAMloc o TAMfp	Densidad de Defectos (DD)
	Defectos Inyectados (Din)		
	Defectos Removidos (Dr)		
	Defectos en Pruebas Unitarias (DSw)		
	Defectos en Pruebas de Integración (Di)		
	Defectos en Pruebas de Sistema (Ds)		
Costo		CActP ó TAME, P	Costo por Producto Planeado (CProdP)
		EB	Costo por Producto Real (CProdR)
Productividad		EB, TAMDoc o TAMloc o TAMfp	Productividad Histórica (P)

Tabla 5.4 Medidas Base y Derivadas para la entidad Producto

Las medidas derivadas de Tiempos Base (TB, TBSw, TBS) y de Esfuerzos Base (EB, EBSw, EBS), se obtienen de las medidas base para el Proceso de Tiempo por Actividad Real (T), Esfuerzo por Actividad Real (E) y Fecha por Actividad Real (F), respectivamente. Únicamente se consideraron los tiempos, esfuerzos y fechas de las actividades que se involucran en la generación de los productos.

De manera análoga, las medidas de Tiempo Base Planeado (TBP) y Esfuerzo Base Planeado (EBP), se derivan de las medidas de Tiempo por Actividad Planeado (TActP) y Esfuerzo por Actividad Planeado (EActP).

Para el atributo de tamaño, se consideraron las medidas derivadas de Tamaño en Puntos de Función (TAMfp), en líneas de código (TAMloc) y en número de páginas para los documentos (TAMDoc), ésta última medida es base.

CAPÍTULO 5. DEFINICIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE MEDIDAS PARA EL MODELO DE PROCESOS MoProSoft

Por otra parte, los Costos por Producto Planeados (CProdP), fueron calculados a partir de los Costos por Actividad Planeados (CActP) de la entidad Proceso o con las medidas de Tamaño Esperado (TAME) y Productividad Histórica (P) de la entidad Producto. También se calcularon los Costos por Producto Real (CProdR) considerando los Esfuerzos Base Reales (EB, EBSw¹ y EBS²) para elaborarlos. A partir de los tamaños reales (TAMfp, TAMloc y TAMdoc) y los esfuerzos Base Reales (EB, EBSw y EBS), se calcula la Productividad Histórica (P).

Para concluir con las medidas derivadas, la Tabla 5.5 muestra las medidas para la entidad Proyecto.

ENTIDAD PROYECTO			
Atributo	Medidas Base	Referencias	Medidas Derivadas
Tiempo		TFP	Tiempo Total Planeado (TTP)
		TFR	Tiempo Total Real (TTR)
Esfuerzo		EFP	Esfuerzo Total Planeado (ETP)
		EFR	Esfuerzo Total Real (ETR)
Fecha		FFP	Fecha Total Planeada (FTP)
		FFR	Fecha Total Real (FTR)
Riesgo	Probabilidad de ocurrencia (PRi)	PRi, ImRi	Riesgo (R)
	Impacto (ImRi)	ImRi	Contingencia (ImpCon)
		Mris	Matriz de Riesgos
Desempeño			Valor Ganado en Tiempo Planeado (PVT)
		PVT	Valor Ganado en Tiempo Planeado Acumulado (PVTAcum)
		PVTAcum	Valor Ganado Acumulado en Tiempo al terminar el proyecto (TAC)
			Valor Ganado en Costo Planeado (PV)
		PV	Valor Ganado en Costo Planeado Acumulado (PVAcum)
		PVAcum	Valor Ganado Acumulado en Costo al terminar el proyecto (BAC)
			Valor Ganado en Tiempo (EVT)
		EVT	Valor Ganado en Tiempo Acumulado (EVTAcum)
			Valor Ganado en Costo (EV)
		EV	Valor Ganado en Costo (EVAcum)
Costo		CFP	Costo Total Planeado (CTP)
		CFR	Costo Total Real (CTR)

Tabla 5.5 Medidas Base y Derivadas para la entidad Proyecto

¹ EBSw, es el Esfuerzo Base para elaborar los componentes de Software

² EBS, es el Esfuerzo Base para elaborar el Sistema

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

Con las medidas de Tiempo y Esfuerzo Planeados y Reales, haciendo una estimación de abajo hacia arriba, obtenemos las medias derivadas para la entidad Proyecto de: Tiempo Total Planeado (TTP), Tiempo Total Real (TTR), Esfuerzo Total Planeado (ETP) y Esfuerzo Total Real (ETR).

Considerando las medidas base de Probabilidad de Ocurrencia de Riesgos (PRi) e Impacto de Riesgos (ImRi), se calcula la medida derivada de Riesgo (R) y la Matriz de Riesgos (Mris). Con la medida de Impacto de Riesgos (ImRi) se obtiene la Contingencia (ImpCon).

Por otra parte, todas las medidas de desempeño se calculan para poder realizar el Análisis de Valor Ganado tanto en Costo, como en Tiempo.

Finalmente, con las medidas derivadas de Costo por Fase Planeado y Real, de la entidad proceso se calcula el Costo Total Planeado (CTP) y el Costo Total Real (CTR), respectivamente.

Continuando con nuestro Modelo de Información de Medición, tenemos que construir los indicadores con dichas medidas base y derivadas. Esto se resume en la Tabla 5.6 para la entidad Proceso.

CAPÍTULO 5. DEFINICIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE MEDIDAS PARA EL MODELO DE PROCESOS MoProSoft

ENTIDAD PROCESO							
Atributo	Medidas Base	Referencias	Medidas Derivadas	Referencias	Indicadores	Preguntas	Objetivos
Tiempo	Tiempo por Actividad Real (T)		Tiempo por Actividad Planeado (TActP)	TFP, TFR	Análisis de Variación en Tiempo por Fase (VTF)	PETC	O1.1, O3.1
		TAcP	Tiempo por Fase Planeado (TFP)				
		T	Tiempo por Fase Real (TFR)				
Esfuerzo	Esfuerzo por Actividad Real (E)		Esfuerzo por Actividad Planeado (EActP)	EFP, EFR	Análisis de Variación en Esfuerzo por Fase (VEF)	PETC	O1.1, O3.1
		EAcP	Esfuerzo por Fase Planeado (EFP)				
		E	Esfuerzo por Fase Real (EFR)				
Costo		EActP	Costo por Actividad Planeado (CActP)	CFP, CFR	Análisis de Variación en Costo por Fase (VCF)	PCC	O1.2, O3.1
		CActP	Costo por Fase Planeado (CFP)				
		E	Costo por Actividad Real (CActR)				
		CActR	Costo por Fase Real (CFR)				
Defectos		D	Defectos por Fase (DF)	DF	Eficacia en la Eliminación de Defectos (EDD)	PQA, PQC1, PQC2	O1.4
		Din	Defectos Inyectados por Fase (DinF)				
		Dr	Defectos Removidos por Fase (DrF)				

Tabla 5.6 Medidas Base, Derivadas e Indicadores para la entidad Proceso

Como se puede observar en la Tabla 5.5 los Indicadores de Análisis de Variación para el Tiempo (VTF) y el Esfuerzo (VEF) se realizan tomando las medidas de Tiempo y Esfuerzo por Fase planeados y reales. De manera idéntica, se realiza el Análisis de Variación de Costos por Fase (VCF), a partir de las medidas derivadas de Costo por Fase Real (CFR) y Planeado (CFP).

Para terminar con éstos indicadores de Proceso, el indicador de Eficacia en Eliminación de Defectos (EDD) se construye de las medidas derivadas de Defectos por Fase (DF).

La Tabla 5.7, abajo mostrada, resume los indicadores para la entidad Producto.

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

ENTIDAD PRODUCTO							
Atributo	Medidas Base	Referencias	Medidas Derivadas	Referencias	Indicadores	Preguntas	Objetivos
Tiempo		T	Tiempo Base (TB)	TBP, TB, TBS, TBSw	Análisis de Variación en Tiempo Base (VTB)	PETC	O1.1, O3.1
		T	Tiempo Base Software (TBSw)				
		T	Tiempo Base Sistema (TBS)				
		TActP	Tiempo Base Planeado (TBP)				
Esfuerzo		E	Esfuerzo Base (EB)	EBP, EB, EBS, EBSw	Análisis de Variación en Esfuerzo Base (VEB)	PETC	O1.1, O3.1
		E	Esfuerzo Base Software (EBSw)				
		E	Esfuerzo Base Sistema (EBS)				
		EActP o TAME P	Esfuerzo Base Planeado (EBP)				
Tamaño	Tamaño Documentos (TAMDoc)		Tamaño en Líneas de Código (TAMloc)				
			Tamaño en Puntos de Función (TAMfp)				
			Tamaño Esperado (TAME)				
Defectos	Defectos (D)	D, TAMDoc o TAMloc o TAMfp	Densidad de Defectos (DD)	DD	Carta de Control de Densidad de Defectos (CCDD)	PQA, PQC1, PQC2	O1.4
	Defectos Inyectados (Din)						
	Defectos Removidos (Dr)						
	Defectos en Pruebas Unitarias (DSw)						
	Defectos en Pruebas de Integración (Di)						
	Defectos en Pruebas de Sistema (Ds)						
Costo		CActP ó TAME, P	Costo por Producto Planeado (CProdP)	CProdP, CProdR	Análisis de Variación del Costo por Producto (VCPProd)	PCC	O1.2, O3.1
		EB	Costo por Producto Real (CProdR)				
Productividad		EB, TAMDoc o TAMloc o TAMfp	Productividad Histórica (P)				

Tabla 5.7 Medidas Base, Derivadas e Indicadores para la entidad Producto

Aquí también se hace un Análisis de Variación, como se hizo para la entidad Proceso, sólo que en éste caso se realizaron los Análisis de Variación de Tiempo (VTB) y Esfuerzo (VEB) Base para cada producto generado, a partir de las medidas derivadas de Tiempo y Esfuerzo tanto planeados como reales. También se realizó el Análisis de Variación de Costo Base (VCPProd) por producto, en función de las medidas derivadas de Costo por Producto Planeado (CProdP) y el Costo por Producto Real (CProdR).

Finalmente, se construyó el indicador de Carta de Control de Densidad de Defectos (CCDD), al tomar las Densidades de Defectos (DD) por producto.

CAPÍTULO 5. DEFINICIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE MEDIDAS PARA EL MODELO DE PROCESOS MoProSoft

Continuando con la propuesta de indicadores, la Tabla 5.8 resume los indicadores para la entidad Proyecto.

En la Tabla 5.8 también se muestra el Análisis de Variación, como se hizo en las entidades previas, sólo que, para ésta entidad, se realizó a nivel de proyecto. Por lo tanto, los indicadores definidos fueron los siguientes: Análisis de Variación de Tiempo Total (VTT) y de Esfuerzo Total (VET). Estos indicadores fueron calculados considerando las medidas de Tiempo y Esfuerzo Totales tanto reales como planeados. También se realizó un Análisis de Variación de Costo Total (VCT), con las medidas derivadas de Costo Total real (CTR) y planeado (CTP).

Para los indicadores de Diagramas de Barras de Defectos (DBD) y Diagramas de Pareto (DPD), se utilizaron las medidas derivadas de Defectos Inyectados por Fase (DinF) y Defectos Removidos por Fase (DrF), para el primer diagrama. Para el Diagrama de Pareto (DPD) se consideraron los Defectos por Fase (DF).

Por otra parte, con todas las mediciones de Tiempo (T, TActP, TFR, TFP, TTR, TTP), se realizó el indicador de Diagrama de Gantt.

Tomando las medidas derivadas de Riesgo (R) y la Matriz de Riesgos (Mris) se pudo hacer un Análisis Cualitativo de Riesgos (AC).

Para finalizar con los indicadores, solo resta mencionar que se realizó un Análisis de Valor Ganado, tanto en Tiempo como en Costo, considerando las respectivas medidas base y derivadas.

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

ENTIDAD PROYECTO							
Atributo	Medidas Base	Referencias	Medidas Derivadas	Referencias	Indicadores	Preguntas	Objetivos
Tiempo		TFP	Tiempo Total Planeado (TTP)	TTP, TTR	Análisis de Variación de Tiempo Total (VTT)	PETC	O1.1, O3.1
		TFR	Tiempo Total Real (TTR)				
				Todas las medidas de tiempo	Diagrama de Gantt (DBF)		
Esfuerzo		EFP	Esfuerzo Total Planeado (ETP)	ETP, ETR	Análisis de Variación de Esfuerzo Total (VET)	PETC	O1.1, O3.1
		EFR	Esfuerzo Total Real (ETR)				
Riesgo	Probabilidad de ocurrencia (PRi)	PRi, ImRi	Riesgo (R)	R, Mris	Análisis Cualitativo de Riesgos (AC)	PRC	O1.3, O3.2
	Impacto (ImRi)	ImRi	Contingencia (ImpCon)				
		Mris	Matriz de Riesgos				
Desempeño			Valor Ganado en Tiempo Planeado (PVT)	PVT, EVT	Índice de Desempeño del Tiempo (SPIT)	PETC	O1.1, O3.1
		PVT	Valor Ganado en Tiempo Planeado Acumulado (PVTAcum)	TAC, EVTAcum	Valor Ganado en Tiempo Requerido para finalizar el proyecto (ETCT)		
		PVTAcum	Valor Ganado Acumulado en Tiempo al terminar el proyecto (TAC)	PVTAcum, ETCT	Tiempo Total Final en que se desarrollará el Proyecto (EACT)		
			Valor Ganado en Costo Planeado (PV)	EVT, PVT	Análisis Variación del Desempeño del Tiempo (SVT)	PCC	O1.2, O3.1
		PV	Valor Ganado en Costo Planeado Acumulado (PVAcum)	PV, EV	Índice de Desempeño del Costo (SPI)		
		PVAcum	Valor Ganado Acumulado en Costo al terminar el proyecto (BAC)	BAC, EVAcum	Valor Ganado en Costo Requerido para finalizar el proyecto (ETC)		
			Valor Ganado en Tiempo (EVT)	PVAcum, ETC	Costo Total Final en que se desarrollará el Proyecto (EAC)		
		EVT	Valor Ganado en Tiempo Acumulado (EVTAcum)	EV, PV	Análisis Variación del Desempeño del Costo (SV)		
			Valor Ganado en Costo (EV)				
		EV	Valor Ganado en Costo (EVAcum)				
Costo		CFP	Costo Total Planeado (CTP)	CTP, CTR	Análisis de Variación del Costo Total del Proyecto (VCT)	PCC	O1.2, O3.1
		CFR	Costo Total Real (CTR)				
Defectos				DinF, DrF	Diagrama de Barras de Defecto (DBD)	PQA, PQC1, PQC2	O1.4
				DF	Diagrama de Pareto (DPD)		

Tabla 5.8 Medidas Base, Derivadas e Indicadores para la entidad Proyecto

Una vez definidos los indicadores, el Modelo de Información de Medición nos dice que se deben interpretar para generar los productos de información que den respuesta a nuestras necesidades de información. Por lo tanto, con los indicadores propuestos, se intentaron resolver las preguntas descritas en la *Tabla 4.1 Preguntas*

CAPÍTULO 5. DEFINICIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE MEDIDAS PARA EL MODELO DE PROCESOS MoProSoft

para el Proceso de Administración de Proyectos Específicos del capítulo anterior. Adicionalmente, las medidas base resolvieron preguntas asociadas con la *Tabla 3.1 Preguntas para el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software* del Capítulo 3, esto con el fin de reafirmar la trazabilidad de las medidas de todos nuestro Modelo de Información de Medición.

5.2 Implementación de la Plantilla de Indicadores

Una vez definido el Modelo de Información de Medición para el Modelo de Procesos MoProSoft, podemos dar un ejemplo de cómo se implementó la Plantilla de Indicadores de la metodología GQ(I)M.

Lo primero que se registra en la plantilla, es el nombre del indicador, posteriormente definimos los objetivos y después las preguntas relacionadas a dichos objetivos. En nuestro ejemplo utilizamos el indicador de Análisis de Valor Ganado en Costo. Por lo tanto, los objetivos y las preguntas asociadas a estos objetivos, están enfocados en saber si se está cumpliendo con los objetivos en términos de costo del proyecto. Esto se muestra a continuación.

Nombre del indicador: **ANÁLISIS DE VALOR GANADO EN COSTO**

PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS	
OBJETIVO(S):	O1 Lograr los Objetivos del proyecto en tiempo y costo mediante la coordinación y el manejo de los recursos del mismo O3 Atender las Solicitudes de Cambio del cliente mediante la recepción y análisis de las mismas
SUBOBJETIVO(S):	O1.2 El costo del proyecto debe cumplir con los <i>Objetivos</i> del <i>Plan de Proyecto</i> . O3.1 Administra el tiempo, esfuerzo y costo del proyecto para atender y realizar las <i>Solicitudes de Cambio</i> por el Cliente

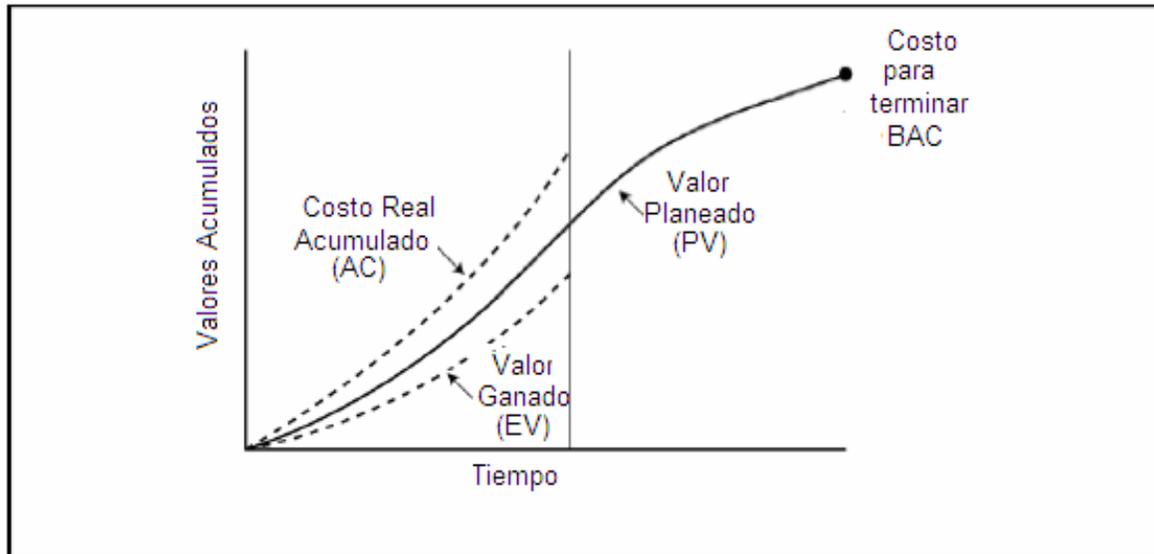
SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

PREGUNTAS ASOCIADAS A LOS OBJETIVOS

PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS		
Clave	Pregunta	Objetivos
Preguntas asociadas al costo		
PCR	¿Cuál ha sido el costo de desarrollo del Proyecto?	O1.2, O3.1
PCC	¿Cuánto costo se ha ganado o perdido en el desarrollo del Proyecto?	O1.2, O3.1

Posteriormente se da una representación gráfica del indicador y se dice desde qué perspectiva se debe analizar.

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



PERSPECTIVA: RAPE, RGP

Como se puede apreciar en lo anteriormente escrito, los puntos de vista del indicador son: el Responsable de la Administración de Proyectos Específicos (RAPE) y el Responsable de la Gestión de Proyectos (RGP).

Posteriormente, se definen las entradas, es decir las medidas base y derivadas que se utilizan para construir el indicador. Para nuestro ejemplo se tomó el Esfuerzo por Actividad Planeado (EActP), para poder calcular el Costo por Actividad

CAPÍTULO 5. DEFINICIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE MEDIDAS PARA EL MODELO DE PROCESOS MoProSoft

Planeado (CActP), al multiplicar dicho Esfuerzo por la tasa salarial (K), como se explicó en el Capítulo 4 de este trabajo.

Por otra parte, también se tomaron las siguientes medidas de desempeño del Proyecto: Valor Ganado en Costo Planeado (PV), Valor Ganado Acumulado en Costo Planeado (PVTAcum), Valor Ganado Acumulado al completar el Proyecto en Costo (BAC), el Costo por Actividad Real (CActR), el Valor Ganado en Costo (EV) y el Valor Ganado Acumulado en Costo (EVAcum). Todas éstas entradas se muestra a continuación.

ENTRADAS

Medidas del Proceso de Administración del Proyectos Específicos

Medidas de las Actividades de Planificación				
Qué mide		Cómo lo mide		Preguntas que responden
Entidad	Atributo	Clave medida	Descripción	
Medidas asociadas al tiempo y esfuerzo				
Proceso	Esfuerzo	EActP	Esfuerzo por Actividad Planeado	
Medidas asociadas al costo				
Proyecto	Desempeño	PV	Valor Ganado en Costo Planeado	PCC
		PVTAcum	Valor Ganado Acumulado en Costo Planeado	
		BAC	Valor Ganado Acumulado al completar el Proyecto en Costo	
Proceso	CActP	Costo por Actividad Planeado		

Medidas de las Actividades de Realización				
Qué mide		Cómo lo mide		Preguntas que responden
Entidad	Atributo	Clave Medida	Descripción	
Medidas asociadas al costo				
Proceso	Costo	CActR	Costo por Actividad Real	PCR
Proyecto	Desempeño	EV	Valor Ganado en Costo	PCC
		EVAcum	Valor Ganado en Costo Acumulado	

Como se puede observar, las entradas tienen una fuente, es decir, el proceso de donde se extrajeron, además cuentan con una clave de medida, una descripción,

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

que atributos de las entidades están midiendo y, finalmente, se dice qué preguntas se pretenden responder con dichas entradas.

Para una descripción detallada éstas las medidas, puede consultar el Apéndice B de éste trabajo.

En la Recolección de Datos, mostrada a continuación, se indica quién es el responsable de recolectar la medida, en la columna de Rol de la tabla abajo mostrada, también indica el cuándo, al definir la actividad en la que se toma dicha medida, se explica de qué manera tomarla y se especifica cuáles son las medidas tomadas por actividad.

RECOLECCIÓN DE DATOS

Rol	Descripción
A1. Planificación (O1)	
RAPE	A1.10 Evaluar y documentar el Costo Estimado del proyecto, tomando en cuenta las Metas Cuantitativas para el Proyecto. ACTIVIDADES DE MEDICIÓN: Entradas: Metas cuantitativas para el Proyecto. Recolección de Datos: Se consideran las metas cuantitativas y se calcula el Valor Ganado Planeado (PV), el Valor Ganado Planeado Acumulado (PVAcum) y se registran junto con el Costo por Actividad Planeado (CActP) en la Tabla de Valor Ganado. El CActP se registra también en el <i>Reporte de Seguimiento por Actividades</i> . Finalmente se estima BAC como el PVAcum al finalizar el proyecto. Salidas: Tabla de Valor Ganado con los valores planeados.
A2. Realización (O1, O2, O3)	
RAPE	A2.6 Recolectar y analizar los Reportes de Actividades, Reportes de Mediciones y Sugerencias de Mejora y productos de trabajo. ACTIVIDADES DE MEDICIÓN: Entradas: <i>Reportes de Actividades, Reportes de Medición y Sugerencias de Mejora.</i> Recolección de Datos: De las entradas se recolecta el Costo por Actividad Real (CActR) y se calcula el Costo Acumulado Real (CAcum). Posteriormente, para cada actividad terminada completamente del <i>Plan de Desarrollo</i> , se calcula el Valor Ganado (EV), posteriormente se calcula el valor Ganado Acumulado (EVAcum). Todas las medidas son registradas en la Tabla de Valor Ganado. Finalmente el Costo por Actividad Real (CActR) se registra en el <i>Reporte de Seguimiento por Actividades</i> Salidas: Tabla de Valor Ganado con los valores planeados

CAPÍTULO 5. DEFINICIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE MEDIDAS PARA EL MODELO DE PROCESOS MoProSoft

Rol	Descripción
A3. Evaluación y Control (O1)	
RAPE	<p>A3.1 Evaluar el cumplimiento del <i>Plan del Proyecto</i> y el <i>Plan de Desarrollo</i>, con respecto al alcance, costo, calendario, equipo de trabajo, proceso y se establecen <i>Acciones Correctivas</i>.</p> <hr/> <p>ACTIVIDADES DE MEDICIÓN:</p> <p>Entradas: Tabla de Valor Ganado, <i>Plan de Proyecto</i> y <i>Plan de Desarrollo</i></p> <p>Recolección de Datos: Con la Tabla de Valor Ganado se elaboran las gráficas de Valor Ganado en Costo, se calculan e interpretan el Índice de Desempeño del Costo (SPI), la Variación del Desempeño del Costo (SV), el Valor Ganado en Costo necesario para terminar el Proyecto (ETC) y el Costo Final al terminar el Proyecto (EAC).</p> <p>Salidas: SPI, SV, ETC y EAC</p>
RAPE	<p>A3.3 Generar el <i>Reporte de Seguimiento</i> del proyecto, considerando los <i>Reportes de Actividades</i>.</p> <hr/> <p>ACTIVIDADES DE MEDICIÓN:</p> <p>Entradas: Costo por Actividad Real (CActR)</p> <p>Recolección de Datos: Con los CActR's se genera y/o actualiza el <i>Reporte de Seguimiento</i> por actividades</p> <p>Salidas: <i>Reporte de Seguimiento</i> por actividades nuevo o actualizado</p>
A4. Cierre (O1)	
RAPE	<p>A4.3 Generar el <i>Reporte de Mediciones y Sugerencias de Mejora</i> de este proceso, de acuerdo al <i>Plan de Mediciones de Procesos</i>.</p> <hr/> <p>ACTIVIDADES DE MEDICIÓN:</p> <p>Entradas: <i>Reportes de Seguimiento</i> por actividad, Tabla de Valor Ganado, SPI, SV, ETC y EAC</p> <p>Recolección de Datos: Todas las medidas generadas en la actividades previas son registradas en el <i>Reporte de Mediciones y Sugerencias de Mejora</i></p> <p>Salidas: <i>Reporte de Mediciones y Sugerencias de Mejora</i> nuevo o actualizado</p>

Adicionalmente, nosotros agregamos a la plantilla de indicadores, un resumen de los indicadores con el mismo formato de los datos de entrada, ya que mostramos la clave de la medida, la descripción, los atributos de las entidades que se están midiendo y qué preguntas se pretenden responder con dichas entradas. Como se muestra a continuación.

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

RESUMEN DE MEDIDAS DERIVADAS E INDICADORES GENERADOS

Medidas de las Actividades de Evaluación y Control					
Qué mide		Cómo lo mide			Preguntas que responden
Entidad	Atributo	Clave Medida	Descripción		
Medidas asociadas al costo					
Proyecto	Desempeño	SPI	Índice de Desempeño del Costo		PCC
		ETC	Valor Ganado requerido para terminar el Proyecto		
		EAC	Costo Total Final en que se desarrollará el Proyecto		
		SV	Variación del Desempeño del Costo		

PLANTILLAS O FORMULARIOS

En esta sección definimos las plantillas y los formularios que forman parte del *Reporte de Seguimiento* por actividades del Proceso de Administración de Proyectos Específicos, en el cual también se registran todos los datos de entrada mostrados anteriormente. Para ver éste reporte consulte los Apéndice C y D de éste trabajo.

Finalmente se define el reporte de datos que se muestra a continuación.

REPORTE DE DATOS:

Responsable de generar el reporte	RAPE.
Por o para quién	Para la Administración de Proyectos Específicos y la Gestión de Proyectos.

Cuándo	Este análisis se debe ir actualizando cada vez que se gane un Valor Ganado (EV), es decir, cada vez que se termine con una actividad por completo.
Almacenamiento	Esta plantilla de indicador se debe adjuntar con el <i>Reporte de Mediciones y Sugerencias de Mejora</i> .
Seguridad	Solo el RAPE y el RGPY tienen acceso.
Algoritmo	<p>La Variación del Costo se calcula como SV=EV-PV.</p> <p>El Índice de Desempeño del Costo (SPI) se calcula como la razón de SPI=EV/PV.</p> <p>El costo para completar el Proyecto se estima con la siguiente fórmula: ETC=BAC-EVAcum Donde: BAC es el PVAcum al final de Proyecto.</p> <p>El costo total final anticipado se estima con la siguiente</p>

CAPÍTULO 5. DEFINICIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE MEDIDAS PARA EL MODELO DE PROCESOS MoProSoft

	<p>fórmula:</p> <p>EAC=CAcum+ETC</p> <p>Los costos por Actividad Planeados (CActP) son calculados al multiplicar el Esfuerzo por Actividad Planeado (EActP) y la tasa salarial (K) la cual se define como C/E, es decir, el Costo entre el Esfuerzo, que es lo que cuesta la hora de trabajo de una persona. Su fórmula es: CActP= EAcP*K.</p> <p>Los costo por Actividad Reales (CActR) son calculados al multiplicar el Esfuerzo real por realizar una actividad (E) y la tasa salaria (K). Su fórmula es: CActR=E*k</p>
Suposiciones	El RAPE está comprometido en recolectar los datos y dar el seguimiento al proyecto.
Análisis	<p>Conforme se avance en el proyecto el SV debe ir tendiendo a cero ya que todos los valores planeados serán ganados.</p> <p>El SPI se utiliza junto con SV para saber que tan acertada fue la planeación</p>
Interpretación	<p>Si el SV es negativo significa que no se está cumpliendo con el valor gana planeado, si el SV es positivo significa que se sobrestimó el valor ganado planeado, pero si es igual a cero significa que se estimó correctamente. La magnitud de SV da una idea de cuanto se desvió lo planeado de lo real</p> <p>Si el SPI es igual a uno quiere decir que la estimación fue correcta si SPI es próximo a cero significa que no se esta cubriendo con el valor ganado planeado, lo cual puede representar un atraso en el proyecto. Finalmente si el SPI es mayor a cero puede significar que se subestimo el tiempo planeado.</p> <p>El ETC es el valor ganado requerido para terminar el proyecto y da una idea de cuantas actividades aún se necesitan completar para poder finalizar con el proyecto.</p> <p>El EAC estima del costo total final en que se desarrollará todo el proyecto, de acuerdo al desempeño que se ha tenido, en cualquier momento del desarrollo del mismo.</p>
Preguntas Supuestas	<p>¿Cuáles son los posibles motivos por los que no se está cumpliendo con lo planeado?</p> <p>¿Qué acciones se deben tomar para mejorar el desempeño del costo?</p>
Evolución	

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

Sugerencias de Mejora	
Referencias	

En dicho reporte de datos, se especifica quiénes pueden ver éste indicador, cuál es el algoritmo para construirlo, qué se da por hecho para construir éste indicador de manera correcta en las suposiciones, cómo se analiza e interpreta el indicador, qué preguntas nos podemos plantear a partir de dichos análisis e interpretaciones, si éste indicador puede evolucionar, qué se puede mejorar del mismo y, finalmente, en las referencias se explica si se necesita de otros indicadores para construirlo.

Así como se construyó el Indicador de Valor Ganado en Costo, se pueden ir construyendo el resto de indicadores descritos en el Capítulo 4 de éste trabajo.

5.3 Implementación del Proceso de Medidas para el Modelo de Procesos MoProSoft

Como ya se mencionó en el Capítulo 2 de éste trabajo, el estándar [ISO/IEC 15939] establece actividades y tareas necesarias para implementar un proceso de medición de software.

Nuestro Proceso de Medidas es una adaptación de dicho estándar, el cual define actividades que tiene las mismas propiedades del estándar [ISO/IEC 12207: 1995], es decir, están conformadas por segmentos de trabajo bien definidos llamados tareas.

La [ISO/IEC 15939] define cuatro actividades principales que lo componen y sus respectivas tareas, dichas actividades fueron descritas en el Capítulo 2 de éste trabajo y las recordamos a continuación:

CAPÍTULO 5. DEFINICIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE MEDIDAS PARA EL MODELO DE PROCESOS MoProSoft

A1 Establecer y mantener un compromiso de medición

- A1.1 Establecer los requerimientos de medición
- A1.2 Asignar Recursos

A2 Plan del Proceso de Medición

- A2.1 Caracterizar las unidades organizacionales
- A2.2 Identificar las necesidades de Información
- A2.3 Seleccionar las Medidas
- A2.4 Definir la recolección de datos, análisis y reportes
- A2.5 Definir criterios de Evaluación de los productos de información y el proceso de medición
- A2.6 Revisar, aprobar y proveer fuentes para las tareas de medición
- A2.7 Adquirir o desarrollar tecnología de soporte

A3. Realizar el Proceso de medidas

- A3.1 Integrar procedimientos
- A3.2 Recolectar Datos
- A3.3 Analizar y desarrollar los productos de información
- A3.4 Comunicar resultados

A4. Evaluar las mediciones

- A4.1 Evaluación de los productos de información y del proceso de medición
- A4.2 Identificar mejoras potenciales

A dichas actividades les adaptamos la metodología GQ(I)M con su producto de trabajo más importante, es decir, la plantilla de indicadores. Por lo tanto, de la Figura 5.1, mostrada abajo, vale la pena destacar que la Plantilla GQ(I)M ya integra varias de las tareas del estándar [ISO/IEC 15939] , las cuales están encerradas en círculos.

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

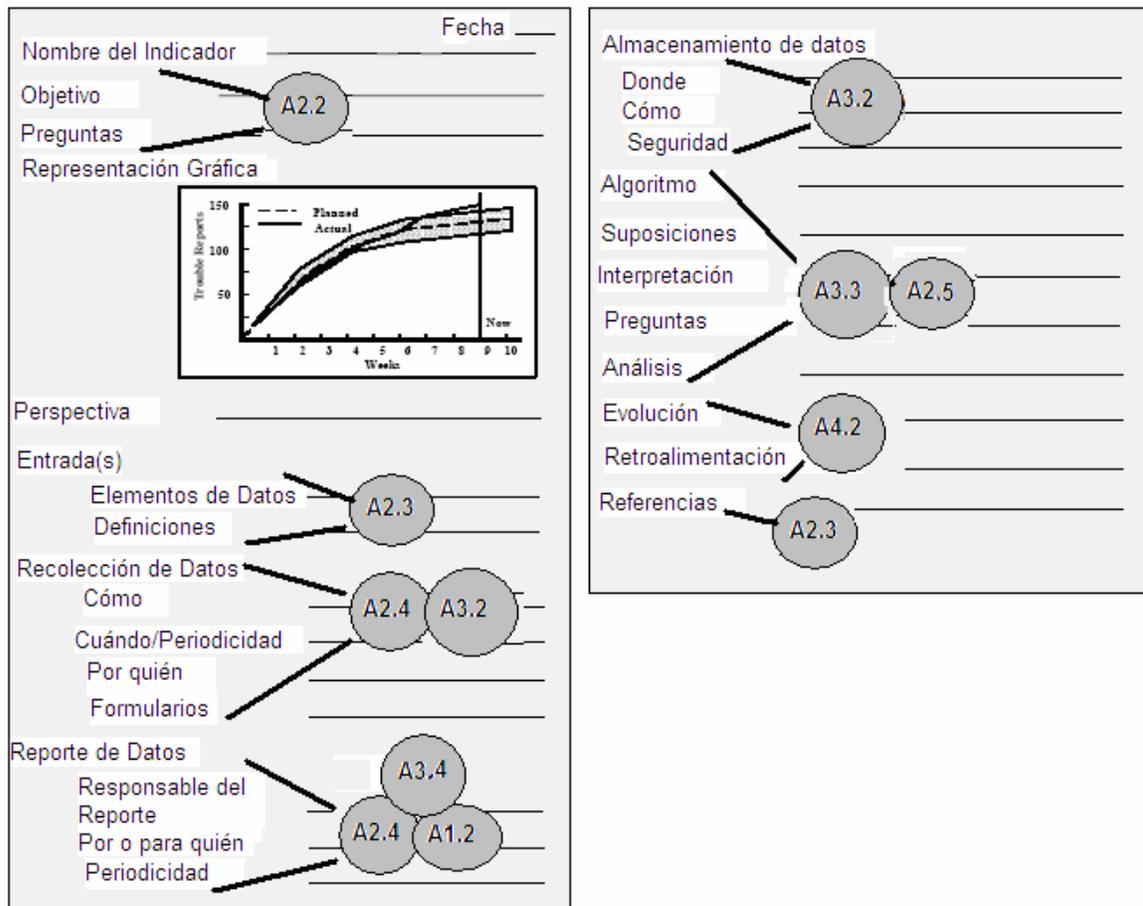


Figura 5.1. La Plantilla de Indicadores y su adaptación al Proceso de Medición

A continuación, explicaremos las actividades y tareas de nuestro Proceso de Medición.

A1 Establecer y mantener un compromiso de medición

A1.1 Establecer los requerimientos de medición

En esta tarea se debe establecer el compromiso, el equipo de medición y el alcance de las medidas, también se debe definir claramente la Unidad Organizacional a la cual hay que comunicarle el compromiso de medición. Para nuestro proceso la Unidad Organizacional a la cual hay que comunicarle el compromiso de medición es a la Gerencia y a la Gestión de Proyectos.

CAPÍTULO 5. DEFINICIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE MEDIDAS PARA EL MODELO DE PROCESOS MoProSoft

A1.2 Asignar Recursos

Aquí se deben asignar responsables del Proceso de Medición, la asignación de los individuos debe ser con base en la asignación de recursos del Plan de Procesos de Medición.

Ésta actividad se encuentra cubierta en el rubro de: *Responsable del reporte de datos* de la plantilla de indicadores.

A2 Plan del Proceso de Medición

A2.1 Caracterizar las unidades organizacionales

Las características de la Unidad Organizacional son relevantes para la selección de las medidas. Por lo tanto, debe quedar bien definida la interpretación de los productos de información.

Para nuestro Proceso de Mediciones, las Unidades Organizacionales consideradas son: el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software y el Proceso de Administración de Proyectos Específicos, las cuales nos proveen del contexto de medición.

A2.2 Identificar las necesidades de Información

En ésta tarea se identifican las necesidades de información, basadas en objetivos, restricciones, riesgos y problemas en la Unidad Organizacional. Las necesidades de información pueden derivar de los objetivos del negocio, del proyecto, del proceso o de los productos. Finalmente dichas necesidades de información deben ser priorizadas, seleccionadas y comunicadas.

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

De la metodología GQ(I)M, esta actividad se realiza del *Paso 1* al *Paso 7* descritos en el Capítulo 2 de éste trabajo. Además, de la Plantilla de Indicadores, esta actividad se cubre en los siguientes rubros: *Objetivos* y *Preguntas* que se pretenden responder.

A2.3 Seleccionar las Medidas

Aquí se seleccionan las medidas candidatas que satisfacen las necesidades de información. Por otra parte, se debe considerar la información de contexto para normalizar o interpretar dichas medidas.

Muchas combinaciones de medidas base, derivadas e indicadores pueden ser seleccionadas para satisfacer una específica necesidad de información. Los siguientes criterios fueron considerados para la selección de las medidas:

- Relevancia para las necesidades de información.
- Viabilidad de la colección de datos en la Unidad Organizacional.
- Disponibilidad de los recursos humanos para tomar y administrar las medidas.
- Facilidad de la recolección de los datos.
- Incorruptibilidad de los datos.
- Disponibilidad de herramientas adecuadas.
- Protección y Privacidad.
- Número de indicadores relevantes potenciales soportados por las medidas base.
- Incremento o reducción de los recursos de almacenamiento.
- Facilidad de interpretación.
- Número de los usuarios de los productos de información que utilizan el indicador.
- Aplicabilidad en las fases del ciclo de vida.
- Sensibilidad al contexto.

CAPÍTULO 5. DEFINICIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE MEDIDAS PARA EL MODELO DE PROCESOS MoProSoft

- Costo por las mediciones.
- Asesoría para usar las medidas.
- Equipo especial por las mediciones.
- Entrenamientos de medición.

Para nuestra propuesta, estas medidas se encuentran descrita en los Apéndices A y B. Además, en la metodología GQ(I)M, la selección de las medidas se hace en el *Paso 8. Definir las mediciones*. Finalmente, en la Plantilla de Indicadores se describen las medidas en la sección de *Entradas*.

A2.4 Definir la recolección de datos, análisis y reportes

En este punto, se describen los procedimientos para la recolección y el almacenamiento de los datos.

Dichos procedimientos se encuentran descritos en las propias actividades modificadas del Modelo de Procesos MoProSoft, en el rubro *Recolección de Datos* de la Plantilla de Indicadores, en los *Reportes de Actividades* y en los *Reportes de Seguimiento* propuestos. Estos procedimiento especifican cómo los datos son recolectados y almacenados. El análisis de los datos y la manera de reportarlos se encuentran definidos también en la plantilla GQ(I)M. Finalmente, también se deben definir procedimientos para la administración de la configuración. En nuestra propuesta, esto se logra al incorporar todas las medidas y los indicadores que se están generando en el proceso de desarrollo a la línea base de la configuración del software.

A2.5 Definir criterios de Evaluación de los productos de información y el proceso de medición

Estos criterios de evaluación, deben permitirnos determinar si los datos son recolectados y analizados con suficiente calidad para satisfacer las necesidades de

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

información. También se deben definir criterios de éxito. Dichos criterios necesitan estar definidos dentro del contexto de los objetivos técnicos y de negocio de las Unidades Organizacionales. En la Plantilla de Indicadores estos criterios se describen en el rubro *Interpretación*.

A2.6 Revisar, aprobar y proveer de fuentes para las tareas de medición

La planeación de las mediciones debe ser revisada y aprobada, los recursos deben estar disponibles para implementar el Proceso de Mediciones.

A2.7 Adquirir o desarrollar tecnología de soporte

Se debe comprar o desarrollar herramientas que automaticen el proceso de mediciones.

A3. Realizar el Proceso de Medición

A3.1 Integrar procedimientos

La generación y recolección de datos se debe integrar en los procesos relevantes de la organización. La integración puede involucrar cambios a los procesos actuales, para acomodar las actividades de recolección y generación de datos.

En nuestro Proceso de Medición, todas las actividades involucradas para la generación y recolección de datos de los Procesos de Desarrollo y Mantenimiento de Software y Administración de Proyectos Específicos, se encuentran comentadas y se les especifica que valores de salida generan. La incorporación de los procedimientos de generación y recolección de datos debe ser comunicada a los proveedores de dicha información.

CAPÍTULO 5. DEFINICIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE MEDIDAS PARA EL MODELO DE PROCESOS MoProSoft

A3.2 Recolectar Datos

La recolección de datos debe ser almacenada, incluyendo cualquier información de contexto necesaria para verificar, entender o evaluar los datos.

Para nuestro Proceso de Medición, esta información se encuentra en los *Reportes de Actividades* y de *Seguimiento* propuestos, que se describen en el rubro *Formularios* del apartado de *Recolección de Datos* de la Plantilla de Indicadores.

A3.3 Analizar y desarrollar los productos de información

La información debe ser agregada, transformada o recodificada previamente al análisis. Los datos son procesados para producir los indicadores planeados. En nuestro Proceso de Mediciones, esto se hizo en las actividades de Realización del Proceso de Administración de Proyectos Específicos.

Los resultados del análisis deben ser interpretados para generar conclusiones iniciales, todas las interpretaciones toman lugar en el contexto de la medida. Los resultados del análisis, los indicadores y las interpretaciones forman los productos de información. Además, los productos de información deben ser revisados.

Todo lo anterior se realiza en los rubros de *Interpretación y Análisis* de la Plantilla de Indicadores. También se realiza en el *Paso 9. Identificar las acciones a implementar* de la metodología GQ(I)M.

A3.4 Comunicar resultados

Los productos de información deben ser documentados y comunicados a los usuarios de las medidas. En nuestro Proceso de Medición, esto se hace a través de los *Reportes de Mediciones y Sugerencias de Mejora*, en la metodología GQ(I)M en

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

el Paso 10. Preparar un plan de acción y, en la Plantilla de Indicadores, se realiza en el apartado de *Reporte de datos* en el rubro de *Por o para quién*.

A4. Evaluar las mediciones

4.1 Evaluación de los productos de información y del proceso de medición.

Se deben evaluar los productos de información contra los criterios de evaluación. Por lo tanto, se pueden extraer conclusiones acerca de las debilidades y fuerzas de la información. Esta evaluación puede ser realizada por auditoria externa o interna. Los productos de entrada para la evaluación son las medidas de desempeño, los productos de información y las retroalimentaciones de los usuarios. La evaluación puede ocasionar que algunas medidas sean removidas. Todas las lecciones aprendidas se almacenan en la Base de Conocimientos de la Organización.

La efectividad de cada medición usada en el Proceso de medición necesita evaluarse usando un criterio predefinido. Por lo tanto, hemos definidos algunos criterios que pueden ser específicos para las medidas base, derivadas o indicadores. Además, no necesariamente son independientes unos de otros. Por otra parte, en algunos casos estos criterios pueden ser usados para una evaluación cuantitativa y, en otros casos, una evaluación cualitativa puede ser más apropiada. Algunos de los criterios han sido adaptados del estándar [ISO/IEC PDTR 9126-2:1998] para la evaluación de los productos de medición. A continuación se listan dichos criterios:

- Uso de los productos de información.
- Confianza en los productos de información.
- Evidencia de la capacidad del producto de información para resolver una necesidad de información.
- Comprensibilidad del producto de información.

CAPÍTULO 5. DEFINICIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE MEDIDAS PARA EL MODELO DE PROCESOS MoProSoft

- Suposiciones satisfactorias de un producto de información.
- Exactitud de los procedimientos de medición.
- Repetibilidad del método de medición.
- Reproductibilidad del método de medición.

La efectividad de un proceso puede ser juzgada evaluando su capacidad, para este caso se puede usar la [ISO/IEC TR 15504], o midiendo y evaluando su desempeño. En éste último caso se definen criterios de evaluación, para determinar el desempeño del Proceso de Medición, lo cuales pueden ser usados en una evaluación cuantitativa o cualitativa. A continuación se muestran estos criterios:

- Oportunidad.
- Eficiencia.
- Contención de defectos.
- Satisfacción del cliente.
- Conformidad con el proceso.

4.2 Identificar mejoras potenciales

Las mejoras potenciales del Proceso de Medición y de los productos de información, deben ser identificadas y comunicadas.

Cabe señalar que éste proceso de medidas debe ser gestionado en el Proceso de Gestión de Procesos del Modelos de Procesos MoProSoft. Para concluir con nuestro trabajo de tesis, a continuación exponemos nuestras conclusiones y trabajos futuros.

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Las medidas del software ayudan a entender, rastrear y evaluar, respecto a estándares establecidos, objetivos de calidad y de negocio, las propiedades y características de los atributos de los productos, proyectos y procesos de software, durante el ciclo de vida del desarrollo. Por lo tanto, las mediciones apoyan a la estimación, el control, la predicción y la toma de decisiones en los proyectos de software.

Por estos motivos, en este trabajo realizó una revisión sistemática en la gran cantidad de investigaciones de este campo, para poder precisar el estado del arte en las medidas del software, con el propósito de resumir cuáles son las más usadas y actuales en la literatura y, de ésta manera, complementar al Modelo de Procesos para al Industria de Software MoProSoft, con un conjunto de medidas elementales, que atienda la necesidad de saber qué, cómo y cuándo medir de las pequeñas y medianas industrias de software.

Cada medida trata de resolver una necesidad de información a distintos niveles en una organización. La traducción de las diferentes medidas dependerá de la perspectiva que tomen, en función de los intereses de los gestores de proyectos, los administradores de proyectos, del equipo de desarrollo y de la organización. A un nivel más operativo y menos gerencial, escogimos los procesos de Desarrollo y Mantenimiento de Software y Administración de Proyectos Específicos.

Las medidas relacionadas con el tiempo, los defectos y el esfuerzo para el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software, tratan de ayudar al equipo de desarrollo a identificar sus puntos débiles, conocer su rendimiento, detectar errores antes de las pruebas y mejorar sus procesos tanto individuales como en equipo.

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

La Administración de Proyectos Específicos se encarga de llevar a buen término los proyectos gestionados por el Proceso de Gestión de Proyectos, así que las mediciones e indicadores referentes al Costo, el Tiempo y la Calidad son imprescindibles para mantener el control del proyecto; cabe mencionar que las medidas de tamaño constituyen la base para las estimaciones, siempre y cuando se cuente con datos histórico de la productividad.

Los indicadores de análisis de valor ganado y la variación, permiten conocer cuanto se esta desviando un proyecto de lo planeado en términos de tiempo y costo, con el fin de mantenerlos controlados por medio de acciones correctivas. Por otra parte, los indicadores de diagrama de Pareto, las cartas de control de defectos y los diagramas de barras de defectos, pretenden mantener mejorar la consistencia de los productos generados.

La propuesta de mediciones a nivel de Administración de Proyectos, tiene como objetivo principal apoyar a la toma de decisiones, la evaluación de desempeño, la mejora, el seguimiento del proyecto y la planeación, generando una vista de la situación actual del proyecto basada en datos consistentes.

Finalmente, para el Proceso de Gestión de Proyectos, todas las mediciones generadas, se deberán enfocar principalmente en la cartera de proyectos de la organización, de tal manera que apoyen, entre otras cosas, a los informes de evaluaciones, el análisis de las tendencias, los requisitos del cliente, la administración de recursos, la planeación, el calendario, las revisiones y el monitoreo de los proyectos, con el propósito de implementar una estrategia coherente en la organización.

Por otra parte, debemos destacar que todas las medidas propuestas dependerán mucho de la repetibilidad del proceso, ya que si el proceso se hace inestable, debido a cualquier cambio dentro del ciclo de vida del software, fallas o cambios de requisitos, dicho proceso se realizará de manera errática, haciendo

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

que las mediciones sean inconsistentes, sus resultados incomparables y, consecuentemente, nunca se podría llegar a conclusiones sobre su análisis. Por estos motivos, para implementar un proceso de mediciones exitoso en las organizaciones, se debe alcanzar al menos un nivel dos, de los niveles de capacidades de la [ISO/IEC 15504].

La incorporación de las medidas se llevó a cabo gracias al Modelo de Información de Medición, el cual nos ayudó a rastrear los atributos de las entidades de Producto, Proyecto y Proceso, las medidas base, las medidas derivadas y los indicadores, hasta generar los productos de información que dieron respuesta a nuestras necesidades de información.

Con Metodología GQ(I)M y la Plantilla de Indicadores establecimos una propuesta de medidas consistente, ya que pudimos definir, entre otros aspectos, los objetivos de medición, las preguntas relacionadas a dichos objetivos, las medidas necesarias para la construcción de los indicadores, la forma de recolección, análisis, interpretación y almacenamiento de las mediciones. Finalmente, con la [ISO/IEC 15939] definimos el proceso de medición con el que se puede implementar la propuesta de medidas.

Para finalizar con las conclusiones, nos hace falta definir los trabajos futuros que pueden surgir a partir de ésta investigación, los cuales se anuncia a continuación.

A pesar de que las mediciones propuestas han sido validadas por la literatura de manera teórica y empírica, como trabajo futuro se deberán validar empíricamente en las pequeñas y medianas industrias de México, para obtener información objetiva de su utilidad.

Por otra parte, los modelos de desarrollo de Software como CMM y CMMI, han tenido una gran aceptación en el medio académico y profesional, así que otro

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

trabajo que queda por hacer es determinar a qué niveles de madurez se corresponden las medidas de ésta propuesta.

Finalmente, un Proceso de Medidas que no sea automatizable, resulta inútil e imposible de implementar en las organizaciones. Por tal motivo, otro trabajo a futuro sería desarrollar y/o conseguir herramientas de cómputo para realizar dicha automatización.

Reconocimientos

El presente trabajo tuvo el apoyo de proyecto COMPETISOFT (Mejora de Procesos para promover la Competitividad de las Medianas y Pequeñas Industrias de Software Iberoamericanas) del programa CYTED (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo).

APÉNDICE A

MEDIDAS PARA EL PROCESO DE DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DE SOFTWARE

Medidas escogidas para la Fase de Inicio									
Qué mide		Cómo lo mide						Objetivos	Destino
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad						
Medidas asociadas al Tiempo y Esfuerzo									
Proceso	Tiempo	T	Hora	T=Tiempo en Horas sin contar interrupciones	Tiempo (T) efectivo para realizar una Actividad planeada en un WBS	Base	Ratio	PTEI	TFR
	Esfuerzo	E	Hora/ Hombre	E=Horas x Número de	Esfuerzo (F) para realizar la Actividad planeada en un WBS	Base			EFR, CActR

APÉNDICE A. MEDIDAS PARA EL PROCESO DE DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DE SOFTWARE

Medidas escogidas para la Fase de Requerimientos										
Qué mide		Cómo lo mide					Objetivos	Destino		
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Desarrollo y Mantenimiento de Software	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad							
Medidas asociadas al Tiempo y Esfuerzo										
Proceso	Tiempo	T	Hora	T=Tiempo en Horas sin contar interrupciones	Tiempo (T) para realizar una actividad planeada en un WBS	Base	Ratio	PTE1	TB	TFR
	Esfuerzo	E	Hora/Hombre	E=T x Número de Personas	Esfuerzo (E) para realizar una Actividad planeada en un WBS	Derivada			EB	EFR, CA,ctR
<i>Especificación de Requerimientos, Plan de Pruebas de Sistema, Manual de Usuario</i>	Tiempo	TB	Hora	$TB = T_e + T_{vv} + T_c$	Tiempo Base (TB), es el tiempo por cada producto en esta fase para elaborar y/o modificar (T_e), verificar y/o validar (T_{vv}) y corregir (T_c)	Derivada	Ratio	PTE2		VTB
	Esfuerzo	EB	Hora/Hombre	$EB = E_e + E_{vv} + E_c$	Esfuerzo Base (EB), es el Esfuerzo por cada producto en esta fase para elaborar y/o modificar (E_e), verificar y/o validar (E_{vv}) y corregir (E_c)					VEB, P
Medidas asociadas al Tamaño										
<i>Especificación de Requerimientos, Plan de Pruebas de Sistema, Manual de Usuario</i>	Tamaño	TAMdoc	Página	TAMdoc= Número de páginas	Número de páginas (TAMdoc) que componen cada documento de una fase después de las correcciones	Base	Ratio	PT		DD, P

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

Medidas escogidas para la Fase de Requerimientos										
Qué mide		Cómo lo mide					Objetivos	Destino		
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Desarrollo y Mantenimiento de Software	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad							
Medidas asociadas al Aseguramiento de Calidad										
<i>Especificación de Requerimientos, Plan de Pruebas de Sistema, Manual de Usuario</i>	Calidad	D	Defecto	D= Número de defectos	Numero de Defectos (D) encontrados en las validaciones y/o verificaciones sin importar si ha sido removido o inyectado	Base	Ratio	PQA		DD, DBD, DPD
		Din	Defecto	Din= Sum(di)	Numero de total Defectos Inyectados (Din) en el producto en cuestión					DBD, EDD
		Dr	Defecto	Dr= Sum(Dr)	Numero de total de Defectos Removidos (Dr) en las correcciones					

APÉNDICE A. MEDIDAS PARA EL PROCESO DE DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DE SOFTWARE

Medidas escogidas para la Fase de Análisis y Diseño										
Qué mide		Cómo lo mide					Objetivos	Destino		
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Desarrollo y Mantenimiento de Software	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad							
Medidas asociadas al Tiempo y Esfuerzo										
Proceso	Tiempo	T	Hora	T=Tiempo en Horas sin contar interrupciones	Tiempo (T) para realizar una Actividad planeada en un WBS	Base	Ratio	PTE1	TB	TFR
	Esfuerzo	E	Hora/Hombre	E=T x Número de Personas	Esfuerzo (E) para realizar una Actividad planeada en un WBS	Derivada			EB	EFR, CActR
<i>Análisis y Diseño, Registro de Rastreo, Plan de Pruebas de Integración</i>	Tiempo	TB	Hora	TB=Te+Tvv+Tc	Tiempo Base (TB), es el tiempo, por cada producto en esta fase para Elaborar y/o modificar (Te), verificar y/o validar (Tvv) y corregir (Tc)	Derivada	Ratio	PTE2		VTB
	Esfuerzo	EB	Hora/Hombre	EB=Ee+Ev+Ec	Esfuerzo Base (EB), es el esfuerzo por cada producto en esta fase para Elaborar y/o modificar (Ee), verificar y/o validar (Ev) y corregir (Ec)					VEB, P
Medidas asociadas al Aseguramiento de Calidad										
<i>Análisis y Diseño, Registro de Rastreo, Plan de Pruebas de Integración</i>	Calidad	D	Defecto	D= Número de defectos	Numero de Defectos (D) encontrados en las validaciones y/o verificaciones sin importar si ha sido removido o inyectado	Base	Ratio	PQA		DD, DBD, DPD
		Din	Defecto	Din= Sum(di)	Numero de total Defectos Inyectados (Din) en el producto en cuestión					DBD, EDD
		Dr	Defecto	Dr= Sum(Dr)	Numero de total de Defectos Removidos (Dr) en las correcciones					

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

Medidas Escogidas para la Fase de Análisis y Diseño										
Qué mide		Cómo lo mide					Objetivos	Destino		
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Desarrollo y Mantenimiento de Software	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad							
Medidas asociadas al Tamaño										
<i>Análisis y Diseño, Registro de Rastreo, Plan de Pruebas de Integración</i>	Tamaño	TAMdoc	Página	TAMdoc= Número de páginas	Número de páginas (TAMdoc) que componen cada documento un fase después de las correcciones, dependerá del estándar de documentación	Base	Ratio	PT		DD, P
Componente de software		TAMfp	FP	Modelo de Análisis	Tamaño del sistema en Puntos de Función (TAMfp)	Derivada	Ratio			
		TAMloc	LOC	LOC= LOCv+ LOCAgregadas- LOCBorradas	Líneas de código (TAMloc) reales en que quedó el componente de software después de las correcciones, donde: LOCv son las LOC de esa versión					
<i>Análisis y Diseño, Registro de Rastreo, Plan de Pruebas de Integración</i>		Tamaño	?	?	Tamaño del producto dependiendo de la tecnología y el paradigma de desarrollo	?	?			

APÉNDICE A. MEDIDAS PARA EL PROCESO DE DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DE SOFTWARE

Medidas escogidas para la Fase de Construcción										
Qué mide		Cómo lo mide					Objetivos	Destino		
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Desarrollo y Mantenimiento de Software	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad							
Medidas asociadas al Tiempo y Esfuerzo										
Proceso	Tiempo	T	Hora	T=Tiempo en Horas sin contar interrupciones	Tiempo (T) para realizar una actividad planeada en un WBS	Base	Ratio	PTE1	TB	TFR
	Esfuerzo	E	Hora/Hombre	E=T x Número de Personas	Esfuerzo (E) para realizar una actividad planeada en un WBS	Derivada			EB	EFR, CActR
Registro de Rastreo	Tiempo	TB	Hora	$TB = T_e + T_{vv} + T_c$	Tiempo Base (TB), es el tiempo por cada producto en esta fase para elaborar, modificar (T_e), verificar y/o validar (T_{vv}) y corregir (T_c)	Derivada	Ratio	PTE2		VTB
	Esfuerzo	EB	Hora/Hombre	$EB = E_e + E_{vv} + E_c$	Esfuerzo Base (EB), es el esfuerzo por cada producto en esta fase para elaborar, modificar (E_e), verificar y/o validar (E_{vv}) y corregir (E_c)					VEB, P
Componente de software	Tiempo	TBSw	Hora	$TBSw = T_{eSw} + T_{PuSw} + T_{cSw}$	Tiempo Base por componente de software (TBSw), es el tiempo por cada componente de software en esta fase para elaborar, modificar (T_{eSw}), probar unitariamente (T_{PuSw}) y corregir (T_{cSw})	Derivada	Ratio	PTE2		VTB
	Esfuerzo	EBSw	Hora/Hombre	$EBSw = E_{eSw} + E_{PuSw} + E_{cSw}$	Esfuerzo Base por componente de software (EBSw), es el esfuerzo por cada producto en esta fase para elaborar, modificar (E_{eSw}), probar unitariamente (E_{PuSw}) y corregir (E_{cSw})					VEB, P

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

Medidas Escogidas para la Fase de Construcción										
Qué mide		Cómo lo mide					Objetivos	Destino		
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Desarrollo y Mantenimiento de Software	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad							
Medidas asociadas al Aseguramiento de Calidad										
Componente de software	Calidad	DSw	Defecto	Dsw= Número de defectos	Defectos detectados en pruebas unitarias (DSw)	Base	Ratio	PQA		DD, DBD, DPD
Componente de software, Registro de Rastreo		Din	Defecto	Din= Sum(dí)	Numero de total Defectos Inyectados (Din) en el producto en cuestión					DBD, EDD
		Dr	Defecto	Dr= Sum(dr)	Numero de total de Defectos Removidos (Dr) en las correcciones					
		D	Defecto	D= Sum(Def)	Numero de Defectos (D) encontrados en las validaciones y/o verificaciones sin importar si ha sido removido o inyectado					DD, DBD, DPD
Medidas asociadas al Tamaño										
Componente de software	Tamaño	TAMfp	FP	Modelo de Análisis	Tamaño del sistema en Puntos de Función (TAMfp)	Derivada	Ratio	PT		DD, P
Registro de Rastreo		TAMloc	LOC	LOC= LOCv+ LOCAgregadas- LOCBorradas	Lineas de código (TAMloc) reales en que quedó el componente de software después de las correcciones, donde: LOCv son las LOC de esa versión					
		TAMdoc	Página	TAM= Número de paginas	Número de páginas (TAMdoc) que componen cada documento una fase después de las correcciones	Base				
Componente de software		Tamaño	?	?	Tamaño del producto dependiendo de la tecnología y el paradigma de desarrollo	?	?			

APÉNDICE A. MEDIDAS PARA EL PROCESO DE DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DE SOFTWARE

Medidas escogidas para la Fase de Integración y Pruebas										
Qué mide		Cómo lo mide					Objetivos	Destino		
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Desarrollo y Mantenimiento de Software	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad							
Medidas asociadas al Tiempo y Esfuerzo										
Proceso	Tiempo	T	Hora	T=Tiempo en Horas sin contar interrupciones	Tiempo (T) para realizar una actividad planeada en un WBS	Base	Ratio	PTE1	TB, TBS	TFR
	Esfuerzo	E	Hora/Hombre	E=T x Número de Personas	Esfuerzo (E) para realizar una actividad planeada en un WBS	Derivada			EB, EBS	EFR, CActR
<i>Manual de Operación, Manual de Usuario</i>	Tiempo	TB	Hora	$TB=Te+Tvv+Tc$	Tiempo Base (TB), es el tiempo por cada producto en esta fase para elaborar y/o modificar (Te), verificar y/o validar (Tvv) y corregir (Tc)	Derivada	Ratio	PTE2		VTB
	Esfuerzo	EB	Hora/Hombre	$EB=Ee+Ev+Ec$	Esfuerzo Base (EB), es el esfuerzo por cada producto en esta fase para elaborar y/o modificar (Ee), verificar y/o validar (Ev) y corregir (Ec)					VEB, P
Sistema	Tiempo	TBS	Hora	$TBS=Ti+Tpi+Tci+Tps+Tcs$	Tiempo Base para el sistema (TBS), es el tiempo para integrar los componente de software (Ti), hacer pruebas de integración (Tpi), corregir la integración (Tci), hacer Pruebas de Sistema (Tps) y corregir el sistema (Tcs)	Derivada	Ratio			VTB
	Esfuerzo	EBS	Hora/Hombre	$EBS= Ei+Epi+Eci+Eps+Ecs$	Esfuerzo Base para el sistema (EBS), es el esfuerzo para integrar los componente de software (Ei), hacer pruebas de integración (Epi), corregir la integración (Eci), hacer Pruebas de Sistema (Eps) y corregir el sistema (Ecs)					VEB, P

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

Medidas Escogidas para la Fase de Integración y Pruebas											
Qué mide		Cómo lo mide					Objetivos	Destino			
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Desarrollo y Mantenimiento de Software	Administración de Proyectos Específicos	
		Clave	Unidad								
Medidas asociadas al Aseguramiento de Calidad											
Sistema	Defecto	Di	Defecto	Di= Defectos encontrados en pruebas de integración	Número total de Defectos encontrados en pruebas de integración (Di)	Base	Ratio	PQA		DD, DBD, DPD	
		Ds	Defecto	Ds= Defectos encontrados en pruebas de sistema	Número total de Defectos encontrados en pruebas de sistema (Ds)						
Manual de Operación, Manual de Usuario, Sistema		Din	Defecto	Din= Sum(di)	Numero de total Defectos Inyectados (Din) en el producto en cuestión						EDD
		Dr	Defecto	Dr= Sum(dr)	Numero de total de Defectos Removidos (Dr) en las correcciones						
		D	Defecto	D= Sum(Def)	Numero de Defectos (D) encontrados en las validaciones y/o verificaciones sin importar si ha sido removido o inyectado						

APÉNDICE A. MEDIDAS PARA EL PROCESO DE DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DE SOFTWARE

Medidas Escogidas para la Fase de Integración y Pruebas										
Qué mide		Cómo lo mide					Objetivos	Destino		
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Desarrollo y Mantenimiento de Software	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad							
Medidas asociadas al Tamaño										
Manual de Operación, Manual de Usuario	Tamaño	TAMdoc	página	TAM= Número de páginas	Número de páginas (TAMdoc) que componen cada documento de una fase después de las correcciones	Base	Ratio	PT		DD, P
Sistema		TAMloc	LOC	LOC= LOCv+ LOCAgregadas- LOCBorradas	Líneas de código (TAMloc) reales en que quedó el componente de software después de las correcciones, donde: LOCv son las LOC de esa versión	Derivada				
		TAMfp	FP	Modelo de Análisis	Tamaño del sistema en Puntos de Función (FP)					
Sistema		Tamaño	?	?	Tamaño del producto dependiendo de la tecnología y el paradigma de desarrollo	?	?			

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

Medidas escogidas para la Fase de Cierre										
Qué mide		Cómo lo mide					Objetivos	Destino		
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Desarrollo y Mantenimiento de Software	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad							
Medidas asociadas al Tiempo y Esfuerzo										
Proceso	Tiempo	T	Hora	T=Tiempo en Horas sin contar interrupciones	Tiempo (T) para realizar una actividad planeada en un WBS	Base	Ratio	PET1	TB	TFR
	Esfuerzo	E	Hora/Hombre	$E=T \times \text{Número de Personas}$	Esfuerzo (E) para realizar una actividad planeada en un WBS	Derivada			EB	EFR, CActR
Manual de Mantenimiento	Tiempo	TB	Hora	$TB=Te+Tvv+Tc$	Tiempo Base (TB), es el tiempo por cada producto en esta fase para elaborar y/o modificar (Te), verificar y/o validar (Tvv) y corregir (Tc)	Derivada	Ratio	PET2		VTB
	Esfuerzo	EB	Hora/Hombre	$EB=Ee+Evv+Ec$	Esfuerzo Base (EB), es el esfuerzo por cada producto en esta fase para elaborar y/o modificar (Ee), verificar y/o validar (Evv) y corregir (Ec)					VEB, P
Medidas asociadas al Tamaño										
Manual de Mantenimiento	Tamaño	TAMdoc	página	TAM= Número de páginas	Número de páginas (TAMdoc) que componen cada documento de una fase después de las correcciones	Base	Ratio	PT		DD

APÉNDICE A. MEDIDAS PARA EL PROCESO DE DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DE SOFTWARE

Medidas Escogidas para la Fase de Cierre										
Qué mide		Cómo lo mide					Objetivos	Destino		
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Desarrollo y Mantenimiento de Software	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad							
Medidas asociadas al Aseguramiento de Calidad										
<i>Manual de Mantenimiento</i>	Calidad	D	Defecto	D= Número de defectos	Numero de Defectos (D) encontrados en las validaciones y/o verificaciones sin importar si ha sido removido o inyectado	Base	Ratio	PQA		DD, DBD, DPD
		Din	Defecto	Din= Sum(di)	Numero de total Defectos Inyectados (Din) en el producto en cuestión					DBD, EDD
		Dr	Defecto	Dr= Sum(Dr)	Numero de total de Defectos Removidos (Dr) en las correcciones					

APÉNDICE B

MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

Medidas escogidas para las Actividades de Planificación									
Qué mide		Cómo lo mide					Objetivos	Destino	
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad						
Medidas asociadas al tiempo y esfuerzo									
Proyecto	Tiempo	TTP	Hora	$TTP = \text{Sum}(\text{TFP})$	Tiempo Total Planeado es la suma de los Tiempos por Fase Planeados (TFP) del Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software (OPE. 2)	Derivada	Ratio	PETP	VTT
	Esfuerzo	ETP		$ETP = \text{Sum}(\text{EFP})$	Esfuerzo Total Planeado, es la suma de los Esfuerzos por Fase Planeados (EFP) del Proceso OPE. 2				VET
	Desempeño	PVT	Hora	$PVT = \frac{\text{TActx}100}{TTP}$	Valor Ganado Planeado en Tiempo, es el porcentaje de tiempo por actividad planeada con respecto al total del Proceso OPE2.			PETC	PVTAcum, SVT, SPIT
		PVTAcum		$PVTAcum = \text{Sum}(PVT)$	Valor Ganado Acumulado Planeado en Tiempo (PVTAcum), es la suma de los PVT				TAC
		TAC		PVTAcum al final del Proyecto	Valor Ganado Acumulado en Tiempo al completar el proyecto				ETCT

APÉNDICE B. MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

Medidas Escogidas para la Fase de Planificación									
Qué mide		Cómo lo mide					Objetivos	Destino	
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad						
Medidas asociadas al tiempo y esfuerzo									
Producto	Tiempo	TBP	Hora	$TBP = TeP + TvvpP + TcP + (TPu + TPi + TP_s + Ti)$	Tiempo Base Planeado del proceso OPE. 2, es el Tiempo por cada producto para elaborar, modificar (TeP), verificar y/o validar (TvvP) y corregir defectos (TcP), para los componentes de software también se considera el tiempo en pruebas (unitarias TPu, de integración TPi y de sistema TP_s) y del Tiempo por integrarlos (Ti)	Derivada	Ratio	PETBP	VTB
	Esfuerzo	EBP	Hora /Hombre	$EBP = EeP + EvvpP + EcP + (EPu + EPi + EP_s + Ei)$	Esfuerzo Base Planeado del proceso OPE. 2, es el Esfuerzo por cada producto para elaborar, modificar (EeP), verificar y/o validar (EvvpP) y corregir defectos (EcP), para los componentes de software, también se considera el esfuerzo en pruebas (unitarias EPu, de integración EPi y de sistema EP_s) y del Esfuerzo por integrarlos (Ei).				VEB
		EBP	Hora /Hombre	$EBP = TAM \times P$	Esfuerzo Base para generar cada Producto del Proceso OPE.2, calculado al multiplicar el tamaño del Producto TAM (puede ser TAMfp, TAMloc, TAMDoc) por la Productividad Histórica (P, de otro proyecto similar o un ciclo anterior)				

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

Medidas Escogidas para la Fase de Planificación									
Qué mide		Cómo lo mide						Objetivos	Destino
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad						
Medidas asociadas al tiempo y esfuerzo									
Proceso	Tiempo	TActP	Hora	$T_{ActP} = (T_{ActOp} + 4T_{ActAp} + T_{ActPe}) / 6 + Tre$	Tiempo por Actividad Planeada del Proceso de OPE. 2, representado en un WBS estimado por la técnica de los tres puntos (consiste en la suma del Tiempo por Actividad Optimo (T_{ActOp}) más cuatro veces el Tiempo por Actividad más probable ($4T_{ActAp}$) más el Tiempo por Actividad pesimista (T_{ActPe}) todo dividido entre seis) más el Tiempo de Reserva (Tre , Tiempo estimado para resolver contingencias)	Derivada	Ratio	PETP	TFP
		TFP		$TFP = \text{Sum}(T_{ActP})$	Tiempo por Fase Planeado del Proceso OPE. 2, es la suma de los Tiempo de las Actividades por Fase Planeadas (T_{ActP})				VTF, TTP
	Esfuerzo	EActP	Hora / Hombre	$E_{ActP} = (E_{sOp} + 4E_{sP} + E_{sPe}) / 6 + E_{sre}$	Esfuerzo por Actividad Planeado del Proceso OPE. 2, representado en un WBS estimado por la técnica de de los tres puntos ($(E_{sOp} + 4E_{sP} + E_{sPe}) / 6$) más el Esfuerzo de reserva (E_{sre})	Derivada	Ratio	PETP	EFP
		EFP		$EFP = \text{Sum}(E_{ActP})$	Esfuerzo por Fase Planeado del Proceso OPE. 2, es la suma de los Esfuerzos por Actividad Planeados (E_{ActP})				VEF, ETP

APÉNDICE B. MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

Medidas Escogidas para la Fase de Planificación									
Qué mide		Cómo lo mide						Objetivos	Destino
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad						
Medidas asociadas al tiempo y esfuerzo									
Proceso	Tiempo	T	Hora	T=Tiempo en Horas	Tiempo (T) para realizar una Actividad de las Actividades de Planificación del Proceso OPE. 1	Base	Ratio	PET	
	Esfuerzo	E	Hora/ Hombre	E=T x Número de Personas	Esfuerzo (E) para realizar una Actividad de las Actividades de Planificación del Proceso OPE. 1	Derivada			
<i>Plan de Proyecto, Plan de Desarrollo</i>	Tiempo	TB	Hora	TB= Te+Tvv+Tc	Tiempo Base (TB), es Tiempo por cada producto generado en las Actividades de Planificación del Proceso OPE. 1 para elaborar, modificar (Te), verificar y/o validar (Tvv) y corregir (Tc)	Derivada	Ratio	PETB	
	Esfuerzo	EB	Hora/ Hombre	EB= Ee+Ev+Ec	Esfuerzo Base (EB), es Esfuerzo por cada producto generado en las Actividades de Planificación del Proceso OPE. 1 para elaborar, modificar (Ee), verificar y/o validar (Ev) y corregir (Ec)				

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

Medidas Escogidas para la Fase de Planificación									
Qué mide		Cómo lo mide						Objetivos	Destino
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad						
Medidas asociadas al riesgo									
Proyecto	Riesgos	PRI	Escalar	Asignar una escala de probabilidad de ocurrencia de riesgos	Estima la probabilidad de que pueda ocurrir un riesgo en el transcurso del proyecto	Base	Nominal	PRC2	Mris
		ImRi		Asignar una escala del impacto del riesgo	Estima el impacto de un riesgo, si éste ocurre				
		Mris		Matriz de riesgos calculada por $PRi \times ImRi$	Al multiplicar cada valor de la escala del impacto por la de probabilidad, se genera la matriz de riesgo, la cual muestra el impacto y la probabilidad de algún riesgo	Indicador			
		R	Escalar	$R=(PRi \times ImRi)$	Muestra la probabilidad y el impacto de un riesgo específico	Base		Nominal	PRP, PRC1
Medidas asociadas al aseguramiento de calidad									
<i>Plan de Proyecto, Plan de Desarrollo</i>	Calidad	D	Defecto	D= Número de defectos	Numero de defectos encontrados en las validaciones y/o verificaciones de las Actividades de Planificación del Proceso OPE. 1	Base	Ratio	PQA	

APÉNDICE B. MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

Medidas Escogidas para la Fase de Planificación									
Qué mide		Cómo lo mide						Objetivos	Destino
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad						
Medidas asociadas al costo									
Proyecto	Costo	CTP	Moneda	$CTP = \text{Sum}(CFP)$	Costo Total del Proyecto, es la suma del Costo por Fase Planeado del Proceso OPE. 2	Derivada	Ratio	PCP	VCT
	Desempeño	PV	Hora	$PV = CActPx100/CTP$	Valor Ganado Planeado en Costo, es el porcentaje de Tiempo por Actividad Planeada con respecto al total del Proceso OPE. 2		Ratio	PCC	PVAcum, SV, SPI
		PVAcum		$PVAcum = \text{Sum}(PV)$	Valor Ganado Acumulado Planeado en Costo, es la suma de los PV's				BAC
		BAC		PVAcum al final del Proyecto	Valor Ganado Acumulado Planeado en Costo al completar el proyecto	Indicador	ETC		
Producto	Costo	CProdP	Moneda	$CProdP = TAME \times K/P$	Costo por Producto Planeado del Proceso OPE. 2, se calcula al multiplicar TAME (Que puede ser TAMEsFp, TAMEsLoc, TAMEsDoc) por la tasa salarial (K= C/Esfuerzo, es lo que cobra una persona su hora de trabajo) y dividirlo entre la Productividad Histórica (P)	Derivada	Ratio	PCP	VCProd
		CProdP		$CProdP = CeP + CvvP + CcP + (Cpu + Cpi + CPs + Ci)$	Costo por Producto Planeado del Proceso OPE. 2, es el costo por cada producto planeado por elaborar, modificar (CeP), verificar y/o validar (CvvP) y corregir defectos (CcP), para los componentes de software también se considera el costo por pruebas (unitarias CPu, de integración CPi y de sistema CPs) y el costo por integrarlos (Ci)				

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

Medidas Escogidas para la Fase de Planificación									
Qué mide		Cómo lo mide						Objetivos	Destino
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad						
Medidas asociadas al costo									
Proceso	Costo	CActP	Moneda	$CActP = EActP \times K + Cr$	Costo por Actividad Planeado del Proceso OPE. 2, es el Esfuerzo por Actividad Planeado (EActP) multiplicado por la tasa salarial (K) más el costo de reserva (Cr)	Derivada	Ratio	PCP	CFP
		CFP		$CFP = \text{Sum}(CActP)$	Costo por Fase Planeado del Proceso OPE. 2, es la suma del Costo por Actividad Planeado	Base			VCF, CTP
Medidas asociadas al tamaño									
Sistema	Tamaño	TAMeSPf	FP	Modelo de Análisis	Tamaño Estimado del sistema en Puntos de Función (FP)	Indicador	Ratio	PTP	CProdP
		TAMeSLoc	LOC	Modelo de Análisis	Tamaño Estimado del sistema en líneas de código tamaño (LOC)				
Producto	Tamaño	TAMeSDoc	Página	Estimación basada en datos históricos	Tamaño Estimado de los documentos	Base	Ratio	PTP	CProdP
<i>Plan de Proyecto, Plan de Desarrollo</i>	Tamaño	TAMdoc	Página	TAMdoc= Número de páginas	Número de páginas que componen los documentos generados por las Actividades de Planificación del Proceso OPE. 1 después de las correcciones	Base	Ratio	PT	

APÉNDICE B. MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

Medidas escogidas para las Actividades de Realización									
Qué mide		Cómo lo mide						Objetivos	Destino
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad						
Medidas asociadas al tiempo y esfuerzo									
Proceso	Tiempo	TFR	Hora	$TFR = \text{Sum}(T)$	Tiempo por Fase Real (TFR), es la suma de los Tiempos (T) de todas las actividades de una fase del Proceso OPE. 2	Derivada	Ratio	PETR	VTF,TTR
	Esfuerzo	EFR		$EFR = \text{Sum}(E)$	Esfuerzo por Fase Real (EFR), es la suma de los Esfuerzos (E) de todas las actividades de una fase del Proceso OPE. 2				VEF,ETR
Proyecto	Desempeño	EVT	Hora	$EVT = PVT$	El Valor Ganado Planeado en Tiempo (PVT) se convierte en Valor Ganado en Tiempo (EVT) sólo cuando una actividad del Proceso OPE. 2 es terminada por completo	Derivada	Ratio	PETC	EVTAcum, SVT, SPIT
		EVTAcum		$EVTAcum = \text{Sum}(EVT)$	Valor Ganado Acumulado en tiempo (EVTAcum), es la suma de los Valores Ganados en Tiempo				ETCT
Proceso	Tiempo	T	Hora	T=Tiempo en Horas	Tiempo (T) para realizar una actividad de las Actividades de Realización del Proceso OPE. 1	Base	Ratio	PET	
	Esfuerzo	E	Hora/ Hombre	$E = T \times \text{Número de Personas}$	Esfuerzo (E) para realizar una actividad de las Actividades de Realización del Proceso OPE. 1				Derivada

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

Medidas Escogidas para la Fase de Realización									
Qué mide		Cómo lo mide						Objetivos	Destino
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad						
Medidas asociadas al aseguramiento de calidad									
Proceso	Calidad	DF	Defecto	$DF = \text{Sum}(D)$	Defectos por Fase, es la suma de todos los Defectos (D) encontrados en una Fase del Proceso OPE. 2	Derivada	Ratio	PQA, PQC1	DBD, DPD
		DinF		$DinF = \text{Sum}(Din)$	Defectos Inyectados por Fase, es la suma de todos los Defectos Inyectados (Din) en una Fase del Proceso OPE. 2				DBD, EDD
		DrF		$DrF = \text{Sum}(Dr)$	Defectos Removidos por Fase, es la suma de todos los Defectos Removidos (Dr) en una Fase del Proceso OPE. 2				
Producto	Calidad	DD	Defecto/ Tamaño	$DD = D / TAMR$	Tasa de Defectos, es la cantidad de Defectos (D, puede ser Ddoc, Di, Ds, Dsw) dividida entre el Tamaño Real (TAMR, puede ser TAMReloc, TAMRefp o TAMRedoc) de un producto generado en las actividades del Proceso OPE. 2	Derivada	Ratio	PQA, PQC1	CCDD
Medidas asociadas a la productividad									
Producto	Productividad	P	Tamaño/ Esfuerzo	$P = TAMR / EB$	La Productividad (P), es el Tamaño del Producto Real (TAMR, que puede ser TAMReloc, TAMRefp o TAMRedoc) entre el Esfuerzo Base (EB) en desarrollarlo	Derivada	Ratio	PCP, PETP	EBP, CProdP

APÉNDICE B. MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

Medidas Escogidas para la Fase de Realización									
Qué mide		Cómo lo mide						Objetivos	Destino
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad						
Medidas asociadas al costo									
Proceso	Costo	CActR	Moneda	$CActR = ExK$	Costo por Actividad Real (CActR) del Proceso OPE. 2, es el Esfuerzo Real (E) multiplicado por la tasa salarial (K)	Derivada	Ratio	PCR	CFR
		CFR		$CFR = \text{Sum}(CActR)$	Costo por Fase Real (CFR), es la suma de los Costos por Actividad Reales (CActR) de una fase del Proceso OPE. 2				VCF, CTR
Producto	Costo	CProdR	Moneda	$CProdR = EB \times K$	Costo por Producto Real, es el costo por generar cada producto del Proceso OPE. 2	Derivada	Ratio	PCR	VCProd
Proyecto	Desempeño	EV	Hora	$EV = PV$	El Valor Ganado Planeado en Costo (PV) se convierte en Valor Ganado en Costo (EV), sólo cuando una actividad del Proceso OPE. 2 es terminada por completo	Derivada	Ratio	PCC	EVAcum, SV, SPI
		EVAcum		$EVAcum = \text{Sum}(EV)$	Valor Ganado Acumulado en costo, es la suma de los EV's				ETC

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

Medidas Escogidas para la Fase de Realización									
Qué mide		Cómo lo mide						Objetivos	Destino
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad						
Medidas asociadas al riesgo									
Proyecto	Riesgos	ImpCon	Escalar	Asigna un valor para el impacto de una contingencia	Se puede generar una tabla de las contingencias identificadas	Base	Nominal	PRR	Mris
		PRi		Asignar una escala de probabilidad de ocurrencia de riesgos	Estima la probabilidad de que pueda ocurrir un riesgo en el transcurso del proyecto			PRC	
		ImRi		Asignar una escala del impacto del riesgo	Estima el impacto de un riesgo, si éste ocurre			PRC	
		Mris		Matriz de riesgos calculada por $PRi \times ImRI$	Al multiplicar cada valor de la escala del impacto por la de probabilidad, se genera la matriz de riesgo, la cual muestra el impacto y la probabilidad de algún riesgo	Indicador			
		R		$R=(PRi \times ImRI)$	Muestra la probabilidad y el impacto de un riesgo específico	Derivada		PRP	

APÉNDICE B. MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

Medidas escogidas para las Actividades de Evaluación y Control									
Qué mide		Cómo lo mide						Objetivos	Destino
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad						
Medidas asociadas al tiempo y esfuerzo									
Proyecto	Tiempo	VTT	Adimensional	$VTT = (TTP - TTR) / TTP$	Análisis Variación de Tiempo Total (VTT) por el Proyecto	Indicador	Ratio	PETC	
		TTR	Hora	$TTR = \text{Sum}(TFR)$	Tiempo Total Real (TTR), es la suma de todos los Tiempos por Fase Reales (TTR) del Proceso OPE. 2	Derivada		PETR	VTT
	Desempeño	SPIT	Hora	$SPIT = EVT / PVT$	Índice de Desempeño del Tiempo (SPIT)	Indicador		PETC	EACT
		ETCT		$ETCT = TAC - EVT \text{Acum}$	Valor Ganado en Tiempo requerido para terminar el Proyecto (ETCT)				
		EACT		$EACT = PVT \text{Acum} + ETCT$	Tiempo Total Final en que se desarrollará el Proyecto (EACT)				
		SVT		$SVT = EVT - PVT$	Variación de Desempeño del Tiempo (SVT)				
	Esfuerzo	VET	Adimensional	$VET = (ETP - ETR) / ETP$	Análisis de Variación de Esfuerzo Total por el Proyecto	Indicador		PETC	
		ETR	Hora	$ETR = \text{Sum}(EFR)$	Esfuerzo Total Real (ETR), es la suma de los Esfuerzos por Fase Reales (EFR) del Proceso OPE. 2	Derivada		PETR	VET
Producto	Tiempo	VTB	Adimensional	$VTB = (TBP - TB) / TBP$	Análisis de Variación de Tiempo Base (VTB) por producto generado en el Proceso OPE. 2	Indicador	Ratio	PETC	
	Esfuerzo	VEB	Adimensional	$VEB = (EBP - EB) / EBP$	Análisis de Variación de Esfuerzo Base (VEB) por producto generado en el Proceso OPE. 2				
Medidas asociadas al riesgo									
Proyecto	Riesgos	AC	[alto, bajo, moderado]	Modelo de Análisis	Análisis Cualitativo de Riesgos	Indicador	Nominal	PRC	

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

Medidas Escogidas para la Evaluación y Control									
Qué mide		Cómo lo mide						Objetivos	Destino
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad						
Medidas asociadas al tiempo y esfuerzo									
Proceso	Variación	VTF	Adimensional	$VTF = (TFP - TFR) / TFP$	Análisis de Variación de Tiempo por Fase (VTF) del Proceso OPE. 2	Indicador	Ratio	PETC	
	Esfuerzo	VEF	Adimensional	$VEF = (EFP - EFR) / EFP$	Análisis de Variación de Esfuerzo por Fase (VEF) del Proceso OPE. 2				
Proceso	Tiempo	T	Hora	T=Tiempo en Horas	Tiempo (T) para realizar una actividad de las Actividades de Evaluación y Control del Proceso OPE. 1	Base	Ratio	PET	
	Esfuerzo	E	Hora/ Hombre	$E = T \times \text{Número de Personas}$	Esfuerzo (E) para realizar una actividad de las Actividades de Evaluación y Control del Proceso OPE. 1	Derivada			
Medidas asociadas al aseguramiento de calidad									
Proyecto	Calidad	DBD	Defecto	Modelo de Análisis	Diagrama de Barras de Defectos (DBD)	Indicador	Ratio	PQA, PQC1, PQC2	
		DPD	Defecto	Modelo de Análisis	Diagramas de Pareto (DPD)				
Producto	Calidad	CCDD	Defecto/ Tamaño	Modelo de Análisis	Carta de Control de Densidad de Defectos (CCDD)	Indicador	Ratio	PQA, PQC1, PQC2	
Proceso	Calidad	EDD	Adimensional	$EDDi = DF_i / (DF_i + DF_{sig})$	Eficacia en la Eliminación de Defectos EDD _i , donde DF _i es el número de defectos encontrados en la fase "i", DF _{sig} es el número de defectos encontrados en la Fase siguiente. Mide que tan eficaz ha sido la eliminación de defectos entre las Fases del Proceso OPE. 2	Indicador	Ratio	PQA, PQC1, PQC2	

APÉNDICE B. MEDIDAS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS

Medidas Escogidas para la Evaluación y Control									
Qué mide		Cómo lo mide						Objetivos	Destino
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Administración de Proyectos Específicos
		Clave	Unidad						
Medidas asociadas al costo									
Proyecto	Costo	VCT	Adimensional	$VCT = (CTP - CTR) / CTP$	Análisis de Variación de Costo del proyecto (VCT)	Indicador	Ratio	PCC	
		CTR	Costo	$CTR = \text{Sum}(CFR)$	Costo Total Real de proyecto (CTR), es la suma de los Costos por Fase Reales (CFR) del Proceso OPE. 2	Derivada		PCR	VCT
	Desempeño	SPI	Hora	$SPI = EV / PV$	Índice de Desempeño del Costo (SPI)	Indicador		PCC	EAC
		ETC		$ETC = BAC - EVA_{cum}$	Valor Ganado requerido para terminar el proyecto (ETC)				
		EAC		$EAC = CA_{cum} + ETC$	Costo Total Final en que se desarrollará el proyecto (EAC)				
SV	Día	$SV = EV - PV$	Variación de Desempeño del Calendario (SV)						
Producto	Costo	VCPProd	Adimensional	$VCPProd = (CProdP - CProdR) / CProdP$	Variación del Costo por Producto (VCPProd) generado en el Proceso OPE. 2	Indicador	Ratio	PCC	
Proceso	Costo	VCF	Adimensional	$VCF = (CFP - CFR) / CFP$	Variación del Costo por Fase (VCF) del Proceso OPE. 2	Indicador	Ratio	PCC	
Medidas escogidas para las Actividades de Cierre									
Qué mide		Cómo lo mide						Objetivos	
Entidad	Atributo	Medida		Método de medición	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	
		Clave	Unidad						
Medidas asociadas al tiempo y esfuerzo									
Proceso	Tiempo	T	Hora	T=Tiempo en Horas	Tiempo (T) para realizar una actividad de las Actividades de Cierre del Proceso OPE. 1	Base	Ratio	PET	
	Esfuerzo	E	Hora/Hombre	$E = T \times \text{Número de Personas}$	Esfuerzo (E) para realizar la Actividad de las Actividades de Cierre del Proceso OPE. 1	Derivada			

APÉNDICE C

REPORTES DE ACTIVIDADES Y DE SEGUIMIENTO

REPORTE DE ACTIVIDADES					
CICLO	#		CLAVE O FOLIO	clave	
PROYECTO	Nombre del Proyecto		FECHA	dd/mm/aaaa	
FASE	Nombre de la Fase				
RESPONSABLE(S)	Nombre Apellido paterno Apellido materno		ROL		
ORGANIZACIÓN	Nombre de la organización				
TIEMPO					
ACTIVIDAD	Hora Inicial	Hora Final	Interrupciones	Tiempo Efectivo	ESFUERZO
Actividad 1	Hi [HH:MM]	Hf [HH:MM]	Int [HH:MM]	$T=(Hf - Hi) - Int$	#Personas
Actividad 2	Hi [HH:MM]	Hf [HH:MM]	Int [HH:MM]	$T=(Hf - Hi) - Int$	#Personas
Actividad 2	Hi [HH:MM]	Hf [HH:MM]	Int [HH:MM]	$T=(Hf - Hi) - Int$	#Personas
:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:

APÉNDICE C. REPORTES DE ACTIVIDADES Y SEGUIMIENTO

REPORTE DE SEGUIMIENTO POR ACTIVIDADES					
CICLO	#		CLAVE O FOLIO	Clave	
PROYECTO	Nombre del Proyecto		FECHA	dd/mm/aaaa	
RESPONSABLE(S)	Nombre Apellido materno Apellido paterno		ROL	Clave del Rol	
ORGANIZACIÓN	Nombre de la Organización				
Actividad	Seguimiento	No. Persona	Tiempo	Esfuerzo	Costo
Fase 1					
Actividad 1	Planeado	#	$T_{ActP} = (T_{AcOp} + 4T_{AcAp} + T_{AcPe}) / 6$ [HH:MM]	E_{ActP} [Tiempo- NumPersonas]	$C_{ActP} = E_{ActP} \times K$
	Realizado	#	T	E	$C_{ActR} = E \times K$
Actividad 2	Planeado	#	$T_{ActP} = (T_{AcOp} + 4T_{AcAp} + T_{AcPe}) / 6$ [HH:MM]	E_{ActP} [Tiempo- NumPersonas]	$C_{ActP} = E_{ActP} \times K$
	Realizado	#	T	E	$C_{ActR} = E \times K$
Actividad 3	Planeado	#	$T_{ActP} = (T_{AcOp} + 4T_{AcAp} + T_{AcPe}) / 6$ [HH:MM]	E_{ActP} [Tiempo- NumPersonas]	$C_{ActP} = E_{ActP} \times K$
	Realizado	#	T	E	$C_{ActR} = E \times K$
:	Planeado	:	:	:	:
	Realizado	:	:	:	:
Total por Fase	Planeado		$TFP = \text{Sum}(T_{AcP})$ [HH:MM]	$FFP = \text{Sum}(E_{Ac})$	$CFP = \text{Sum}(C_{Act})$
	Realizado		$TFR = \text{Sum}(T)$	$EFR = \text{Sum}(E)$	$CFR = \text{Sum}(C_{ActR})$
	Variación		$VTF = (TFP - TFR) / TFP$	$VEF = (FFP - EFR) / FFP$	$VCF = (CFP - CFR) / CFP$

SELECCIÓN DE MEDICIONES ESTÁNDAR PARA EL MODELOS DE PROCESOS PARA LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE (MoProSoft)

REPORTE DE SEGUIMIENTO POR PRODUCTOS						
CICLO	#			CLAVE O FOLIO	Clave	
PROYECTO	Nombre del Proyecto			FECHA	dd/mm/aaaa	
FASE	NOMBRE DE LA FASE					
RESPONSABLE(S)	Nombre Apellido paterno Apellido materno			ROL	Clave del Rol	
ORGANIZACIÓN	Nombre de la Organización					
PRODUCTO	Seguimiento	TIEMPO BASE	ESFUERZO BASE	COSTO POR PRODUCTO	PRODUCTIVIDAD	DENSIDAD DE DEFECTOS
Producto X	Planeado	$TBP = TeP + TvvP + TcP$	$EBP = EeP + EvvP + EcP$ ó $EBP = TAMPxP$	$CProdP = TAMExK/P$ ó $CProdP = CeP + CvvP + CcP$	P=TAMR/EB	DD=D/TAMR
	Realizado	$TB = Te + Tvv + Tc$	$EB = Ee + Evv + Ec$	$CProdR = EBxK$		
	Variación	$VTB = (TBP - TB) / TBP$	$VEB = (EBP - EB) / EBP$	$VCProd = (CProdP - CProdR) / CProdP$		
:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:
PRODUCTO	Seguimiento	TIEMPO BASE	ESFUERZO BASE	COSTO	PRODUCTIVIDAD	
TOTAL POYECTO	Planeado	$TTP = \text{Sum}(TFP)$	$ETP = \text{Sum}(EFP)$ ó $ETP = TAMEsPfxP$ ó $ETP = TAMEsLocxP$	$CTP = \text{Sum}(CFP)$ ó $CTP = TAMEsPfxK/P$ ó $CTP = TAMEsLocxK/P$	PT=TAMRePf/TEP ó PT=TAMReLOC/ETR	
	Realizado	$TTR = \text{Sum}(TFR)$	$ETR = \text{Sum}(EFR)$	$CTR = \text{Sum}(CFR)$		
	Variación	$VTT = (TTP - TTR) / TTP$	$VET = (ETP - ETR) / ETP$	$VCT = (CTP - CTR) / CTP$		
SUMA DE DEFECTOS POR FASE						
FASE	Total	Inyectados	Removidos	Fases		
Nombre de la Fase	$DF = \text{Sum}(D)$	$DinF = \text{Sum}(Din)$	$DrF = \text{Sum}(Dr)$	Inicio		
Nombre de la Fase	$DF = \text{Sum}(D)$	$DinF = \text{Sum}(Din)$	$DrF = \text{Sum}(Dr)$	Requisito		
Nombre de la Fase	$DF = \text{Sum}(D)$	$DinF = \text{Sum}(Din)$	$DrF = \text{Sum}(Dr)$	Análisis Diseño		
:	:	:	:	Construcción		
:	:	:	:	Pruebas e Integración		
:	:	:	:	Cierre		

BIBLIOGRAFÍA

- ANSI/PMI (2004), *A Guide Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) an American National Standard*, ANSI/PMI 99-001-2004, Third Edition, Project Management Institute, Inc., United Estates of America.
- Basili, V., Shull, F. y Lanubile, F., 1999, Building knowledge through families of experiments. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 25(4), pp. 435-437.
- Basili V. y Weiss D., "A Methodology for Collecting Valid Software Engineering Data.", *IEEE Transactions on Software Engineering*. 10, pp. 728-738, (1984).
- Bansiya J. y Davis C., 2002, *A Hierarchical Model for Object-Oriented Design Quality Assessment*. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 28(1), 4-17.
- Boehm, B., Abts, C., Brown, A.W., Chulani, S., Clark, B.K., Horowitz, E., Madachy, R., Reifer, D. and Steece, B. (2000). *Software Cost Estimation with COCOMO II*. Prentice-Hall, Julio 2000.
- Briand, L., Morasca, S. y Basili, V., 1996. Property-Based Software Engineering Measurement. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 22(1), pp. 68-86.
- Brito e Abreu, F. y Carapuça, R., 1994, Object-Oriented Software Engineering: Measuring and controlling the development process. *Proceedings of the 4th International Conference on Software Quality*, McLean (USA).
- Calero, C., Ruiz, J., Piattini, M., 2005, Classifying web metrics using the web quality model. *Online Information Review*. Vol 29 No 3, pp. 227-248
- Chidamber, S. y Kemerer, C., 1994. A Metrics Suite for Object Oriented Design. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 20(6), pp. 476-493.
- Chrissis M. B., Konrad M. Shrum Sandy, 2003, *CMMI@: Guidelines for Process Integration and Product Improvement*, Addison-Wesley, 1st Edition, Carnegie Mellon Software Engineering Institute, USA.
- COSMIC, 2003, *COSMIC Measurement Manual*. The COSMIC Implementation Guide for ISO/IEC 19761:2003.
- Ebert, C., Dumke R., Bundschuh, M., Schmietendorf, A., 2004, *Best Practices in Software Measurement. How to use metrics to improve project and process performance*, 295 Seiten-Springer. Berlin, 1st Edition.
- Fenton, N. y Pfleeger, S.L., 1997, *Software Metrics: A Rigorous & Practical Approach*, PWS Publishing Company, Second Edition.

BIBLIOGRAFÍA

- Florac, W. A., Carleton, A. D., 1999. *Measuring the Software Process. Statistical Process Control for Software Process Improvement*, Addison-Wesley. United States of America, 1st Edition.
- García, F., Bertoa, M. F., Calero, C., Vallecillo, A., Ruiz, F., Piattini, M., Genero, M., 2005. Towards a consistent terminology for software measurement. *Information and Software Technology*. xx (2005), pp. 1-14
- Genero, M., Piattini and M., Coral, 2005, C., *Metrics for Software Conceptual Models*, Imperial Collage Press, UK.
- Goethert, W., Siviyy J., 2004, *Applications of the Indicator Template for Measurement and Analysis*. Technical Note Software Engineering Measurement and Analysis Initiative, Carnegie Mellon University, United States of America, pp. 1-37
- Henry, S. y Kafura, S., 1981, Software Structure Metrics Based on Information Flow. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 7(5), pp. 510-518.
- Humphrey, S.H., 2005, *PSP A Self-Improvement Process for Software Engineers*, Addison-Wesley. United States of America, 1st Edition.
- IEEE (1998), *IEEE Guide for the Use of IEEE Standard Dictionary of Measures to Produce Reliable Software*, IEEE Std. 982.2-1988, Software Engineering Standards Committee of the IEEE Computer Society, United States of America.
- IFPUG (2004), *IFPUG: Function Point Counting Practices Manual, Release 4.2*. International Function Point Users Group, USA –IFPUG, Mequon, Wisconsin, USA.
- ISO/IEC 15504-2:2003 (2001), *Software engineering — Process assessment — Performing an assessment*, International Organization for Standardization, Geneva.
- ISO/ IEC 15939:2001 (2001), *Information technology — Software engineering — Software measurement process*, V26, International Organization for Standardization, Geneva.
- Juristo, N. y Moreno, A. (2001). *Basics of Software Engineering Experimentation*. Kluwer Academic Publishers.
- Kan, S. H., 2003. *Metrics and Models in Software Quality Engineering*, Addison-Wesley. United States of America, 2nd Edition.
- Kitchenham, B., 2004. *Procedures for Performing Systematic Reviews*. Joint Technical Report Software Engineering Group, Department of Computer

BIBLIOGRAFÍA

- Science Keele University, United King and Empirical Software Engineering, National ICT Australia Ltd, Australia, pp. 1-28.
- Lorenz, M. y Kidd, J., 1994, *Object-Oriented Software Metrics: A Practical Guide*. Prentice Hall. Englewood Cliffs, Nueva Jersey.
- Marchesi M., 1998, "OOA Metrics for the Unified Modeling Language", *2nd Euromicro Conference on Software Maintenance and Reengineering*, pp. 67-73.
- McCabe, T., 1976. A Software Complexity Measure. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 2, pp. 308-320.
- NMX-I-059 (2005), Tecnología de la Información-Software-Modelos de procesos y de evaluación para desarrollo y mantenimiento de software NYCE, Diario Oficial de la Federación.
- Oktaba H., 2005, MoProSoft: A Software Process Model for Small Enterprises, Proceedings of International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings, Pittsburgh, EEUU, SPECIAL REPORT CMU/SEI-2006-SR-001.
- Perry, D., Porte, A. y Votta, L., 2000. Empirical Studies of Software Engineering: A Roadmap. Future of Software Engineering, Ed. Anthony Finkelstein, ACM, pp. 345-355.
- Pfleeger, S. L., 1997. Assessing Software Measurement. *IEEE Software*. March/April. pp. 25-26.
- Piattini, M., García, F., 2003. *Calidad en el desarrollo y mantenimiento de software*, Ra-Ma. Spain, 1st Edition.
- Poels, G. y Dedene, G., 2000. Distance-based software measurement: necessary and sufficient properties for software measures. *Information and Software Technology*, 42(1), pp. 35-46.
- Pressman, Roger S., 2005. "Ingeniería de Software: un enfoque práctico"
- Putnam, L. H. y Myers, W., 1992. *Measures for Excellence - Reliable software on time, within budget*, Prentice Hall, New Jersey.
- Raynus, J., 1999. *Software Process Improvement with CMM*, Artech House. United States of America, 1st Edition.
- Stephen H. K., 2002, *Metric and Models in Software Quality Engineering*, Addison-Wesley 2nd Edition, Boston, USA.
- Travassos G. H., Boilchi, J., Mian, P. G., Natali, A. C. C., 2005. *Systematic Review in Software Engineering*. Technical Report Programa de Engenharia de

BIBLIOGRAFÍA

Sistemas e Computação PESC, Systems Engineering and Computer Science Department COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, pp. 1-30.

Watts S. Humphrey, 2005, *PSP A Self-Improvement Process for Software Engineers*, Addison-Wesley.

Weyuker, E., 1988. Evaluating Software Complexity Measures. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 14(9), pp. 1357-1365.

Whitmire, S., 1997. *Object Oriented Design Measurement*. John Wiley & Sons, Inc.

Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlson, M., Regnell, B. y Wesslén, A., 2000. *Experimentation in Software Engineering: An Introduction*. Kluwer Academic Publishers.

Zuse, H., 1998. *A Framework of Software Measurement*. Berlin. Walter de Gruyter.