

**UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS
VICERRECTORÍA DE FORMACIÓN
DIRECCIÓN DE FORMACIÓN POSTGRADUADA**



**PSM: UNA PROPUESTA PARA LA
MEDICION DE SOFTWARE EN LA
UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMATICAS.**

**Tesis de Maestría presentada en opción al título de
Máster en Informática Aplicada**

Autor: Ing. Maypher Román Durán.

Tutor: Dra. Ailyn Febles Estrada.

Ciudad de la Habana Junio de 2007
Año 49 de la Revolución

Síntesis

Las mediciones de software han demostrado ser una herramienta efectiva que ayuda a gestionar proyectos de software, tanto para el gobierno como para la industria. Cuando se integran en la totalidad de los procesos de administración de proyectos, ayudan al administrador del mismo a identificar los riesgos; llevar el seguimiento de problemas específicos; evaluar el impacto de dichos problemas en el costo del proyecto y en el desempeño de objetivos técnicos; así como desarrollar alternativas de solución y seleccionar el mejor enfoque para corregir los problemas. Las mediciones brindan la visión que el administrador del proyecto necesita para la toma de decisiones críticas para el éxito del mismo.

En este trabajo se expone el Proceso de Mediciones Prácticas de Software y Sistemas, PSM (Practical Software and Systems Measurement), el cual establece las bases para la toma de decisiones y la comunicación a través de una organización. Se propone una metodología de trabajo para el establecimiento de una estrategia de mediciones de software, en el proceso productivo que se lleva a cabo en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI); basada en las mejores prácticas de medición de PSM, el cual ha sido adoptado por numerosas empresas en todo el mundo. También se exponen los requisitos de entrenamiento que requiere el personal involucrado en este proceso. Se estudia además la manera de incorporar dicho entrenamiento desde el pregrado y la formación postgraduada, con el fin de que los estudiantes adquirieran habilidades durante la ejecución de un programa efectivo de mediciones de software.

“la historia de la ciencia muestra que el desarrollo inicial de cualquier disciplina es puramente cualitativo, y que solo cuando emerge de este estado y pasa a la fase cuantitativa es cuando empieza a tener un lugar asegurado en la jerarquía de las ciencias establecidas”.

Economista, siglo 18

Índice

Introducción.....	1
Capítulo 1: Fundamentación Teórica.....	7
Introducción.....	7
1.1 Las disciplinas de administración cuantitativa.....	8
1.2 Estado del Arte actual.....	10
1.2.1 Empresas y organizaciones en el mundo.....	10
1.2.2 Situación de Cuba y la UCI.....	13
1.3 El Proceso PSM (Practical Software and System Measurement).....	17
1.3.1 El Proceso de mediciones de software de PSM.....	18
1.3.1.1 Actividad Ajustar las Medidas.....	20
1.3.1.2 Actividad Aplicar las Medidas.....	20
1.3.1.3 Actividad Implementar el Proceso.....	21
1.3.1.4 Actividad Evaluar la Medición.....	23
1.3.2 Los principios de medición de PSM.....	24
1.3.3 El Modelo de Información de Medición de PSM.....	24
1.3.4 El Rol de la Medición en la Gestión de Procesos.....	27
1.3.4.1 La Gestión de Procesos de Software.....	28
1.3.4.2 Responsabilidades y objetivos de la Gestión de Procesos de Software.....	29
1.3.4.3 Relaciones entre la Gestión de Procesos y la Gestión de Proyectos.....	30
1.4 Análisis entre RUP y PSM.....	31
1.5 Relación de PSM con otros estándares.....	32
1.5.1 Estándar ISO/IEC 15939.....	32
1.5.2 El área de proceso Medición y Análisis de CMMI.....	33
Conclusiones.....	35
Capítulo 2: Descripción de la Solución Propuesta.....	36
Introducción.....	36
2.1 La producción de software en la UCI.....	37
2.2 PSM en el contexto organizacional de la UCI.....	38
2.3 Aplicando PSM en la UCI.....	39
2.4 El Proceso.....	40
2.4.1 El proceso de Ajustar las Medidas.....	43
2.4.1.1 Actividad de Identificar y Priorizar Temáticas del Proyecto.....	43
2.4.1.1.1 <i>Identificar temáticas del proyecto</i>	45
2.4.1.1.2 <i>Asociar temáticas a áreas comunes de PSM</i>	46
2.4.1.1.3 <i>Priorizar temática</i>	48
2.4.1.2 Actividad de Seleccionar y Especificar Medidas del Proyecto.....	49
2.4.1.2.1 <i>Identificar Categorías de Medición</i>	52
2.4.1.2.2 <i>Seleccionar Medidas Aplicables</i>	52
2.4.1.2.3 <i>Especificar Medidas</i>	52
2.4.1.3 Actividad de Integrar dentro de los Procesos Técnicos y de Gestión.....	53
2.4.1.3.1 <i>Caracterizar el Entorno</i>	56
2.4.1.3.2 <i>Identificar Oportunidades de Medición</i>	56
2.4.1.3.3 <i>Especificar Requerimientos de Implementación de la Medición</i>	56
2.4.2 El proceso de Aplicar las Medidas.....	57
2.4.2.1 Colectar y Procesar Datos.....	58
2.4.2.1.1 <i>Colectar Datos</i>	60
2.4.2.1.2 <i>Verificar Datos</i>	61
2.4.2.1.3 <i>Normalizar Datos</i>	61

2.4.2.2 Analizar Temáticas	61
2.4.2.2.1 Indicadores	63
2.4.2.2.2 El Modelo Estructurado de Análisis	64
2.4.2.2.3 Estimación	64
2.4.2.2.4 Análisis de Viabilidad	68
2.4.2.2.5 Análisis de Desempeño	70
2.4.2.3 Hacer Recomendaciones.....	73
2.4.3 Implementar el proceso	76
2.4.3.1 Obtener Apoyo Organizacional.....	78
2.4.3.2 Definir Responsabilidades	78
2.4.3.3 Proveer Recursos	80
2.4.4 El proceso de Evaluar la Medición.....	80
2.4.4.1 Evaluar Medidas e Indicadores.....	82
2.4.4.2 Evaluar el Proceso de Medición.....	83
2.4.4.2.1 Desempeño	84
2.4.4.2.2 Conformidad	85
2.4.4.2.3 Capacidad	89
2.4.4.3 Actualizar la Base de Experiencia.....	91
2.4.4.4 Identificar e Implementar Mejoras.....	92
2.4.5 El Plan de Medición Organizacional	93
2.5 El Personal involucrado en el proceso.....	95
2.5.1 Entrenamiento y Capacitación.....	96
2.5.2 El Expediente Productivo	97
2.5.3 Identificando roles en el proceso de medición.....	99
2.6 Herramientas y Tecnologías empleadas.....	101
2.6.1 PSM Insight.....	102
2.6.2 ProcessDashBoard	102
2.6.3 Herramienta y Técnicas para encontrar causas asignables y soluciones	103
2.6.4 Repositorio de Mediciones Organizacional.....	103
2.7 Resultados esperados de PSM	105
Conclusiones.....	106
Capítulo 3: Evaluación de la Propuesta	107
Introducción.....	107
3.1 El Criterio del Panel de Expertos.....	108
3.2 Obtención del consentimiento del experto para su participación.....	108
3.3 Elaboración del cuestionario.....	108
3.4 Selección de los expertos.....	109
3.5 Resultados de la Evaluación	110
Conclusiones.....	115
Conclusiones	116
Recomendaciones	116
Referencias Bibliográficas	117
Glosario de Términos y Siglas	120
Anexo 1	122
Anexo 2	128
Anexo 3	134
Anexo 4	136
Índice.....	140
Índice de Figuras	142
Índice de Tablas	143

Índice de Figuras

Figura 1. Disciplinas de administración cuantitativa.....	8
Figura 2. Análisis de encuestas presentadas.....	16
Figura 3. El proceso de medición de PSM.....	19
Figura 4. Modelos de medición que propone PSM.....	25
Figura 5. Esbozo de la estructura de la producción.....	37
Figura 6. La medición a través de múltiples proyectos en la UCI.....	38
Figura 7. Flujo de Trabajo Mediciones de RUP, adaptado para PSM.....	41
Figura 8. Flujo de Trabajo de RUP Monitorear el Estado del Proyecto.....	42
Figura 9. Pasos de la actividad Identificar y Priorizar Temáticas del Proyecto.....	43
Figura 10. Tareas de la actividad Identificar y Priorizar Temáticas del Proyecto.....	45
Figura 11. Tareas de la actividad Seleccionar y Especificar las Medidas del Proyecto.....	50
Figura 12. Mecanismos de medición de PSM.....	51
Figura 13. Actividad de Integrar dentro de los Procesos técnicos y de Gestión.....	53
Figura 14. Tareas de la actividad Integrar dentro de los Procesos Técnicos y de Gestión. (1)	54
Figura 15. Tareas de la actividad Integrar dentro de los Procesos Técnicos y de Gestión. (2)	55
Figura 16. Tareas de la actividad Aplicar las Medidas.....	58
Figura 17. Pasos que conforman la tarea de Colectar y Procesar Datos.....	59
Figura 18. Flujo de trabajo de la tarea Colectar y Procesar Datos.....	60
Figura 19. Los tipos de análisis de datos.....	62
Figura 20. Pasos de la tarea de Estimación.....	66
Figura 21. Flujo de trabajo de las tareas de Estimación.....	66
Figura 22. Flujo de trabajo de las tareas de Análisis de Viabilidad.....	69
Figura 23. Pasos de la tarea de Análisis de Desempeño.....	70
Figura 24. Flujo de trabajo de las tareas de Análisis de Desempeño.....	71
Figura 25. Flujo de trabajo de la tarea de Hacer Recomendaciones.....	75
Figura 26. Flujo de trabajo de la actividad Implementar el Proceso.....	77
Figura 27. Flujo de trabajo de la tarea de Definir Criterios de Evaluación.....	82
Figura 28. Flujo de trabajo de la tarea de Evaluar Medidas e Indicadores.....	83
Figura 29. Flujo de trabajo de la tarea de Evaluar Desempeño del Proceso.....	85
Figura 30. Flujo de trabajo de la tarea de Evaluar Conformidad del Proceso.....	86
Figura 31. Flujo de trabajo de la tarea de Evaluar Capacidad (madurez) del Proceso.....	90
Figura 32. Flujo de trabajo de la tarea de Actualizar la Base de Experiencia.....	91
Figura 33. Flujo de trabajo de la tarea de Identificar e Implementar Mejoras.....	93
Figura 34. Vinculación en la UCI de las disciplinas de PP, IGSW y el Segundo Perfil de Calidad.....	98
Figura 35. Estructura a nivel de organizacional para la recolección y análisis de los datos.....	101
Figura 36. Estructura de un proyecto ficticio, sus roles y herramientas propuestas.....	102
Figura 37. Propuesta de Repositorio Central de Mediciones de la UCI.....	104
Figura 38. Evaluación de las actividades fundamentales identificadas por los expertos.....	111
Figura 39. Evaluación por los expertos de los criterios relacionados con la propuesta.....	113
Figura 40. El marco de medición de la norma ISO.....	122
Figura 41. Tareas de la actividad: Ajustar las Medidas.....	124
Figura 42. Tareas de la actividad: Aplicar las Medidas.....	124
Figura 43. Tareas de la actividad: Implementar el Proceso.....	125
Figura 44. Tareas de la actividad: Evaluar la Medición.....	125
Figura 45. Detalles de un Componente de Medición.....	126
Figura 46. Las relaciones entre la Gestión de Procesos y la Gestión de Proyectos.....	126

Figura 47. Estructura de la norma ISO/IEC 15939.....	127
Figura 48. Área Clave de Proceso de CMMI Medición y Análisis.....	127
Figura 49. Modelo Estructurado de Análisis.....	131

Índice de Tablas

Tabla 1. Resultados de encuesta sobre estado actual de la medición de software.....	15
Tabla 2. Priorizar cuantitativamente las temáticas.....	48
Tabla 3. Plantilla de especificación de un indicador.....	64
Tabla 4. Criterios de Evaluación asociados a las categorías de PSM.....	81
Tabla 5. Lista de Chequeo para auditar la actividad Ajustar las Medidas.....	87
Tabla 6. Lista de Chequeo para auditar la actividad Aplicar las Medidas.....	88
Tabla 7. Lista de Chequeo para auditar la actividad Implementar el Proceso.....	89
Tabla 8. Requisitos de entrenamiento de los distintos roles.....	95
Tabla 9. Cursos de entrenamiento.....	96
Tabla 10. Tabla Patrón para determinar el grado de influencia en los expertos.....	110
Tabla 11. Cálculo del nivel de competencia de los expertos.....	110
Tabla 12. Actividades fundamentales identificadas por los expertos.....	111
Tabla 13. Tabla de frecuencias acumuladas para cada criterio.....	112
Tabla 14. Criterios a evaluar relacionados con la propuesta presentada.....	112
Tabla 15. Formulario de encuesta aplicada.....	123
Tabla 16. Medidas agrupadas en categorías y áreas comunes de temáticas. Roles propuestos para su colección.....	129
Tabla 17. Plantilla y ejemplo de especificación de una medida.....	129
Tabla 18. Ejemplos de fuentes de datos.....	130
Tabla 19. Ejemplos de Lista de Chequeo para la verificación de datos.....	131
Tabla 20. Significado de las relaciones del Modelo Estructurado de Análisis.....	132
Tabla 21. Aspectos claves a considerar durante la selección del enfoque de medición.....	133
Tabla 22. Contenidos del Plan de Medición.....	133
Tabla 23. Distribución de las medidas por años.....	135
Tabla 24. Herramientas de soporte y sus respectivas funciones de medición.....	136
Tabla 25. Preguntas ayudan a seleccionar el tipo de indicador que se debe usar.....	137
Tabla 26. Caracterización de los Expertos.....	137
Tabla 27. Encuesta para determinar la competencia de los expertos.....	138
Tabla 28. Encuesta para determinar las principales actividades de medición.....	138
Tabla 29. Encuesta para validar la propuesta.....	139

INTRODUCCION

Introducción

Los sistemas informáticos actuales están incrementando su complejidad. La integración de nuevas tecnologías basadas en computadoras y la expandida dependencia en el software para implementar nuevas funciones del sistema y capacidades, ha impactado significativamente la manera en que los sistemas son desarrollados y administrados durante su ciclo de vida. Para enfrentar a estas complejidades, los administradores de proyectos han adoptado nuevas herramientas, procesos y técnicas que permitan tomar mejores decisiones en un entorno de desarrollo y de soporte rápidamente cambiante.

La medición, un elemento clave en toda disciplina de ingeniería bien establecida, se ha convertido en una herramienta primaria para los administradores de software y de sistemas de ingeniería; para asegurar que los productos que se entregan cumplen los objetivos definidos en el proyecto.

Todas las organizaciones de software exitosas implementan mediciones como parte de sus actividades cotidianas de gestión y técnicas. La medición brinda la información objetiva que ellas necesitan para la toma de decisiones, teniendo un impacto efectivo en el negocio y desempeño en la ingeniería. En estas organizaciones, la información que se deriva de las mediciones, es tratada como un recurso importante que está disponible para los especialistas a través de todos los niveles de gestión.

PSM: *Practical Software and Systems Measurement* (Mediciones Prácticas de Software y Sistemas), una fundación para la Administración Objetiva de Proyectos, presenta un probado enfoque para la definición e implementación de procesos de medición, efectivo para proyectos de software y de sistemas. El propósito de PSM es brindar a los administradores de proyectos la información cuantitativa necesaria para tomar decisiones que tengan un impacto en los costos, cronograma y objetivos técnicos de desempeño del proyecto.

PSM describe la medición como un proceso sistemático y flexible que puede ser aplicado a la Ingeniería de Software y de Sistemas, así como a actividades de gestión. Puede ser ajustado para satisfacer las necesidades específicas de información y características de cada proyecto. El proceso de medición de PSM está basado en un conjunto de principios de medición derivados de la experiencia de proyectos actuales de la industria. Esos principios representan las "mejores prácticas" de la medición. [PRACTICAL]

En Cuba son varias las empresas que se dedican profesionalmente a la producción de software y soluciones informáticas, ya sea para la propia entidad o con fines comerciales o de exportación; las universidades se incluyen en este grupo. El Control de la Calidad del proceso de producción de estos sistemas informáticos es un aspecto esencial. Contar con datos históricos que permitan a las entidades productoras de software estimar sus costos y esfuerzo a emplear, es algo que actualmente no se está llevando a la práctica. Algunos grupos de desarrollo miden las cantidades de defectos que se detectan; otros llevan un seguimiento del progreso de sus actividades planificadas y el por ciento de cumplimiento de las mismas; otros gestionan la configuración de los elementos de software; prácticamente ninguno gestiona sus riesgos; pero todas estas actividades se realizan de manera aislada, se tratan como prácticas independientes de la Ingeniería de Software que desarrolla un determinado rol dentro del equipo, y no se ve como un proceso integral que debe dirigir la organización para satisfacer sus objetivos organizacionales y poder tomar decisiones estratégicas en su proceso productivo.

La Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) fue creada durante el año académico 2002-2003 con dos principales objetivos: (1) educar a profesionales comprometidos con su patria y altamente calificados en el campo de ciencias informáticas y (2) producir software y servicios informáticos desde la relación "estudio-trabajo" como el modelo educacional. A pesar del corto período de existencia, la UCI ya se ha convertido en una fuerza importante para el desarrollo de proyectos relacionados a la informatización de sectores vitales como la Salud y Educación. También ha encontrado un lugar para la Industria del Software cubana en el mercado internacional.

La Universidad está envuelta en proyectos de producción de software para diferentes empresas, tanto nacionales como extranjeras. Cuenta con 10 facultades que participan en el desarrollo de dichos proyectos. Algunas facultades tienen asociado más de un perfil o dominio de desarrollo de soluciones informáticas, lo que posibilita cubrir un amplio espectro de producción.

La columna vertebral de la vinculación con la empresa de esta carrera está compuesta por las asignaturas que conforman las disciplinas de Práctica Profesional, Técnicas de Programación e Ingeniería y Gestión de Software; las cuales se imparten a lo largo de los 5 años de estudios.

Los estudiantes de la UCI constituyen la principal fuerza de trabajo en el proceso productivo de la Universidad. La formación desde la producción se concibe como una forma fundamental del proceso de formación en la Universidad, por lo que es necesario definir actividades de capacitación de los estudiantes en técnicas de medición de software, desde los primeros años de la carrera.

En estos momentos no se está aplicando en la Universidad, de manera formal, un Programa de Mediciones de Software. No se registran en cada uno de los diferentes proyectos que se desarrollan, los datos históricos relacionados con: el tiempo, esfuerzo, recursos empleados, costos, tecnología, defectos encontrados, entre otros aspectos. Esto implica, no solo para los líderes de proyectos sino también para los directivos de la organización, una serie de inconvenientes, entre los que se destacan que:

- No es posible realizar un análisis cuantitativo sobre la situación de uno o varios proyectos, atendiendo a determinados criterios (fiabilidad del producto, estabilidad, tamaño, incremento, complejidad, productividad, mantenimiento, calidad, satisfacción del cliente, etc.).
- Se hace difícil identificar las posibles causas que originan los problemas que se presentan en los proyectos.
- Los administradores de proyectos no son capaces de definir planes exactos basados en datos recopilados de proyectos anteriores, lo que provoca un mal empleo de los recursos y que no se pueda supervisar el progreso del proyecto contra esos planes.
- No se puede analizar cuantitativamente la disponibilidad y el grado de explotación de los recursos, tanto humanos como tecnológicos, en cada proyecto.
- No se conoce la productividad de cada miembro del proyecto en el desempeño de sus tareas, lo que lleva a una incorrecta planificación y distribución de los recursos por áreas, etc.

Esto ha provocado que tanto los directivos de la Universidad como los líderes de proyectos, apliquen medidas reactivas una vez que se presenta un determinado problema, pero no son capaces de tomar decisiones y aplicar medidas proactivas a un mediano y largo plazo. Al no contar con mediciones, la organización no puede adoptar una estrategia proactiva de gestión, ya que las mediciones fomentan el descubrimiento temprano y corrección de los problemas técnicos y de gestión, que posteriormente pueden ser más difíciles y costosos de resolver.

Las decisiones que se toman en un área usualmente tienen un impacto en otras áreas y como no se cuenta con datos históricos de mediciones de proyectos, la Universidad no puede evaluar de forma objetiva estos impactos y establecer acuerdos para alcanzar los objetivos y mejorar el desempeño de cada proyecto.

Los ejecutivos también necesitan información para identificar aspectos fuera del alcance de proyectos individuales, tales como el establecimiento de presupuestos o el retorno de la inversión. Estos aspectos pueden solo ser determinados analizando los datos de múltiples proyectos a nivel organizacional. Estas medidas pueden ser usadas para supervisar iniciativas estratégicas, estableciendo un programa cuantitativo de administración.

Una vía de solución a estos programas es a través del establecimiento formal de un programa de mediciones en la organización. En este sentido la guía de PSM describe las actividades que se deben desarrollar en un proceso de medición de software, proponiendo además casos de estudio, ejemplos, lecciones aprendidas, resultados de evaluaciones realizadas por empresas que implementan PSM. Sin embargo, a pesar de que PSM describe *qué hacer*, no especifica *cómo* desarrollar un programa de mediciones. Esta tarea debe ser desarrollada por cada empresa, definiendo su propio proceso de medición de software en dependencia de sus características y objetivos específicos.

Partiendo de lo anteriormente explicado se define el siguiente **problema científico**: *¿cómo aplicar en la Universidad de las Ciencias Informáticas un programa de medición de software, a partir de las mejores prácticas que propone PSM, atendiendo al proceso de medición, el personal involucrado y los medios necesarios para implementar el proceso?*

De acuerdo con este problema se determina que el **objeto de estudio** en esta investigación es *la disciplina de medición de software en los proyectos de desarrollo de sistemas informáticos* y como **campo de acción** *la implementación de las prácticas de medición de software propuestas por PSM en los proyectos productivos de la Universidad de las Ciencias Informáticas.*

El **objetivo** que se propone para esta investigación es *diseñar un Proceso de Mediciones de Software, basado e las mejores prácticas que propone PSM, que pueda ser utilizado en el*

proceso productivo de la Universidad de las Ciencias Informáticas, atendiendo a: los procesos, los medios necesarios para implementarlos y al personal involucrado.

Del anterior objetivo se derivan los siguientes **objetivos específicos** de la investigación:

- Definir los flujos de trabajos, actividades, artefactos y roles necesarios para desarrollar las actividades de medición en la Universidad.
- Diseñar una propuesta de capacitación en técnicas de medición de software, que pueda ser incorporada a la docencia del pregrado y a la formación postgraduada.
- Proponer un mecanismo que permita la automatización de un programa de mediciones de software en la UCI.

Para guiar el trabajo de esta investigación se identificaron las siguientes preguntas científicas:

- ¿Qué mecanismos son necesarios para implementar un proceso de medición de software en la UCI?
- ¿Qué competencias debe poseer una persona involucrada en un proceso de medición de software?
- ¿Qué medios son necesarios para soportar un proceso de medición de software?

Se realizaron una serie de tareas relacionadas con:

- Actualizar los logros y limitaciones en los enfoques existentes sobre la disciplina de medición de software, tanto a nivel nacional como internacional.
- Evaluar el estado actual de proyectos de software cubanos en cuanto al tema de las mediciones de software, a partir de entrevistas a vice-decanos de producción, líderes de proyectos y otros especialistas vinculados a la producción, tanto en la UCI como en otros centros de desarrollo de software del país.
- Analizar los elementos que contribuyen a un programa de mediciones de software y qué estén incluidos en los principales contenidos impartidos en las asignaturas que conforman el Plan de Estudios de la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas en la UCI.
- Hacer un estudio de las principales herramientas empleadas en la industria del software para la recopilación y análisis de datos de medición, que permita identificar los medios necesarios que puedan ser empleados para soportar las actividades de medición de software en la UCI.

- Evaluar el proceso de medición diseñado en esta investigación a partir del criterio de un comité de expertos cubanos que sean especialistas en temas de calidad de software.

El presente documento se divide en varios capítulos:

- El Capítulo 1 con la *Fundamentación Teórica*, donde se analiza el estado del arte actual de las mediciones de software, en el mundo y en Cuba. Se describe el Proceso de PSM, sus principios, la relación que tiene con otros estándares existentes, así como la descripción de las principales actividades de medición que propone. Se presentan las responsabilidades de la gestión de procesos y su relación con la gestión de proyectos, así como las relaciones que existen entre ellas con respecto a las actividades de medición de software. Finalmente se establece una comparación entre el Proceso Unificado de Rational (RUP) y PSM, atendiendo a las actividades de medición que ambos proponen.
- En el Capítulo 2 se hace una caracterización de la situación en la UCI con respecto a las mediciones de software en el actual proceso productivo. Se analiza la situación actual de la estructura productiva a nivel de facultades y de los proyectos. Se describe la propuesta de implantación del proceso de PSM en esta organización. Se proponen las vías para implantar un programa de mediciones de software tanto a nivel de proyectos como a nivel de facultades, especificando las actividades, herramientas a emplear, los roles involucrados, etc. Se aborda la propuesta de incorporar los contenidos necesarios que necesita poseer el personal involucrado en un proceso de mediciones de software, en la docencia del pregrado en la UCI desde el primer año de estudios; así como en la formación postgraduada. Se describe la vinculación estrecha entre las disciplinas de Práctica Profesional e Ingeniería y Gestión de Software para cumplir este objetivo. También se presenta el "Expediente Productivo" como un mecanismo docente-productivo para que el estudiante recopile y analice los datos medidos en su proyecto. Por otra parte se muestran diferentes técnicas y herramientas para recopilar, procesar y analizar de forma estadística los datos recopilados en los diferentes proyectos productivos; así como la forma en que la organización puede con ello adoptar una estrategia de gestión cuantitativa en la producción de software.
- En el Capítulo 3 se presenta la validación de la propuesta presentada, mediante el *Criterio de un Panel de Expertos*. Se realizó un análisis estadístico de la información recopilada en las encuestas aplicadas a dichos expertos, donde se evaluó cualitativa y cuantitativamente, la calidad de la propuesta presentada en este trabajo.

CAPITULO 1
Fundamentación Teórica

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

Introducción

El presente capítulo brinda una descripción general del estado del arte a nivel mundial y en Cuba con relación a las mediciones de software. Se muestran los resultados de las encuestas aplicadas en diferentes centros productores de software del país. Se describen las actividades principales que propone el proceso PSM, así como sus principios fundamentales. Por otra parte se establecen las relaciones que tiene dicho proceso con otros estándares internacionales como ISO y CMM, describiendo brevemente la naturaleza de dicha relación. Se presentan las responsabilidades de la gestión de procesos y su relación con la gestión de proyectos, así como las relaciones que existen entre ellas con respecto a las actividades de medición de software. Finalmente se establece una comparación entre el Proceso Unificado de Rational (RUP) y PSM, atendiendo a las actividades de medición que ambos proponen.

1.1 Las disciplinas de administración cuantitativa.

La medición no reemplaza otras habilidades y técnicas de administración. Es más, la medición no es efectiva si se implementa como un proceso independiente. La medición es una disciplina de soporte que ayuda al administrador del proyecto a ganar la visión necesaria para adoptar decisiones técnicas y de gestión, y muestra cuán importante es la relación entre los aspectos del software y los sistemas. La medición trabaja mejor cuando se integra con otras disciplinas de gestión del proyecto como son la gestión de riesgos y la gestión financiera. Unidas, estas disciplinas permiten al administrador, identificar y priorizar aspectos claves, monitorear su resolución, y administrar la asignación de los recursos para optimizar los costos del proyecto, el cronograma, y el desempeño técnico. [4]

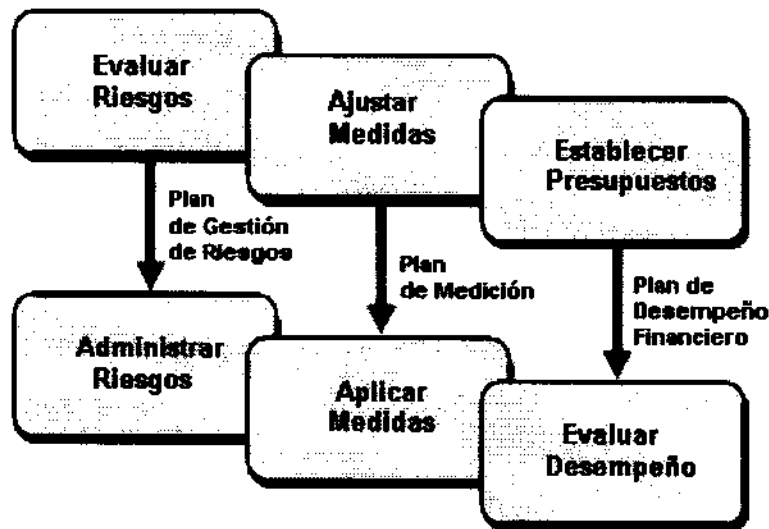


Figura 1. Disciplinas de administración cuantitativa.

Las mediciones brindan la información objetiva que ayuda al administrador del proyecto a:

- *Lograr una comunicación eficaz a lo largo de la organización.* La información efectiva reduce la ambigüedad que a menudo rodea a complejos proyectos de software. Las mediciones ayudan a los administradores: identificar, priorizar, seguir y comunicar dichas cuestiones a todos los niveles de la organización.
- *Identificar y corregir problemas tempranamente.* Las mediciones facilitan una estrategia pro-activa de administración. Los problemas potenciales son identificados así como los riesgos a ser evaluados y manejados. La medición centra su atención en el

descubrimiento temprano de problemas técnicos y de administración que mas tarde pueden ser difíciles de resolver.

- *Hacer modificaciones claves.* Cada proyecto tiene sus restricciones. Los costos, cronogramas, calidad, funcionalidad y el desempeño técnico tienen que ser gestionados para lograr el éxito del proyecto. Las decisiones en un área a menudo impactan otras áreas. Las mediciones ayudan a los administradores del proyecto a evaluar objetivamente esos impactos y hacer modificaciones para alcanzar mejor los objetivos del proyecto, incluso en proyectos con entornos altamente restringidos.
- *Seguir los objetivos específicos del proyecto.* Las mediciones describen el estado de los procesos del ciclo de vida y de los productos. Representan de manera objetiva el progreso de las actividades y la calidad de los productos.
- *Defender y justificar decisiones.* Los administradores de proyectos deben defender y justificar de forma efectiva, sus decisiones de desempeño. Las mediciones brindan una razón efectiva para seleccionar las mejores alternativas. [4]

Como cualquier herramienta de administración del proyecto, las mediciones no garantizan que el proyecto será exitoso. Sin embargo, si ayudan a que el administrador del proyecto adopte enfoques pro-activos en el choque con los aspectos críticos del proyecto de software. Las mediciones ayudan a dicho individuo, a tener éxito.

El éxito de cualquier organización de software depende de su habilidad de hacer predicciones y compromisos relacionados con los productos que produce. Los procesos efectivos de medición ayudan a los grupos de software a tener éxito, permitiéndoles comprender sus capacidades, de manera que puedan desarrollar planes alcanzables para la producción y entrega de productos y servicios. Las mediciones también permiten a las personas a detectar tendencias y anticiparse a los problemas, proporcionando así un mejor control de los costos, reducción de los riesgos, mejora de calidad y asegurando que los objetivos del negocio son alcanzados.

En resumen, los métodos de medición que identifican eventos importantes, tendencias y que de manera efectiva separan la señales de ruido, son invaluable para guiar a las organizaciones de software en la toma de decisiones.

1.2 Estado del Arte actual.

1.2.1 Empresas y organizaciones en el mundo.

QSM Inc. (Quantitative Software Management) Gestión Cuantitativa de Software

QSM es una empresa que brinda servicios de evaluación de productividad y calidad, los cuales ayudan a las empresas a obtener resultados concretos de manera rápida. Las técnicas que emplea han sido probadas y se basan en bases de datos históricas de más de más de 4,185 proyectos, con un crecimiento anual de 200-400 proyectos por año. El enfoque fundamental está basado en el trabajo de Larry Putman's, quien ha probado resultados de costos para diversos clientes desde 1978.

Los objetivos claves de los servicios de QSM son:

- Evaluar de forma rápida y segura medidas de productividad y calidad que han sido obtenidas en los diversos entornos de desarrollo de software.
- Establecer metas reales basadas en su situación actual de productividad y calidad.
- Evaluar el desarrollo de una organización y determinar su posición competitiva en el mercado.
- Brindar a las empresas bases de datos de métricas para dar seguimiento a sus acciones de mejoras en el tiempo.
- Lograr estabilidad y seguridad en la estimación de proyectos, planificación y control.
- Transferir a sus clientes el conocimiento alcanzado en la recopilación y análisis de métricas.

QSM propone un software para la gestión (Software Lifecycle Management - SLIM) que brinda soporte para la toma de decisiones en cada etapa del ciclo de vida: estimación, monitoreo y análisis de métricas. [QSM]

Software Engineering Information Repository (SEIR) Repositorio del SEI

El propósito de este sitio es brindar un forum para la contribución y el intercambio de información concerniente a las actividades de mejora de procesos. Los miembros del SEIR pueden intercambiar preguntas o consejos y contribuir con experiencias, artículos, documentos, presentaciones, vínculos Web o ejemplos para ayudarse entre si con sus esfuerzos realizados. En este proceso de compartir la información, los miembros del SEIR están construyendo una base de conocimientos en dicho repositorio para su uso futuro.

El nuevo contenido del sitio puede ser suministrado por los propios miembros del SEIR. Los resultados producen beneficios en la implementación de los actuales esfuerzos de las empresas y en la mejora de los esfuerzos futuros.

Existen más de 25 000 miembros en esta comunidad Web. El SEIR contiene 21 000 páginas Web con más de 1400 elementos de información. Nuevos elementos se añaden diariamente. El SEIR es gratuito, pero los usuarios deben estar registrados para tener acceso al mismo. [SEIR]

La información se distribuye en varias categorías asociadas con:

- Adquisición y Gestión de Riesgos.
- Modelo Integrado de Madurez y Capacidades (CMMI).
- Medición y Métricas.
- Modelo de Madurez y Capacidades de Personas (People CMM).
- Proceso de Software Personal (PSP) y en Equipos (TSP).

R. S. Pressman & Associates, Inc

La compañía R.S. Pressman & Associates ha ensamblado más de 1000 recursos de ingeniería de software ayudando a obtener información en una variedad de áreas de la ingeniería de software, entre las que se encuentran: los procesos de software, las prácticas de ingeniería de software, la ingeniería Web, la gestión de proyectos de software, mediciones de software, etc. [RS]

CMG -The Computer Measurement Group

El Grupo de Medición de Computadoras, CMG (The Computer Measurement Group) es una organización global sin ánimo de lucro, que actúa sobre acuerdos profesionales de procesamiento de datos para la medición y la gestión de sistemas de computadoras (hardware y software). Los miembros de CGM están entrenados en técnicas de evaluación de desempeño de sistemas existentes con el propósito de mejorarlos (Ej. tiempo de respuesta, rendimiento, etc.).[CGM]

The Common Software Measurement International Consortium (COSMIC)

El Consorcio común Internacional de Medición de Software (COSMIC) fue fundado en 1998 por un grupo de medidores de software experimentados de la industria y la ciencia con el propósito de diseñar y promover la segunda generación de los métodos de medición. Más de 40 personas de 8 países combinan sus esfuerzos voluntariamente y han propuestos algunos principios para los métodos de medición de tamaño funcional. [COSMIC]

German GI Interest Group on Software Metrics

Este grupo alemán tiene como intereses los fundamentos teóricos de la medición y evaluación de software así como las prácticas de implementación y los problemas que surgen con la integración en los procesos de desarrollo de software (Ej. Certificaciones, bases de datos de métricas o la experiencia de factorías). También estimula programas de investigación. Este grupo mantiene un *Laboratorio de Mediciones de Software* en la Universidad de Magdeburg, Alemania, el cual constituye un prototipo de base de datos de mediciones en Internet. El mismo permite la entrada interactiva, basada en Java, de datos de medición a partir de herramientas CAME, así como la generación de reportes. [German]

The International Function Point User Group (IFPUG)

El Grupo de Usuarios Internacional de Puntos de Función radica en los Estados Unidos y fue fundado en 1984. Ha desarrollado un método estándar con reglas para contar los Puntos de Función. Organiza conferencias anuales para la transferencia del conocimiento. Ofrece una certificación (Especialista Certificado en Puntos de Función). Personas de más de 14 países son miembros del grupo y el número crece cada año. [IFPUG]

The International Software Benchmarking Standards Group (ISBSG)

El Grupo Internacional de Acreditación de Estándar comenzó como una cooperación entre organizaciones nacionales independientes de métricas. Dichas organizaciones usan métodos de Puntos de Función para estimar el tamaño de sus proyectos. Colectan datos sobre los proyectos de software con el propósito de mejorar el desarrollo del software. La meta fundamental de ISBSG fue el desarrollo de un repositorio internacional de datos de proyectos de software. En Junio del 2003 publicaron un repositorio basado en datos recopilados en 2048 proyectos. La misión de este grupo es dar soporte a los desarrolladores de software a nivel internacional con el objetivo de mejorar las prácticas de ingeniería de software y la gestión de negocios, proporcionándoles datos que han sido estandarizados, verificados y son representativos de las tecnologías más actuales. [ISBSG]

The International Organization for Standardization (ISO)

La Organización Internacional para la Estandarización fue creada en 1947 y ha desarrollado y publicado más de 11 000 estándares internacionales en todos los dominios de la economía. El nombre ISO fue seleccionado de los griegos y significa *igual*. Este grupo es independiente de

cualquier gobierno y no pertenece a las Organización de Naciones Unidas (ONU). El trabajo de cerca de 30 000 expertos de más de 120 países en cerca de 2850 grupos de trabajo, es totalmente voluntario. [ISO]

La figura 40 del Anexo 1 resume el marco de medición de ISO, donde se muestran diferentes estándares relacionados con la medición de software tales como: ISO 15504 (estándar para determinar la capacidad, madurez y la evaluación de procesos), ISO 9001 (gestión de la calidad), ISO 14143 (mediciones de tamaño funcional), ISO 15939 (procesos de medición), ISO 12207 (ciclo de vida del sistema) y la ISO 9126 (atributos de calidad).

The Metrics Association's International Network (MAIN)

La Red Internacional de Asociaciones de Métricas fue fundada en el 2002 en Bruselas, Bélgica con el objetivo de promover, coordinar e intercambiar experiencias entre los diferentes grupos de métricas de software en todo el mundo. Se decidió intercambiar información sobre las actividades y resultados de las organizaciones internacionales IT, en coordinación con la ISO, ISBSG y otras organizaciones. MAIN es una red internacional de asociaciones autónomas de métricas de software. Este grupo apoya la creación de organizaciones de métricas de software en países donde no existen. [MAIN]

1.2.2 Situación de Cuba y la UCI.

En Cuba no es muy amplia la experiencia en aplicar prácticas de mediciones de software. Aunque de manera aislada muchas empresas desarrollan buenas prácticas para la gestión de la calidad de los productos y/o servicios que ofrecen, lo cierto es que no existe una estandarización formal de las prácticas de medición. Existen empresas como el ICID que desarrollan productos de software siguiendo la norma ISO 9000, contando de esta manera con una herramienta para el control de los defectos encontrados en las pruebas, tiempos de desarrollo de los miembros del equipo y tamaño del producto. Estos datos son registrados individualmente en el *Expediente del Ingeniero*. A pesar de ello, no utilizan esa información para evaluar sus procesos de desarrollo y la toma estratégica de decisiones; salvo para determinar el pago mensual de los trabajadores al vincular los resultados de dicho expediente a un sistema de costos de la empresa, para determinar el salario de cada empleado en dependencia del número de horas trabajadas. Si mantienen bases de datos históricas de sus proyectos lo que les permite estimar el tamaño, esfuerzos y costos de los proyectos actuales y futuros, tal y como lo sugiere el Proceso de Software Personal (PSP), logrando una planificación más real.

En el ISPJAE se desarrollan diversos productos de software para empresas cubanas, y convenios con otros países. Ningún equipo de proyecto aplica mediciones en su proyecto productivo. En dos de los cinco proyectos entrevistados, se emplean herramientas automatizadas que pueden ayudar a la recopilación de datos de medición, por ejemplo, llevan un control de la configuración de software, utilizan herramientas para gestionar los defectos encontrados en los módulos que se entregan al cliente, los reportes de dichos errores, con la descripción de los mismos, etc.; sin embargo no la emplean con el fin de contabilizar el número de defectos periódicamente. También utilizan herramientas para la planificación de las actividades durante todo el ciclo de vida. Esta situación es común tanto en el ISPJAE, como en los proyectos de la UCI. Sin embargo, a pesar de emplear dichas herramientas, desconocen que las mismas son una de las principales fuentes de datos para controlar y evaluar los procesos que desarrollan, así como proponer acciones de mejora y tomar decisiones estratégicas sobre una base objetiva.

Especialistas del Centro de Estudios de Informática de la Universidad Central de Las Villas "Martha Abreu" UCLV en Santa Clara, han desarrollado estudios de la problemática de la Gestión de la Calidad relativos a la definición de métricas de tamaño en el ámbito de la Ingeniería del Software. Uno de estos trabajos comprende una propuesta de solución automatizada que brinda la posibilidad de realizar la recolección automatizada de los tamaños de los componentes bajo control de configuración. [García]

Se aplicó una encuesta a diferentes Líderes de Proyectos o Subsistemas, Vicedecanos de Producción, Especialistas de Calidad, entre otros, con el objetivo de conocer la situación real actual que presentan los proyectos de software y sistemas que se están desarrollando en Cuba. Participaron empresas como: la UCI, el Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" (ISPJAE), SOFTEL, PROCYON y el ICID.

La tabla 15 del Anexo 1 muestra el formulario aplicado en la encuesta. Aunque la muestra estudiada no fue suficientemente grande, solamente 16 especialistas, si arrojó resultados concretos sobre la situación actual cubana en la producción de software y en especial en la medición de software, como la base para una gestión cuantitativa.

En todos los casos existe una ausencia de un proceso formal donde se defina cuáles son los objetivos de la organización y de cada proyecto, cómo medir cuantitativamente el cumplimiento de los mismos, qué medidas aplicar, cómo coleccionar los datos y qué técnicas de análisis deben aplicar para conocer si sus procesos actuales están cumpliendo con: los objetivos del proyecto atendiendo a costos, cronograma, tamaño, esfuerzo, calidad y si satisfacen las necesidades de los clientes.

A continuación se resumen los principales criterios abordados en la encuesta. Para cada criterio se enumeran la cantidad de especialistas que controlan esa información en cada uno de sus proyectos productivos:

Conocimiento de:	SI	No	Parcialmente
Tiempo real de trabajo de los miembros del equipo.	0	6	10
Productividad de cada miembro. (Ej. Min/KLOC)	3	9	4
Número de defectos encontrados, corregidos.	4	7	4
Capacidad real para estimar futuros costos, esfuerzo y tiempos de desarrollo.	3	11	2
Aplicación de técnicas de control estadístico de procesos.	0	15	1
Estado y progreso actual del proyecto con respecto al plan.	13	1	2
Tamaño actual del producto.	3	11	1
Gestión de los riesgos del proyecto.	4	9	3
Satisfacción y conformidad de sus clientes.	7	9	0

Tabla 1. Resultados de encuesta sobre estado actual de la medición de software.

La siguiente figura ilustra los resultados de la tabla anterior:

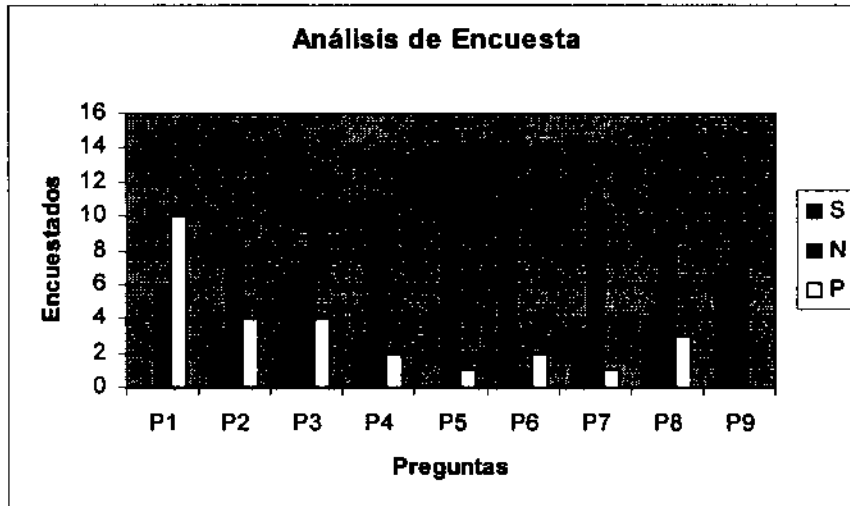


Figura 2. Análisis de encuestas presentadas.

El 38% de los proyectos encuestados no tienen un control real del tiempo que emplea cada uno de sus integrantes en el desempeño de sus actividades. El 57% de los proyectos desconoce la productividad de sus miembros. El 44% no lleva un control de los defectos encontrados. El 69% no se siente en condiciones de realizar estimaciones precisas de tiempo de desarrollo, tamaño y esfuerzo. El 94% no aplica alguna técnica estadística para el control de sus procesos. Un aspecto positivo a resaltar es que casi la totalidad de los proyectos llevan un control de la planificación de sus actividades a través de herramientas automatizadas, esto les permite determinar su estado y progreso actual. El 69% de los proyectos no es capaz de determinar el tamaño actual que su proyecto, ya sea físico o funcional. El 57% tampoco lleva el control de los riesgos de sus proyectos. En este aspecto, el resto de los proyectos afirmaron que si identificaban los riesgos al inicio del proyecto, pero realmente no les daban seguimiento durante todo el ciclo de vida. Es de destacar que la gestión de los riesgos de un proyecto, es uno de los aspectos más importantes para poder desarrollar un programa efectivo de mediciones. Finalmente el 57% de los proyectos implementan mecanismos para determinar el grado de satisfacción de sus clientes.

Como reflejan las encuestas, la situación de los proyectos en cada uno de los aspectos abordados no es muy positiva. Esto influye de manera negativa en la calidad de los productos que se desarrollan. Implantar un programa de mediciones de software en un proyecto no garantiza el desarrollo de un producto de software de calidad, pero si constituye una herramienta muy útil tanto para el administrador del proyecto, los miembros del equipo y los

ejecutivos de la organización, para gestionar la calidad de cada uno de sus procesos y productos actuales del proyecto, determinar las causas que originan los problemas y tomar acciones correctivas para eliminarlas.

1.3 El Proceso PSM (Practical Software and System Measurement).

Una de las tareas desafiantes en el desarrollo y mantenimiento de un sistema es determinar el costo crítico del proyecto, el cronograma y los objetivos técnicos. Con el aumento de la complejidad y funcionalidades de los sistemas actuales, una gestión efectiva de los esfuerzos de desarrollo y mantenimiento, es el factor clave en el éxito del proyecto.

PSM (Mediciones Prácticas de Software y Sistemas) es un proyecto que fue desarrollado para alcanzar los retos técnicos y de gestión en los actuales sistemas de software. Describe un proceso de medición dirigido por la información, que orienta las metas técnicas y de negocio de una organización. La guía de PSM representa las mejores prácticas empleadas por especialistas en medición dentro de la adquisición de software y sistemas, y las comunidades de ingeniería. Otras características de este proyecto son: [13].

- PSM es patrocinado por el Departamento de Defensa y el Ejército de los Estados Unidos. El objetivo del proyecto es suministrar a los Gerentes de Proyectos la información objetiva que necesitan para alcanzar exitosamente los costos, cronogramas y objetivos técnicos de los programas y las organizaciones.
- PSM está basado en la experiencia actual de mediciones de programas realizados por el Departamento de Defensa, el Gobierno y la Industria. Profesionales de una gran diversidad de organizaciones participan en el proyecto.
- PSM trata la medición como un proceso flexible – no una lista predefinida de gráficos y reportes. El proceso se ajusta para ser dirigido a necesidades específicas de información de software y sistemas, así como objetivos y restricciones únicas para cada programa. El proceso de medición de PSM es definido por una serie de 9 buenas prácticas llamadas *principios de medición*.
- PSM integra los requisitos de medición dentro del proceso del suministrador del software y del sistema. El conjunto de mediciones se ajusta a cada programa para asegurar que

el proceso de medición no solo tiene un costo efectivo, sino que las medidas brindan resultados significativos y útiles.

- PSM define un enfoque de análisis dirigido por la información el cual ayuda al Gerente del Proyecto a tomar decisiones relacionadas con el software y el sistema. El enfoque de análisis de PSM incorpora el uso de múltiples medidas y datos de programas no cuantitativos para identificar y evaluar las necesidades de información, incluyendo riesgos y problemas.
- PSM brinda las bases para la gestión a nivel empresarial. Está diseñado para ayudar a poner en práctica las mediciones al nivel del proyecto, proporcionando los datos necesarios para dirigir el desempeño a nivel empresarial, la mejora de procesos y solicitudes relacionadas con el negocio.

1.3.1 El Proceso de mediciones de software de PSM.

PSM ve la medición como un proceso que debe ser adaptado a las características técnicas y de gestión de cada proyecto. Dicho proceso de medición es "orientado por temáticas"; las temáticas son los objetivos, riesgos, problemas e incertidumbres que deben ser administradas para lograr el éxito del proyecto. [4]

Como se muestra en la siguiente figura, el enfoque de PSM define cuatro actividades de medición. Las primeras dos actividades: *Ajustar las Medidas* y *Aplicar las Medidas*, forman el núcleo del proceso de medición que contribuye directamente a la toma de decisiones. La tercera actividad *Implementar el Proceso*, incluye las tareas que establecen el proceso de medición dentro de la organización. La cuarta actividad, *Evaluar la Medición*, identifica las tareas de evaluación y mejora para el programa de medición en su conjunto. [4]

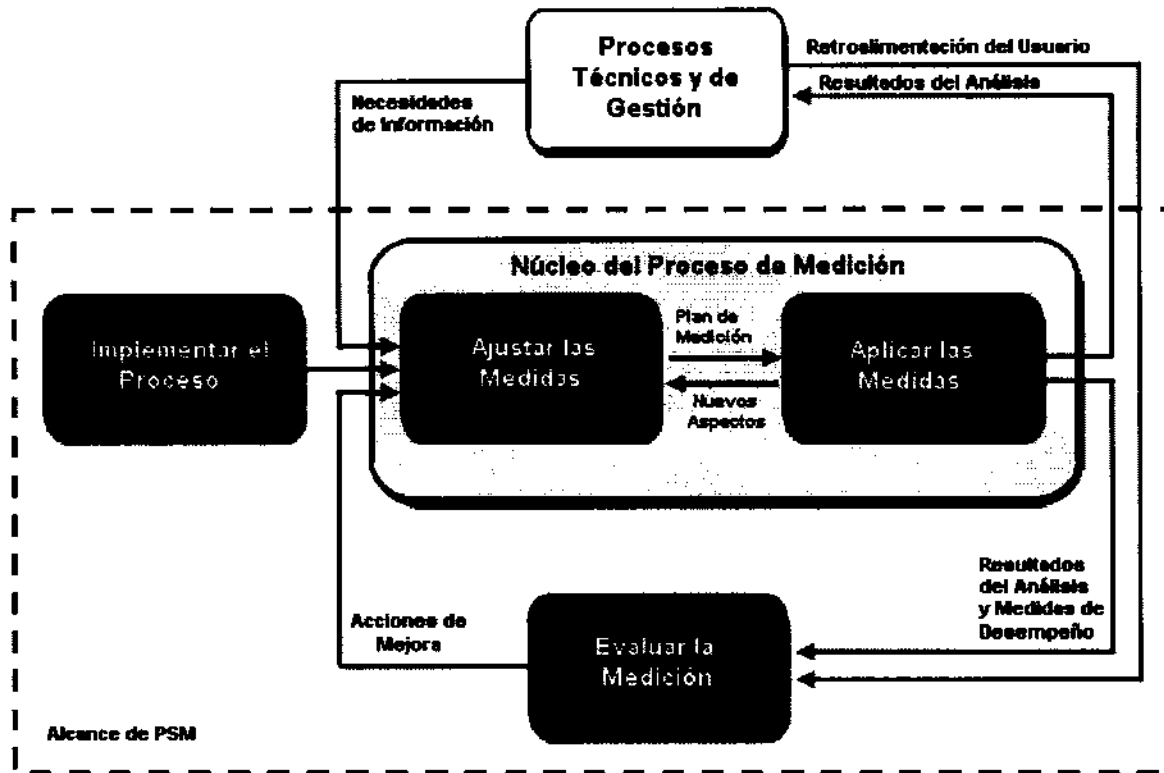


Figura 3. El proceso de medición de PSM.

La actividad de *Ajustar las Medidas* se dirige a la selección de un grupo efectivo y económico de medidas del proyecto. Esta actividad incluye identificar y priorizar las temáticas del proyecto, la selección y especificación de las medidas apropiadas y la integración de esas medidas en los procesos del ciclo de vida del proyecto. La actividad de *Aplicar las Medidas* incluye la colección, análisis y hacer recomendaciones basadas en los datos definidos en el proceso de ajuste. La actividad de *Implementar las Medidas* dirige los cambios culturales y organizacionales, necesarios para establecer un proceso de mediciones. Una implementación exitosa requiere el apoyo de administradores del proyecto y los ejecutivos, así como el de todos los miembros del equipo. La actividad de *Evaluar la Medición* evalúa el proceso de medición, las medidas, e identifica mejoras potenciales.

El proceso de medición debe integrarse dentro de los procesos del ciclo de vida de los proyectos de software y sistemas. Debido a que dichos procesos del ciclo de vida son dinámicos, el proceso de medición también debe cambiar y adaptarse con la evolución del proyecto. Las actividades de *Ajustar las Medidas* y *Aplicar las Medidas* son iterativas a través

del ciclo de vida del proyecto; las temáticas, medidas y técnicas de análisis pueden cambiar en el tiempo para satisfacer las necesidades del proyecto. [4]

1.3.1.1 Actividad Ajustar las Medidas.

El objetivo de la actividad de *Ajustar las Medidas* es definir el conjunto de medidas de software y sistemas que brinden la mejor visión de las temáticas del proyecto al menor costo posible. El *Plan de Mediciones* documenta los resultados de esta actividad.

Las temáticas del proyecto guían el proceso de medición completo. Ellas determinan cuales medidas son seleccionadas, cómo son analizados los resultados de medición y qué decisiones los administradores deben tomar. La figura 41 del Anexo 1 muestra las tareas de la actividad de *Ajustar las Medidas*.

La primera actividad es *Identificar y Priorizar las Temáticas del Proyecto* que tiene un impacto potencial en los proyectos. Las temáticas se derivan de informaciones del proyecto tales como: los objetivos, restricciones, estrategias técnicas, estimados y resultados de análisis de riesgos, así como la información general de los requerimientos.

La segunda actividad selecciona y define las medidas apropiadas a un proyecto específico. PSM brinda un marco de trabajo que asocia las temáticas del proyecto a medidas aplicables. Estas temáticas específicas de proyecto se agrupan en áreas comunes de temáticas. Estas áreas comunes facilitan asociar las temáticas a medidas potencialmente útiles, también proporcionan las bases para la comprensión de cómo estas áreas de temáticas se relacionan e influyen unas sobre otras.

La última actividad de ajuste integra las medidas dentro de los procesos técnicos y de gestión. Los procesos del ciclo de vida, las herramientas, el enfoque de desarrollo y los procesos de gestión afectan la definición y utilidad de las medidas deseadas. Las implementaciones de mediciones existentes pueden ser consideradas para que sean aplicables a las necesidades de información del proyecto. Los resultados de esta tarea de integración son documentados en el *Plan de Medición*, el mismo puede ser formal o informal dependiendo de la naturaleza del proyecto. El plan también debe incluir criterios de éxito para el programa de mediciones. [4]

1.3.1.2 Actividad Aplicar las Medidas.

Durante la actividad de *Aplicar las Medidas*, las medidas son analizadas para brindar la retroalimentación necesaria para la toma efectiva de decisiones. La información referente a los riesgos y al desempeño financiero también debe ser considerada durante la toma de decisiones. Durante esta actividad pueden surgir nuevas preguntas y pueden identificarse nuevas temáticas, causando una iteración del proceso. Las tareas relacionadas con esta actividad se muestran en la figura 42 del Anexo 1.

La colección y procesamiento de los datos de medición es un prerrequisito para analizar las temáticas del proyecto. Obtener buenos datos es la premisa de cualquier proceso de medición. El término "dato" en este contexto incluye estimados, planes y datos históricos; así como datos que caracterizan las actividades actuales y los productos. Los datos deben reflejar la naturaleza de los productos y los procesos técnicos y de gestión. Los pasos claves en la colección y procesamiento de datos son: acceder a los datos, su verificación y normalización.

Durante la tarea de *Analizar las Temáticas* se generan a partir de los datos los indicadores de medición. Un indicador es una medida o combinación de medidas que brindan visión dentro de la temática del software, sistema o concepto. Este proceso conlleva a la cuantificación del estado del proyecto en relación con los objetivos, el cálculo de los estimados para completar y evaluar las temáticas conocidas. Este análisis se basa tanto en la información del proyecto como de la medición. Los resultados de la medición no pueden estar aislados; solo la integración de datos cuantitativos y cualitativos produce una verdadera visión del proyecto. Los resultados del análisis son la base para identificar nuevas temáticas y tomar acciones correctivas.

El propósito de la medición es ayudar a los administradores de proyectos a tomar mejores decisiones. La tarea *Hacer Recomendaciones* incluye dos pasos fundamentales: reportar la información de la medición a aquellos que toman las decisiones e identificar cursos alternativos de acciones. El administrador es el responsable de tomar las decisiones apropiadas, basado en esa información. [4]

1.3.1.3 Actividad Implementar el Proceso.

Implementar un proceso de medición dentro de una organización es similar a implementar cualquier iniciativa o función. La medición representa un cambio significativo en cómo una

organización conduce su negocio. La resistencia generada por este cambio, debe ser tratada directamente. Tres actividades claves soportan la implementación de las mediciones en una organización, las mismas se ilustran en la figura 43 del Anexo 1.

La primera tarea es *Obtener Apoyo Organizacional*. Esto incluye generar el soporte para la medición a todos los niveles dentro de la organización. La gestión de medición “asignada” raramente tiene éxito sin el apoyo organizacional. Los miembros de la organización a todos los niveles necesitan comprender cómo la medición beneficiará directamente sus proyectos y procesos de trabajo. Como parte de esta tarea, deben ser identificadas las temáticas y las necesidades de información, a nivel de empresa u organización.

La segunda tarea es identificar y asignar dentro de la organización las responsabilidades relacionadas con la medición. Las posiciones claves que son generalmente responsables de la medición incluyen: los administradores de proyectos y de la organización, los analistas de medición y otros miembros del personal técnico y administrativo involucrado con la adquisición y las actividades de desarrollo. Es importante definir quién es responsable de cada parte del proceso de medición para lograr una implementación exitosa. Entre las posiciones típicas y las responsabilidades se incluyen las siguientes:

- **Administrador Ejecutivo:** Es generalmente un administrador organizacional o empresarial responsable de múltiples proyectos. Este administrador define el desempeño de alto nivel y los objetivos del negocio, y asegura que los proyectos individuales soportan la estrategia global organizacional. El administrador ejecutivo usa los resultados de medición para tomar decisiones al nivel organizacional o empresarial.
- **Administrador técnico de proyecto:** Esta persona o grupo de personas, generalmente nombrado “administrador de proyecto” en PSM, es responsable de identificar las temáticas, revisar los resultados de análisis y actuar en la información de la medición. Usa esta información para tomar decisiones.
- **Analista de medición:** Este rol puede ser asignado a un individuo o un equipo de personas. Las responsabilidades del analista incluyen: desarrollar el Plan de Medición del proyecto, recolectar y analizar los datos de mediciones, y reportar los resultados a toda la organización del proyecto.
- **Equipo del Proyecto:** Este es el equipo del personal del proyecto responsable por el desarrollo, operación y mantenimiento diario del software y sistemas del proyecto. El

equipo del proyecto recopila los datos de medición periódicamente y utiliza los resultados de medición para guiar las actividades de ingeniería.

La tercera tarea, *Proporcionar los Recursos*, involucra la adquisición de las herramientas necesarias y el personal para implementar el proceso de medición dentro de la organización. [4]

1.3.1.4 Actividad Evaluar la Medición.

La última actividad principal en el proceso de medición incluye evaluar el programa de medición e identificar las mejoras. En la figura 44 del Anexo 1 se ilustran las cuatro tareas que conforman esta actividad.

La primera tarea es evaluar las medidas, indicadores y resultados de medición. Idealmente, esta evaluación está basada en criterios de éxito que fueron desarrollados durante la actividad de *Ajustar las Medidas*. La evaluación puede incluir una revisión de los resultados de análisis para evaluar su ajuste al propósito, exactitud y fiabilidad.

La segunda tarea es *Evaluar el Proceso de Medición*. Esta involucra tres dimensiones: evaluación del desempeño cuantitativo de los procesos, evaluación de la conformidad del proceso de medición según el plan y evaluar la capacidad de medición con relación a un estándar.

La tercera tarea es *Actualizar la Base de Experiencia* con lecciones aprendidas. El alcance de las lecciones aprendidas debe incluir tanto el proceso de medición como las medidas e indicadores. Esta tarea considera tanto las fortalezas como debilidades del enfoque de medición, capturando qué no funcionó apropiadamente y qué sí. Las tablas de Temática-Categoría-Medidas brindan un marco de trabajo para construir la base de experiencia.

La última tarea en esta actividad es identificar cambios (mejoras) para el proceso de medición. Esos cambios pueden localizar los cuellos de botellas, tomar ventaja de las oportunidades de mejora, o adoptar lecciones aprendidas. Usualmente los cambios son implementados ajustando el *Plan de Medición* a través de la actividad de *Ajustar las Medidas*. [4]

1.3.2 Los principios de medición de PSM

Cada proyecto se caracteriza por atributos técnicos y de administración diferentes, así como objetivos únicos del software. PSM explica cómo ajustar y aplicar un programa de mediciones para satisfacer las necesidades de información del proyecto. Para lograr esto, PSM define nueve principios que describen las características de un programa efectivo de medición: [4]

1. Emplear acciones y objetivos para dirigir los requisitos de medición.
2. Definir y recopilar medidas basadas en los procesos técnicos y de administración.
3. Recopilar y analizar datos a un nivel de detalle suficiente para identificar y aislar los problemas.
4. Implementar una capacidad de análisis independiente.
5. Usar un proceso de análisis sistemático para supervisar las medidas utilizadas en la toma de decisiones.
6. Interpretar los resultados de medición en el contexto de la información de otros proyectos.
7. Integrar la medición en el proceso de gestión del proyecto durante todo su ciclo de vida.
8. Emplear el proceso de medición como una base para una comunicación objetiva.
9. Enfocarse inicialmente en el análisis al nivel del proyecto.

1.3.3 El Modelo de Información de Medición de PSM.

El *Modelo de Información de Medición* es uno de los conceptos fundamentales inherentes a un programa exitoso de medición. Este modelo es un mecanismo para vincular las necesidades de información definidas, a los procesos de software del proyecto y productos; así como a las entidades que pueden realmente ser medidas. Establece además, una estructura definida para relacionar *conceptos medibles* y brinda una base para comunicar de forma precisa dentro de la organización, los resultados medidos.

El *Modelo de Información de Medición* proporciona una estructura para relacionar necesidades de información, medidas y productos de información. El *Modelo de Proceso de Medición* trabaja en conjunto con el *Modelo de Información de Medición*, brindando un marco de trabajo de aplicación para implementar las mediciones en el proyecto. Ambos modelos trabajan juntos para

definir un programa de medición apropiado para cada proyecto individual. Además, ambos establecen un enfoque de medición que captura la experiencia de principios aprendidos en mediciones de software realizadas previamente. Juntos, brindan las bases para un efectivo programa de mediciones. [3]

La mayoría de las *necesidades de información* de proyectos de software pueden ser organizadas en *categorías comunes de información*. PSM hace uso de estas categorías para identificar y priorizar las necesidades específicas de información de un proyecto. La figura 4 muestra estas categorías comunes de información, así como las cuatro actividades primarias que se incluyen en el *Modelo de Proceso de Medición*: (1) Planificar la Medición, (2) Ejecutar la Medición, (3) Evaluar la Medición y (4) Establecer y Mantener Compromisos.

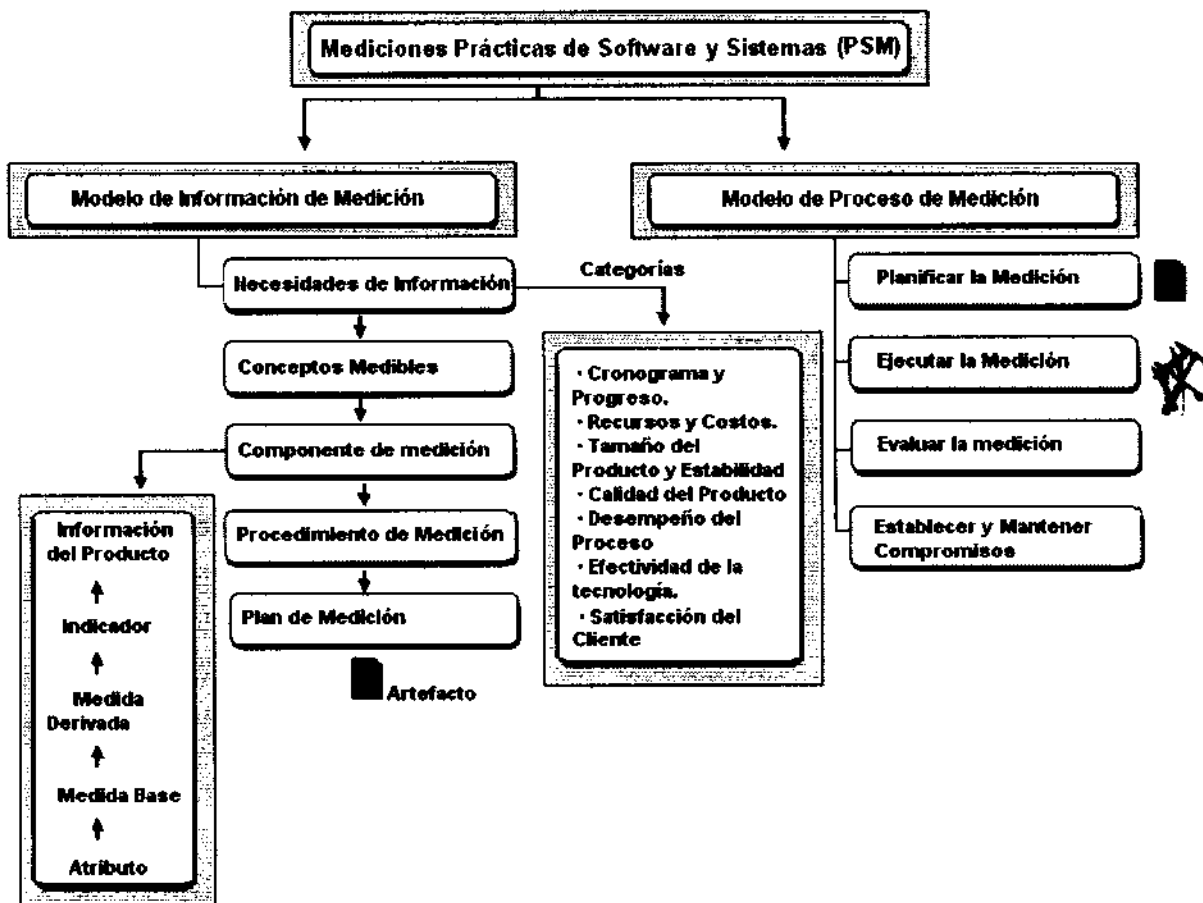


Figura 4. Modelos de medición que propone PSM.

Por su diseño, el *Modelo de Proceso de Medición* es iterativo. El mismo es definido para ser ajustado a las características y el contexto de un proyecto en particular y ser adaptable a los cambios de los requisitos de información y decisiones del proyecto. [3]

Los conceptos reflejados en el *Modelo de Información de Medición* se describen en el glosario de términos. La figura 45 del Anexo 1 muestra la estructura jerárquica del proceso de definir un *componente de medición*. Este proceso es iterativo.

A continuación se describen algunos de los conceptos reflejados en el *Modelo de Proceso de Medición*: [3]

- **Procedimiento de medición**: Describe la implementación específica de un método de medición dentro de un contexto organizacional dado. Pueden ser documentados en el *Plan de Medición*.
- **Planificar la medición**: esta actividad abarca la identificación de necesidades de información de proyecto y la selección de medidas apropiadas. Incluye tareas relacionadas con la definición de la colección de los datos, análisis y procedimientos de reporte, tareas relacionadas con la planificación para evaluar los resultados de la medición y tareas para evaluar el propio proceso de medición. Asegura que las medidas seleccionadas serán efectivas dentro del contexto del proyecto. Identifica los recursos y tecnologías necesarias para implementar un programa de mediciones en el proyecto.
- **Ejecutar la medición**: esta actividad abarca la recopilación y procesamiento de los datos de medición. Implementa el *Plan de Medición* y produce los productos de información necesarios para una efectiva toma de decisiones basadas en la medición.
- **Evaluar la medición**: esta actividad aplica técnicas de medición y análisis al propio proceso de medición. Evalúa las medidas aplicadas y la capacidad del proceso de medición y ayuda a identificar acciones asociadas de mejora. Asegura que el enfoque de medición del proyecto se actualiza continuamente para dirigir las necesidades actuales de información y promover el incremento de la madurez de los procesos de medición del proyecto y de la organización.
- **Establecer y Mantener Compromisos**: esta actividad asegura que la medición es soportada tanto al nivel del proyecto como organizacional. Brinda los recursos y la infraestructura organizacional necesaria para implementar un programa viable de medición.

1.3.4 El Rol de la Medición en la Gestión de Procesos.

La medición de software por si misma no puede resolver los problemas que comúnmente se presentan en los proyectos, pero si puede aclarar y enfocar la comprensión de los mismos. Además, cuando se realiza adecuadamente, las mediciones secuenciales de atributos de calidad de productos y procesos, brindan una base sólida para iniciar y administrar actividades de mejora.

Para poder alcanzar los objetivos del negocio, se pueden clasificar las funciones de administración en tres grandes categorías: la gestión de proyectos, la gestión de procesos y la ingeniería de productos. Estas tres funciones abordan diferentes intereses, cada uno con sus propios objetivos y características. [3]

Las organizaciones que pueden controlar sus procesos son capaces de predecir las características de sus productos y servicios, predecir sus costos y cronogramas y mejorar la efectividad, eficiencia y rentabilidad de sus negocios y operaciones técnicas. [3]

Las mediciones de atributos de procesos y productos pueden también ser usadas para cuantificar el desempeño de procesos y guiar a las empresas en hacer mejoras de procesos. Existen dos propiedades del propio proceso que son importantes para alcanzar los objetivos del negocio: *estabilidad del proceso* y *capacidad del proceso*.

La *estabilidad del proceso* constituye el núcleo de toda la gestión de procesos y los esfuerzos de mejora de los mismos. Es lo que permite actuar si los resultados son repetibles. La estabilidad posibilita predecir desempeño futuro y elaborar planes alcanzables. Además brinda las bases para separar la señal del ruido, de manera que las salidas de la estabilidad pueden ser reconocidas y convertirse en las bases para un control efectivo y acciones de mejora.

Si un proceso está en control estadístico y si una proporción suficientemente grande de los resultados cae dentro de los límites de especificación, el proceso se denomina *capaz*. Así un *proceso capaz* es un proceso *estable* cuyo desempeño satisface los requisitos del cliente. [3]

Las evaluaciones de la *estabilidad* del proceso y la *capacidad* del proceso se obtienen mediante la medición de atributos de producto y calidad de procesos, así como analizando la variabilidad y tendencia central en los resultados de medición.

1.3.4.1 La Gestión de Procesos de Software.

El término *proceso* tiene diferentes significados para diferentes personas. Por lo que es importante definir claramente el significado de esta palabra, especialmente en el contexto de desarrollo de software o entorno de soporte:

Un proceso puede ser definido como una organización lógica de personas, materiales, energía, equipamiento, y procedimientos dentro de actividades de trabajo designadas para producir un resultado final específico.
Gabriel Pall. [PRACTICAL]

La gestión de procesos de software trata sobre la administración exitosa del proceso de trabajo, asociado con el desarrollo, mantenimiento y soporte de los productos de software y sistemas. El concepto de gestión de proceso está fundado en los principios del control estadístico de procesos. Estos principios mantienen que mediante el establecimiento y mantenimiento de niveles estables de variabilidad, los procesos alcanzarán resultados predecibles. Se puede decir entonces que el proceso está bajo control estadístico. Esto fue enunciado por Walter Shewhart:

Un fenómeno se dirá que está controlado cuando, a través del uso de experiencias pasadas, podamos predecir, al menos dentro de ciertos límites, cómo el fenómeno se espera que varíe en el futuro.
Walter Shewhart., 1931. [PRACTICAL]

Los resultados predecibles no pueden ser traducidos para que representen resultados idénticos. Los resultados siempre varían, pero cuando un proceso está bajo control estadístico, estos variarán dentro de límites predecibles. Si los resultados de un proceso varían inesperadamente – ya sea aleatoria o sistemáticamente – el proceso no está bajo control, y algunos de los resultados observados tendrán causas asignables. Estas causas deben ser identificadas y corregidas antes que la estabilidad y predicción puedan ser alcanzadas.

Los procesos controlados son procesos estables y estos a su vez permiten predecir resultados. De esta manera se pueden elaborar planes alcanzables, cumplir los costos estimados y los acuerdos de planificación; así como entregar la funcionalidad y calidad requerida del producto, con una consistencia aceptable y razonable. Si un proceso controlado no es capaz de cumplir los requisitos del cliente, o los objetivos del negocio, el proceso debe ser mejorado o redefinido.

Entonces, al nivel individual, el objetivo de la gestión de procesos de software es asegurar que los procesos que se operan o supervisan son predecibles, cumplen las necesidades del cliente, y (donde sea apropiado) están continuamente siendo mejorados. [PRACTICAL]

1.3.4.2 Responsabilidades y objetivos de la Gestión de Procesos de Software.

Existen cuatro responsabilidades que son fundamentales en la gestión de procesos:

- Definir el proceso.
- Medir el proceso.
- Controlar el proceso (asegurar que la variabilidad es estable, de manera que los resultados son predecibles).
- Mejorar el proceso.

En contraste, la *Gestión de Proyectos* es responsable de velar que el producto de software es desarrollado acorde a un plan y que dicho plan es factible. Por esto, los principales objetivos de la *Gestión de Proyectos* son: establecer y alcanzar compromisos con respecto al costo, cronograma, funcionalidad entregada y tiempo de entrega. Pero sin las actividades destacadas de *Gestión de Procesos*, los administradores de proyectos asumen un riesgo significativo tanto en la definición como en el alcance de esos compromisos. [PRACTICAL]

La figura 46 del Anexo 1 muestra las relaciones entre la *Gestión de Procesos* y las responsabilidades de la *Gestión de Proyectos*. Las responsabilidades claves de la *Gestión de Procesos* son: definir, medir, controlar y mejorar el proceso. La actividad de *Ejecutar el proceso* no es una responsabilidad de la *Gestión de Procesos*, sino de la *Gestión del Proyecto*. A continuación se describen cada una de estas responsabilidades:

Definir el Proceso:

Crea un entorno disciplinado y estructurado necesario para controlar el proceso. Los objetivos claves asociados con la definición son: (1) Diseñar procesos que puedan cumplir los objetivos técnicos y del negocio; (2) Identificar y definir las temáticas, modelos y medidas que se relacionen al desempeño de los procesos; (3) Brindar la infraestructura (métodos, personas, prácticas) necesaria para soportar las actividades de software y (4) Asegurar que la

organización pueda ejecutar y mantener el proceso (habilidades, entrenamiento, herramientas, facilidades y fondos)

Medir el Proceso:

Las mediciones son la base para detectar las desviaciones en el desempeño aceptable, e identificar oportunidades de mejora de procesos. Los objetivos claves del proceso de medición son: (1) Recolectar datos que midan el desempeño de cada proceso para su posterior análisis; (2) Analizar el desempeño de cada proceso; y (3) Retener y usar los datos para: evaluar estabilidad y capacidad del proceso; interpretar los resultados de observaciones y análisis; identificar oportunidades de mejora, trazar tendencias, predecir costo y desempeño futuro.

Controlar el Proceso:

Significa mantener el proceso dentro de sus límites normales de desempeño (bajo control). Se analiza la información para identificar variaciones (anomalías) en el proceso que son debidas a causas asignables y se ejecutan acciones para eliminar las fuentes de dichas causas para estabilizar el proceso.

Mejorar el Proceso:

Aún cuando el proceso esté bajo control, puede no ser capaz de producir productos que cumplan las necesidades de los clientes o los objetivos organizacionales. Los procesos pueden ser mejorados haciendo cambios que mejoren sus capacidades actuales o mediante el reemplazo de subprocesos existentes con otros que son más efectivos o eficientes. En ambos casos, los objetivos de la mejora de proceso de una organización son: (1) Comprender las características de los procesos existentes y los factores que afectan la capacidad del proceso; (2) Planificar, justificar e implementar acciones que modificarán el proceso de forma que cumpla, mucho mejor, las necesidades del negocio y (3) Evaluar los impactos y beneficios obtenidos, así como compararlos con los costos de cambios hechos al proceso. [PRACTICAL]

1.3.4.3 Relaciones entre la Gestión de Procesos y la Gestión de Proyectos.

Como indica la figura 46 del Anexo 1, un equipo de proyecto de software desarrolla productos basados en tres ingredientes primarios: requerimientos del producto, un plan del proyecto y un proceso de software definido. Por tanto, el uso de datos de medición por la gestión del proyecto, estará guiado por sus necesidades de: (1) identificar y caracterizar requisitos; (2) preparar un

plan que refleje objetivos alcanzables; (3) implemente el plan y (4) monitorear el estado y progreso del trabajo desempeñado con respecto a las metas plasmadas en el Plan del Proyecto. [PRACTICAL]

La gestión de procesos, por otro lado, usa los mismos datos y otras mediciones relacionadas para controlar y mejorar el proceso de software en sí. Esto significa que las organizaciones pueden usar un marco de trabajo común para establecer y mantener actividades de medición que brinden los datos necesarios para ambas funciones de gestión. [PRACTICAL]

1.4 Análisis entre RUP y PSM.

RUP es el resultado de varios años de desarrollo y uso práctico en el que se han unificado técnicas de desarrollo a través del UML y el trabajo de muchas metodologías utilizadas por los clientes. La versión que se ha estandarizado vio la luz en 1998 y se conoció en sus inicios como Proceso Unificado de Rational 5.0; de ahí las siglas con las que se identifica a este proceso de desarrollo. En RUP se han agrupado las actividades en grupos lógicos definiéndose 9 flujos de trabajo principales. Los 6 primeros son conocidos como flujos de ingeniería y los tres últimos como de apoyo. El ciclo de vida de RUP se caracteriza por 3 características fundamentales: (1) Dirigido por Casos de Uso, (2) Centrado en la Arquitectura e (3) Iterativo e Incremental. [RUP]

Con respecto al tema de las mediciones de software, RUP solo contempla una actividad asociada al mismo, denominada *Desarrollar el Plan de Medición*, la cual tiene lugar durante el flujo de trabajo de *Planificación del Proyecto*. El rol que propone para desarrollar esta actividad es el *Administrador del Proyecto*.

RUP se centra en la gestión cuantitativa de un único proyecto, no es su objetivo establecer una estrategia de mediciones para la evaluación simultánea de múltiples proyectos a lo largo de una organización o empresa.

Tanto RUP como PSM incorporan la medición dentro de los procesos del ciclo de vida del software o sistema.

RUP delega toda la responsabilidad de identificar las temáticas (metas organizacionales), las métricas, medidas, los procedimientos de medición, así como la definición de las métricas, en el *Administrador del Proyecto*. Sin embargo PSM propone que además de este administrador, la

participación de especialistas en medición para que en conjunto elaboren el Plan de Medición. El *Administrador del Proyecto* sigue siendo el responsable de identificar las temáticas del proyecto.

Existen diferencias en la plantilla del Plan de Medición que propone RUP y el que propone PSM, pero realmente no son significativas, ambos recogen los aspectos esenciales para llevar a cabo un programa efectivo de mediciones de software.

1.5 Relación de PSM con otros estándares.

PSM sirvió como un documento base para el desarrollo del estándar ISO/IEC 15939, brindando detalles adicionales en las actividades y tareas presentadas en dicho estándar. Además, aporta guías detalladas de referencia que incluyen: mediciones de ejemplo, lecciones aprendidas, casos de estudio y guías de implementación. PSM, ISO/IEC 15939, y CMMI M&A contienen terminologías y actividades consistentes. El estándar internacional ISO/IEC 15939, fue también usado como documento base para la nueva área de proceso clave de CMMI: Medición y Análisis (M&A). Dicha área de procesos brinda una metodología para evaluar si el programa de mediciones del proyecto se corresponde con el estándar internacional, además de aportar información relevante en las actividades de mejora de procesos basadas en CMMI. [1]

PSM mantiene una activa vinculación con un número de organizaciones, asociaciones de estándares y agencias patrocinadoras:

- Instituto de Ingeniería de Software (SEI) – miembros de la comunidad PSM son también empleados o afiliados residentes del SEI. Dicho centro coordina sus esfuerzos de medición con el proyecto PSM.
- Esfuerzos de los Estándares ISO – algunos miembros del proyecto PSM contribuyen con el estándar de medición ISO/IEC 15939 y otros colaboran con el estándar de gestión de riesgos IEEE/ISO/IEC 16085.

1.5.1 Estándar ISO/IEC 15939

Los términos definidos en PSM se derivan del Modelo de Información de Medición documentado en el estándar internacional ISO/IEC 15939, "Procesos de Medición de Software". Dicho

estándar describe en sentido general cómo los datos son recolectados y organizados para satisfacer las necesidades de información.

El proceso de la medición del software según el estándar ISO/IEC 15939 define las siguientes actividades:

- Establecer y mantener el compromiso
- Planificar el proceso de medición
- Ejecutar el proceso de medición
- Evaluación de las medidas obtenidas

Este estándar define un proceso aplicable a todas las ingenierías relacionadas con el software y las disciplinas de gestión. La figura 47 del Anexo 1 muestra el flujo de los procesos que propone este estándar. [ISO]

1.5.2 El área de proceso Medición y Análisis de CMMI.

Como se resalta en el área de procesos *Medición y Análisis* de CMMI, las técnicas de medición y análisis son necesarias para implementar procesos de gestión de proyectos y de procesos.

El propósito de *Medición y Análisis* es desarrollar y mantener una capacidad de medición que pueda emplearse para soportar las necesidades de información de la administración. Dicha área de proceso soporta todas las demás áreas mediante una serie de prácticas que guían a los proyectos y las organizaciones en alinear sus necesidades de medición y objetivos, con un enfoque de medición que proporcione resultados que puedan ser utilizados en la toma de decisiones y en planes apropiados de acciones correctivas.

Las metas de *Medición y Análisis* son:

- Alinear las actividades de Medición y Análisis.
- Brindar resultados de medición.
- Institucionalizar un proceso gestionado.

La integración de las actividades de medición y el análisis dentro de los procesos del proyecto contribuyen a:

- Una planificación objetiva y estimación.

- Monitorear el desempeño actual contra los planes establecidos y los objetivos.
- Identificar y resolver las temáticas relacionadas con los procesos.
- Brindar las bases para incorporar la medición en los procesos futuros que sean incorporados.

La figura 48 del Anexo 1 muestra el flujo de actividades de medición que propone el área de procesos de *Medición y Análisis* de CMMI.

Conclusiones

- Las actividades de administración cuantitativa se centran en la: Gestión de Riesgos, Gestión de Medición y la Gestión Financiera.
- Las mediciones no garantizan que el proyecto será exitoso, pero si ayudan a que el administrador del proyecto adopte enfoques pro-activos en los problemas que surjan durante el proyecto de software.
- Existe un gran movimiento de organizaciones a escala internacional que promueven las buenas prácticas de medición de software. En Cuba no hay mucha experiencia en este campo.
- El proceso de medición de PSM es definido por una serie de 9 buenas prácticas, llamadas *principios de medición*.
- El enfoque de análisis de PSM incorpora el uso de múltiples medidas y datos de programas no cuantitativos para identificar y evaluar las necesidades de información, incluyendo riesgos y problemas.
- PSM brinda las bases para la gestión a nivel empresarial.
- El *Modelo de Información de Medición* proporciona una estructura para relacionar necesidades de información, medidas y productos de información. El *Modelo de Proceso de Medición* trabaja en conjunto con el *Modelo de Información de Medición*, brindando un marco de trabajo de aplicación para implementar las mediciones en el proyecto.
- Con respecto al tema de las mediciones de software, RUP solo contempla una actividad asociada al mismo, denominada *Desarrollar el Plan de Medición*, la cual tiene lugar durante el flujo de trabajo de *Planificación del Proyecto*.
- PSM sirvió como un documento base para el desarrollo del estándar ISO/IEC 15939. El estándar internacional ISO/IEC 15939, fue también usado como documento base para la nueva área de proceso clave de CMMI: Medición y Análisis (M&A).

CAPITULO 2

Descripción de la Solución Propuesta

Capítulo 2: Descripción de la Solución Propuesta

Introducción

En este capítulo se hace una caracterización de la situación en la UCI con respecto a las mediciones de software en el actual proceso productivo. Se analiza además la situación actual de la estructura productiva a nivel de facultades y de los proyectos. La propuesta de solución es descrita desde la perspectiva de las tres dimensiones críticas del proceso de desarrollo de software: el *Proceso*, el *Personal* y la *Tecnología*.

El Proceso: Se describe la propuesta de implantación del proceso de PSM en esta organización. Se proponen las vías para implantar un programa de mediciones de software tanto a nivel de proyectos como a nivel de facultades, haciendo énfasis en las actividades que deben ser ejecutadas en cada uno de los flujos de trabajos que se proponen, los artefactos que deben ser manipulados - tanto como entradas o salidas a dichas actividades - y los roles que están involucrados en el proceso. Se brindan además orientaciones, guías de referencias, plantillas y formatos que ayuden a los especialistas a ejecutar con una mayor calidad el proceso de mediciones en la UCI

El Personal: Se aborda la propuesta de incorporar los temas necesarios que requiere el estudio de un proceso de mediciones de software, en la docencia del pregrado en la UCI, desde el primer año de estudio; así como en la formación postgraduada. Se describe la vinculación estrecha entre las disciplinas de Práctica Profesional e Ingeniería y Gestión de Software para cumplir este objetivo. También se presenta el "Expediente Productivo" como un mecanismo docente-productivo donde el estudiante mida periódicamente los datos de su trabajo personal y en equipos y posteriormente pueda analizar su desempeño, productividad y calidad de su trabajo en su proyecto.

Las Herramientas: Se presentan algunas herramientas necesarias para implementar el proceso de mediciones de software en la UCI y la creación de un repositorio organizacional de mediciones. Por otra parte se muestran diferentes técnicas para realizar un control estadístico de los datos recopilados en los proyectos productivos, de forma que la organización pueda adoptar una estrategia de gestión cuantitativa en la producción de software.

2.1 La producción de software en la UCI.

La Universidad de las Ciencias Informáticas está envuelta en proyectos de producción de software para diferentes empresas. Se cuenta con 10 facultades que participan en el desarrollo de dichos proyectos de software. Cada facultad desarrolla productos de acuerdo al perfil de la misma: Informatización de la Sociedad, Multimedia, Software Libre, Redes y Seguridad Informática, Comercio Electrónico, Bioinformática, Software para la Salud, etc. Existen además otras estructuras productivas.

Cada facultad controla la calidad de sus productos a través de un Grupo de Control de la Calidad. Existe además a nivel central el Grupo de Calidad encargado del control de la calidad de todos los productos que se desarrollan en la Universidad.

En estos momentos no se está realizando de manera formal en la Universidad un Proceso de Mediciones de Software, por lo que se hace necesario definir un proceso de este tipo, e implementarlo como una disciplina clave dentro del ciclo de vida del desarrollo del software. A continuación se ilustra la estructura antes mencionada:

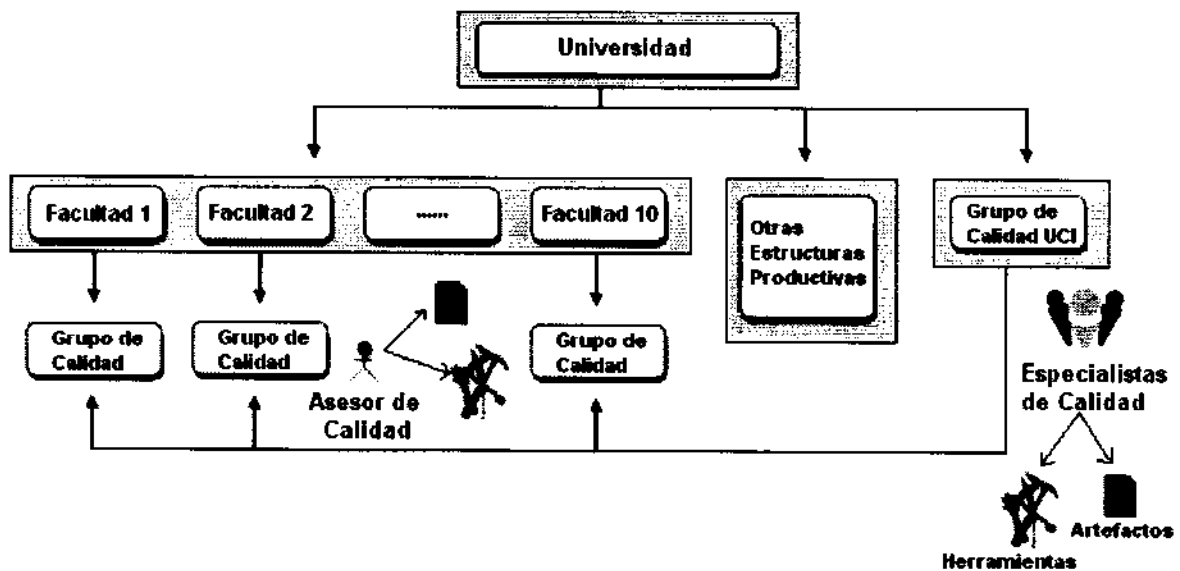


Figura 5. Esbozo de la estructura de la producción.

2.2 PSM en el contexto organizacional de la UCI.

Mientras que PSM se enfoca en ayudar a los administradores de proyectos, también puede dar soporte a los requisitos de medición a nivel organizacional y de empresa. Los directores y ejecutivos de la UCI necesitan información para identificar aspectos fuera del alcance de proyectos individuales, tales como el establecimiento de presupuestos o el retorno de la inversión. Estos aspectos pueden solo ser localizados analizando los datos de múltiples proyectos a nivel organizacional. La selección de medidas en el nivel organizacional, es similar a la del nivel de cada proyecto.

Además de los objetivos de la organización, usualmente un subconjunto de aspectos es común para todos los proyectos que se desarrollan en las diferentes facultades. Estos aspectos recurrentes producen requisitos de medición similares que pueden ser estandarizados.

Esta combinación de aspectos comunes de proyectos y objetivos estratégicos, forma la base de un conjunto de mediciones para varios niveles organizacionales y funciones. Estas medidas pueden ser usadas para supervisar iniciativas estratégicas, establecer un programa cuantitativo de administración, o calibrar modelos predictivos. [4]

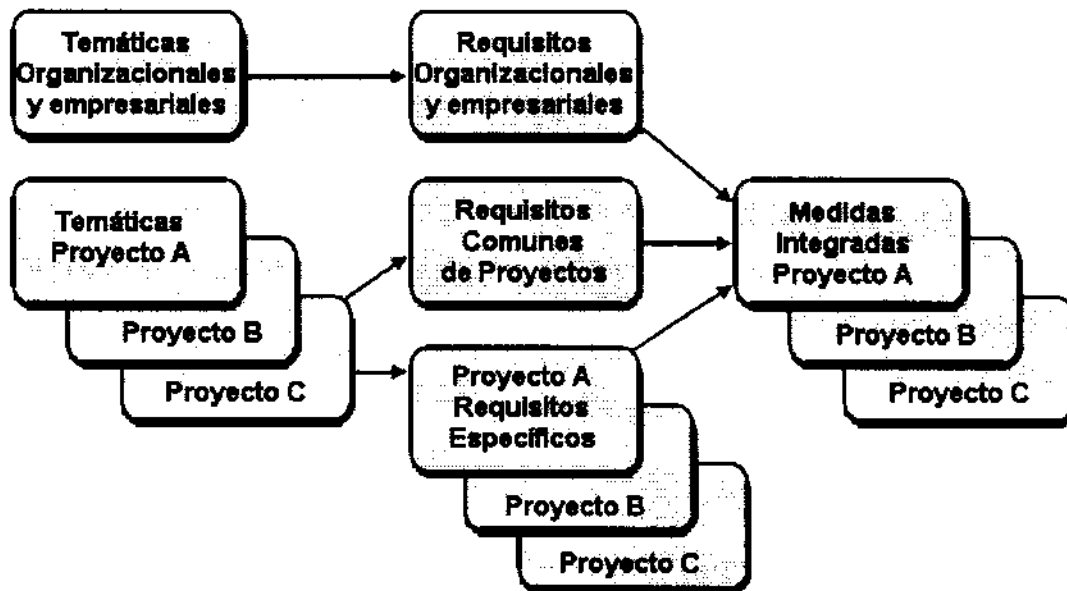


Figura 6. La medición a través de múltiples proyectos en la UCI.

Como resultado de este enfoque, las descripciones de los objetivos y factores críticos de éxito son guiados siguiendo el curso desde el nivel de la organización hasta el nivel de los proyectos en las facultades, donde son definidos los datos de medición y asociados a las temáticas. En cada nivel de la organización, la temática original puede ser reinterpretada, basada en la perspectiva particular de la Universidad y su habilidad única de contribuir a los objetivos.

Los datos de los múltiples proyectos que se desarrollan en la Universidad requieren definiciones estándar (aceptadas por múltiples usuarios); características definidas del proyecto, métodos comunes de colección de los datos, rutinas de validación, bases de datos y requisitos de acceso, fórmulas de agregación y técnicas de normalización; así como la identificación de nuevos indicadores (también aceptados por múltiples involucrados en el proceso).

2.3 Aplicando PSM en la UCI

Debido a que PSM se puede ajustar a las necesidades específicas de cada proyecto, es posible definir un proceso formal de mediciones que se adapte a los diferentes perfiles de cada una de las facultades; para llevar un control de los proyectos que se desarrollan en las mismas.

Para ajustar el Proceso de Medición que propone PSM a cada perfil de proyecto, es necesario definir una estrategia tanto a nivel de facultad, como a nivel central en la Universidad.

A continuación se definen una serie de metas propuestas, para cada uno de los aspectos claves del proceso de desarrollo de software, consideradas en la solución propuesta:

El Proceso:

- Diseñar una estructura organizativa desde el nivel central hasta el nivel de cada facultad para gestionar las medidas de los diferentes proyectos que se desarrollan.
- Identificar las medidas, indicadores, los objetivos, las metas y las necesidades de información, tanto de la Universidad como de cada facultad y sus proyectos.
- Definir y ajustar cada proceso de medición acorde a las necesidades de información y características de los perfiles de proyectos de cada facultad.
- Desarrollar *talleres de planificación de métricas*. Durante estos talleres, las necesidades de información del software son identificadas, priorizadas y documentadas. También son

identificadas las medidas necesarias para suministrar una visión de las necesidades de información seleccionadas. Los datos existentes son inventariados y se definen los requerimientos de datos para la medición. Los miembros del equipo abandonan el taller con un borrador del *Plan de Medición* y una lista de actividades bien definidas, necesarias para implementar el plan.

El Personal:

- Identificar los roles involucrados en el proceso de medición, sus responsabilidades, principales actividades y artefactos que deben ser generados.
- Capacitar al personal en las técnicas de medición de software, control estadístico de procesos, entre otros.

La Tecnología:

- Identificar las herramientas a utilizar en el proceso de medición: bases de datos, generación de reportes y gráficos, análisis estadístico, modelos de estimación, planificación de proyectos y colección de los datos.

Las siguientes secciones abordan la propuesta de implantación del proceso de PSM en la UCI, basadas en las 3 dimensiones críticas del proceso de desarrollo de software antes mencionadas.

2.4 El Proceso

A partir del análisis realizado en el Capítulo 1 con respecto a RUP y PSM, se propone en la siguiente figura un *Flujo de Trabajo de Mediciones*. En la misma se identifican cada una de las actividades que conforman este flujo. Se pueden observar los elementos que son comunes en cada una de las descripciones de ambos procesos. Se ha incorporado al mismo algunos actores propuestos por PSM y se han definido actividades de validación, lo que posibilita una conformidad con los artefactos que van siendo generados.

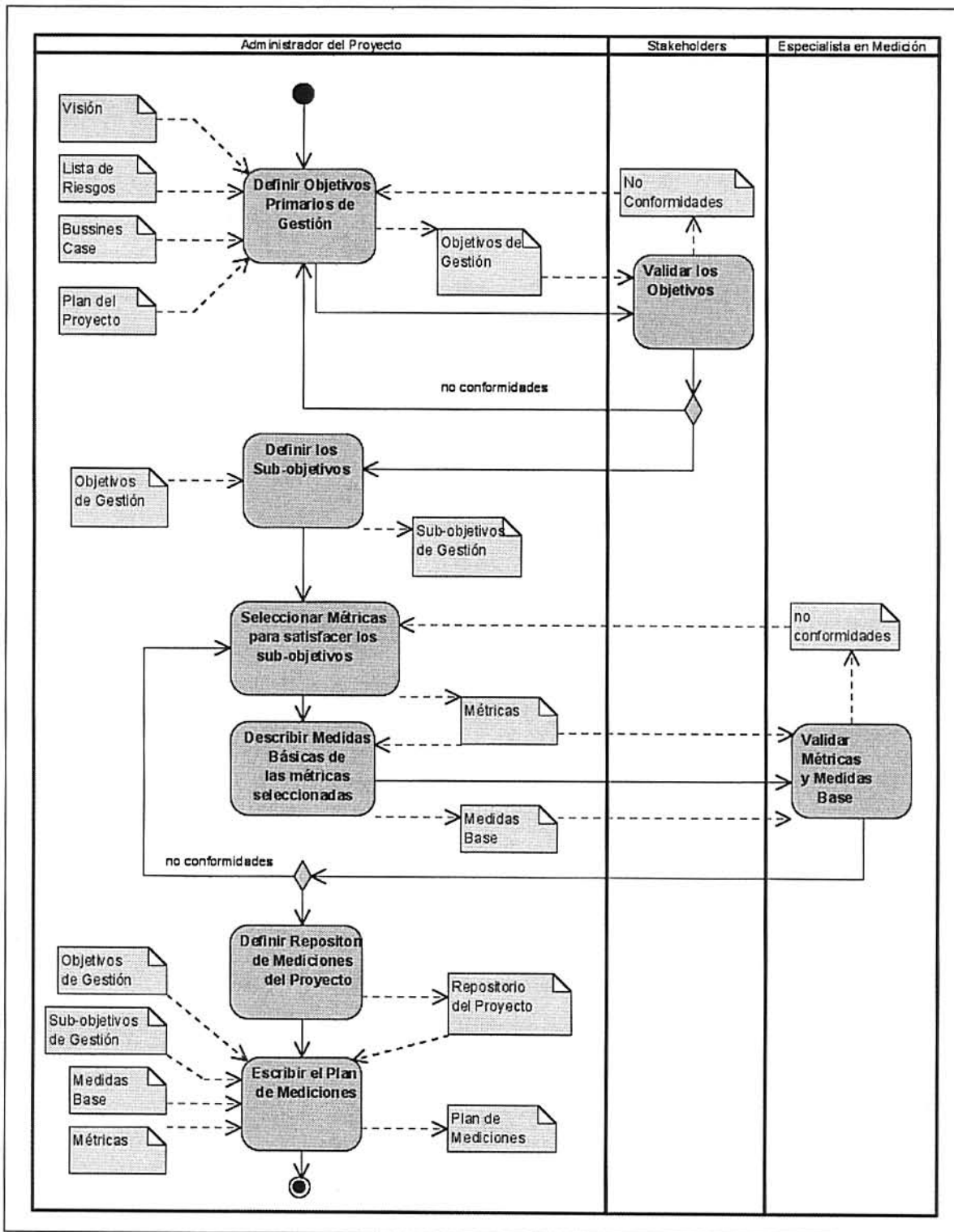


Figura 7. Flujo de Trabajo Mediciones de RUP, adaptado para PSM.

Aunque el proceso anteriormente ilustrado es propuesto como un flujo de trabajo de RUP, no contradice las actividades propuestas por PSM y es perfectamente aplicable a un proyecto donde se desee poner en práctica un programa de mediciones de software. A continuación se muestra el flujo de trabajo que se propone, los roles y los artefactos que se deben generar, durante la actividad de *Monitoreo del Estado del Proyecto* de RUP. En este caso es necesario contar con el *Repositorio de datos de mediciones* del proyecto.

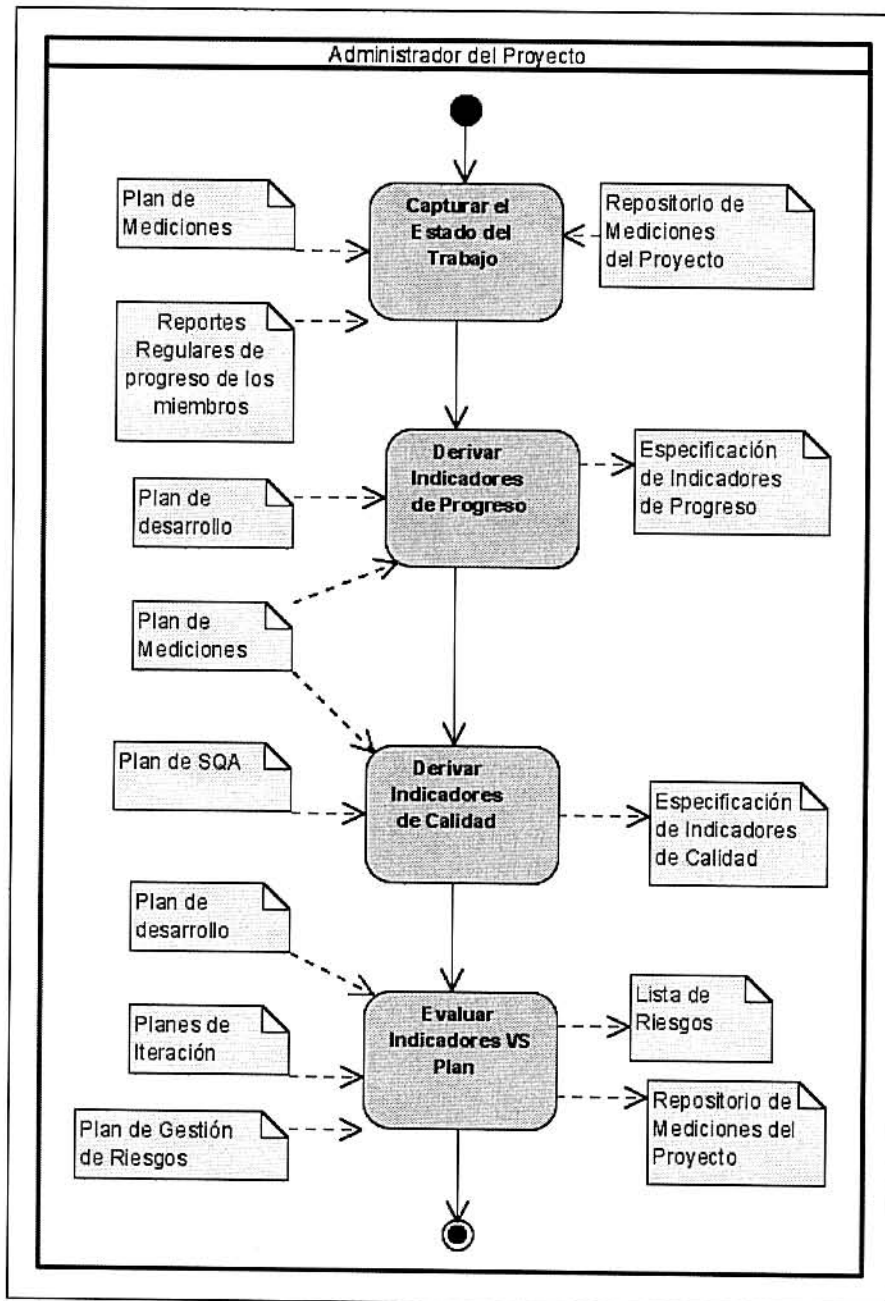


Figura 8. Flujo de Trabajo de RUP Monitorear el Estado del Proyecto.

Como se ilustra en la figura 2 del capítulo 1, el enfoque de PSM define cuatro actividades de medición: *Ajustar las Medidas*, *Aplicar las Medidas*, *Implementar el Proceso* y *Evaluar la Medición*. A continuación se describen los procesos propuestos para cada una de estas actividades.

2.4.1 El proceso de Ajustar las Medidas

El objetivo de la actividad de *Ajustar las Medidas* es definir las medidas y brindar la mejor visión de las temáticas del proyecto al menor costo posible. El enfoque de ajuste de PSM se centra en el esfuerzo y los recursos necesarios para ejecutar los procesos más importantes del proyecto. La primera tarea es identificar y priorizar las temáticas específicas del proyecto. Las temáticas se derivan de la información del contexto del proyecto, la experiencia de gestión y de los resultados de la evaluación de riesgos. Las prioridades son asignadas a cada temática para establecer su importancia en la selección de las medidas apropiadas.

2.4.1.1 Actividad de Identificar y Priorizar Temáticas del Proyecto.

La siguiente figura muestra las tareas asociadas con esta actividad.

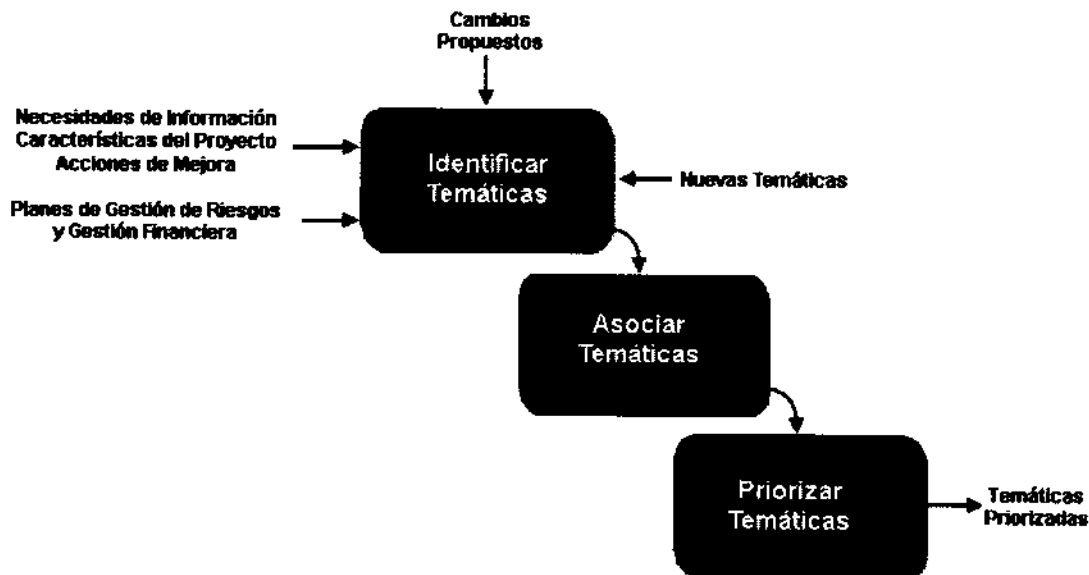


Figura 9. Pasos de la actividad Identificar y Priorizar Temáticas del Proyecto.

Primero se debe identificar temáticas potenciales empleando toda la información disponible del proyecto. Después se deben asociar las temáticas específicas de cada proyecto con las áreas comunes de temáticas de PSM. Esto permite la selección de las medidas apropiadas para cada temática. Finalmente, se debe priorizar las temáticas específicas de los proyectos. La prioridad determina el énfasis para poder medir y monitorear la temática a lo largo del proceso de medición.

En una organización como la UCI, donde hay una gran diversidad productiva, la diversidad de temáticas entre los diferentes proyectos se hace muy evidente.

A continuación se propone un flujo de trabajo, que describe el proceso propuesto que deben seguir los administradores de aquellos proyectos en las diferentes facultades de la UCI, independientemente del perfil de la misma, donde se decida adoptar el proceso de PSM. Lógicamente los resultados obtenidos y artefactos generados, de un proyecto a otro, pueden ser diferentes. Esto se debe a que cada proyecto tiene sus restricciones y objetivos propios.

En el diagrama se identifican los actores involucrados y los artefactos generados. Los artefactos que apuntan hacia una actividad sugieren que serán utilizados como entradas de la misma, no así con aquellos que se representan como salidas de una actividad.

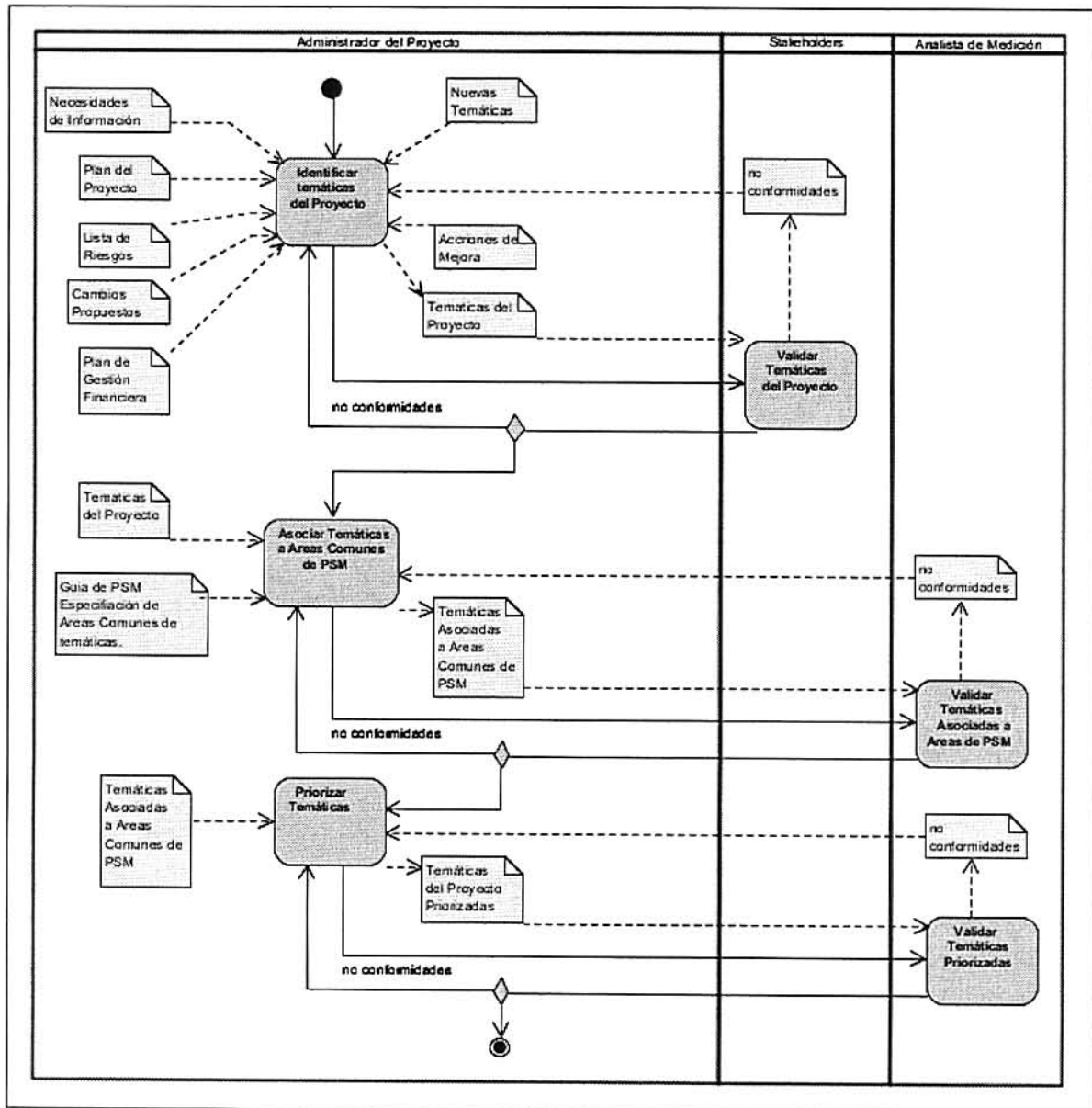


Figura 10. Tareas de la actividad Identificar y Priorizar Temáticas del Proyecto.

A continuación se describen cada una de las actividades propuestas

2.4.1.1.1 Identificar temáticas del proyecto

Las actividades de evaluación de riesgos son los contribuyentes para la identificación de las temáticas, aunque no es requerido un proceso de gestión de riesgos formal para identificar un conjunto válido de temáticas del proyecto.

Las temáticas son áreas de interés que pueden impactar el alcance de un objetivo del proyecto. Las temáticas incluyen problemas, riesgos y falta de información. Esos términos se definen como:

- **Problema:** un área de interés que el proyecto está actualmente experimentando o está relativamente propenso a su experiencia.
- **Riesgo:** un área de interés que puede ocurrir, pero que no es cierto.
- **Falta de información:** un área donde la disponibilidad de información es inadecuada para predecir fielmente el impacto del proyecto.

Identificar algo como una temática no significa que es un problema; de hecho, a través de la identificación de las temáticas y un seguimiento cuidadoso, se minimiza el potencial para problemas serios que pueden impactar negativamente en el éxito del proyecto.

Además de las temáticas identificadas al inicio del proyecto, otras nuevas pueden surgir durante el progreso del proyecto. Los factores como: nuevos requerimientos, cambios de tecnología y otros, usualmente ayudan a identificar temáticas adicionales durante el desarrollo del proyecto. Se debe revisar el proceso de medición periódicamente durante el ciclo de vida del proyecto para mantener las temáticas actualizadas.

Múltiples fuentes de información aseguran que es definido un conjunto comprensible de temáticas para los propósitos de la medición. Algunas de esas fuentes son:

- Evaluaciones de Riesgos.
- Restricciones y consideraciones del proyecto.
- Tecnologías influenciadas.
- Criterio de aceptación del producto.
- Experiencia.

2.4.1.1.2 Asociar temáticas a áreas comunes de PSM

Una vez que las temáticas específicas del proyecto han sido identificadas, el próximo paso es asociarlas a las áreas de temáticas comunes de PSM. La experiencia muestra que la mayoría de las temáticas específicas de proyectos pueden ser agrupada en "áreas de temáticas"

generales que son básicas para la mayoría de los proyectos. Las siete áreas de temáticas comunes de incluidas en PSM son:

- Cronograma y Progreso. Esta área se relaciona con el completamiento de los hitos y de los componentes del trabajo individual. Un proyecto que caiga fuera de lo planificado, debe eliminar funcionalidad o sacrificar calidad, para mantener el cronograma de entrega.
- Recursos y Costos. Esta área se relaciona con el trabajo a ser desempeñado y los recursos de personal asignados al proyecto. Un proyecto que exceda el esfuerzo presupuestado debe recuperarlo, ya sea reduciendo funcionalidad o sacrificando calidad.
- Tamaño del Producto y Estabilidad. Esta área se relaciona con la estabilidad de la funcionalidad o de la capacidad. También se relaciona con el tamaño del producto del sistema o su volumen. La estabilidad incluye cambios en el alcance o en la calidad. Un incremento o inestabilidad en el tamaño del sistema, usualmente requiere el incremento de los recursos o extender el cronograma del proyecto.
- Calidad del Producto. Esta área se relaciona con la habilidad del producto para soportar las necesidades de los usuarios dentro de los parámetros de desempeño o calidad definidos.
- Desempeño del Proceso. Esta área se relaciona con la capacidad del suministrador y de los procesos del ciclo de vida para satisfacer las necesidades del proyecto.
- Efectividad de la Tecnología. Esta área se relaciona con la viabilidad del enfoque técnico propuesto. También se relaciona con la confianza en tecnologías avanzadas de desarrollo de sistemas.
- Satisfacción del Cliente. Esta área se relaciona con la percepción del cliente del valor del producto. Los clientes se sienten satisfechos cuando los productos y servicios son entregados en tiempo, dentro del presupuesto y con una alta calidad.

Las áreas de temáticas comunes ayudan en la selección de las medidas apropiadas para cada una de las temáticas específicas del proyecto. Si no se desarrolla un análisis formal de los riesgos, entonces las siete áreas de temáticas comunes pueden ser usadas durante la planificación de la medición para asegurar que todas las necesidades importantes de información han sido consideradas.

2.4.1.1.3 Priorizar temática

Los proyectos de software y sistemas generalmente tienen varias temáticas. Las mismas deben ser priorizadas con el objetivo de asegurar que el proceso de medición se centra en las temáticas de mayor impacto para alcanzar los objetivos del proyecto.

Existen varias formas para establecer las prioridades. Las consideraciones más importantes son que las temáticas son priorizadas empleando un criterio bien definido y que la mayoría de los participantes del proyecto llegan a un consenso sobre dichas prioridades. Un enfoque similar se emplea en el cálculo de la exposición al riesgo, durante el proceso de evaluación de riesgos. En este enfoque las temáticas identificadas son subjetivamente evaluadas en términos de su impacto global en el proyecto y su probabilidad de ocurrencia. Se asignan entonces pesos numéricos a cada factor. Los pesos son multiplicados y las temáticas son ordenadas por el resultado total de exposición.

La siguiente tabla muestra un ejemplo de plantilla propuesta para que sea empleada por los administradores de proyectos de la UCI, durante la actividad de priorizar las temáticas.

Temática Específica del Proyecto	Probabilidad de Ocurrencia	Impacto Relativo	Exposición del Proyecto
Cronograma Agresivo	1.0	10	10.0
Restricciones de Presupuesto	1.0	10	10.0
Requisitos Inestables	1.0	8	8.0
Integración de subcontratados	0.7	6	5.6
Estabilidad del Personal	1.0	6	6.0
Experiencia del Personal	1.0	5	5.0
Cambios de Misión	0.7	6	4.2
Dependencias Críticas	0.5	7	3.5
Fiabilidad de los requisitos	1.0	3	3.0
Actividades concurrentes	1.0	2	2.0
Estimados cuestionables sobre el tamaño	1.0	1	1.0

Tabla 2. Priorizar cuantitativamente las temáticas.

En este ejemplo han sido identificadas 12 temáticas específicas de un proyecto. La probabilidad de ocurrencia (expresada en una escala de 0 a 1) y el impacto relativo en el proyecto (estimado en una escala de 1 a 10) han sido asignados por los participantes del equipo del proyecto y se ha calculado además la exposición al proyecto de cada temática. Los problemas conocidos tienen asignados una probabilidad de 1.0.

Priorizar las temáticas del proyecto es un proceso dinámico. Se pueden identificar temáticas adicionales una vez que el proyecto esté en plena ejecución.

2.4.1.2 Actividad de Seleccionar y Especificar Medidas del Proyecto.

La segunda actividad de ajuste es la selección de medidas apropiadas para cada una de las temáticas específicas del proyecto. Una vez que la medida es seleccionada, se debe realizar una especificación detallada de la misma. Cada medida es inicialmente asociada con una única temática para simplificar la tarea de selección; sin embargo, la mayoría de las medidas son utilizadas en conjunto con otras para brindar una visión dentro de un conjunto de temáticas del proyecto.

A continuación se muestra el diagrama de flujo propuesto para ser desarrollado en los proyectos productivos de la UCI, identificando los actores involucrados y los artefactos que deben ser generados.

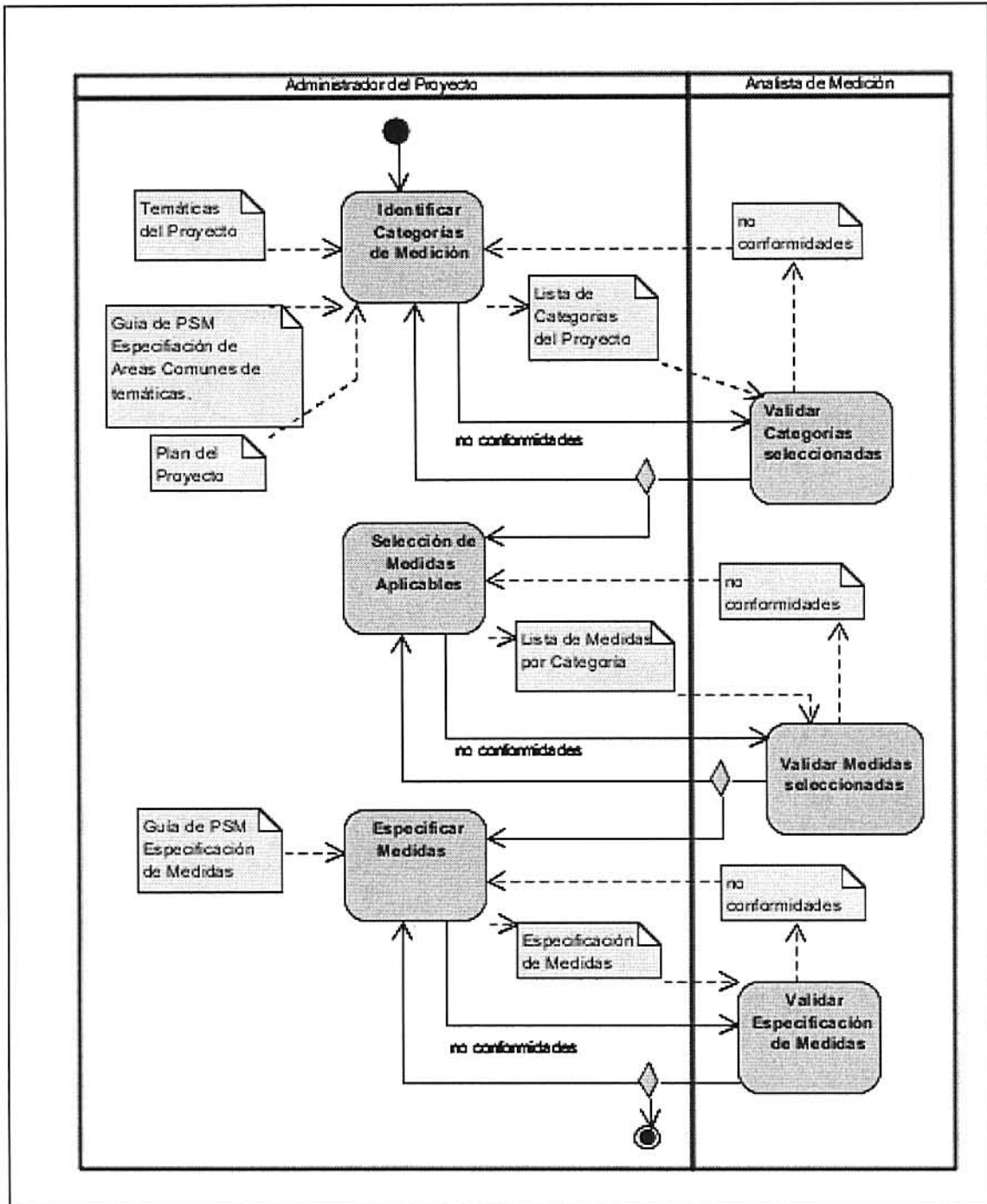


Figura 11. Tareas de la actividad Seleccionar y Especificar las Medidas del Proyecto.

A pesar de que las temáticas del proyecto son claves en la selección de las medidas, también son importantes las características generales del proyecto y su enfoque del ciclo de vida. Los tipos de análisis y modelos empleados también afectan la medición. Por ejemplo, la mayoría de

los modelos paramétricos de estimación requieren un conjunto definido de mediciones de entrada; por tanto, la selección de un modelo de estimación específico implica la selección de las medidas que están asociadas al mismo.

PSM facilita la selección de las medidas mediante la asociación de las temáticas específicas del proyecto a las áreas de temáticas comunes, categorías de medición y medidas individuales. Un área de temática común tiene asociada una o varias categorías de medición y estas a su vez contemplan un conjunto de medidas asociadas.

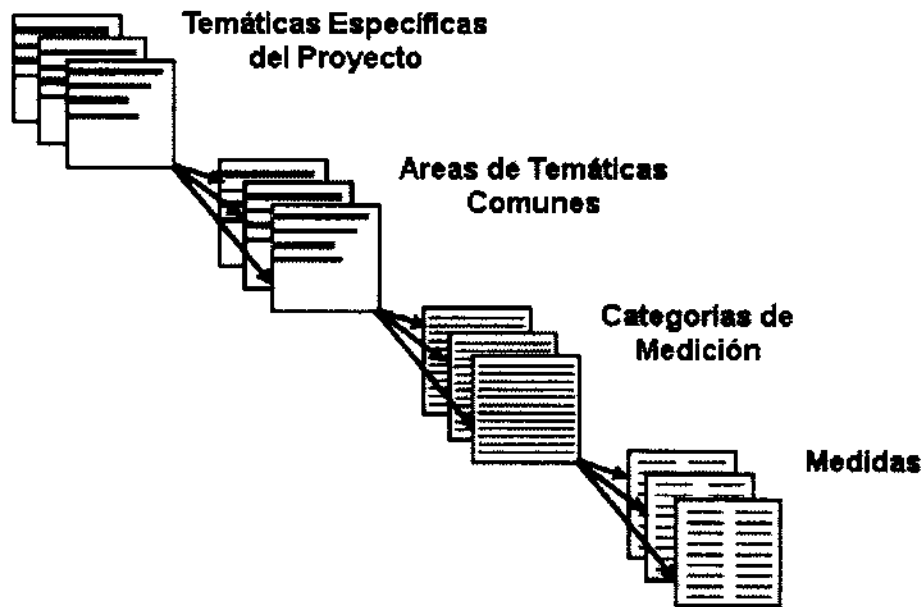


Figura 12. Mecanismos de medición de PSM.

No todos los proyectos deben implementar todas las medidas propuestas en PSM. Por este motivo es de vital importancia que cada *Administrador de Proyecto* en conjunto con los *Asesores de Calidad* de las facultades desarrollen una labor investigativa de las características de su proyecto, para de esta forma proceder a la selección de las medidas apropiadas. Se debe considerar en este punto, que la facultad - como entidad encargada de coordinar varios proyectos relacionados con un mismo perfil - tiene sus propios objetivos y restricciones que se deben considerar también durante la selección de las medidas; debido a que es posible que cada proyecto deba incorporar determinadas medidas que satisfagan las necesidades de información de su facultad o de la UCI como organización.

La tabla 16 del anexo 2 muestra las áreas comunes de temáticas propuestas por PSM, con las categorías y medidas asociadas.

2.4.1.2.1 Identificar Categorías de Medición

El primer paso en la selección y especificación de las medidas del proyecto es revisar el agrupamiento de temáticas específicas del proyecto en áreas de temáticas comunes. Una vez hecho esto, el próximo paso es seleccionar una o más categorías de medición que mejor se ajusten a dicha área. Para temáticas de alta prioridad se debe considerar la selección de más de una categoría de medición.

2.4.1.2.2 Seleccionar Medidas Aplicables

A una misma temática se pueden aplicar diferentes medidas. En la mayoría de los casos no es práctico recopilar todas o incluso la mayoría de las posibles medidas para una temática. Generalmente las medidas se deben recolectar para monitorear las temáticas de alta prioridad. Identificar el "mejor grupo de medidas" para un proyecto depende de la evaluación de las medidas potenciales con respecto a las temáticas y características relevante del proyecto.

Una vez que la categoría de medición ha sido seleccionada, los criterios de selección pueden ayudar a identificar las mejores medidas para el proyecto. Las medidas son seleccionadas basadas en:

- Efectividad de la medición.
- Características del dominio.
- Prácticas de Gestión de Proyectos.
- Costo y disponibilidad.
- Cubrimiento del ciclo de vida.
- Requerimientos externos.
- Tamaño y origen de componentes del Sistema.

En la mayoría de los casos la actividad de selección requiere de umbrales entre los criterios de selección de las medidas. Después que las medidas iniciales con seleccionadas, deben ser revisadas para asegurar que las temáticas de alta prioridad son consideradas.

2.4.1.2.3 Especificar Medidas

Una vez que las medidas han sido seleccionadas, se deben especificar un número de detalles para cada una. Desarrollar y diseminar una definición clara de las medidas seleccionadas, asegura contar con datos consistentes.

Para los mismos proyectos de la UCI, en diferentes facultades, términos tan obvios como *componentes*, *líneas de código*, *horas-hombre o esfuerzo*, *defectos*, y *fallas*, pueden tener diferentes significados.

En la Tabla 17 del Anexo 2 se muestra un ejemplo de la plantilla propuesta para especificar los datos de las medidas seleccionadas en cada proyecto.

2.4.1.3 Actividad de Integrar dentro de los Procesos Técnicos y de Gestión.

La próxima tarea es examinar "cómo" el proceso de medición realmente funciona dentro de los procesos técnicos y de gestión.

La tercera y última tarea dentro de la actividad de *Ajuste de la Medición* es la integración de las medidas en el contexto del proyecto actual. Esta tarea incluye tres pasos: primero se caracterizan los procesos y el entorno del ciclo de vida del proyecto; después se identifican oportunidades de medición dentro del entorno; y finalmente se desarrollan las especificaciones de medición y se documentan en el *Plan de Medición*.

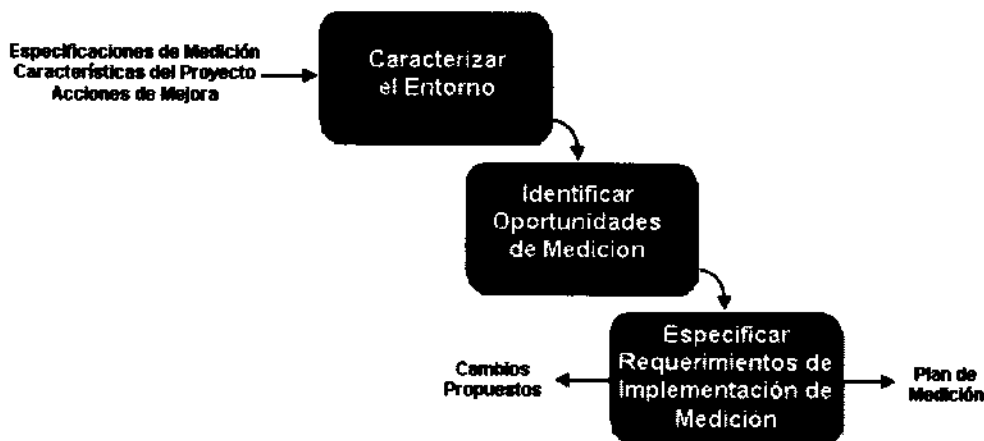


Figura 13. Actividad de Integrar dentro de los Procesos técnicos y de Gestión.

A continuación se muestra el diagrama de flujo propuesto para ser desarrollado en los proyectos productivos de la UCI, identificando los actores involucrados y los artefactos que deben ser generados.

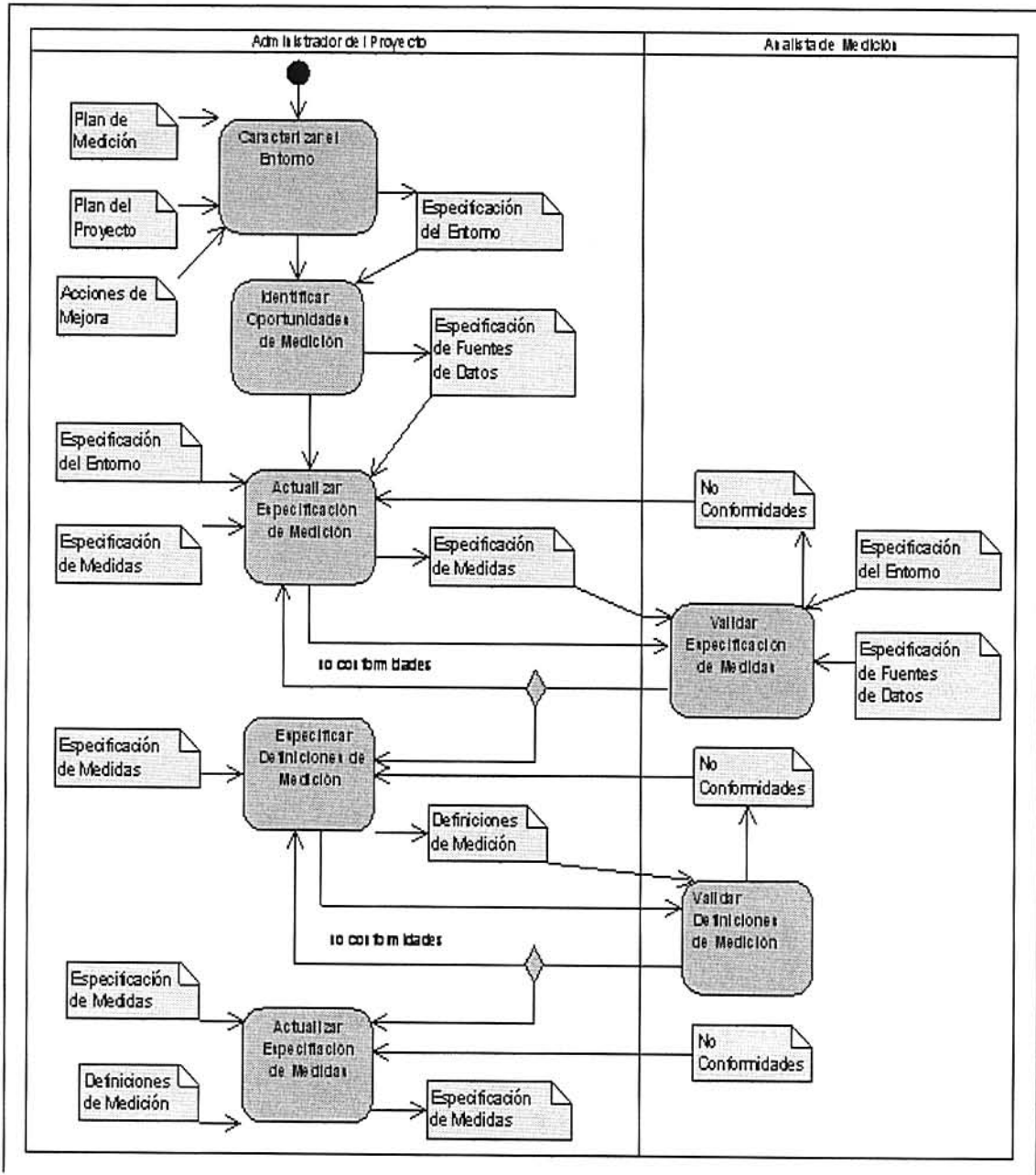


Figura 14. Tareas de la actividad Integrar dentro de los Procesos Técnicos y de Gestión. (1)

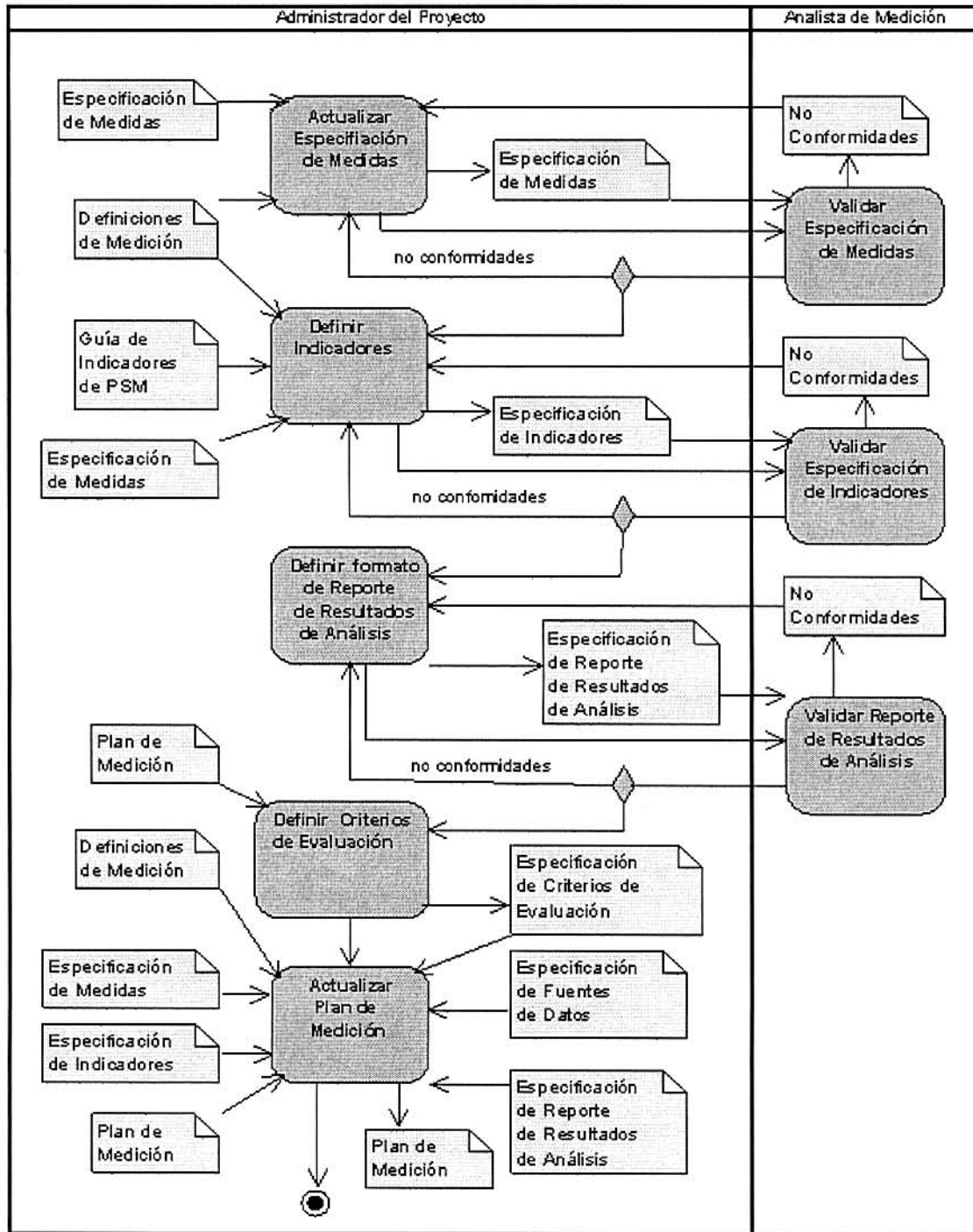


Figura 15. Tareas de la actividad Integrar dentro de los Procesos Técnicos y de Gestión. (2)

La actividad *Definir Criterios de Evaluación* se describe con mayor detalle en el flujo de trabajo de la actividad *Evaluar la Medición*.

2.4.1.3.1 Caracterizar el Entorno

La definición de un proceso de medición no puede estar basada únicamente en las necesidades de información de la administración. El entorno y los procesos técnicos y de gestión deben ser considerados. Las temáticas del proyecto identifican la información que los procesos de medición deben derivar de los datos. Los diferentes procesos técnicos y de gestión determinan qué elementos de datos específicos deben ser recolectados y cómo recolectarlos.

Siempre que sea posible, se deben emplear las prácticas actuales y los mecanismos de medición existentes. Se deben minimizar los nuevos requerimientos de medición; así como dar una consideración apropiada a los procesos del ciclo de vida, para asegurar que se obtienen datos útiles con el menor impacto y costos.

2.4.1.3.2 Identificar Oportunidades de Medición

Durante la planificación de la medición, se debe dar una prioridad alta a la identificación y aprovechamiento de cualquier mecanismo de medición actualmente incorporado dentro de la organización. El uso de fuentes de datos existentes ofrece una ventaja en la familiarización, y disminuye potencialmente los costos de implementar un programa de mediciones. Se debe prestar una especial atención a las bases de datos y herramientas que soportan la gestión de proyectos, el aseguramiento de la calidad y la gestión de configuración. La extracción y entrega de datos desde fuentes electrónicas tiene usualmente un costo más efectivo que los métodos manuales de recolección. En la tabla 18 del Anexo 2 se brindan algunos ejemplos de fuentes de datos que pueden ser consideradas en los diferentes proyectos productivos de la UCI.

2.4.1.3.3 Especificar Requerimientos de Implementación de la Medición

Los procedimientos actuales para recopilar y procesar los datos necesitan ser definidos antes de ser elaborado el Plan de Medición y que se complete la actividad de ajuste.

Se debe prestar especial atención a los siguientes aspectos:

- Definiciones de Medición.
- Alcance de la Medición.

- Colección de Datos.
- Análisis de Datos.
- Reporte de Resultados.
- Evaluación de la Medición.

2.4.2 El proceso de Aplicar las Medidas

El proceso de Medición debe responder rápidamente a las necesidades de información de los administradores. Preguntas típicas realizadas por los administradores de proyectos son:

¿Se puede confiar en los datos?, ¿Existe ahí realmente un problema?, ¿Cuán grande es el riesgo?, ¿Cuál es el alcance del problema?, ¿Qué está causando el problema?, ¿Existen riesgos asociados?, ¿Qué se puede esperar que suceda?, ¿Cuáles son las alternativas?, ¿Cuál es el curso de acción recomendado?, ¿Cuándo se pueden ver los resultados?

La actividad de *Aplicar las Medidas* puede generar respuestas a dichas interrogantes.

Cuando el análisis sigue un procedimiento formal y repetible, los resultados están más propensos a ser creíbles y completos y el administrador del proyecto tendrá un mayor grado de confianza en ellos. PSM representa la actividad de análisis desde tres perspectivas: (1) un modelo de relaciones entre las temáticas que guía el análisis, (2) indicadores que representan información de medición sobre las temáticas para el análisis, y (3) los tipos de análisis conducidos. Los tres tipos de análisis discutidos incluyen la *Estimación, Viabilidad y Desempeño*.

La actividad de *Aplicar las Medidas* convierte datos de medición en información que se relaciona directamente con las temáticas del proyecto. La siguiente figura muestra las principales tareas para coleccionar, procesar y analizar los datos de medición que brindan una retroalimentación para la toma efectiva de decisiones.

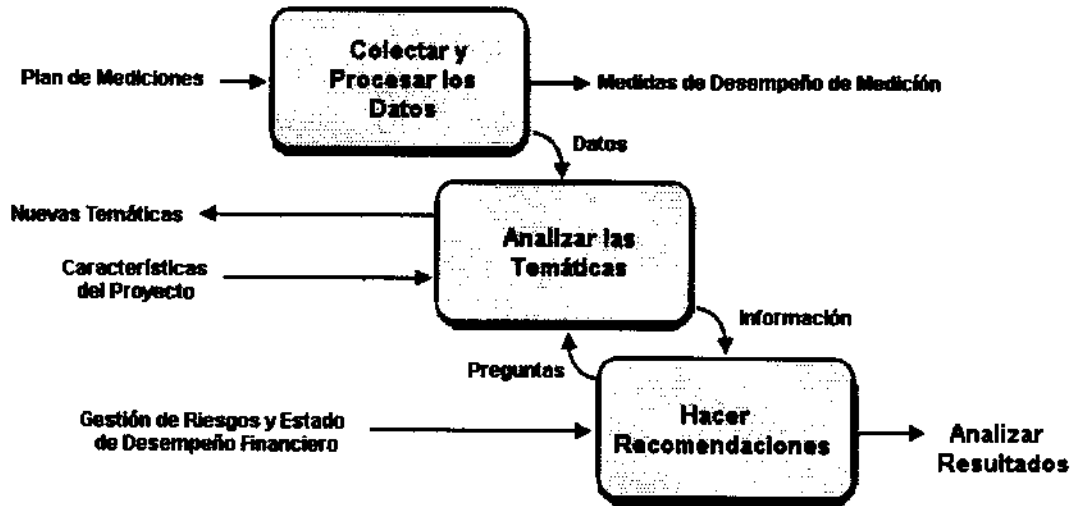


Figura 16. Tareas de la actividad Aplicar las Medidas.

La primera tarea es *Colectar y Procesar Datos*, en la cual los datos de medición son recopilados y preparados para el análisis. Posteriormente en la tarea de *Analizar Temáticas* los datos previamente recopilados son convertidos en información que puede ser usada por el equipo del proyecto para tomar decisiones. Esta transformación de los datos a información ocurre a través de un número de pasos de análisis sistemáticos. Finalmente en la tarea de *Hacer Recomendaciones*, la información procedente de la misma, ayuda a los administradores de proyectos a tomar decisiones y ejecutar acciones correctivas con respecto a las temáticas del proyecto. La actividad de *Aplicar las Medidas* se repite periódicamente a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

2.4.2.1 Colectar y Procesar Datos

La colección y entendimiento de los datos es la primera tarea de la actividad de Aplicar las Medidas. Los datos válidos son la base de cualquier proceso de medición. Algunos de los aspectos asociados con la colección de los datos son las fuentes, frecuencia de reportes, formato, normalización y agregación, conversiones y verificación.

La siguiente figura muestra los tres pasos claves involucrados en la colección y procesamiento de los datos:

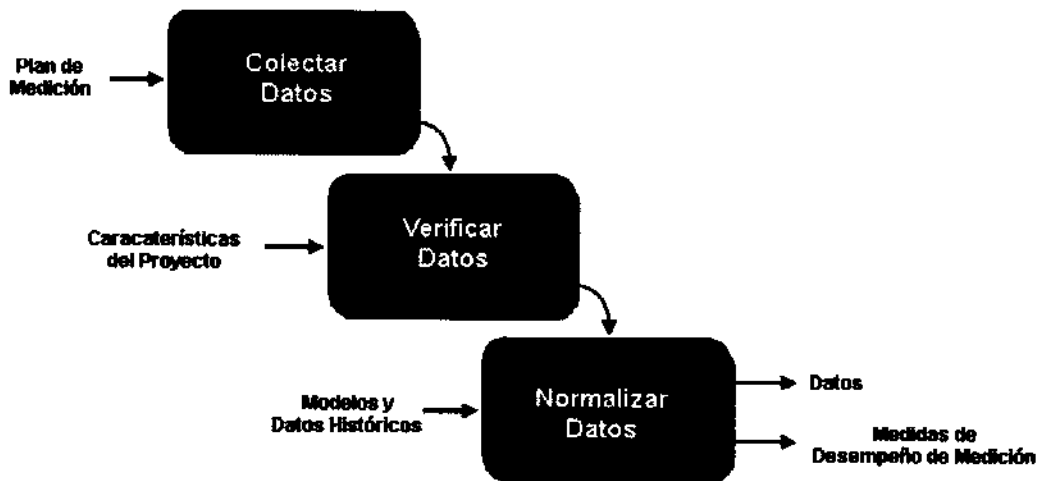


Figura 17. Pasos que conforman la tarea de Colectar y Procesar Datos.

Los datos de medición son generados de las actividades y productos a lo largo del ciclo de vida. Los datos deben ser recolectados a través de formularios o herramientas automatizadas. Una vez hecho esto, necesitan ser verificados. Los datos verificados pueden entonces necesitar ser normalizados antes de proceder a su análisis.

A continuación se muestra el diagrama de flujo propuesto para ser desarrollado en los proyectos productivos de la UCI, identificando los actores involucrados y los artefactos que deben ser generados.

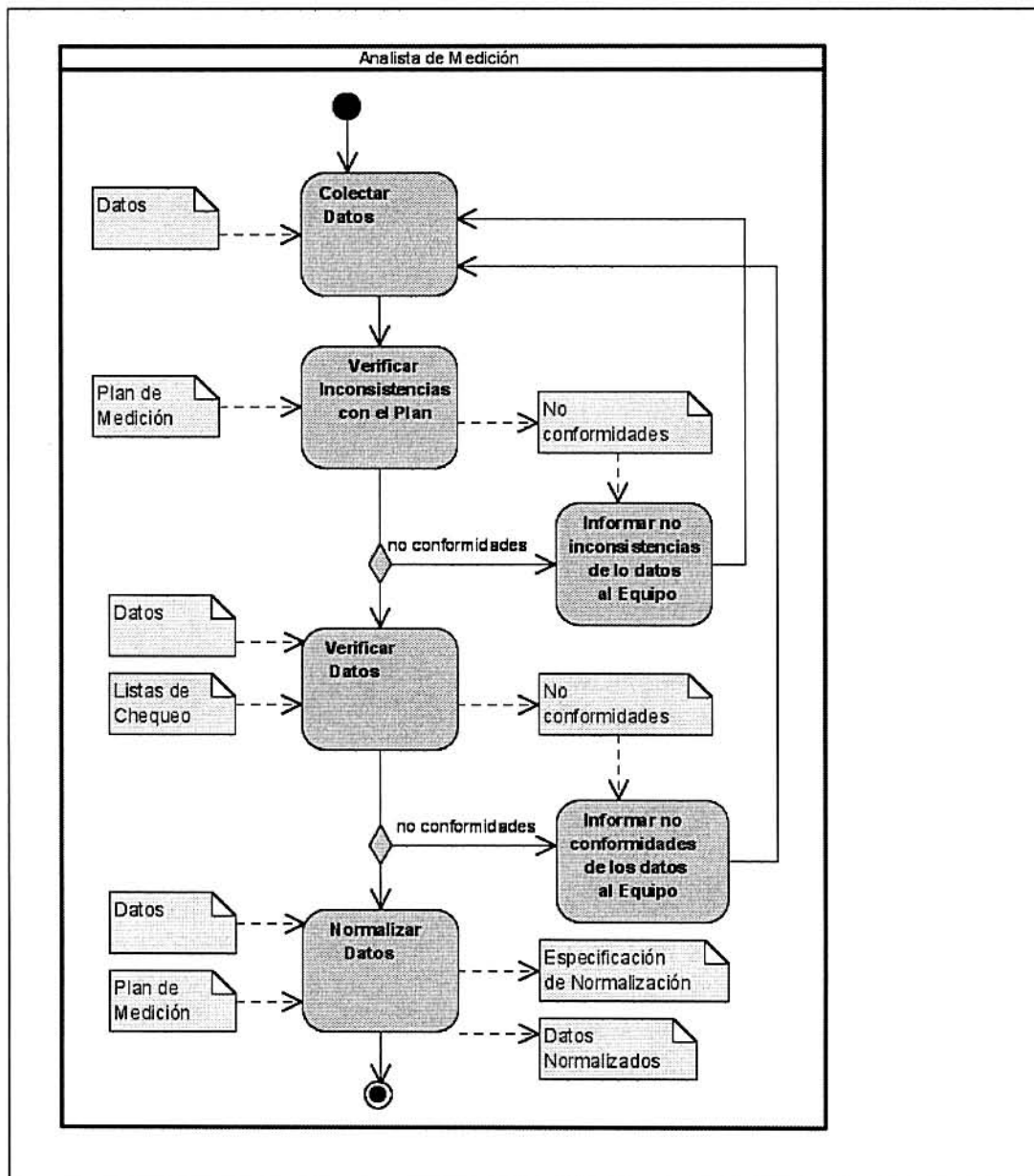


Figura 18. Flujo de trabajo de la tarea Colectar y Procesar Datos.

2.4.2.1.1 Colectar Datos

El personal responsable de generar los datos de medición debe ponerlos a disposición de los *Analistas de Medición* para su procesamiento. Algunos mecanismos de acceso a los datos son:

- Acceso directo o compartido.
- Copias electrónicas de ficheros y/o bases de datos.
- Datos exportados.

- Copias duras.

El equipo del proyecto debe recolectar los datos con mayor frecuencia que los *Analistas de Medición*. El intervalo de colección usual es una vez al mes para el análisis de requerimientos, diseño e implementación y semanalmente para las actividades de integración y pruebas.

2.4.2.1.2 Verificar Datos

Los resultados de la medición dependen de la calidad de los datos. La verificación de los datos debe considerar tanto la precisión de los datos cuando son registrados como la fidelidad con la que son transmitidos. Todos los datos deben ser identificados con sus fechas de colección y su fuente, para poder asociarlos tanto a eventos dentro del proyecto como a las diferentes fuentes.

La verificación de los datos es complicada por el hecho que algunas consideraciones sobre el proceso de medición, pueden sufrir cambios durante el proyecto. Las estructuras de agregación, los componentes del producto, los procesos del ciclo de vida, e incluso las definiciones de la medición deben ser actualizadas o revisadas a medida que el proyecto evoluciona. Las definiciones, supuestos y reglas de agregación deben ser claramente comprendidos. Se propone la tabla 19 del Anexo 2 como un ejemplo de lista de chequeo a emplear para la verificación de los datos.

2.4.2.1.3 Normalizar Datos

Antes que los datos puedan ser analizados, puede ser necesario normalizados. La Normalización es el proceso de convertir datos en una unidad común de medida y/o nivel de agregación, de manera que puedan ser comparados o combinados con otros datos.

La normalización debe ser realizada cuidadosamente; las reglas y procedimientos deben ser documentados.

2.4.2.2 Analizar Temáticas

Durante la tarea de Analizar las Temáticas, los datos son convertidos en información que es empleada por los administradores para tomar decisiones relacionadas con las temáticas

específicas del proyecto. El dato es transformado en información a través de un conjunto sistemático de pasos de análisis. Esta tarea es repetida a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

La siguiente figura muestra los tres pasos de análisis, cada tipo de análisis tiene sus propias entradas y produce diferentes tipos de resultados:

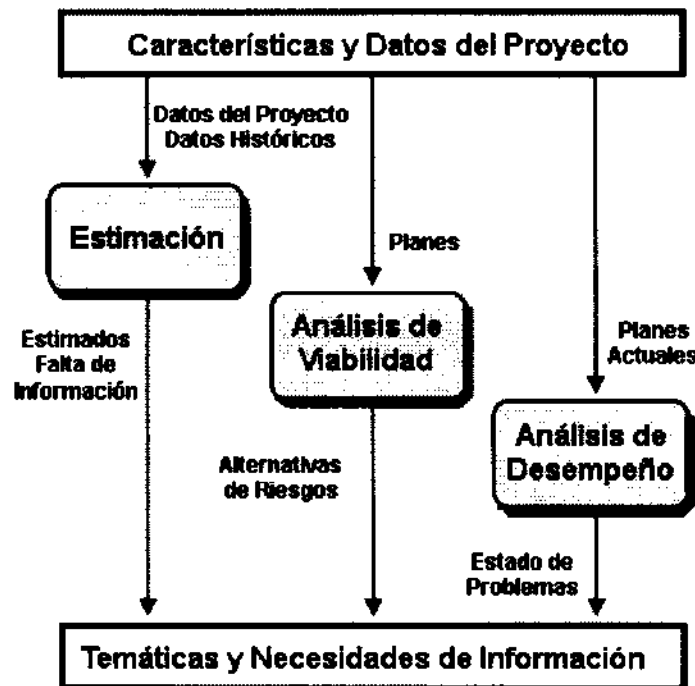


Figura 19. Los tipos de análisis de datos.

En los inicios del ciclo de vida del proyecto, se hace un enfoque en la *Estimación* para soportar la planificación del proyecto. La misma establece valores de tamaño, esfuerzo y cronograma. La estimación usualmente comienza con datos históricos y consideraciones sobre los procesos del proyecto y productos. Debe ser conducida durante la fase inicial de planificación y durante todas las re-planificaciones subsecuentes.

A medida que el plan se acerca a su completamiento, el énfasis cambia al *Análisis de Viabilidad*. Este tipo de análisis determina si los planes del proyecto son técnicamente reales y alcanzables. Este análisis emplea datos históricos, experiencia y chequeos de consistencia para evaluar los planes del proyecto. Los riesgos identificados durante el análisis deben ser registrados en el proceso de gestión de riesgos del proyecto. El *Análisis de Viabilidad* debe ser

conducido durante la fase inicial de planificación y durante todas las re-planificaciones subsecuentes.

Una vez que el proyecto ha comenzado, el *Análisis de Desempeño* se convierte en el principal interés. El mismo determina si el proyecto está cumpliendo los planes definidos y consideraciones. Las entradas constituyen los planes y los datos actuales de desempeño. Este análisis está diseñado para identificar riesgos, problemas y acciones correctivas. Debe ser conducido regularmente.

2.4.2.2.1 Indicadores

Los indicadores son los bloques básicos de construcción del análisis de medición. En el proceso de PSM, un indicador es definido como una medida o combinación de medidas que brinda una visión dentro de una temática del proyecto o concepto. Es a menudo representado por un gráfico o tabla. Las representaciones gráficas usualmente son más útiles para comparar valores actuales con líneas bases. Los gráficos muestran tendencia, varianza y relaciones de forma más clara que las tablas de números. Las representaciones bien diseñadas de los indicadores facilitan la comunicación de los resultados de medición. Los gráficos deben reflejar un mensaje claro y no deben ser muy complejos. Es mejor tener varios gráficos que tener varios mensajes en un solo gráfico. Los indicadores básicos de medición de PSM consisten de tres partes: (1) un valor actual o un valor de una medida o combinación de medidas, (2) un valor esperado de una medida o combinación de medidas, y (3) un criterio de decisión.

Una temática importante puede ser representada con varios indicadores y en muchos casos los indicadores están basados en diferentes medidas. Para que sea efectivo, un indicador debe representar datos en un formato que facilite la clara interpretación de los datos y la derivación de información para administrar la temática. Se propone emplear la siguiente plantilla para describir los indicadores que serán utilizados en el proceso de medición de los diferentes proyectos de la UCI:

Especificación de Indicador	
Nombre del indicador	<nombre del indicador>
Nombre de la Medida	<el título de cada sub-sección, reflejando las datos de medición empleados para generar el indicador>
Categoría	<la categoría de medición de PSM que mejor se asocia a la necesidad de información>

Área de temática común	<el área de temática común de PSM que es indicada en el análisis>
Aplicabilidad	<si es apropiado para software o sistemas, o para la mayoría de los proyectos.>
Guía de Análisis y Ejemplo	<información de cómo puede ser usado el indicador durante la estimación, cómo la viabilidad de los planes puede ser evaluado, y cómo el desempeño del proyecto puede ser analizado (donde sea apropiado)>
Análisis Adicional	<otros factores a considerar cuando se use el indicador>
Lecciones Aprendidas	<experiencia de la industria en el uso de esa medida y/o indicador>

Tabla 3. Plantilla de especificación de un indicador.

2.4.2.2.2 El Modelo Estructurado de Análisis

Los indicadores aportan una visión dentro de las temáticas del proyecto. Es importante resaltar que las temáticas no son independientes unas de otras. Con el objetivo de definir las relaciones entre las temáticas, PSM emplea el *Modelo Estructurado de Análisis*. Este modelo representa las relaciones típicas entre las áreas de temáticas comunes y establece las bases para definir los indicadores de medición apropiados para las actividades de análisis.

La figura 49 del Anexo 2 ilustra las relaciones típicas entre las áreas comunes de temáticas de PSM. Dicho modelo le permitirá a los Analistas de Medición de los diferentes proyectos de la UCI, seleccionar medidas e indicadores que brinden información para las áreas de interés. El significado de los números representados en las relaciones es explicado en la tabla 20 del Anexo 2.

2.4.2.2.3 Estimación

La *Estimación* es un tipo de análisis de medición empleado para establecer valores de referencia o expectativas numéricas para las futuras actividades del proyecto, basado en los datos actuales disponibles. La misma produce proyecciones de tamaño de producto, esfuerzo y cronograma requerido para completar el proyecto. Puede incluso producir proyecciones de calidad del producto. Estos estimados forman la base para los planes iniciales del proyecto y las siguientes re-planificaciones. Algunos proyectos también estiman los valores de desempeño del sistema tales como: utilización de la memoria y el rendimiento. Es importante completar los estimados para las medidas claves del proyecto (tales como tamaño y esfuerzo) en diferentes puntos del ciclo de vida.

La *Estimación* es el primer tipo de análisis en la mayoría de los proyectos. La primera etapa de estimación a menudo ocurre antes de que se seleccione el equipo del proyecto. Estos estimados iniciales soportan los análisis de costo-beneficio usados para justificar el proyecto y establecer los fondos globales y los acuerdos de cronograma. Sin embargo, los estimados iniciales son a menudo imprecisos y deben ser actualizados durante el ciclo de vida del proyecto.

Independientemente de los elementos del proyecto a estimarse, existen cuatro pasos involucrados en este proceso:

- Seleccionar el Enfoque. Seleccionar un enfoque de medición para el elemento. El enfoque puede emplear un modelo matemático o una técnica basada en relaciones de estimación simple.
- Asociar y Calibrar. Asociar el enfoque a la secuencia de actividades del ciclo de vida del proyecto, y calibrar los modelos de estimación asociados con los datos históricos de la organización.
- Computar los estimados. Computar los estimados de tamaño, esfuerzo, cronograma y calidad empleando el enfoque o modelo seleccionado.
- Evaluar Estimados. Comparar los resultados con las restricciones del proyecto y consideraciones para evaluar el estimado. Si el estimado no satisface las restricciones del proyecto, entonces se deben hacer los ajustes apropiados y rehacer los estimados.

La siguiente figura muestra los pasos para desarrollar la actividad de *Estimación*:

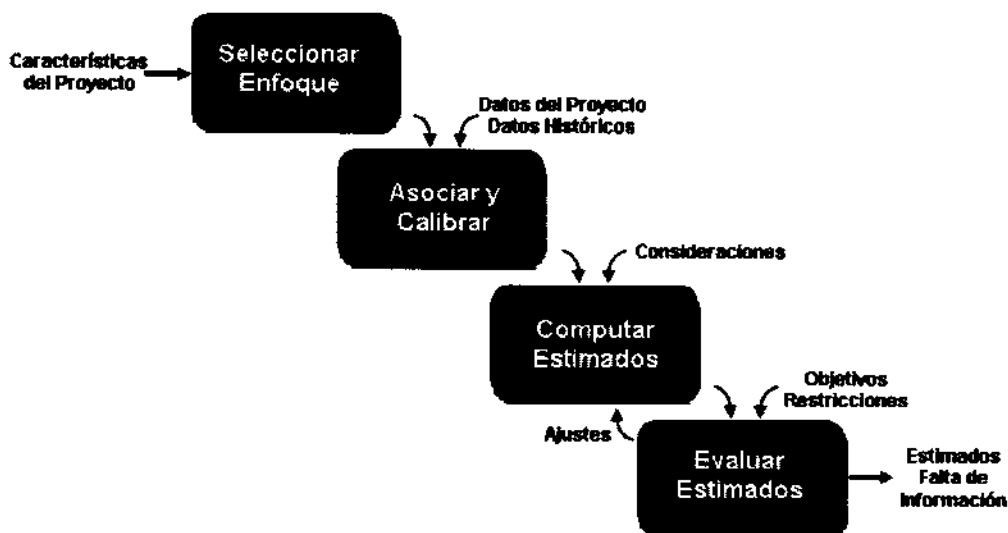


Figura 20. Pasos de la tarea de Estimación

A continuación se muestra el diagrama de flujo propuesto para ser desarrollado en los proyectos productivos de la UCI, identificando los actores involucrados y los artefactos que deben ser generados.

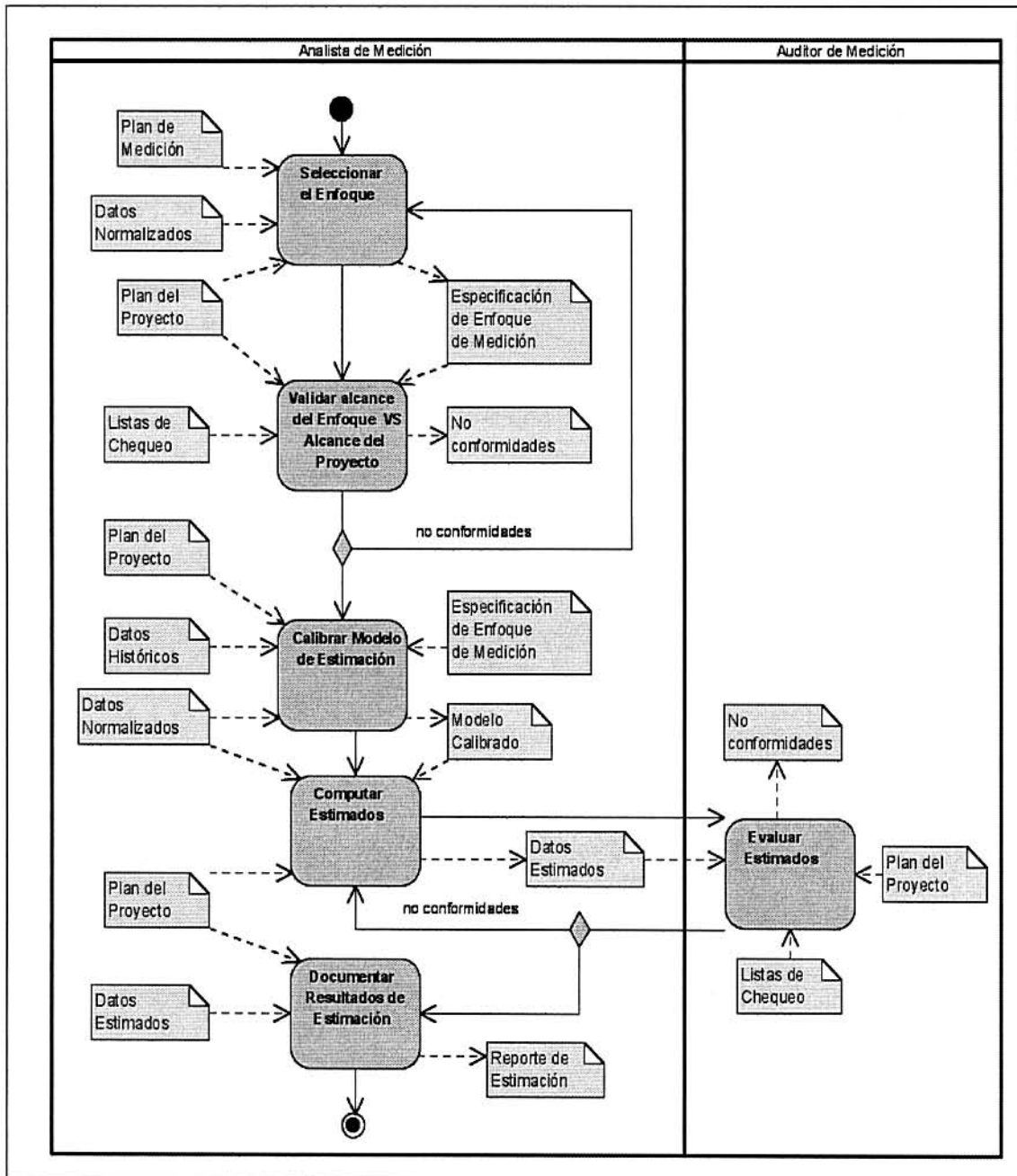


Figura 21. Flujo de trabajo de las tareas de Estimación.

2.4.2.2.3.1 *Seleccionar el Enfoque*

El primer paso en la tarea de estimación es seleccionar el enfoque de estimación apropiado. Para el software, existen disponibles diferentes métodos de estimación y herramientas. Los estimados son usualmente desarrollados empleando uno o más modelos ó técnicas. Un modelo es una representación idealizada de las relaciones del mundo real. Puede ser una fórmula matemática compleja, una expresión aritmética simple, un conjunto de reglas, o una lista de sentencias descriptivas. Los principales tipos de modelos de estimación son: [7]

- Modelos Paramétricos. Estos modelos asumen que una o más relaciones matemáticas existen entre tamaño, esfuerzo, cronograma y calidad. También asumen que las relaciones están afectadas por factores medibles de desempeño (también llamados parámetros). Están basados en razonamiento teórico y análisis de datos históricos.
- Modelos basados en Actividades. Este enfoque se basa en recolectar estimados de ingeniería de esfuerzo y cronograma para todos los componentes del producto y tareas en el proyecto. Los estimados de tamaño deben ser también recolectados. Esta información es usada para estimar cada actividad individual para cada producto. Los estimados son entonces agregados para producir un estimado a nivel de proyecto.
- Analogía. El enfoque de analogía está basado en una comparación de las características del sistema propuesto con otros sistemas previamente completados. Las diferencias entre los sistemas son identificadas y se aplican cambios apropiados para ajustar el tamaño, esfuerzo, cronograma y calidad que se ajusten a la nueva situación.
- Relaciones Simples de Estimación. Están basadas en datos históricos locales y son empleadas en lugar de un modelo matemático comprensible. La estimación de relaciones generalmente no es aplicable fuera de la organización y el dominio que proporcionó los datos.

La tabla 21 del anexo 2 muestra algunos factores a considerar durante la selección del enfoque de medición.

2.4.2.2.3.2 *Asociar y Calibrar*

Cada enfoque de estimación debe ser ajustado a las características únicas del proyecto. Esto involucra dos consideraciones principales: asociar el alcance del método de estimación con el

alcance del proyecto y calibrar el método con los datos históricos locales. Algunas herramientas de estimación brindan la facilidad para entrar los datos locales y "correr el modelo en reversa" para calibrarlos. Los datos históricos usados para calibrar un modelo deben ser tan similares como sea posible a los del proyecto propuesto, incluyendo el dominio de aplicación, los procesos y el personal.

Un problema serio en la UCI es que no se siguen prácticas de estimación en los proyectos productivos. Mejorar la precisión de los estimados debe motivar a la Universidad a recolectar y almacenar datos de los proyectos en un repositorio organizacional.

2.4.2.2.3.3 Computar Estimados

El proceso de estimación produce predicciones numéricas para el tamaño, esfuerzo, cronograma y calidad del proyecto. Estos estimados dependen unos de otros y generalmente son desarrollados en el orden listado. Sin embargo, es necesario iterar frecuentemente estas tareas para alcanzar un estimado que satisfaga todas las restricciones del proyecto.

2.4.2.2.3.4 Evaluar Estimados

Los estimados deben ser evaluados desde tres perspectivas: (1) Satisfacción de las restricciones, (2) Documentación de los estimados y (3) Calidad de los estimados.

2.4.2.2.4 Análisis de Viabilidad

El *Análisis de Viabilidad* evalúa el realismo de los planes asociados con las temáticas. La estimación produce un plan inicial; el *Análisis de Viabilidad* confirma el plan y produce alternativas. Para que un plan del proyecto sea viable, los elementos individuales del plan deben ser técnicamente verídicos, alcanzables y consistentes entre sí. Usualmente solo partes de un plan global son irreales. Se debe reconocer y corregir esas situaciones para asegurar el éxito del proyecto. El *Análisis de Viabilidad* debe ser desarrollado a través del ciclo de vida del software a medida que los planes son desarrollados y revisados. La primera actividad en analizar la viabilidad de los planes es chequear que están completos. A continuación se muestra el diagrama de flujo propuesto para ser desarrollado en los proyectos productivos de la UCI, identificando los actores involucrados y los artefactos que deben ser generados.

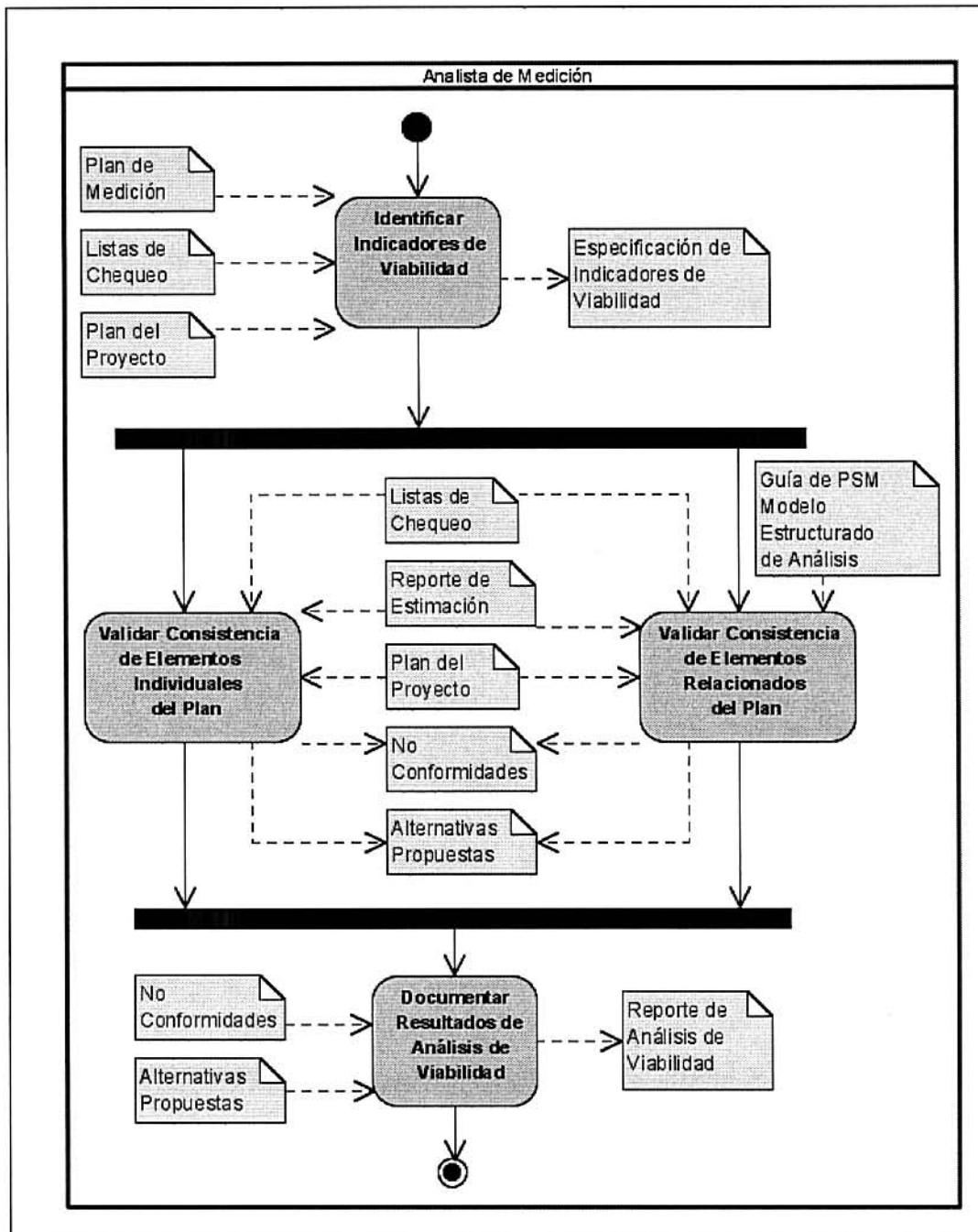


Figura 22. Flujo de trabajo de las tareas de Análisis de Viabilidad.

El Análisis de viabilidad debe ser desarrollado usando información sobre los elementos individuales del plan y mediante la integración de información de diferentes elementos del plan. Cada elemento individual del plan que está relacionado con una temática de alta prioridad del proyecto, debe ser evaluado atendiendo a los elementos descritos en la sección 2.4.2.2.3.4.

Posteriormente los elementos relacionados del plan son comparados en cuanto a consistencia, usando el *Modelo Estructurado de Análisis*. La viabilidad de un plan depende de la precisión de los datos históricos, de los estimados y de la efectividad del proceso planificado.

2.4.2.2.5 Análisis de Desempeño

El *Análisis de Desempeño* determina si el proyecto está alcanzando los planes definidos. Independientemente de la viabilidad, una vez que el proyecto ha cumplido con el plan, el desempeño puede ser medido contra el plan. Incluso si el proyecto se inicia con un buen plan, una vez que el desempeño comienza a desviarse del plan, las razones de dicha desviación deben ser investigadas y corregidas mediante acciones para asegurar el éxito. El objetivo del *Análisis de Desempeño* es brindar información para tomar decisiones en tiempo que afecten el resultado del proyecto. El *Análisis de Desempeño* consiste de cuatro pasos. El primero evalúa el desempeño actual contra el plan. Durante este paso los indicadores son generados y analizados. Si se identifican problemas o riesgos, los próximos tres pasos deben ser ejecutados. El segundo paso es evaluar el impacto del problema localizando sus fuentes y evaluando el alcance del mismo. Pueden ser necesarios otros indicadores adicionales. Seguidamente el resultado del proyecto es predicho, usualmente extrapolando las tendencias actuales en los datos. Finalmente, si el resultado predicho no cumple los objetivos del proyecto, entonces deben ser identificadas acciones alternativas y evaluadas. La información resultante es proporcionada al administrador del proyecto para que tome las decisiones.

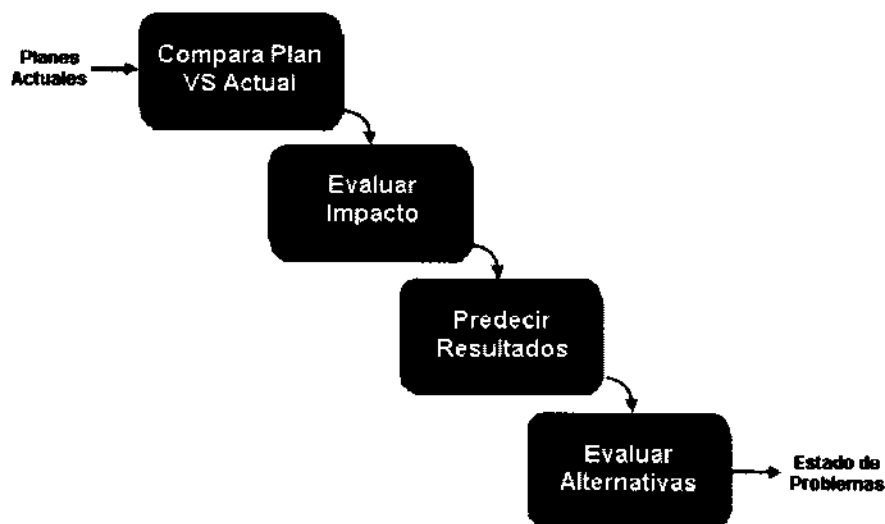


Figura 23. Pasos de la tarea de Análisis de Desempeño.

A continuación se muestra el diagrama de flujo propuesto para ser desarrollado en los proyectos productivos de la UCI, identificando los actores involucrados y los artefactos que deben ser generados.

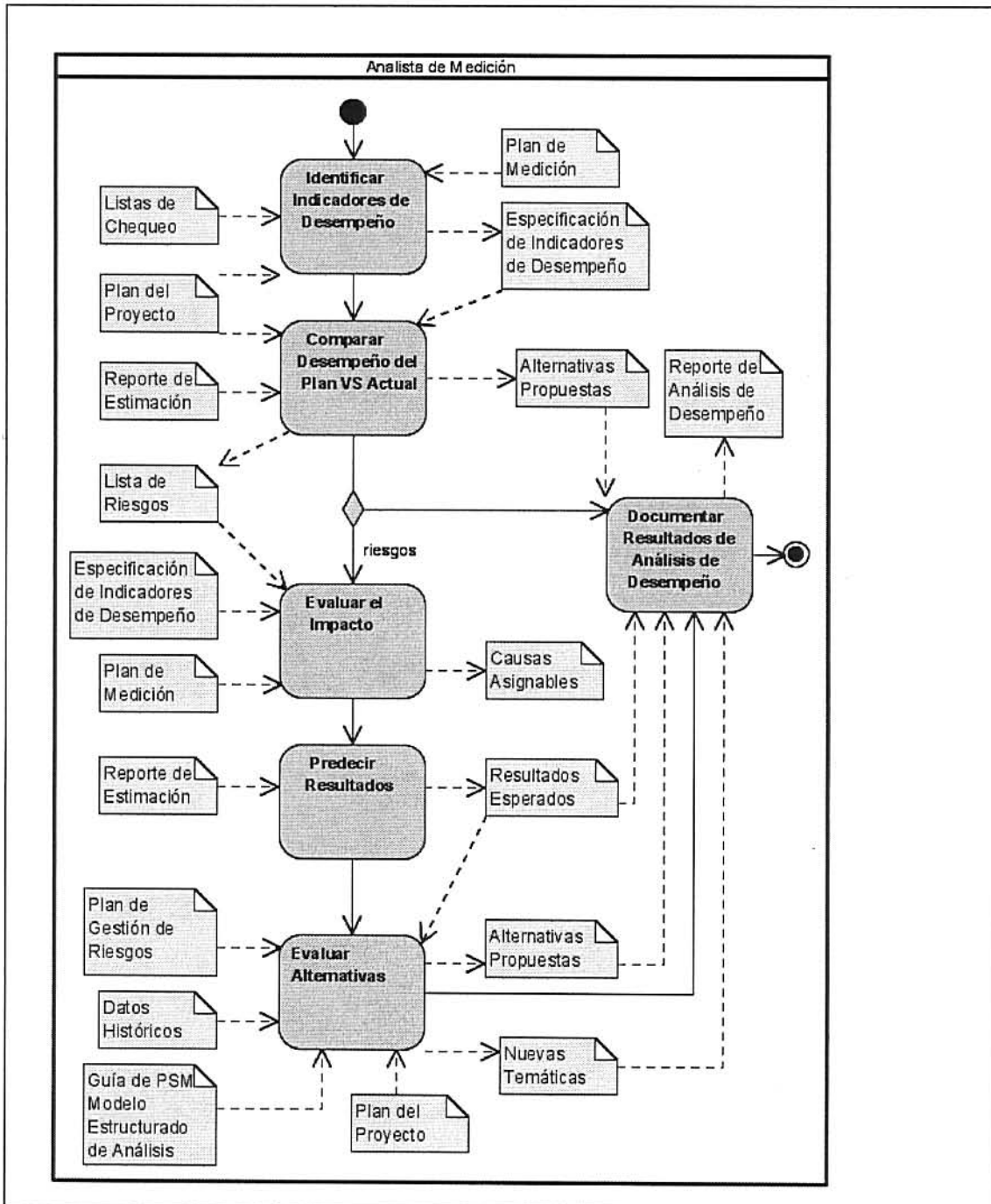


Figura 24. Flujo de trabajo de las tareas de Análisis de Desempeño.

2.4.2.2.5.1 Comparar Plan VS Actual

Cuando se evalúa el desempeño, los indicadores básicos que corresponden a cada temática son examinados. Los problemas son identificados cuantificando la diferencia entre lo planificado y lo actual. Si la diferencia excede el umbral aceptable para la administración, entonces la situación debe ser investigada. Tanto la tendencia como la magnitud absoluta de la diferencia deben ser analizadas. Si la varianza ha ido creciendo firmemente, debe ser investigada, incluso si aún no ha excedido el umbral predefinido.

Los indicadores de desempeño están clasificados en dos tipos generales, teniendo en cuenta cómo son graficados y analizados: los basados en tendencia y aquellos basados en umbrales. Los primeros determinan si la tendencia actual del proyecto corresponde con la línea base o la tendencia esperada. Los segundos son usados cuando el valor esperado permanece relativamente constante en el tiempo, de esta manera se determina si el desempeño actual de proyecto alcanza o excede dichos límites establecidos.

2.4.2.2.5.2 Evaluar Impacto

La primera tarea en la evaluación del impacto de un problema de desempeño es localizar la fuente de la varianza detectada y evaluar su alcance. Esto puede requerir enfocarse en la colección de datos adicionales, aunque usualmente puede satisfacerse con los datos existentes.

Una vez que la fuente y alcance del problema ha sido identificada, debe evaluarse su impacto potencial en el éxito del proyecto. La magnitud del impacto no es siempre proporcional a la diferencia entre los valores planificados y actuales.

2.4.2.2.5.3 Predecir Resultados

Con el fin de apreciar completamente el significado del problema, su impacto debe ser proyectado en el futuro. El resultado del proyecto puede ser predicho mediante la proyección de las tendencias actuales como líneas rectas (para medidas tales como: progreso de la unidad de trabajo, crecimiento del tamaño y cambios de requisitos) o empleando modelos paramétricos de estimación más sofisticados (para medidas relacionadas con el esfuerzo, tamaño, cronograma y

reporte de errores). De forma alternativa la varianza hasta la fecha puede predecir el desempeño futuro de manera que los planes puedan ajustarse.

2.4.2.2.5.4 *Evaluar Alternativas*

Si el resultado predicho no satisface los objetivos del proyecto, los cursos alternativos de acciones deben ser investigados. La medición ayuda en la evaluación de los resultados del proyecto aportando diferentes escenarios y acciones. Los datos históricos y la experiencia cuantitativa de proyectos similares ayudan a evaluar alternativas.

Se puede emplear el *Modelo Estructurado de Análisis* para identificar dónde los acuerdos pueden ser realizados para alinear el plan del proyecto con los objetivos del mismo.

También se considera el efecto de cada alternativa en el estado financiero y de riesgos del proyecto, así como en los problemas actuales. La viabilidad de cada curso de acción propuesto debe ser analizada contra el plan financiero. El presupuesto y el cronograma pueden afectar la implementación de una acción propuesta. Todas esas fuentes de información ayudan al *Administrador del Proyecto* a llegar a una decisión óptima dentro de los límites de las restricciones del proyecto.

Deben ser revisados los problemas identificados y las acciones potenciales, por el equipo del proyecto y ser modificadas según sea conveniente. Hay que considerar los datos, los indicadores de desempeño y el contexto de información sobre el proyecto y los eventos recientes. No se debe hacer conclusiones basadas en un único elemento, ya sea cualitativa o cuantitativa. En la decisión de una recomendación específica, hay que considerar la naturaleza y efectividad (o impacto) de acciones correctivas anteriores.

Una vez que una alternativa ha sido identificada, necesita ser analizada por la tarea de *Predecir Resultados*. Con el objetivo de tomar una decisión, el administrador del proyecto necesita conocer cuáles alternativas están disponibles, así como la consecuencia más probable de cada una. Un resultado en el proceso de análisis puede ser identificar una nueva temática y recomendar la colección de datos adicionales para poder monitorearla. Esto puede requerir revisar la actividad de *Ajustar las Medidas*.

2.4.2.3 Hacer Recomendaciones

El propósito de la medición es ayudar a los administradores de proyectos a tomar mejores decisiones. La tarea final en la actividad de *Aplicar Medidas* de PSM, involucra reportar los análisis de resultados junto con las recomendaciones. La tarea de análisis identificó y evaluó alternativas. Dichas alternativas deben ser presentadas ahora al encargado de tomar las decisiones. Esta persona selecciona los cursos alternativos de acciones y las implementa, basado en la información disponible.

La información de la tarea *Analizar Temáticas* constituye la entrada a la tarea de *Hacer Recomendaciones*. Este análisis de información incluye un "reporte de estado" de las actuales temáticas del proyecto monitoreadas, así como cualquier riesgo o nuevo problema derivado de este análisis. La información también incluye alternativas para lidiar con los riesgos y problemas identificados. Los análisis de resultados también brindan importantes entradas a los procesos de gestión financiera y de riesgos.

A continuación se muestra el diagrama de flujo propuesto para ser desarrollado en los proyectos productivos de la UCI, identificando los actores involucrados y los artefactos que deben ser generados.

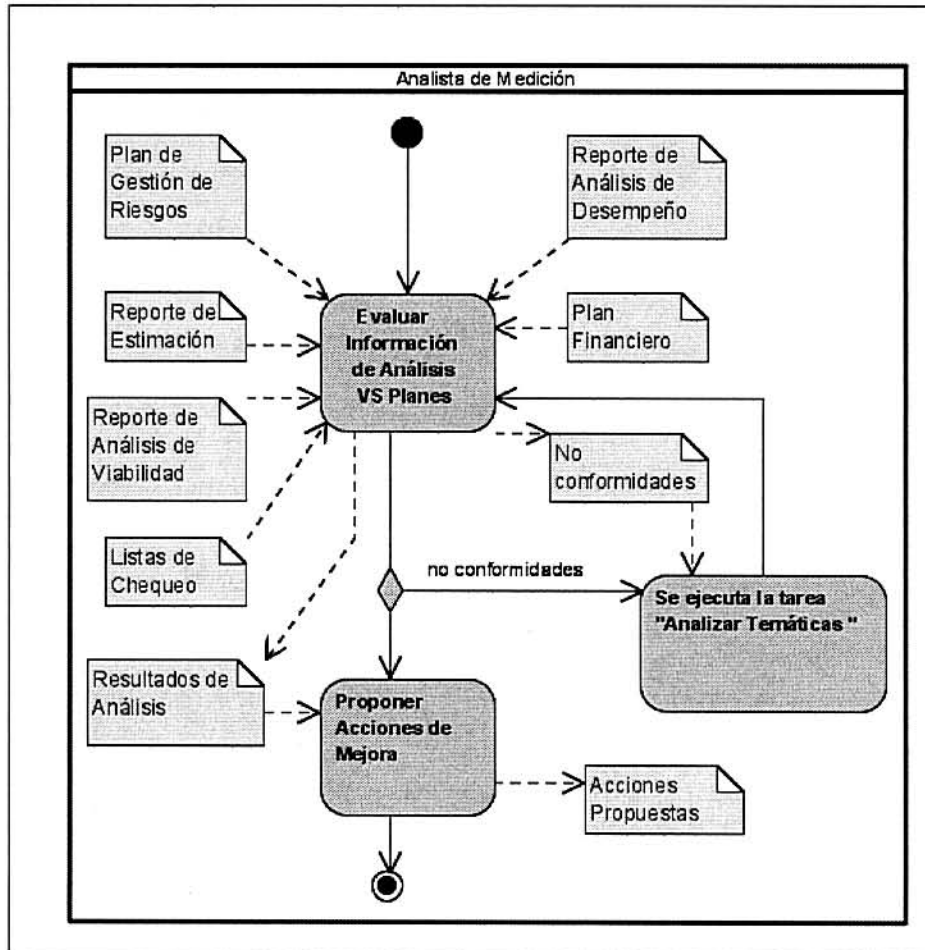


Figura 25. Flujo de trabajo de la tarea de Hacer Recomendaciones.

A lo largo del texto también se hace referencia a los “*Resultados de Análisis*” como “*Resultados de Medición*”.

El propósito de la tarea *Hacer Recomendaciones* es maximizar la probabilidad global de éxito del proyecto. Por este motivo cuando se selecciona una alternativa, hay que considerar los efectos en las acciones propuestas desde la perspectiva financiera y de riesgos; así como desde la perspectiva de la medición. Finalmente las decisiones son tomadas e implementadas con acciones apropiadas. Ocasionalmente, la información disponible puede ser insuficiente para seleccionar el curso de una acción. En este caso se debe ajustar el proceso de medición para coleccionar los datos necesarios.

Los resultados del análisis deben ser comunicados regularmente al *Administrador del Proyecto* y al equipo del proyecto en forma de resumen, reporte o mensajes. El sistema de reporte debe promover una interacción regular y una comunicación objetiva entre los participantes. La comunicación debe incluir: evaluación completa del proyecto, identificación de problemas específicos, riesgos y falta de información, recomendaciones y nuevas temáticas potenciales.

2.4.3 Implementar el proceso

Antes que el proceso pueda ser desarrollado, debe ser implementado efectivamente dentro de la organización. La implementación del proceso de medición dentro de la organización es similar a la de cualquier otra nueva iniciativa. La medición siempre representa un cambio significativo en cómo la organización hace el negocio. Las temáticas e intereses relacionados a este cambio deben ser identificadas directamente.

Se deben ejecutar tres actividades claves para introducir la medición de forma efectiva en una organización. A pesar de que en la figura 43 del Anexo 1 se representan dichas actividades de forma secuencial, deben ser desarrolladas en paralelo.

El objetivo de la primera tarea *Obtener Apoyo Organizacional* es determinar el soporte necesario para la medición, a todos los niveles dentro de la organización. Los programas de medición que son asignados por la alta gerencia de una organización a menudo tendrán éxito. Los miembros de la organización, a todos los niveles, necesitan comprender cómo beneficiará la medición directamente sus proyectos y procesos.

La segunda tarea es *Definir las Responsabilidades* dentro de la organización. Todos los participantes deben tener un claro entendimiento de sus roles en el proceso de medición y sus responsabilidades para cumplir sus deberes. Se debe asignar a los individuos tareas relacionadas con: las políticas, planes, definiciones, generación de datos, establecimiento y mantenimiento de la base de datos de mediciones, así como las funciones de análisis y reporte. Dependiendo del tamaño y la estructura del proyecto, dichas responsabilidades recaerán sobre un grupo de personas o un único individuo.

Durante la tarea de *Proveer Recursos* se establecen los recursos necesarios para implementar el proceso de medición dentro de la organización. El personal y las herramientas son

generalmente los principales recursos en el esfuerzo de medición. Una vez identificados los recursos puede comenzar el proceso de coleccionar, analizar y reportar los datos de medición.

A continuación se muestra el diagrama de flujo propuesto para ser desarrollado en los proyectos productivos de la UCI, identificando los actores involucrados y los artefactos que deben ser generados.

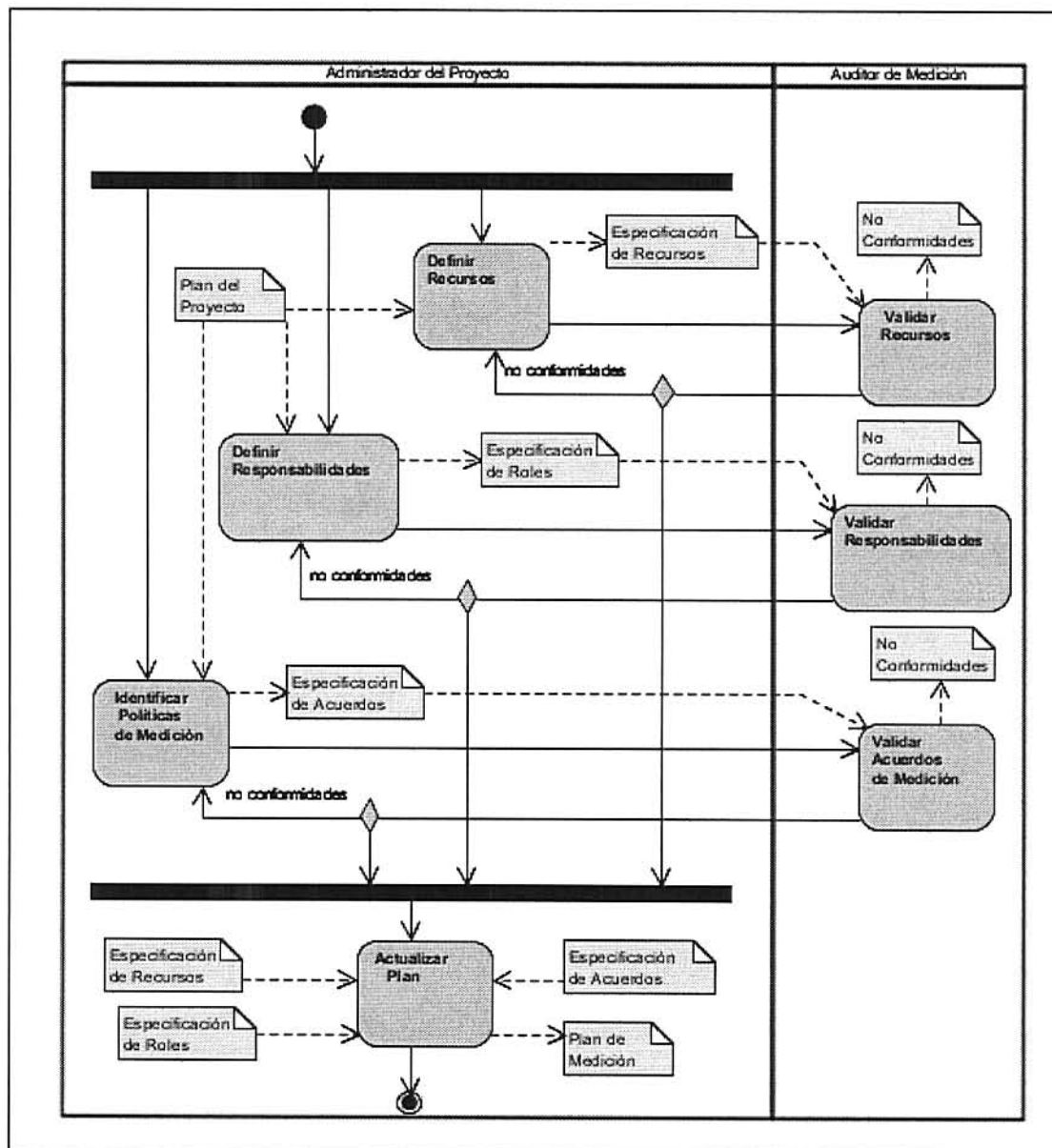


Figura 26. Flujo de trabajo de la actividad Implementar el Proceso.

2.4.3.1 Obtener Apoyo Organizacional

Implementar la medición en una organización como la UCI requiere de un gran cambio cultural. Las preocupaciones sobre el cambio pueden ser superadas mediante la comunicación con el personal, para lograr una clara comprensión del proceso de medición y cómo los resultados del mismo serán usados a todos los niveles dentro de la organización. La medición es más efectiva en una cultura organizacional que anima a las personas a enfrentar los problemas y los riesgos. Esto presupone un cambio de actitud.

El apoyo administrativo, la participación y el liderazgo, son aspectos críticos para implementar con éxito un proceso de medición. El apoyo involucra el establecimiento de políticas de medición, proveer los recursos adecuados, crear un enfoque en la medición mediante la comunicación de los objetivos y definir factores de éxito críticos, revisar los datos de medición y análisis mediante acciones de retroalimentación y actuar basado en esos análisis.

2.4.3.2 Definir Responsabilidades

El tamaño y estructura de cada organización determina cómo serán asignadas las responsabilidades. Independientemente de cuántas personas estén involucradas, una persona debe ser responsable de cada uno de los siguientes aspectos:

- Políticas de medición, planes y definiciones.
- Generación de datos.
- Base de Datos de mediciones.
- Análisis y Reportes.

La UCI debe establecer a nivel central las políticas y definir los procedimientos a seguir para ayudar a institucionalizar el proceso de medición en las facultades. El Grupo Central de Calidad debe jugar un papel protagónico en esta tarea. A continuación se describe brevemente cada una de las responsabilidades antes mencionadas:

Políticas de medición, planes y definiciones

La UCI debe crear un *Consejo de Medición* a nivel central, con una amplia representación para coordinar las actividades de medición. Este consejo debe tener la responsabilidad de establecer las políticas, procedimientos y los términos comunes de medición. Para poder consolidar los

datos de los proyectos, para propósitos organizacionales, también es necesario establecer definiciones y sus significados entre los diferentes proyectos. Los Administradores de Proyecto pueden mantener sus propios planes. El *Consejo de Medición* debe operar como una pizarra de control de configuración, con procedimientos internos para administrar los cambios en la documentación.

El Consejo de Medición debe ser un grupo de especialistas que se subordine al Grupo Central de Calidad de la UCI. Cada facultad debe crear también un Consejo de Mediciones para controlar el proceso de medición que se ejecuta en los diferentes proyectos. Dicho consejo debe estar presidido por el Asesor de Calidad de la facultad u otro especialista designado.

Generación de datos

El plan del proyecto asigna las responsabilidades para la generación de los datos, la cual debe integrarse dentro de las actividades normales del equipo del proyecto, siempre que sea posible. Muchos individuos diferentes pueden contribuir con los datos, cada uno debe comprender sus responsabilidades tal y como se describen en el Plan de Medición.

Base de datos de medición

Los datos pueden ser almacenados en el proyecto o en una base de datos organizacional. La organización puede querer consolidar algunos datos de los proyectos en una base de datos común, incluso si cada proyecto mantiene su propia base de datos.

El Consejo de Medición de la UCI debe ser el encargado de la administración y mantenimiento de la base de datos organizacional. Las responsabilidades asociadas a la misma deben estar descritas en las políticas y procedimientos organizacionales.

En cada facultad también debe existir una base de datos central de las mediciones de todos los proyectos de dicha facultad.

Análisis y reportes

El Plan de Medición del proyecto debe establecer las responsabilidades para el análisis de los datos y la elaboración de los reportes. En proyectos pequeños, el Administrador del Proyecto puede desarrollar esta función. En proyectos mayores, el responsable del aseguramiento de la calidad o un analista de mediciones especializado puede asumir este rol.

El analista debe asegurar que el análisis es suficientemente completo y detallado para apoyar a la toma de decisiones de los ejecutivos. El analista debe trabajar con el administrador para

comprender las temáticas y con el equipo del proyecto para comprender el entorno del proyecto.

En este sentido es importante el papel del Asesor de Calidad de cada facultad, en conjunto con los analistas de medición que se designen para los diferentes proyectos.

Se debe definir cuidadosamente y comunicar de forma clara, las responsabilidades de cada rol (tanto a nivel organizacional como a nivel de proyectos) en el proceso de medición para mejorar la probabilidad de éxito.

2.4.3.3 Proveer Recursos

La experiencia indica que un programa de medición requiere del 1 al 5 por ciento del presupuesto del proyecto. Los costos actuales de un programa de medición específico están determinados por el alcance de la colección de los datos y la habilidad de los planificadores de integrar la colección de los datos y el análisis dentro de los procesos técnicos y de gestión. [9]

Los costos de medición incluyen la labor y las herramientas para generar, procesar, analizar y reportar los datos.

Como cualquier otra iniciativa, existen algunos costos iniciales asociados con la implementación de un programa de medición. El costo de medición para los proyectos individuales, tales como entrenamiento y colección de los datos, disminuirá a medida que la medición se convierta en una actividad establecida dentro de la organización. Es importante ver el proceso de medición como una inversión a largo plazo.

2.4.4 El proceso de Evaluar la Medición

El objetivo del programa de medición es generar información que proporcione una visión dentro de las temáticas del proyecto, de forma que el administrador pueda tomar decisiones. Es poco probable que la primera implementación de un programa de medición sea perfecta; la experiencia descubrirá mejores medidas y métodos de procesamiento y análisis de los datos. Se debe evaluar el programa regularmente para mejorarlo.

La actividad de *Evaluar la Medición* incluye 4 tareas. La primera, *Evaluar las Medidas e Indicadores*, considera si los datos de medición y los indicadores satisfacen las necesidades de información del administrador del proyecto. La segunda tarea, *Evaluar el Proceso de Medición*,

examina la eficacia de los procesos de medición del proyecto. La evaluación de un proceso de medición involucra tres dimensiones:

- Desempeño cuantitativo del proceso.
- Conformidad del proceso de medición con el plan de medición.
- Capacidad (madurez) del proceso de medición relativo a un estándar.

La tercera tarea, *Actualizar la Base de Experiencia*, identifica las lecciones aprendidas de la evaluación de los productos y procesos. Algunas de esas lecciones pueden ser implementadas en el proyecto actual, mientras que otras pueden beneficiar los proyectos futuros. La tarea final, *Identificar e Implementar Mejoras*, identifica acciones específicas para mejorar las medidas del proyecto y los indicadores, o el proceso de medición. Las acciones pueden ser tomadas mediante la actualización del Plan de Medición en el siguiente ciclo de desarrollo, a través de la actividad *Ajustar las Medidas*, en una iniciativa paralela de mejora. La figura 44 del Anexo 1 muestra las tareas fundamentales de la actividad de Evaluar la Medición.

Se deben evaluar regularmente las medidas, los indicadores y el proceso. Los planes de evaluación deben ser parte del Plan de Medición o del Plan Organizacional de Mejora de Procesos.

A continuación se proponen algunos criterios de evaluación para los proyectos productivos de la UCI. Dichos criterios sólo constituyen un ejemplo, por lo que cada facultad debe establecer sus propios criterios de evaluación de sus proyectos, teniendo en cuenta las características específicas de los mismos y de sus procesos productivos.

Tarea de Evaluación	Criterio de Evaluación (Medidas)	Categoría PSM	Temática PSM
Medidas e Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> ■ Precisión ■ Usabilidad ■ Fiabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Exactitud Funcional ■ Usabilidad ■ Confiabilidad-Fiabilidad 	Calidad del Producto
Desempeño del Proceso	<ul style="list-style-type: none"> ■ Itinerario ■ Eficiencia ■ Acumulación de defectos ■ Satisfacción del Cliente 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Eficiencia del Proceso ■ Eficiencia del Proceso ■ Efectividad del Proceso ■ Retroalimentación del Cliente 	Desempeño del Proceso
Conformidad del Proceso	<ul style="list-style-type: none"> ■ Listas de Chequeo de Auditoria 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Conformidad del Proceso 	
Capacidad del Proceso	<ul style="list-style-type: none"> ■ Modelo de Referencia 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Conformidad del Proceso 	

Tabla 4. Criterios de Evaluación asociados a las categorías de PSM

A continuación se muestra el diagrama de flujo propuesto para ser desarrollado en los proyectos productivos de la UCI, identificando los actores involucrados y los artefactos que deben ser generados.

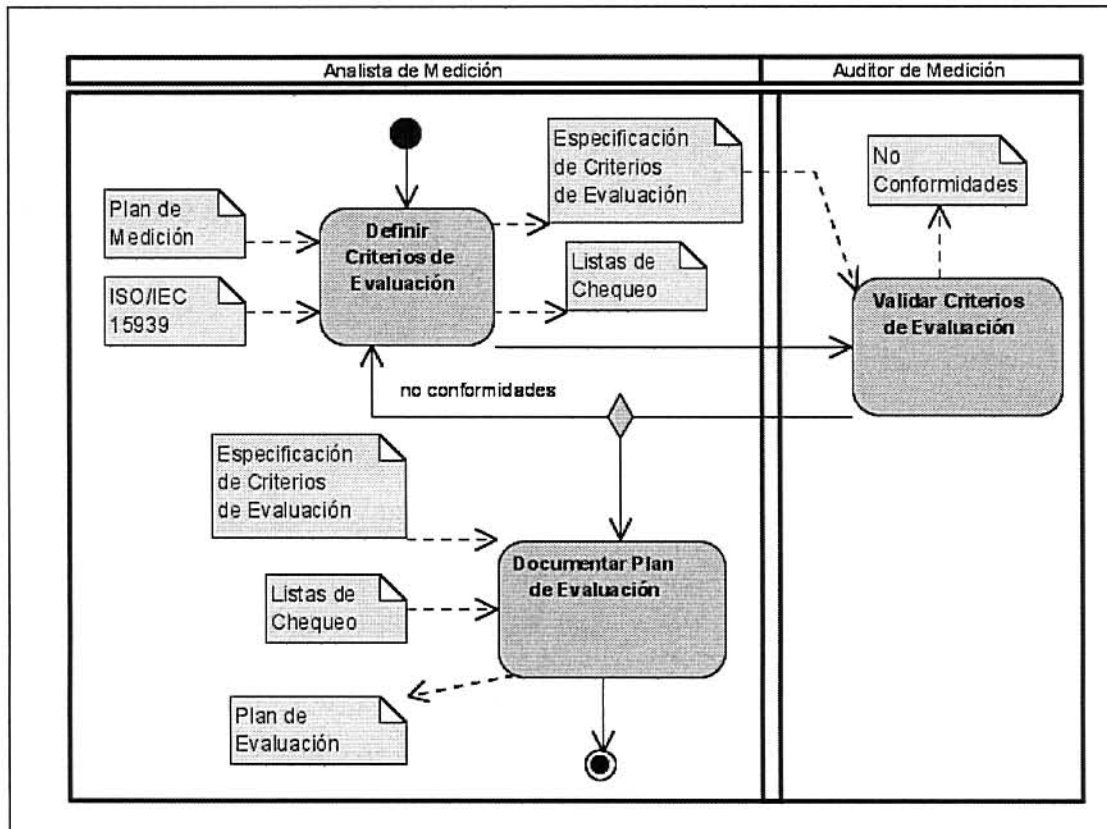


Figura 27. Flujo de trabajo de la tarea de Definir Criterios de Evaluación.

2.4.4.1 Evaluar Medidas e Indicadores

La primera tarea en la actividad *Evaluar la Medición* evalúa los *productos* del proceso de medición: medidas, indicadores y resultados del análisis.

A continuación se muestra el diagrama de flujo propuesto para ser desarrollado en los proyectos productivos de la UCI, identificando los actores involucrados y los artefactos que deben ser generados.

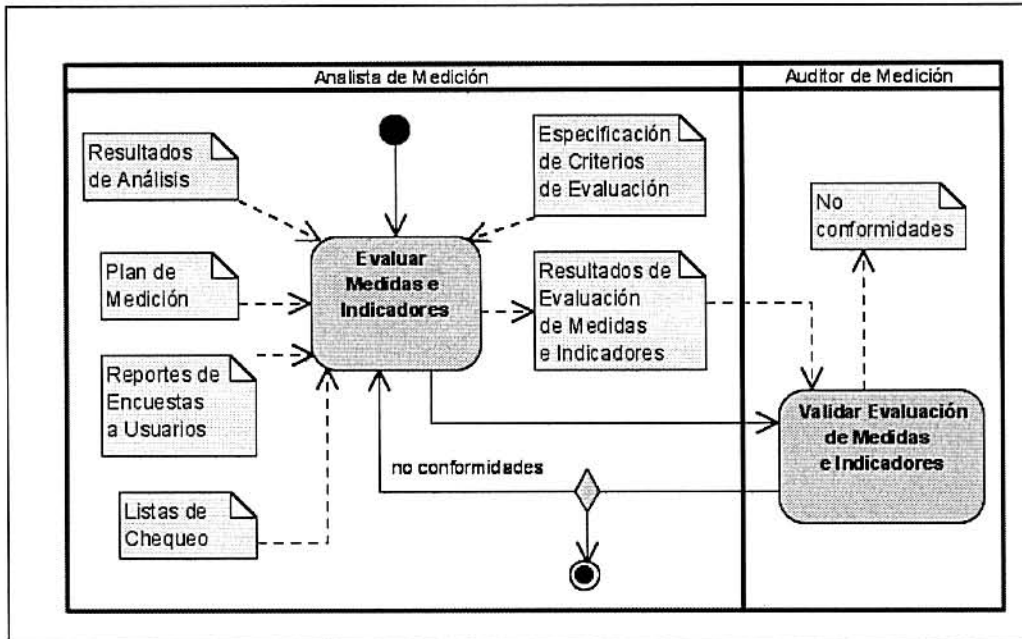


Figura 28. Flujo de trabajo de la tarea de Evaluar Medidas e Indicadores.

Los *Reportes de Encuestas a Usuarios* incluyen también las encuestas aplicadas a todos los miembros del equipo involucrados en el proceso de medición.

La efectividad de los *productos de medición* antes mencionados, puede ser evaluada con criterios predefinidos. Los siguientes criterios son adaptados de la ISO/IEC 15939, *Procesos de Medición de Software*. La mayoría de estos criterios son subjetivos, algunos son específicos para las medidas, indicadores o resultados del análisis. No son necesariamente, independientes unos de otros.

- Uso de los productos de medición
- Confianza en los resultados de medición
- Ajuste de los resultados de medición con respecto a los propósitos
- Comprensión de los resultados de medición
- Satisfacción de las consideraciones de un Modelo de Indicador
- Precisión de la medición
- Fiabilidad de la medición

2.4.4.2 Evaluar el Proceso de Medición

Definir buenas medidas e indicadores no es suficiente para asegurar el éxito. Incluso un programa de medición basado en medidas e indicadores apropiados y probados, puede ser ineficiente debido a un proceso de medición torpe e inflexible. Se debe evaluar el proceso de medición desde tres perspectivas:

- **Desempeño.** Medición de las entradas, salidas y efectos del proceso de medición.
- **Conformidad.** Comparación del proceso de medición a una descripción de su empleo.
- **Capacidad.** Comparación del proceso de medición a una referencia o proceso de madurez.

Las tres dimensiones deben ser evaluadas regularmente. La evaluación del *desempeño* cuantitativo requiere una significativa cantidad de procesamiento de datos, por lo que se recomienda el análisis anual de los datos. Las auditorías de *conformidad* en un período de seis meses y evaluar la *capacidad* cada dos o tres años como mínimo.

El *Analista de Medición* usualmente evalúa el *desempeño* del proceso de medición, mientras que generalmente grupos independientes conducen las auditorías de *conformidad* y las evaluaciones de *capacidad*.

Cada facultad de la UCI debe organizar una revisión anual de *desempeño* de los procesos de medición en cada uno de los proyectos productivos que desarrolla. El Grupo Central de Calidad, a través del Consejo de Medición, debe realizar dos auditorías en el año, al final de cada semestre, para evaluar la *conformidad* del proceso de medición en cada una de las facultades. El tercer tipo de evaluación también debe ser organizado en un período de dos años, para evaluar la *capacidad o madurez* de cada una de las facultades de la UCI en la ejecución del programa de medición.

2.4.4.2.1 Desempeño

El proceso de medición en si mismo es otro aspecto a ser medido. Cuando se evalúa el desempeño del proceso, se consideran las medidas objetivas de salida, cronograma y utilización de los recursos así como la retroalimentación subjetiva del administrador del proyecto y otros usuarios. Las medidas seleccionadas deben satisfacer las necesidades de información y temáticas de las personas que desempeñan y administran el proceso de medición.

A continuación se muestra el diagrama de flujo propuesto para ser desarrollado en los proyectos productivos de la UCI, identificando los actores involucrados y los artefactos que deben ser generados.

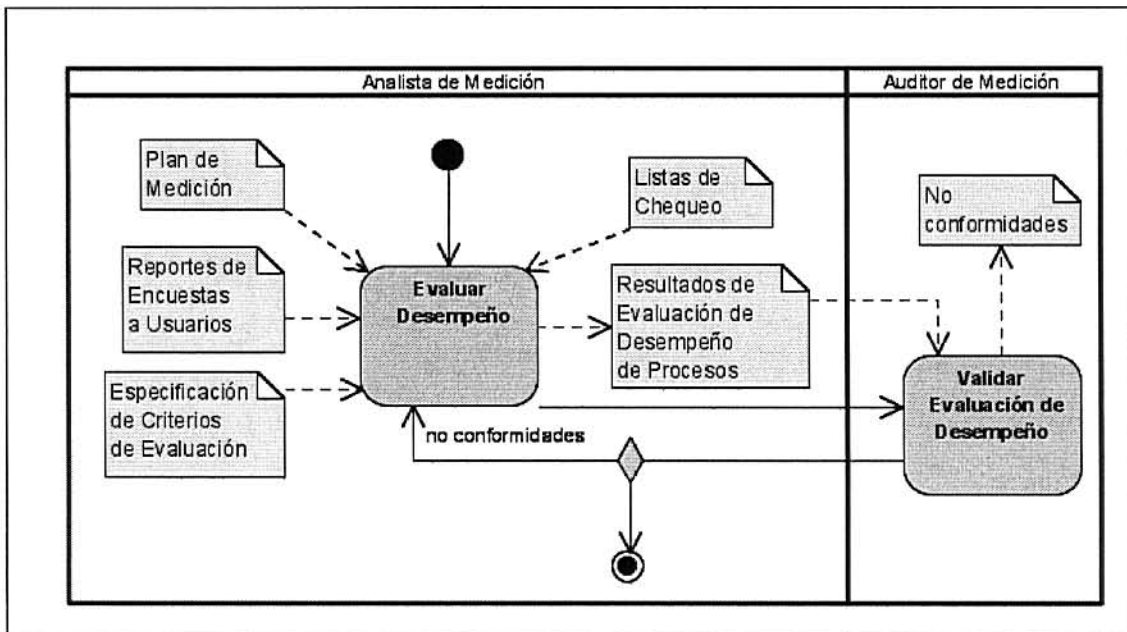


Figura 29. Flujo de trabajo de la tarea de Evaluar Desempeño del Proceso.

Los siguientes criterios son útiles para evaluar el desempeño de un proceso de medición: Itinerario, Eficiencia, Acumulación de defectos y Satisfacción del cliente.

2.4.4.2.2 Conformidad

Un proceso de medición puede ser evaluado en términos de su conformidad con una descripción o sus funciones esperadas. Dicha descripción se encuentra usualmente en el Plan de Medición y la documentación suplementaria. El plan puede derivarse de los procesos documentados de la organización, tales como estándares y procedimientos, o adaptados a una referencia externa como por ejemplo el estándar ISO/IEC 15939. La conformidad con el plan es determinada mediante una auditoria independiente

A continuación se muestra el diagrama de flujo propuesto para ser desarrollado en los proyectos productivos de la UCI, identificando los actores involucrados y los artefactos que deben ser generados.

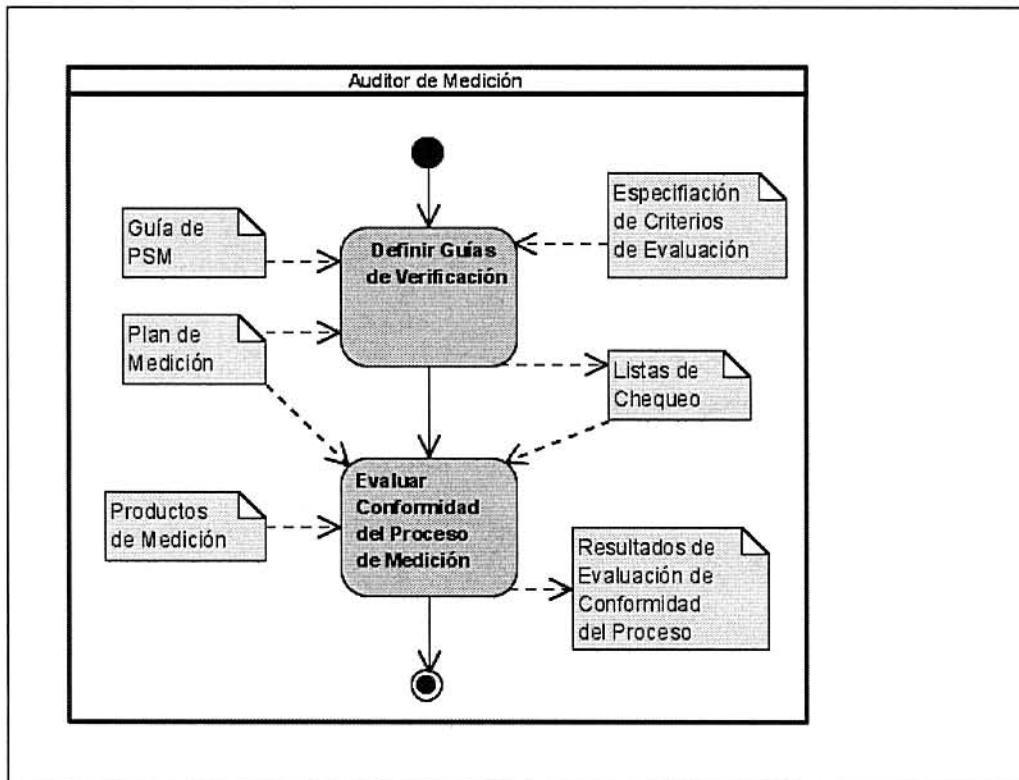


Figura 30. Flujo de trabajo de la tarea de Evaluar Conformidad del Proceso.

Productos de Medición hace referencia a todos los artefactos que se generan durante el proceso de medición y que deben estar disponibles para los auditores.

A continuación se proponen algunos criterios de evaluación para desarrollar una auditoría de las actividades del proceso de medición de PSM - *Ajustar las Medidas, Aplicar las Medidas e Implementar el Proceso*. Se presentan algunas listas de chequeos que pueden ser útiles para guiar el trabajo de los auditores en la UCI. Las listas deben ajustar los criterios antes de ser empleadas en un proceso formal de evaluación. Dichos criterios verifican los procesos, la adherencia a los procedimientos de medición y los productos de trabajo que fueron definidos en el *Plan de Medición* original. Las medidas, procedimientos de colección de datos y las bases de datos, son ejemplos de productos de trabajo que pueden ser definidos en dicho plan, y revisados periódicamente.

Auditando la actividad de Ajustar las Medidas

La siguiente tabla constituye una propuesta de los criterios a evaluar en la auditoría de cada tarea dentro de la actividad de *Ajustar Medidas*. Cada elemento examina si se lograron o no los

principales resultados de cada tarea. La primera tarea es *Identificar y Priorizar las Temáticas del Proyecto*. Esto significa que un conjunto bien articulado de temáticas deben ser producidas y priorizadas. Durante la próxima tarea son seleccionadas las medidas apropiadas para cada temática de alta prioridad. La tarea final produce el plan de medición que toma en consideración la tecnología del proyecto y los procesos.

Aspectos a revisar en la auditoria de conformidad de la actividad Ajustar las Medidas.
A. Identificar y Priorizar Temáticas del Proyecto
<ul style="list-style-type: none"> ■ ¿Existe un listado de las temáticas del proyecto priorizadas? ■ ¿Las temáticas del proyecto fueron conducidas de manera sistemática? ■ ¿Han cambiado las temáticas desde su identificación inicial?
B. Seleccionar y Especificar Medidas del Proyecto
<ul style="list-style-type: none"> ■ ¿Las medidas seleccionadas se relacionan claramente a las temáticas de alta prioridad? ■ ¿Son difíciles de obtener las medidas? ■ ¿Son las medidas apropiadas para las temáticas?
C. Integrar dentro de los Procesos Técnicos y de Gestión
<ul style="list-style-type: none"> ■ ¿Se ha producido un plan de medición adecuado? ■ ¿Fueron considerados los procesos del proyecto y la tecnología cuando se identificaron las medidas? ■ ¿Están claras las definiciones de los datos de medición y de los procedimiento de colección?

Tabla 5. Lista de Chequeo para auditar la actividad Ajustar las Medidas.

Auditando la actividad de Aplicar las Medidas

La siguiente tabla constituye una propuesta de los criterios a evaluar en la auditoria de cada tarea dentro de la actividad de *Aplicar las Medidas*. Estos elementos exploran si se han logrado o no los principales resultados de cada tarea. La primera tarea es *Colectar y Procesar los Datos*. Los datos inconsistentes o inadecuados pueden degradar los resultados del análisis. Las causas comunes de los problemas en los datos incluyen: las definiciones pobres, formatos inconsistentes y errores en la entrada de datos. La próxima tarea es emplear los datos para generar indicadores que proporcionen una visión dentro de las temáticas del proyecto. La tarea final es usar esos indicadores y sus interpretaciones para soportar la toma de decisiones. Un proceso de medición exitoso se convierte en una herramienta con la cual el administrador del proyecto puede contar.

Aspectos a revisar en la auditoria de conformidad de la actividad Aplicar las Medidas.
A. Colectar y Procesar los Datos
<ul style="list-style-type: none"> ■ ¿Han sido generados los datos de medición según lo planificado? ■ ¿Han sido proporcionados los recursos adecuados para coleccionar y procesar los datos?

<ul style="list-style-type: none"> ■ ¿Han sido reportadas consistentemente las medidas, de acuerdo a los procedimientos definidos en el plan de medición?
B. Analizar Temáticas
<ul style="list-style-type: none"> ■ ¿Se han producido los indicadores para todas las temáticas de alta prioridad? ■ ¿Han sido investigadas todas las anomalías identificadas y descritas sus causas? ■ ¿Se ha estimado el impacto probable de los problemas en el éxito del proyecto?
C. Hacer Recomendaciones
<ul style="list-style-type: none"> ■ ¿Se han proporcionado al administrador del proyecto los indicadores e interpretaciones según lo planificado? ■ ¿Se han identificado las acciones correctivas apropiadas? ■ ¿Han sido monitoreadas las acciones correctivas al cierre y evaluado su impacto?

Tabla 6. Lista de Chequeo para auditar la actividad Aplicar las Medidas.

En nivel de interacción entre los proveedores de datos y los administrativos es un buen indicador de la efectividad de un proceso. Los datos y resultados de análisis deben ser revisados con sus proveedores para asegurar la precisión y consistencia de los mismos. Los indicadores y las interpretaciones deben ser discutidos con los ejecutivos para responder cualquier pregunta adicional. Un amplio compromiso en el proceso de medición a través de toda la organización, asegura el éxito.

Auditando la actividad de Implementar el Proceso

La ejecución exitosa de las actividades de *Ajustar las Medidas* y *Aplicar las Medidas* depende de la implementación de una estructura de soporte efectiva para el proceso de medición. La siguiente tabla constituye una propuesta de los criterios a evaluar en la auditoria de cada tarea dentro de la actividad de *Implementar el Proceso*. Cada elemento examina si se lograron o no los principales resultados de cada tarea. La primera tarea es obtener acuerdos. Los acuerdos deben ser demostrados de forma tangible. Una vez obtenidos, los roles y las responsabilidades deben ser asignadas. Posteriormente, los recursos apropiados deben ser desplegados. Todas las partes involucradas deben acordar la iniciación del cronograma.

Aspectos a revisar en la auditoria de conformidad de la actividad Implementar el Proceso.
A. Obtener Apoyo Organizacional
<ul style="list-style-type: none"> ■ ¿Han sido explicados los beneficios de la medición a todos los niveles de la organización? ■ ¿Han demostrado el apoyo a la medición los principales ejecutivos? ■ ¿Han sido plasmados explícitamente los intereses de privacidad?
B. Definir Responsabilidades de la Medición
<ul style="list-style-type: none"> ■ ¿Comprenden todos los miembros de la organización su rol en el proceso de medición? ■ ¿Son los roles asignados a todos los participantes apropiados a su entorno?
C. Proveer Recursos de Medición
<ul style="list-style-type: none"> ■ ¿Han sido habilitadas para el personal las herramientas apropiadas para soportar la medición?

- ¿Han sido entrenados todos los roles en el proceso de medición?
- ¿Ha sido desarrollado y distribuido un cronograma integrador?

Tabla 7. Lista de Chequeo para auditar la actividad Implementar el Proceso.

2.4.4.2.3 Capacidad

El estándar ISO/IEC 15939 y la Guía de PSM describen las tareas básicas que deben ser desarrolladas en cualquier proceso de medición. Sin embargo, a medida que el proceso de medición madura, deben incorporarse tareas adicionales para mejorar la repetición del proceso y su desempeño. La organización debe descubrir estas mejoras ya sea por su propia experiencia o puede adoptar un estándar de referencia de buenas prácticas. El Modelo Integrado de Capacidades y Madurez (CMMI) y la ISO/IEC 15504 – Evaluación de Procesos de Tecnología de Información, brindan métodos para evaluar la madurez (capacidad) de un proceso de medición. [9]

Los resultados de la evaluación pueden ser usados para: identificar mejoras al proceso de medición, monitorear su progreso o para seleccionar entre varios procesos de medición alternativos.

Conducir una evaluación de capacidad de procesos requiere un personal cuidadoso y una planificación completa. Independientemente de cuán bien definido sea el método de evaluación, los resultados del mismo involucran juicios subjetivos del equipo de evaluación. Los miembros del equipo deben poseer conocimientos del dominio, experiencia en la ingeniería y habilidades de evaluación para cada auditoría específica.

En la UCI se cuenta con especialistas entrenados en CMMI, que pueden formar parte del Consejo de Medición.

A continuación se muestra el diagrama de flujo propuesto para ser desarrollado en los proyectos productivos de la UCI, identificando los actores involucrados y los artefactos que deben ser generados.

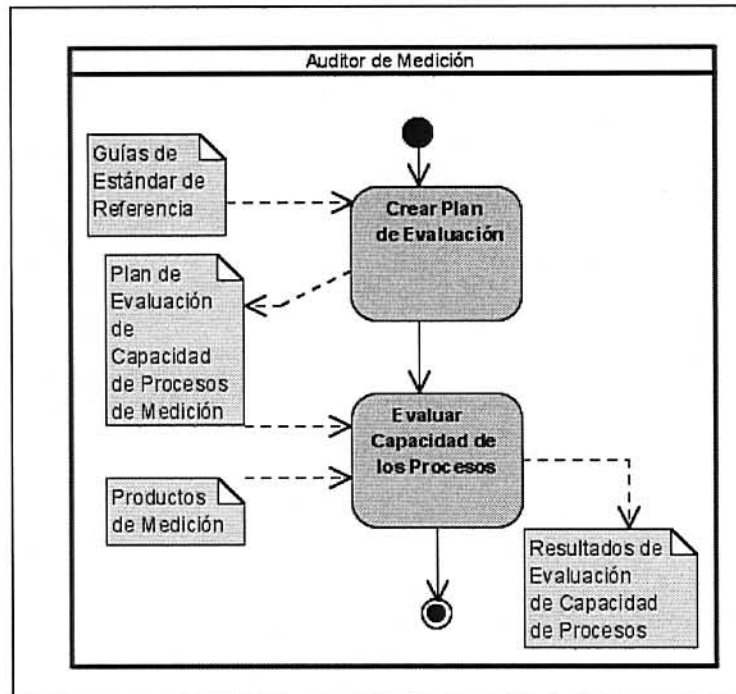


Figura 31. Flujo de trabajo de la tarea de Evaluar Capacidad (madurez) del Proceso.

Debe desarrollarse un plan para cada evaluación de capacidad de un proceso de medición. Si se adopta un método bien definido como la ISO/IEC 15504 se facilita la planificación. Los contenidos que conforman un plan de evolución deben incluir:

- Propósito de evaluación, alineado con las metas del negocio.
- El mayor nivel de capacidad de proceso de medición que será investigado.
- Entradas necesarias para desarrollar la evaluación.
- Actividades a desarrollar en la conducción de la evaluación.
- Recursos y cronograma para las actividades de evaluación.
- Información o datos que serán recolectados durante la evaluación para determinar la capacidad del proceso o el estado de mejora del proceso.
- Criterios de selección y responsabilidades para todos los participantes en la evaluación, incluyendo calificaciones de los asesores.
- Criterios para la verificación de los hallazgos de evaluación.
- Descripción de las salidas planificadas de la evaluación, incluyendo la autoridad de las salidas de la evaluación y cualquier restricción de su uso.

Dicho plan debe ser elaborado por el Consejo de Medición de la UCI, para guiar el trabajo de los auditores durante la evaluación de capacidad de los procesos de cada facultad. La mayoría de los métodos de evaluación involucran la revisión de documentación y entrevistas a los participantes. Los resultados de la evaluación de capacidad incluyen las fortalezas y debilidades, así como un resumen del nivel de capacidad del proceso de medición. La evaluación detallada de los datos debe ser confidencial, de forma de las fuentes individuales no puedan ser identificadas. Sin embargo, los resultados compuestos deben ser proporcionados a la dirección de la UCI, de manera que los problemas puedan ser mejor comprendidos y puedan tomarse las acciones correctivas necesarias.

2.4.4.3 Actualizar la Base de Experiencia

La próxima tarea en la actividad de *Evaluar el Proceso* es actualizar la base de experiencia de la medición, con las lecciones aprendidas de las evaluaciones e información de las anécdotas. El alcance de las lecciones aprendidas debe abarcar el proceso de medición así como las medidas e indicadores. Se debe considerar tanto las fortalezas como las debilidades, así como capturar los elementos que no trabajaron bien y los que si lo hicieron.

A continuación se muestra el diagrama de flujo propuesto para ser desarrollado en los proyectos productivos de la UCI, identificando los actores involucrados y los artefactos que deben ser generados.

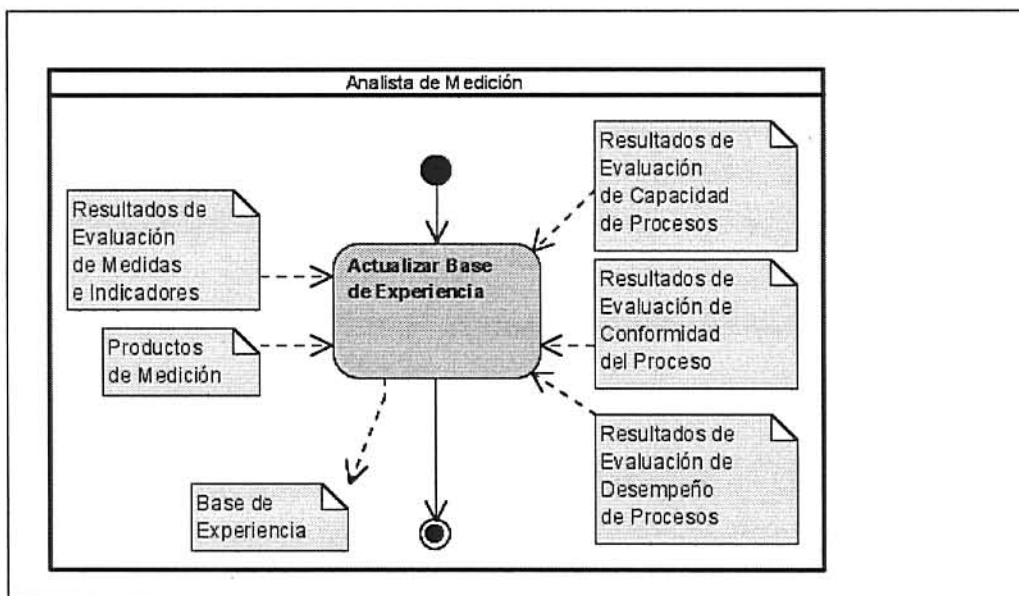


Figura 32. Flujo de trabajo de la tarea de Actualizar la Base de Experiencia.

La base de experiencia puede consistir en boletines electrónicos como enfoque inicial. A medida que el proceso de medición madura, pueden ser usadas tecnologías más sofisticadas para organizar y diseminar la base de experiencia.

Un amplio rango de artefactos y observaciones puede incluirse en la base de experiencia:

- Planes de Medición, Políticas y Procedimientos.
- Definiciones de las medidas e indicadores.
- Técnicas de verificación de datos.
- Encuestas de satisfacción de clientes.
- Reportes de análisis de desempeño.
- Reportes de auditoria de procesos de medición.
- Resultados de evaluación de capacidad de procesos de medición.

2.4.4.4 Identificar e Implementar Mejoras

Algunas de las lecciones obtenidas en las tareas anteriores pueden ser implementadas como mejoras del proceso de medición actual del proyecto. Otras pueden ser almacenadas como beneficio para proyectos futuros. Esta tarea identifica las mejoras específicas que pueden ser implementadas en el proceso de medición actual del proyecto. Se deben considerar los costos y beneficios de las mejoras potenciales cuando son seleccionadas.

A continuación se muestra el diagrama de flujo propuesto para ser desarrollado en los proyectos productivos de la UCI, identificando los actores involucrados y los artefactos que deben ser generados.

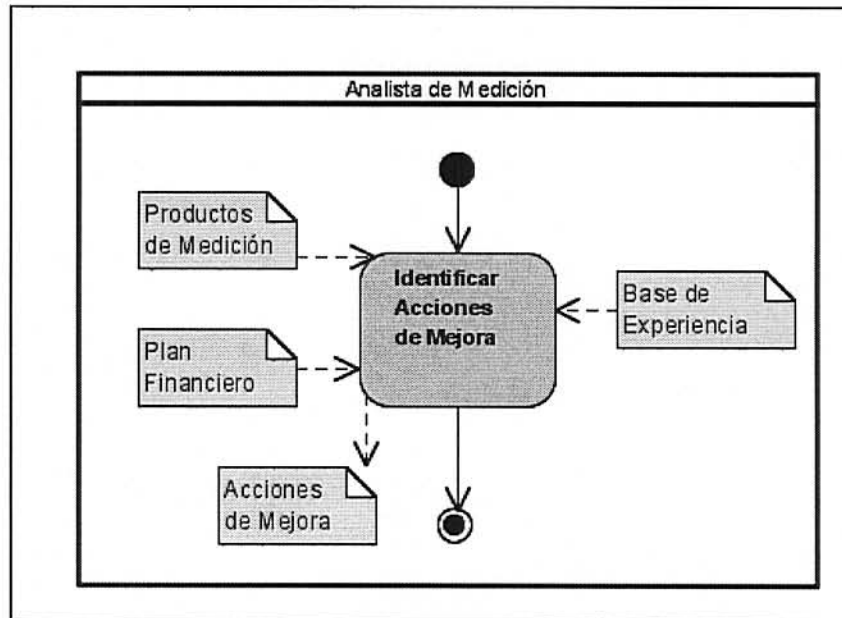


Figura 33. Flujo de trabajo de la tarea de Identificar e Implementar Mejoras.

Los cambios propuestos en el proceso de medición que afecten las actividades del equipo del proyecto, tales como generación de datos, deben ser coordinados con el administrador del proyecto.

2.4.5 El Plan de Medición Organizacional

La mayoría de los grandes proyectos requieren el desarrollo de un único *Plan de Medición*. Sin embargo, cada facultad puede definir su propio plan que sea común para sus diferentes proyectos, de acuerdo a su perfil productivo. Esto implica definir un conjunto de medidas comunes tanto para la facultad, como para la organización; garantizando que determinadas herramientas y recursos puedan ser compartidos por diferentes proyectos. Los resultados de la actividad de ajuste son documentados en dicho plan.

Un conjunto común de medidas sólo tiene sentido para un grupo de proyectos que compartan las siguientes características: [4]

- Temáticas similares de software y sistemas.
- Procesos comunes del ciclo de vida (estándares y prácticas).
- Tecnología estable y compartida (lenguajes, herramientas, plataformas).
- Dominios de aplicación similares.

El Proceso de Medición de Software no solo permitirá a las diferentes facultades evaluar sus procesos de desarrollo basados en la experiencia de las mediciones realizadas en proyectos anteriores; sino que también posibilitará a la Universidad evaluar el estado de todo el proceso productivo, con el fin de tomar decisiones estratégicas.

En la tabla 22 del Anexo2 se propone una guía de los contenidos que deben incluirse en el Plan de Medición. Se debe coordinar el Plan de Medición del proyecto con el Plan de Gestión de Riesgos. Todos los riesgos significativos y cuantificables deben estar reflejados en el plan de medición. Cuando se actualice el plan hay que comunicar los cambios a todo el equipo del proyecto.

2.5 El Personal involucrado en el proceso

Todo el personal requiere un entrenamiento en mediciones de software, con el fin de adquirir las habilidades necesarias para desempeñar sus roles. A continuación se muestran los requisitos básicos de entrenamiento identificados para los diferentes roles en la organización:

Roles				Requisitos de entrenamiento en la medición.
Administradores Ejecutivos	Administrador del Proyecto	Analista de Medición	Equipo del Proyecto	
●	●	●	●	Ingeniería
●	●	●	●	Medición de SW (Básico)
	●	●	●	Recopilación de Datos y Administración.
		●		Análisis de Medición.

Tabla 8. Requisitos de entrenamiento de los distintos roles.

Los *Ejecutivos* (a nivel organizacional) necesitan entrenamiento en las relaciones del programa de medición con los procesos y productos de ingeniería de la organización. Estas personas deben comprender las capacidades y limitaciones del proceso de medición para brindar la información que cumpla sus objetivos.

Los *Administradores de Proyecto* y el personal (incluyendo los administradores técnicos) deben comprender los resultados de medición que les son presentados. También deben conocer los procesos y productos de ingeniería, para que puedan interpretar los resultados y tomar acciones efectivas. Deben tener confianza en el proceso de colección de los datos.

Los *Analistas de Medición* necesitan capacitación o entrenamiento en los determinados procesos de ingeniería, así como en habilidades básicas de medición. Puede ser necesario un entrenamiento adicional en análisis avanzados, tales como estimación, modelación y análisis estadístico.

Los integrantes del equipo del proyecto deben entrenarse como proveedores de datos. No pueden desempeñar sus roles en la medición si no comprenden los requisitos de colección y su relación con los productos y procesos de ingeniería. También necesitan conocer cómo los datos

de medición serán usados para satisfacer las necesidades de información del proyecto y de la organización.

2.5.1 Entrenamiento y Capacitación

Para capacitar el personal involucrado en el proceso de medición en el contexto de la UCI, una buena opción es a través de cursos de adiestramiento en la categoría de formación postgraduada. Los directivos, vice-decanos de producción, líderes de proyectos, especialistas de calidad, técnicos y profesores involucrados en la producción, necesitan dominar los aspectos básicos relacionados con un programa de mediciones. Los seminarios y talleres pueden ser considerados también como vías de transmisión del conocimiento en la Universidad.

A continuación se proponen algunos cursos básicos que pueden ser incorporados durante la fase inicial de institucionalización del proceso de mediciones de software en la UCI.

Cursos	Descripción
1	<p>Ingeniería y Gestión de Software.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Principios de la Ingeniería de Software. • Metodologías de desarrollo. El Proceso de desarrollo de Software. • La Gestión de Proyectos de Software.
2	<p>La Gestión de Proyectos Informáticos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El Proceso de Gestión. Planificación y Estimación de Proyectos. • Gestión de: la Calidad, Configuración, Riesgos, Recursos, etc. • PMBOOK.
3	<p>Aseguramiento de la Calidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introducción a la Calidad del Software. • El Proceso de Software Personal (PSP) <ul style="list-style-type: none"> ○ El cuaderno de trabajo del Ingeniero del software. ○ Herramienta <i>ProcessDashBoard</i>. • El Proceso de Software en Equipos (TSP). • Estándares de Referencia (CMMI, ISO/IEC 15504).
4	<p>Mediciones de Software</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introducción a las Mediciones de Software. <ul style="list-style-type: none"> ○ Medidas, Métricas e Indicadores. Métricas en el Proceso. ○ Mediciones de Software. Métricas de Tamaño, Calidad, etc. ○ Integración de las métricas en los Procesos de Ingeniería. ○ Enfoque GQM (Goal-Question-Metrics) • Introducción al PSM <ul style="list-style-type: none"> ○ Características de Modelo. El Proceso de Medición. ○ Herramienta <i>PSM Insight</i>.
5	<p>Técnicas de Control Estadístico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Técnicas de estimación. • Control Estadístico de Procesos. • Herramientas de Análisis.

Tabla 9. Cursos de entrenamiento.

La planificación de los cursos, los recursos que se asignen, así como la participación del personal que debe recibirlos debe ser coordinado a nivel central como política organizacional.

2.5.2 El Expediente Productivo

Los estudiantes de la UCI constituyen la principal mano de obra en el proceso productivo de la Universidad. La formación desde la producción es la principal premisa de la Universidad, por tanto es necesario hacer un estudio del sistema curricular actual y analizar cómo integrar en el mismo las actividades de capacitación en técnicas de medición de software. A continuación se describe la estrategia de capacitación propuesta para que los estudiantes de la UCI.

La disciplina de Práctica Profesional (PP) constituye la columna vertebral de la formación del profesional informático en la UCI. La misma comprende una serie de asignaturas que abarcan los cinco años de la carrera de Ingeniería Informática en la UCI. La idea del *Expediente Productivo* surge como una necesidad de esta disciplina de conocer y controlar detalladamente, la trayectoria laboral de los estudiantes durante la carrera. Dicho expediente está conformado por: Actas de defensa, Plantilla de evaluación y Avals. En el mismo se pretende medir el desempeño laboral de los estudiantes atendiendo a: la formación para la producción y el trabajo en los proyectos productivos.

La disciplina de Ingeniería y Gestión de Software (IGSW) en la UCI, le confiere una gran importancia a las técnicas y buenas prácticas de la Ingeniería de Software, logrando sistematizar la adquisición de conocimientos relacionados con los métodos de desarrollo de sistemas. Cubre cuatro asignaturas principales: Sistemas de Base de Datos (en 2do año), Ingeniería de Software I y II (en tercer año) y Gestión de Software (en 4to año).

El *Segundo Perfil de Calidad* constituye una iniciativa del Grupo Central de Calidad de la UCI, en conjunto con la disciplina de IGSW, que tiene como propósito difundir en los estudiantes y profesores, las buenas prácticas de Ingeniería de Software y fomentar los hábitos de desarrollo de productos de calidad en la UCI. La siguiente figura muestra la integración de ambas disciplinas a lo largo de la carrera, así como el papel del *Segundo Perfil de Calidad*, en la creación de cursos de capacitación durante los cinco años de estudios universitarios. En este

sentido también es necesaria la formación del rol del *Analista de Medición* desde los cursos ofrecidos en el Segundo Perfil de Calidad.

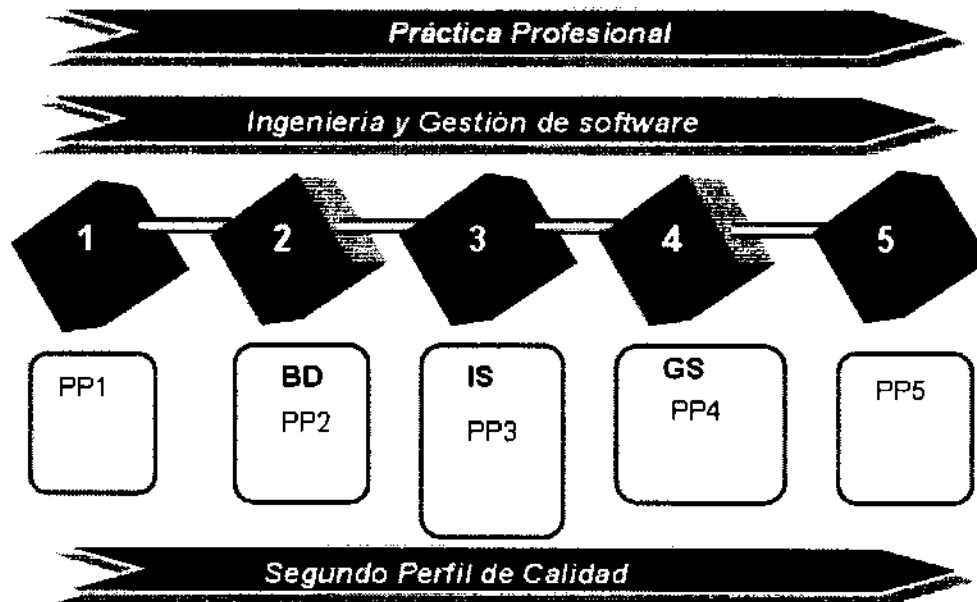


Figura 34. Vinculación en la UCI de las disciplinas de PP, IGSW y el Segundo Perfil de Calidad.

La estrategia de capacitación de los estudiantes en las técnicas de medición de software, debe aprovechar los conocimientos actuales que van adquiriendo a lo largo de la carrera. La premisa es que cada año que pasa, el estudiante vaya adquiriendo nuevas habilidades en el proceso de medición. Es por eso que desde el 1er año de la carrera debe comenzar a recibir entrenamiento básico en las prácticas de medición y comenzar a medir el desempeño de su trabajo en la producción.

Para logra esto se elaboraron una serie de plantillas en formato Excel que facilitan la colección de los datos personales, de manera que mensualmente cada estudiante debe proporcionar dichos datos a su líder de proyecto (o especialista de medición), con el objetivo de ser evaluado en su proyecto en cuanto a: desempeño, productividad, parámetros de calidad, etc.

Si la actividad de medición se integra desde el 1er año de estudios, al final de la carrera se contará con un profesional graduado con una cultura de medición bien entrenada.

Las plantillas que se proponen no solamente posibilitan la colección de los datos de los estudiantes; sino que también especifican los indicadores que serán empleados, así como los criterios de evaluación, medidas a incluir, los procedimientos de conteo y evaluación, etc., tal y como se describen en un Plan de Medición de PSM.

Para la selección de las medidas a reflejar en las plantillas de cada año, fue necesario primero realizar un estudio de las asignaturas del actual Plan de Estudios de la UCI. En la tabla 23 del Anexo 3 fueron seleccionadas un conjunto de asignaturas, cuyos contenidos contribuyen a identificar elementos significativos a incorporar en las prácticas de medición de los estudiantes. Se adiciona una columna con algunos ejemplos de cuáles medidas se pueden contabilizar de acuerdo a los contenidos estudiados en cada asignatura.

Aprovechando la estructura creada por la disciplina de PP con el Expediente Productivo, se propone incorporar al mismo las plantillas de mediciones descritas anteriormente, ajustadas a las características de cada año. El papel que juega la disciplina de IGSW en esta tarea de creación de la plantillas es fundamental, y por su parte PP debe exigir su uso a través de cada uno de los años de la carrera.

Es tarea de ambas disciplinas, en conjunto con el Segundo Perfil de Calidad, la elaboración de cursos optativos a través de cada uno de los años, para abarcar todos los aspectos necesarios para la implementación de un programa efectivo de mediciones. Por ejemplo, en la tabla 23 del anexo 3, se puede observar que no es hasta el tercer año de la carrera, que el estudiante adquiere sus primeros conocimientos sobre estadística. Por este motivo es necesario que se impartan cursos optativos donde se aborden técnicas estadísticas básicas, a los estudiantes de primero y segundo año.

La disciplina de PP también incorpora a su plan de estudios en primer año, algunos elementos de Ingeniería de Software y el estudio del Proceso de Software Personal (PSP). Por su parte la asignatura de Gestión de Software profundiza en el estudio de los temas asociados con Estándares de Calidad y de PSM, no solamente incorporado a su plan de estudios en 4to año, sino también como cursos optativos en diferentes años.

2.5.3 Identificando roles en el proceso de medición

Lograr un cambio cultural organizacional, debe hacerse paso a paso y no de una sola vez. Se propone por tanto, comenzar con mediciones básicas, en diferentes proyectos productivos de la Universidad, que tributen a: (1) Calidad –cantidad de defectos, (2) Esfuerzo –tiempo y recursos empleados y (3) Tamaño del Software. Otros aspectos a medir inicialmente pueden ser considerados por la dirección de cada proyecto o de las facultades. En una segunda fase, transcurridos unos pocos meses y cuando se adquieran las primeras experiencias, se pueden ir incorporando poco a poco nuevas medidas en los proyectos.

En necesario guiar el trabajo metodológico de las disciplinas de IGSW y PP en la formación de los estudiantes para desempeñar los roles del proceso de medición tales como *Analistas de Medición* y *Auditores de Medición*.

La tabla 16 del Anexo 2 muestra las temáticas que propone PSM para agrupar las *Necesidades de Información* de una empresa u organización. Para cada temática se enumera un conjunto de medidas que pueden ser agrupadas en categorías. Esta plantilla puede ser adaptada a las necesidades de información de cada proyecto.

Se adiciona una columna con una propuesta de los roles que pueden ser los responsables de recopilar dichas medidas, en los diferentes proyectos que se desarrollan en la UCI. Dicha propuesta se basa en un estudio de los roles que existen actualmente en la Universidad. La experiencia futura que se obtenga con la puesta en práctica de un proceso de mediciones, contribuirá a la identificación más precisa y objetiva de estos roles.

2.6 Herramientas y Tecnologías empleadas

Una vez que han sido definidos los requisitos de medición y los procedimientos, deben ser identificados también las herramientas para coleccionar, procesar y analizar los datos. En proyectos pequeños, el proceso de medición puede ser soportado en una computadora personal. En proyectos mayores (o aquellos que requieran técnicas de análisis más avanzadas) se necesitarán herramientas de medición adicionales. No se debe comprar una herramienta específica sin antes determinar si la misma soporta las necesidades de información de un proyecto. Las temáticas del proyecto y los procesos de medición determinan los requisitos técnicos. No se debe permitir que la disponibilidad de un conjunto de herramientas de medición existentes, impliquen el proceso de medición a seguir. En la tabla 24 del Anexo 4 se proponen los tipos de herramientas más comunes y las funciones de medición que las mismas soportan.

Cuando se haya organizado el proceso de mediciones en el contexto de un proyecto determinado, es necesario que el mismo se acople al nivel de los otros proyectos de su facultad. A su vez las medidas recopiladas al nivel de las facultades deben engranarse para ser analizadas a nivel organizacional. Para lograr esto es necesario que tanto los *Jefes de Calidad* de cada proyecto, los *Asesores de Calidad* de las facultades y el Grupo Central de Calidad de la UCI, trabajen de forma colaborativa y se definan los procedimientos estándar a seguir. La figura siguiente hace alusión a lo antes mencionado, el rol resaltado en color rojo (J' Mediciones) no existe en estos momentos y las herramientas son citadas de manera genérica:

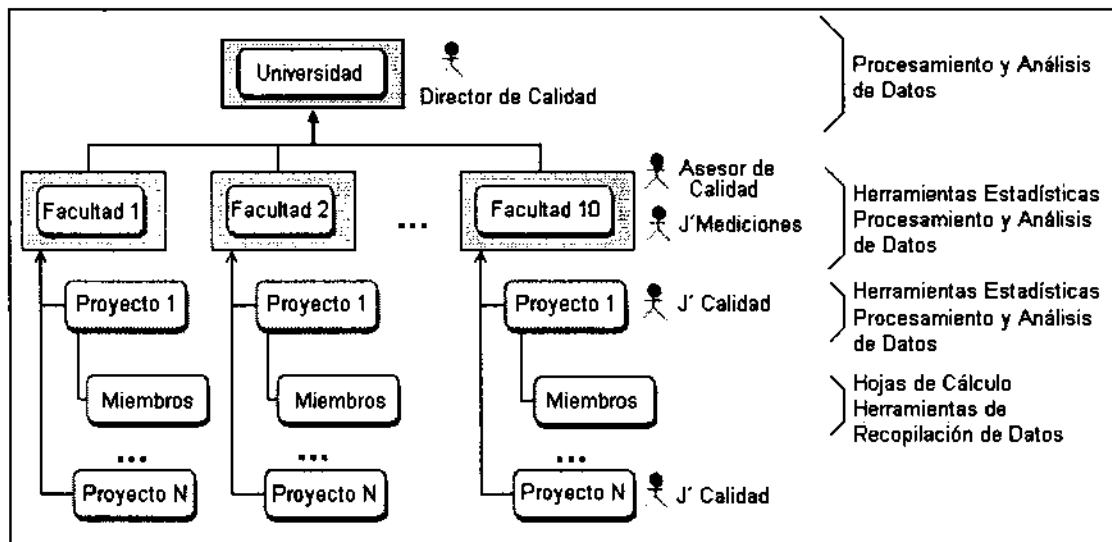


Figura 35. Estructura a nivel de organizacional para la recolección y análisis de los datos.

La siguiente figura muestra un organigrama de un proyecto ficticio donde se identifican algunas disciplinas de ingeniería que son comunes en muchos proyectos productivos de la UCI. Se ejemplifican además los roles involucrados en cada área. Las herramientas citadas constituyen solamente una propuesta, pero pueden ayudar a implementar un programa efectivo de mediciones, basados en la metodología de PSM.

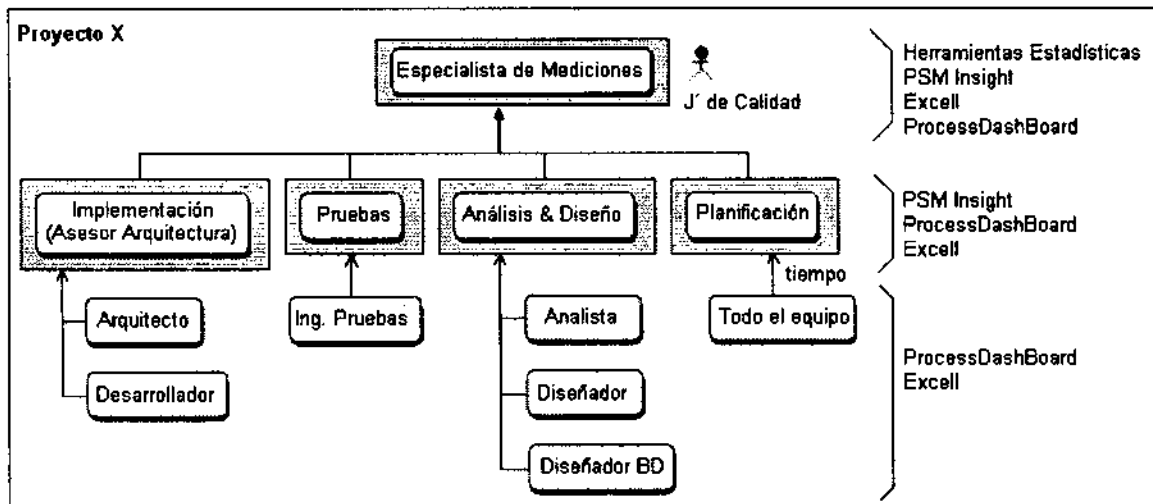


Figura 36. Estructura de un proyecto ficticio, sus roles y herramientas propuestas.

2.6.1 PSM Insight

PSM Insight v4.2.2 es una herramienta de medición, desarrollada en software libre, que implementa el proceso completo de PSM. La herramienta permite: [12]

- Implementar PSM Insight en un área de trabajo.
- Ajustar las necesidades de información a la herramienta.
- Configurar las plantillas de PSM acorde a un proyecto.
- Seleccionar y especificar medidas relevantes.
- Crear y analizar indicadores complejos.
- Importar datos de otras aplicaciones.
- Aplicar PSM y los principios ISO/IEC 15939 en los proyectos.

2.6.2 ProcessDashBoard

El ProcessDashboard (PDB) es una herramienta de código abierto que da acceso al ingeniero a un cronómetro en su ordenador para medir el tiempo de las actividades que realiza, un formulario para registrar la información de los defectos encontrados, otros scripts y formularios para seguir los procesos definidos por el Proceso de Software Personal (PSP), entre otras funcionalidades. La herramienta genera gráficos para una gran variedad de indicadores, a partir de los datos recolectados. Constituye una vía excelente para recopilar los datos relacionados con tiempo, tamaño y cantidad de defectos.

En las últimas versiones del software se ha incorporado el concepto del "Team DashBoard" que permite compartir un repositorio común de mediciones del proyecto. El líder del equipo durante su instalación configura el directorio que servirá como servidor de datos del proyecto, e invita a los miembros del equipo a formar parte de dicho proyecto. De esta manera el líder mantiene un control centralizado de todos los cuadernos de trabajos de los integrantes del equipo; teniendo acceso a cada una de sus métricas. [PDB]

2.6.3 Herramienta y Técnicas para encontrar causas asignables y soluciones

...cualquier análisis estadístico sofisticado debe ser siempre apoyado con gráficos fácilmente comprensibles, que puedan ser evaluados por personas que posteriormente logren relacionar las conclusiones al proceso; personas que posean poco entrenamiento en análisis estadístico avanzado."

Thomas Pyzdek, 1992

Cuando se recopilan los datos para investigar las causas asignables y mejoras potenciales, a menudo se hace necesario comprender la información que se obtiene. Esto involucra organizar y resumir esos datos y buscar patrones, tendencias y relaciones. Las herramientas tales como los diagramas de esparcimiento, run charts, diagramas de causa-efecto, los histogramas, gráficos de barras y gráficos de Pareto, pueden ayudar a este análisis. [PRACTICAL]

La tabla 25 del Anexo 4 muestra algunos ejemplos de situaciones donde es recomendable utilizar algunas de estas técnicas gráficas, durante el análisis estadístico de los datos de medición.

2.6.4 Repositorio de Mediciones Organizacional.

Los directores y ejecutivos de la UCI necesitan información para identificar aspectos fuera del alcance de proyectos individuales. Estos aspectos pueden solo ser localizados analizando los datos de múltiples proyectos a nivel organizacional. La siguiente figura muestra una propuesta para crear un *Repositorio Central de Mediciones* (RCM) de todos los proyectos de la UCI.

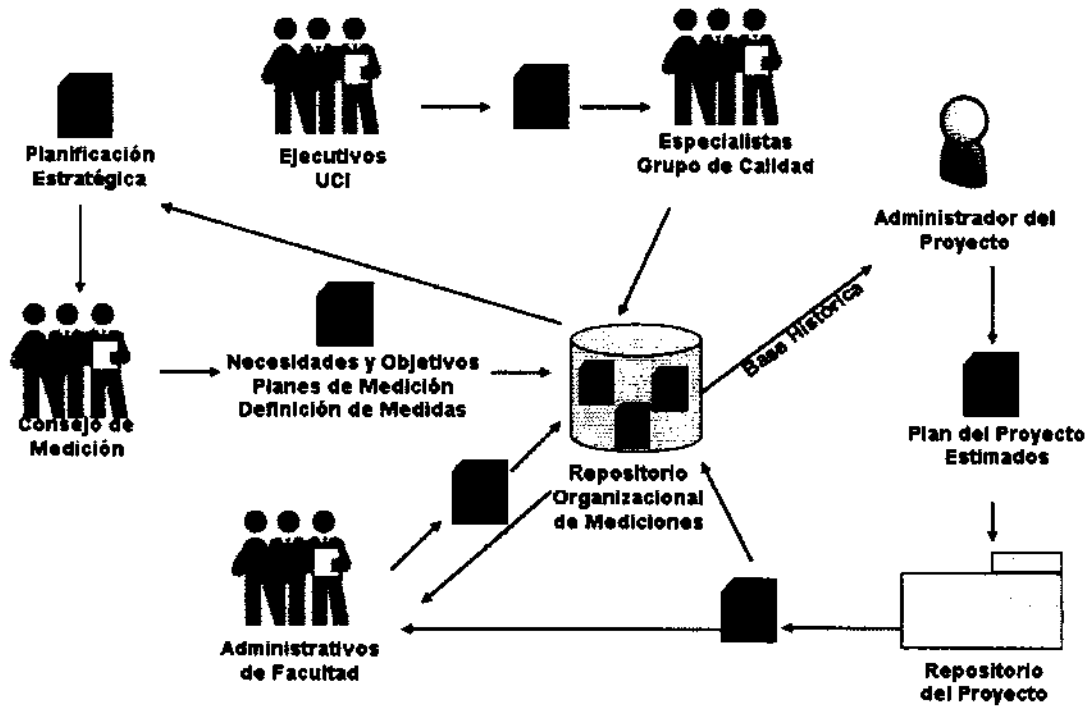


Figura 37. Propuesta de Repositorio Central de Mediciones de la UCI.

Los altos directivos tienen la tarea de definir las políticas organizacionales que se deben seguir. El Grupo Central de Calidad se convierte en el coordinador principal del proceso de medición e informa a la alta gerencia sobre la evolución de todo el proceso, mediante la generación de informes periódicos. El Consejo de Medición de la UCI, integrado por especialistas de medición, tiene la tarea de definir los procedimientos a seguir, estandarizar los planes de medición, identificar las medidas e indicadores que son necesarios medir para satisfacer las necesidades de información de los ejecutivos de la organización, etc. Es el encargado también, junto con los especialistas de calidad de diseñar y conducir los procesos de auditorías a los procesos que se realicen regularmente en la UCI. Por su parte cada facultad puede definir requisitos de medición similares que deben ser estandarizados en todos sus proyectos; y debe mantenerse informado sobre la evolución de los mismos. El Administrador del Proyecto se puede nutrir de los datos históricos de proyectos existentes para su labor de planificación y estimación.

- Los planificadores de proyectos serán capaces de definir planes más exactos, basados en datos recopilados de proyectos anteriores. De esta forma se podrá disponer mejor de los recursos y supervisar el progreso del proyecto contra esos planes.
- Las mediciones ayudan a relacionar e integrar la información derivada de otras disciplinas de gestión técnica y de proyectos. Por tanto, los administradores de proyectos podrán tomar decisiones usando información objetiva.
- La Universidad podrá adoptar una estrategia pro-activa de gestión, ya que las mediciones fomentan el descubrimiento temprano y corrección de los problemas técnicos y de gestión que pueden ser más difíciles y costosos de resolver posteriormente.
- Las decisiones que se toman en un área, usualmente tienen un impacto en otras áreas. A través de los datos históricos de mediciones de proyectos, la organización podrá evaluar de forma objetiva estos impactos y establecer acuerdos para: alcanzar los objetivos del proyecto y optimizar el desempeño del proyecto de software y del producto.

Conclusiones

- Las actividades fundamentales que integran el proceso de medición de PSM son: *Ajustar las Medidas, Aplicar las Medidas, Implementar el Proceso y Evaluar la Medición.*
- La definición clara de los procesos de medición, mediante la identificación de las actividades, sus relaciones, los artefactos que se emplean como entradas y salidas y la identificación de los roles involucrados, incrementan la probabilidad de implementar exitosamente un programa de medición en la UCI.
- Es necesario crear una cultura de medición con el fin de institucionalizar el proceso de medición.
- Los directores y ejecutivos de la UCI necesitan información para identificar aspectos fuera del alcance de proyectos individuales. Estos aspectos pueden solo ser localizados analizando los datos de múltiples proyectos a nivel organizacional.
- El entrenamiento de los estudiantes de la UCI en técnicas de mediciones de software, debe comenzar desde el 1er año de la carrera, jugando un papel protagónico en esta tarea las disciplinas de Práctica Profesional e Ingeniería y Gestión de Software.
- Las herramientas automatizadas constituyen un soporte esencial para agilizar el proceso de medición, logrando el manejo y procesamiento de un gran volumen de información, y el acceso a la misma desde diversos orígenes.

CAPITULO 3

Evaluación de la Propuesta

Capítulo 3: Evaluación de la Propuesta

Introducción

A menudo, en las organizaciones no existen datos actuales en los que poder basarse para hacer análisis comparativos. Por esta razón, en las investigaciones asociadas a la Ingeniería de Software y las TIC predominan las técnicas que permiten extraer la información más fiable de los expertos, es decir de los que más conocen el tema y sus implicaciones. [Ailyn]

Para la validación y aceptación del proceso que se presenta en el Capítulo 2 se utilizó el *Criterio de un Panel de Expertos*. Este panel se conformó con especialistas en los temas de Calidad y Gestión de Software de la UCI y de la empresa SOFTEL. En el presente capítulo se describen las técnicas que fueron empleadas y los resultados obtenidos en la evaluación.

3.1 El Criterio del Panel de Expertos

La realización de pronósticos se apoya en dos tipos generales de métodos: los de base objetiva y los de base subjetiva. Los métodos objetivos utilizan técnicas matemáticas bien fundamentadas, con las que el especialista logra formalizar la información disponible. Estas técnicas resultan impotentes para captar la evolución futura de situaciones con alto grado de incertidumbre en sus posibles manifestaciones. Entonces se hace necesario la aplicación de métodos que estén estructurados a partir de la aceptación de la intuición como una comprensión sinóptica de la realidad, y basados en la experiencia y conocimientos de un grupo de personas considerados expertos en la materia a tratar. Estos métodos denominados subjetivos son conocidos también como *métodos de consultas a expertos*. [Delphy]

Se entiende por experto, tanto al individuo en sí, como a un grupo de personas u organizaciones capaces de ofrecer valoraciones conclusivas de un problema en cuestión y hacer recomendaciones respecto a sus momentos fundamentales con un máximo de competencia. [Ailyn]

3.2 Obtención del consentimiento del experto para su participación

Primeramente se conformó un listado de posibles especialistas que podían ser considerados como expertos en el tema de las mediciones de software. Una vez que el listado estuvo listo, se invitó a cada uno de los escogidos de forma personal para que participara en el peritaje. Se les explicó el objetivo de la realización de la encuesta, el plazo y orden de ejecución, así como el volumen total del trabajo. Recibida la respuesta positiva, se estableció el listado final de expertos, después de lo cual se le informó a cada especialista sobre su inclusión en el peritaje y las instrucciones necesarias para contestar las preguntas. Con esto terminó el trabajo de selección, lográndose la participación de los expertos seleccionados. (Ver tabla 26, Anexo 4).

3.3 Elaboración del cuestionario

Para el objeto de análisis se realizó una primera ronda de cuestionarios para determinar el nivel de competencia de los expertos y su conocimiento sobre el tema de Mediciones de Software. En el segundo cuestionario se pedía a los expertos que identificaran las actividades de mayor

importancia en un Proceso de Medición de Software. Como resultado de este formulario se obtuvieron las actividades fundamentales que deben desarrollarse durante un proceso de medición de software. (Ver tabla 28, Anexo 4).

La tercera encuesta consistió en la valoración de la propuesta descrita en el capítulo 2. Se incluyeron preguntas para evaluar cada uno de los aspectos presentados en la propuesta: las actividades, flujos de trabajos, roles, artefactos y las herramientas. También se les dio la posibilidad de presentar su opinión general de la propuesta, para que tuvieran la libertad de expresar todos sus criterios. (Ver tabla 29, Anexo 4).

En todos los casos los expertos recibieron la documentación del proceso propuesto y se les requirió cumplir con un lapso de tiempo determinado para dar las respuestas o hacer las preguntas pertinentes que les hubiesen surgido al estudiar el documento presentado.

3.4 Selección de los expertos

El primer cuestionario fue diseñado para determinar el nivel de competencia de los expertos. La misma fue determinada a través del coeficiente k, el cual se calcula de acuerdo con la opinión del experto sobre su nivel de conocimiento sobre Mediciones de Software y con las fuentes que le permiten argumentar sus criterios.

El coeficiente de competencia se calcula por la siguiente fórmula:

$$K = \frac{1}{2} (k_c + k_a)$$

Donde:

k_c- es el coeficiente de conocimiento o información que tiene el experto acerca del problema, calculado sobre la valoración del propio experto en una escala del 0 al 10 y multiplicado por 0,1; de esta forma, la evaluación "0" indica que el experto que no tiene absolutamente ningún conocimiento de la problemática correspondiente, mientras que la evaluación "10" significa que el experto tiene pleno conocimiento de la problemática tratada.

k_a- es el coeficiente de argumentación o fundamentación de los criterios de el experto, obtenido como resultado de la suma de los puntos alcanzados a partir de una tabla patrón.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	Grado de influencia de cada una de las fuentes en sus criterios.		
	A (alto)	M (medio)	B (bajo)
Análisis teóricos realizados por usted	0.3	0.2	0.1
Su experiencia obtenida	0.5	0.4	0.2

Trabajos de autores nacionales	0.05	0.05	0.05
Trabajos de autores extranjeros	0.05	0.05	0.05
Su propio conocimiento del estado del problema en el extranjero	0.05	0.05	0.05
Su intuición	0.05	0.05	0.05

Tabla 10. Tabla Patrón para determinar el grado de influencia en los expertos.

Al experto se le presentó esta tabla sin cifras, orientándosele a marcar con una cruz cuál de las fuentes él considera que ha influido en su conocimiento de acuerdo con el grado A, M o B. Posteriormente, utilizando los valores de la tabla patrón para cada una de las casillas marcadas por el experto, se calculó el número de puntos obtenidos en total. De esta forma, si el coeficiente $k_a = 1.0$, el grado de influencia de todas las fuentes es alto, si $k_a=0.8$, es un grado medio y si es igual a 0.5, se considera con grado bajo de influencia de las fuentes. Ambos valores, k_c y k_a , fueron determinados a partir de la aplicación de una primera encuesta (ver tabla 27 del Anexo 4).

El código de interpretación de tales coeficientes de competencias fue:

- Si $0,8 < K < 1,0$ coeficiente de competencia **alto**.
- Si $0,4 < K < 0,8$ coeficiente de competencia **medio**
- Si $K < 0,4$ coeficiente de competencia **bajo**

En la siguiente tabla se ilustra el nivel de competencia calculado para cada experto. Como se puede apreciar existen 5 expertos de nivel Medio y 4 expertos de nivel Alto.

No.	Nivel	k_c	k_a
1	8	0.8	0.9
2	7	0.7	0.8
3	7	0.7	0.9
4	2	0.2	0.7
5	5	0.5	0.5
6	7	0.7	0.9
7	3	0.3	0.8
8	4	0.4	1
9	9	0.9	0.9

Tabla 11. Cálculo del nivel de competencia de los expertos.

3.5 Resultados de la Evaluación

En la segunda ronda del cuestionario los expertos identificaron las 10 actividades de mayor importancia dentro de un proceso de mediciones de software. Las mismas fueron evaluadas en una escala de 1 al 10 de importancia. Las actividades identificadas fueron:

No.	Actividades Fundamentales
1	Definir alcance, visión, metas y objetivos del proceso de medición.
2	Establecer responsables, recursos, etc.
3	Identificar los riesgos
4	Capacitar al personal
5	Involucrar a la alta dirección
6	Seleccionar las medidas que se van a aplicar
7	Colectar y procesar datos
8	Evaluar las mediciones
9	Comunicar los resultados de las mediciones y del análisis a los implicados
10	Mejorar el proceso

Tabla 12. Actividades fundamentales identificadas por los expertos.

En la siguiente figura se muestra dichas actividades, la escala representada fue calculada empleando la media aritmética de las evaluaciones de todos los expertos en cada una de las actividades:

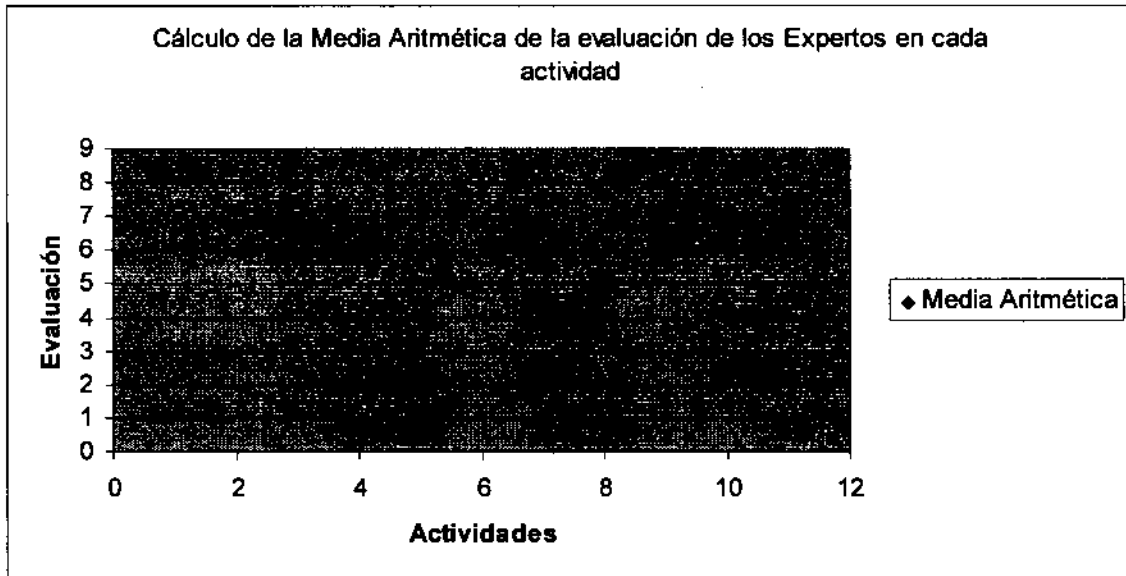


Figura 38. Evaluación de las actividades fundamentales identificadas por los expertos.

La fórmula empleada para el cálculo de la media aritmética fue:

$$M_j = \frac{\sum_{i=1}^k R_{ij}}{k}$$

Como se puede apreciar, las actividades de mayor evaluación fueron las relacionadas con: definir los objetivos del proceso, los recursos necesarios para su ejecución y las actividades de coleccionar, evaluar y procesar los datos. La mayoría de los expertos no consideró importantes las actividades relacionadas con: identificar los riesgos, capacitar al personal, involucrar a la alta gerencia, comunicar los resultados del análisis a los involucrados y la mejora del proceso de medición.

El tercer cuestionario se dividió en dos partes para su análisis, una cualitativa y otra cuantitativa. La primera pregunta permitía evaluar de manera subjetiva cada uno de los criterios que componen la propuesta, atendiendo a si eran: *Innecesarios*, *Necesarios pero no suficientes* o *Necesarios y suficientes*, para implantar un proceso de mediciones de software en la UCI. De esta manera fue posible determinar el comportamiento que tuvo el criterio general de todos los expertos en cada una de las opciones.

Criterios	Innecesario	Necesario, no suficiente	Necesario y suficiente
Actividades Propuestas	0%	33.33%	66.66%
Flujos de trabajo, roles, artefactos.	0%	11.11%	88.88%
Estrategia de Capacitación	0%	55.56%	44.44%
Herramientas y Tecnologías propuestas	0%	33.33%	66.66%

Tabla 13. Tabla de frecuencias acumuladas para cada criterio.

El objetivo de la segunda pregunta era evaluar cada uno de los siguientes componentes de la propuesta presentada, pero esta vez de manera cuantitativa, en una escala del 1 al 10 en grado de importancia. Los resultados fueron procesados de manera estadística empleando la media aritmética en cada uno de los criterios. A continuación se muestran dichos criterios:

No.	Criterios a evaluar sobre la Propuesta
1	Las actividades propuestas.
2	La organización de las actividades en flujos de trabajo
3	Los roles propuestos
4	Los artefactos propuestos
5	Las relaciones establecidas entre las actividades propuestas
6	Las herramientas que se proponen para automatizar el proceso.
7	La estrategia de capacitación y entrenamiento al personal.

Tabla 14. Criterios a evaluar relacionados con la propuesta presentada.

La siguiente figura muestra la evaluación obtenida por cada uno de los criterios:

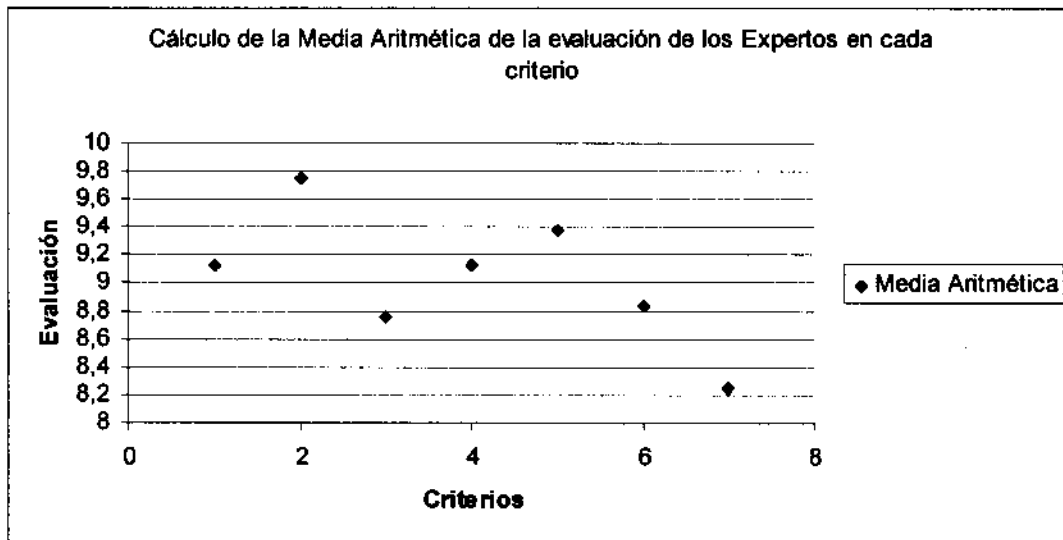


Figura 39. Evaluación por los expertos de los criterios relacionados con la propuesta.

Las evaluaciones oscilaron en un rango de 8 a 10 puntos. La actividad de definición de los procesos en flujos de trabajados obtuvo la mejor puntuación. Los roles propuestos, las herramientas y la estrategia de capacitación, obtuvieron una menor puntuación, no así la definición de los flujos de trabajos que describen los procesos propuestos.

Algunos expertos no conocen las herramientas que se proponían como ejemplo, y por ese motivo no evaluaron dicho aspecto. La estrategia de capacitación también fue otro aspecto que fue objeto de valoración y críticas. Los expertos plantearon que para las fases de inicio e implantación parece suficiente la estrategia propuesta, pero implicará un cambio de paradigma y surgirán nuevas necesidades de información y formas de mostrarlas e interactuar con ellas, lo que conllevará a la preparación del personal en otras áreas. En ese sentido plantearon que el inicio de un proceso de medición en la UCI provocará la auto-formación del personal en los ciclos de mejoras del proceso.

De forma general manifestaron que la UCI, y en particular los proyectos productivos, necesitan del registro de los datos para poder tomar decisiones basadas en hechos y no como se realiza en estos momentos, de forma subjetiva.

Con respecto a la pregunta: *¿Considera usted que la aplicación del trabajo propuesto puede ser efectivo en la implantación de un programa de mediciones en la UCI?*

El criterio de los expertos fue unánime en que sí podía ser efectiva la implantación en la UCI de la propuesta presentada. Opinaron que se debía comenzar a medir lo más pronto posible, porque en estos momentos no existe un estándar por donde se rijan todos los proyectos para llevar a cabo sus mediciones. También coincidieron en que hay aportes significativos en cuanto al proceso de medición de los proyectos de software, se tocan elementos necesarios en cualquier proyecto y que en la actualidad no se están teniendo en cuenta. Citando las palabras de uno de los expertos:

Varias cosas de la propuesta van a cambiar cuando se validen en la práctica en la UCI, pero teóricamente está bien fundamentada.

Otras opiniones sobre la propuesta plantearon que uno de los principios fundamentales de la calidad es que se deben tomar decisiones basadas en hechos y la propuesta presentada proporciona los hechos que hoy no se conocen cuantitativamente en los proyectos de la UCI.

Con respecto a la pregunta: *Elabore un comentario general sobre el procedimiento que está siendo evaluado que aporte elementos a la mejora del mismo.*

Los expertos coincidieron en que el procedimiento propuesto sentará las bases para crear una conciencia de medir el desarrollo de software en la UCI e ir almacenando las experiencias en el desarrollo, buenas y malas, para no cometer los mismos errores y poder estimar más objetivamente.

Algunos asesores de calidad encuestados opinaron que se pudiera sobrecargar el trabajo del *Responsable de Calidad* del proyecto, las actividades de medición debería hacerlas otra persona que no fuera quien asuma el rol de responsable de calidad. En este caso en la propuesta se identifica el rol del *Analista de Medición*, encargado de asumir esta tarea en el proyecto.

Otras opiniones plantearon que la propuesta solo tendría éxito en la UCI si se lograra enfocar e involucrar a la alta dirección como máxima responsable del proceso y a la vez como su principal cliente, que el volumen de información sea el adecuado para manejar la organización sin que se lleguen a "intoxicar". El proceso puede no solo ser útil para la Universidad, sino también puede ser recomendado para la industria.

En resumen se pudo llegar al consenso de que el proceso propuesto es una idea válida y está bien fundamentada para establecer un programa de mediciones de software en la UCI. Se hace necesario un cambio cultural en el comportamiento de la producción con respecto a este tema.

Conclusiones

- El método de validación de expertos permite captar la evolución futura de situaciones con alto grado de incertidumbre, basados en la experiencia y conocimientos de un grupo de personas considerados expertos en la materia a tratar.
- Es necesario en la UCI un cambio cultural y de comportamiento con respecto a las mediciones de software en el proceso productivo.
- Los altos directivos de la UCI tienen que asimilar la necesidad de este proceso y sentirse involucrados en el mismo.
- Hay que profundizar en aspectos relacionados con la preparación del personal involucrado, la selección de la tecnología y la gestión de los riesgos asociados al proceso.
- El proceso propuesto puede ser efectivo en la implantación de un programa de mediciones de software en la UCI.

CONCLUSIONES

Conclusiones

Con la realización del proyecto se arribó a las siguientes conclusiones:

- El proceso de medición de PSM establece las bases para la toma de decisiones y la comunicación a través de la organización. Dicho proceso trabaja mejor cuando se integra con otras disciplinas de gestión tales como: la gestión de riesgos y la gestión financiera.
- El primer paso para implementar un proceso de medición de PSM es definir los aspectos del proyecto que serán controlados durante el proceso de medición.
- Las mediciones ayudan al administrador del proyecto a definir planes más exactos y supervisar con precisión el desempeño contra esos planes. Brindan además la información necesaria para tomar decisiones claves en el proyecto y ejecutar la acción apropiada.
- El propósito de PSM es: (1) desarrollar prácticas efectivas de medición que localicen las necesidades de información técnica y administrativa, de software y sistemas, y (2) transitar en el uso general y un enfoque integrado de medición que aporte mejoras de desempeño.
- El método de validación de expertos permitió llegar al consenso de que el proceso propuesto es una idea válida y está bien fundamentada para establecer un programa de mediciones de software en la UCI.
- Es necesario un cambio cultural en la UCI con respecto a las mediciones de software. Hay que involucrar a la alta gerencia en este proceso.
- Hay que profundizar en aspectos relacionados con la preparación del personal involucrado, la selección de la tecnología y la gestión de los riesgos asociados al proceso.

Recomendaciones

Se recomienda:

- Comenzar a trabajar sistemáticamente en la preparación y capacitación del personal de la UCI, vinculado a la producción, en aspectos relacionados con la medición de software.
- Aplicar la propuesta para implementar un programa de mediciones de software en la UCI, en los proyectos productivos de las facultades, de acuerdo a sus perfiles.
- Crear el *Consejo de Medición de la UCI*, dirigido y orientado por el Grupo Central de Calidad, para establecer las políticas, objetivos y crear la infraestructura necesaria para implementar el proceso de mediciones en la Universidad.

Referencias Bibliográficas

Referencias:

- [Anaisa]** *Una propuesta de métricas para un sistema de Gestión de Revisiones*. Centro de Estudios de Ingeniería de Sistemas (CEIS). Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE). 2003.
- [Aylin]** Febles, Ailyn, MConfig.PM, Modelo de referencia para la Gestión de Configuración en la pequeña y mediana empresa de software La Habana, Cuba, CUJAE, 2004.
- [Aylin-Sofía]** Alvarez Cárdenas, Sofía; Febles Estrada, Ailyn. *Vinculación de los roles de la industria de software en la formación de habilidades valores en los estudiantes de informática*. Instituto Superior Politécnico "José .A. Echeverria" (ISPJAE), Cuba. 2002
- [Álvarez]** - Álvarez, Sofía; Hernández, Anaisa. *Metodología para el desarrollo de aplicaciones con tecnología Orientada a Objetos utilizando notación UML*. La Habana, 2000.
- [CGM]** *The Computer Measurement Group*. <http://www.cmg.org>
- [COSMIC]** *The Common Software Measurement International Consortium*.
<http://www.cosmicon.com>*
- [Delphy]** Criterio de Expertos: Método Delphy.
- [Garcia]** Consuegra Rodríguez, Dialys Aliaska; Shelton Nadal, Ronald; García Pérez, Ana María. *Automatización de la gestión de la calidad de una organización de software partiendo de la medición del tamaño*.
<http://biblioteca.idict.villaclara.cu/UserFiles/File/feria2006/Trabajo%209.doc>
- [German]** *German GI Interest Group on Software Metrics*.
- [ISBSG]** *The International Software Benchmarking Standards Group*.
<http://www.isbsg.org>
- [ISO]** Zubrow, Dave. *Measurement in a Process Framework*. Process and Methodology Seminar Toronto, Canada. Septemeber 30, 2003. Carnegie Mellon. SEI
- [ISO-2]** *The International Organization for Standardization*.
<http://www.iso.ch/en/ISOOnline.frontpage>
- [MAIN]** *The Metrics Association's International Network*. <http://www.mai-net.org>
- [Michel]** Ramos Navarro, Michel. *Materiales elaborados por la disciplina de Práctica Profesional*. Universidad de las Ciencias Informáticas. Ciudad de la Habana, Cuba. 2007.
- [PDB]** *Software Process DashBoard Initiative*. <http://processdash.sourceforge.net/default.html>
- [PRACTICAL]** William A. Florac, Robert E. Park, Anita D. Carleton. *Practical Software Measurement: Measuring for Process Management and Improvement*. April 1997. Guidebook

CMU/SEI-97-HB-003

[Point] *The International Function Point User Group.* <http://www.ifpug.org>

[QSM] *QSM Inc. (Quantitative Software Management).* <http://www.qsm.com/>

[RS] *R. S. Pressman & Associates, Inc.* <http://www.rspa.com/index.html>

[RUP] Jacobson, Ivar, Booch, Grady y Rumbaugh, James. *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software.* s.l. : Pearson Education, S. A., 2000.

[SEIR] *Software Engineering Information Repository (SEIR)* <https://seir.sei.cmu.edu/seir/>
<http://ivs.cs.uni-magdeburg.de/sw-eng/us/>

[SOFIA] Álvarez Cárdenas, Sofia. *Sitio para la implementación de las mejores prácticas de software.* I Congreso Internacional de Tecnología y Contenidos de Multimedia en Medios Digitales. Cuba. 2000

[1] *Practical Software and Systems Measurement (PSM). Methods of Operation.* (Abril, 2005).

[2] *Practical Software and Systems Measurement (PSM). Methods of Operation. Draft Version 2.6,* (Abril, 2005). <http://www.psmc.com>

[3] *Practical Software Measurement: Objective Information for Decision Makers,* v5. Capítulos 1 y 2, (Addison-Wesley, 2002).

[4] *PSM Guide 4.0b.Part 1 – The Measurement Process.*

[5] *PSM Guide 4.0b.Part 2 – Tailor Measures.*

[6] *PSM Guide 4.0b.Part 3 – Measurement Selection and Specification Tables.*

[7] *PSM Guide 4.0b.Part 4 – Apply Measures.*

[8] *PSM Guide 4.0b.Part 5 – Indicator Examples.*

[9] *PSM Guide 4.0b.Part 6 - Implement Process.*

[10] *PSM Guide 4.0b.Part 7 – Evaluate Measurement.*

[11] *PSM Guide 4.0b.Part 9 – Supplemental Information.*

[12] *PSM Insight Software version 4.2.2. User Manual.* (Febrero, 2002).

[13] *PSM Practical Software and Systems Measurement. Marketing Calendar Products Version 1.0*

Bibliografía:

- *Ministerio de Administraciones Públicas. MÉTRICA. Versión 3. Metodología de Planificación, Desarrollo y Mantenimiento de sistemas de información. . Secretaria del Consejo Superior de Administración Electrónica. [En línea] [Citado el: 17 de 03 de 2007.] <http://www.csi.map.es/csi/metrica3/>*
- *Pressman, Roger S. Ingeniería del software. Un enfoque práctico. Quinta edición. s.l. : Mc Graw-Hill/Interamericana de España. S.A., 2002.*
- *CMMI, Product Team. Software Engineering Institute. Carnegie Mellon. CMMI® for Development, Version 1.2. [En línea] Agosto de 2006. <http://www.sei.cmu.edu/cmmi/models/model-v12-components-word.html>*

Glosario de Términos y Siglas

Atributos – Son características distinguibles o propiedades de una medida. Define la naturaleza de la medida y puede obtenerse rápidamente para la entrada de datos. Generalmente cada medida tiene varios atributos que la describen. Si se desean comparar dos medidas, estas deben compartir los atributos apropiados.

Categoría – cada temática en PSM incluye una o más categorías de medición, para una posterior comprensión de la información que se monitorea. Una categoría es un grupo de medidas relacionadas que pueden ser supervisadas en el proyecto, tales como medidas relacionadas con el costo o específicas de cronograma.

Componente de medición - Es una estructura detallada que vincula los conceptos que pueden ser medidos, asociados a una necesidad de información específica. Describe cómo los atributos más relevantes del software son cuantificados y convertidos en indicadores, los cuales proporcionan las bases para la toma de decisiones. Un único *componente de medición* puede involucrar tres tipos o niveles de medidas: *Medidas Base*, *Medidas Derivadas* e *Indicadores*. El componente de medición debe ser capaz de ser prácticamente implementado dadas las características del proyecto, y debe satisfacer las *necesidades de información* definidas.

Conceptos medibles - Entidades que conforman el proyecto de software.

Elementos de Datos – Es una pieza específica de información que se colecciona para una medida en particular. Los elementos de datos son cuantitativos y específicos. Una medida puede tener varios elementos de datos. Crear elementos de datos toma su tiempo puesto que es necesario definir cada aspecto de la validación de los datos, el tipo de dato numérico, un valor por defecto, un rango de valores permisibles, y una lista de entradas válidas.

Estructuras – Una estructura representa la organización de su proyecto. PSM establece 3 clases: basada en *componentes*, en *actividades*, o en *función*. Se puede tener más de una estructura por proyecto, pero si se quiere comparar medidas similares o indicadores, entonces deben compartir la misma estructura. Las estructuras están relacionadas a las medidas porque cada medida representa datos recopilados en un nivel particular de una estructura. Usualmente las medidas son asignadas al nivel más bajo de organización de la agencia (la unidad).

I-C-M - (Issues-Categories-Measures List) esta lista en una guía maestra del proyecto entero. Esta es la función más importante en el proceso de ajuste. Aquí se definen y editan las características más críticas, las categorías de medición y las medidas de los datos en el proyecto.

Indicadores – Un indicador es una medida o grupo de medidas que proporcionan visión en el contexto del proyecto. Un indicador puede ser llamado *métrica* en otras herramientas de medición de software. Los indicadores frecuentemente hacen comparaciones entre 2 valores, tales como valores planificados contra el valor actual. Un indicador es usualmente un gráfico o una tabla. Ayudan a comprender los aspectos de su proyecto, y brindan información objetiva para evitar problemas futuros.

Información del producto - Se refiere a las *necesidades de información*.

Mapping - esta función se usa para asociar las características específicas de un proyecto, con las *áreas de características comunes* que propone el proceso de PSM.

Medidas – es la forma de cuantificar aspectos de un proceso de software o producto. Son tipos de datos específicos que se pueden monitorear en el proyecto. Se caracterizan por estructuras, atributos y elementos de datos. Las medidas son la base para la entrada de datos, y son también usadas para crear los indicadores para monitorear el estado del proyecto.

Medidas Base - Una medida de un único *atributo* definida por un método de medición específico. (Horas de esfuerzo, líneas de código).

Medidas Derivadas - Es una medida o cantidad definida como una función (algoritmo) de dos ó más medidas base y/o derivadas. Captura la información de más de un atributo. (Ej. Productividad = horas de esfuerzo/ líneas de código).

Necesidades de Información - Se definen usualmente en términos de objetivos. Relacionan directamente a los objetivos definidos con las áreas de interés que pueden tener un impacto en el logro de esos objetivos.

Temáticas – una temática o característica es un aspecto crítico del proyecto que debe ser monitoreado de forma regular. PSM presenta 7 áreas de temáticas comunes basadas en las mejores prácticas de la industria del software actual. Este módulo es usado para nombrar todos los puntos importantes que se desean monitorear durante el ciclo de vida del proyecto.

Usuarios de medición - las personas que desempeñan y administran el proceso de medición.

ANEXOS

Anexo 1

Fundamentación Teórica

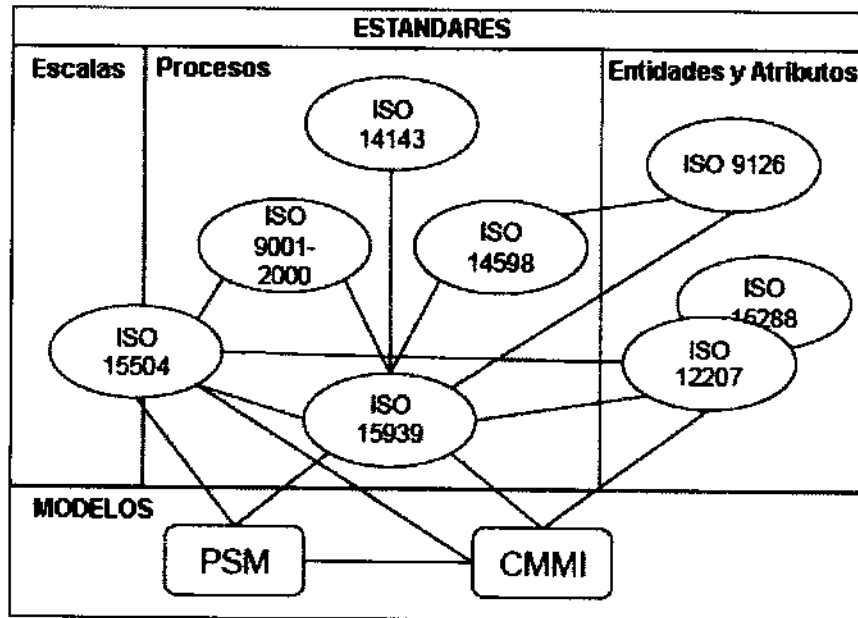


Figura 40. El marco de medición de la norma ISO.

Encuesta sobre Mediciones de Software

Nombre: _____
Fecha: _____

() Líder de Proyecto o Subsistemas () Vice-decano Formación () Asesor de Calidad
 () Otro: _____

Nota:
 El objetivo de esta encuesta no es juzgar o evaluar el trabajo del encuestado, es solamente investigativa. El responsable de esta encuesta se compromete a mantener total privacidad de la información recopilada.

Pregunta 1
 ¿Conoce usted el tiempo real que emplea a la semana cada miembro de su equipo (analistas, desarrolladores, diseñadores, probadores, etc.) en desarrollar las actividades que usted les orienta?
 ___ Sí ___ No ___ Parcialmente

En caso de responder "Sí" o "Parcialmente" explique brevemente como lo logra y si utiliza alguna herramienta para ello.

Pregunta 2

¿Conoce usted la productividad de cada miembro de su equipo? (Ej. El tiempo que emplea un desarrollador en programar determinada cantidad de LOC, o el tiempo que emplea un probador en diseñar determinado número de casos de pruebas).

Si No Parcialmente

Pregunta 3

¿Conoce usted la cantidad de errores (su descripción y fecha de detección) que se identifican y corrigen cada quincena, o mes, en su proyecto (en cada fase -Planificación, Análisis, Diseño, Codificación, Pruebas, etc.)?

Si No Parcialmente

Pregunta 4

¿Puede usted estimar, con un bajo margen de error y con argumentos cuantitativos, el tiempo que el próximo mes empleará su equipo del proyecto en realizar las actividades de Análisis, Diseño, Codificación, Pruebas, etc.?

Si No Parcialmente

Pregunta 5

¿Aplica usted en su proyecto alguna técnica para realizar control estadístico de alguno de sus procesos de desarrollo de software (Análisis, Diseño, Codificación, Pruebas)? (Ej. para analizar la tendencia que sigue un proceso (exponencial, constante, etc.), analizar si el proceso está fuera de control, comparando con límites de control previamente establecidos, etc.)

Si No Parcialmente

Pregunta 6

¿Conoce usted el progreso o estado actual de su proyecto, atendiendo a las tareas que usted ha planificado, contra las que realmente se han cumplido, o el estado de las mismas? (Planificado VS Actual)

Si No Parcialmente

Pregunta 7

¿Puede usted informar mensualmente, el "tamaño" actual del producto que está desarrollando en su proyecto? (Ej. Tamaño referido a: cantidad de nuevos componentes incorporados, modificados, eliminados, cantidad de nuevos requerimientos funcionales incorporados, modificados, eliminados, cantidad de componentes reutilizados de otros proyectos, etc.)

Si No Parcialmente

Pregunta 8

¿Gestiona usted los riesgos que están asociados a las tareas que se desarrollan en su proyecto (los identifica, les da seguimiento, etc.)?

Si No Parcialmente

Pregunta 9

¿Aplica usted en su proyecto algún método o estrategia para "determinar" cualitativa o cuantitativamente, el grado de satisfacción que tiene sus clientes con respecto a los productos o servicios que usted les ofrece?

Si No Parcialmente

Tabla 15. Formulario de encuesta aplicada.

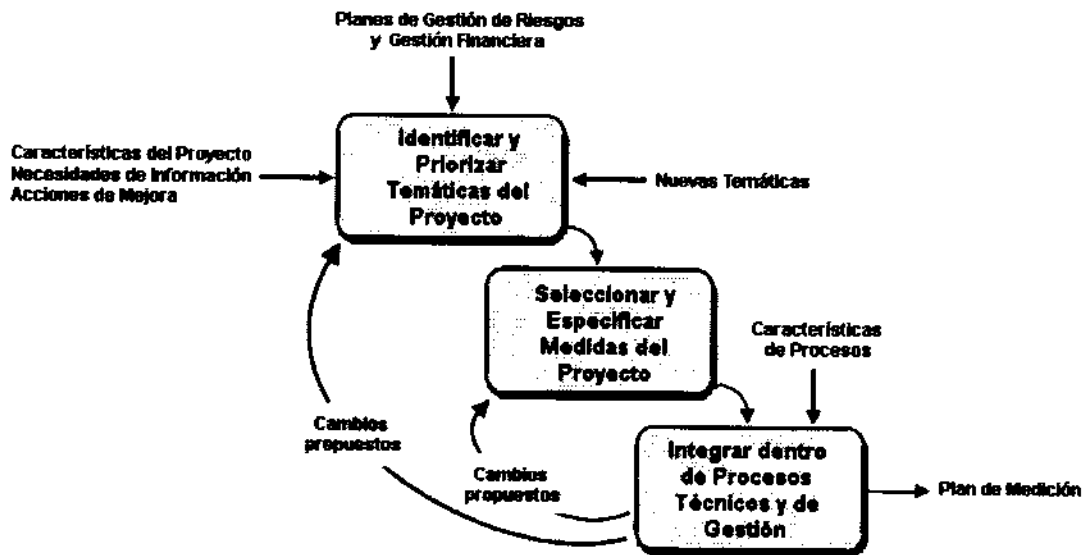


Figura 41. Tareas de la actividad: Ajustar las Medidas.

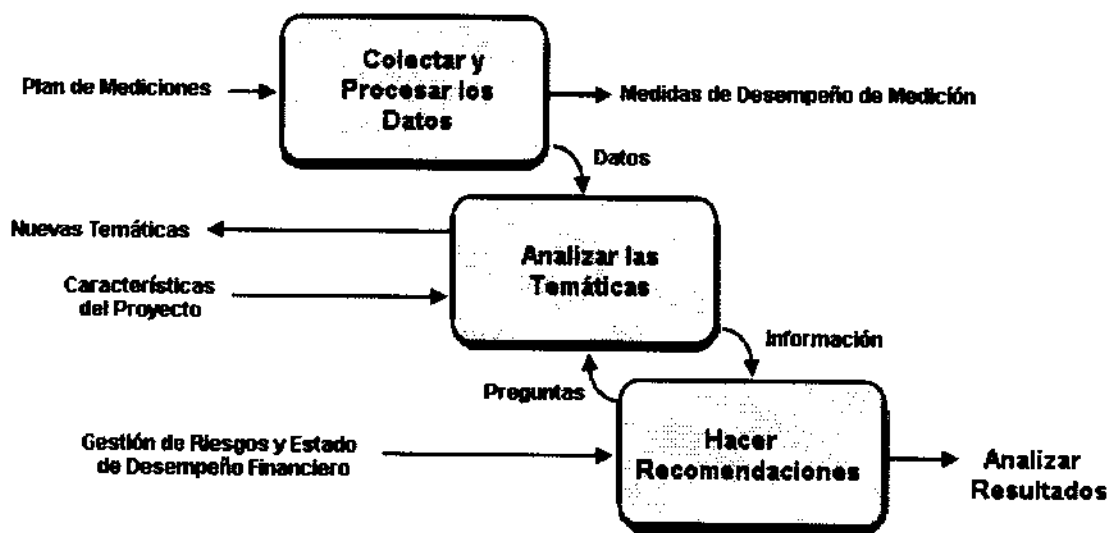


Figura 42. Tareas de la actividad: Aplicar las Medidas.

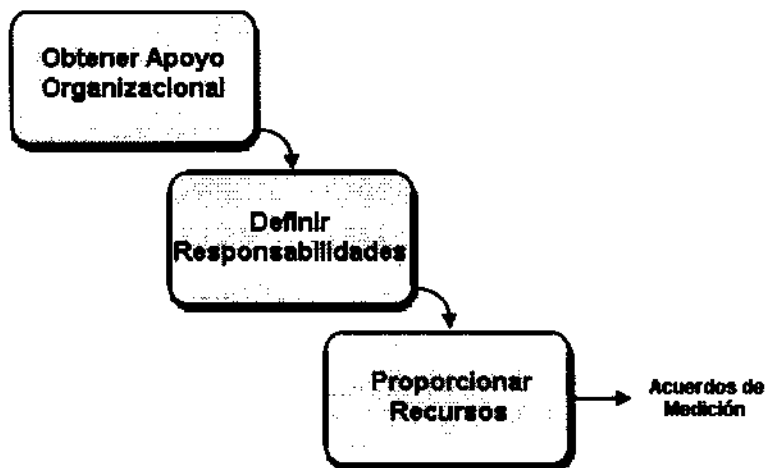


Figura 43. Tareas de la actividad: Implementar el Proceso.

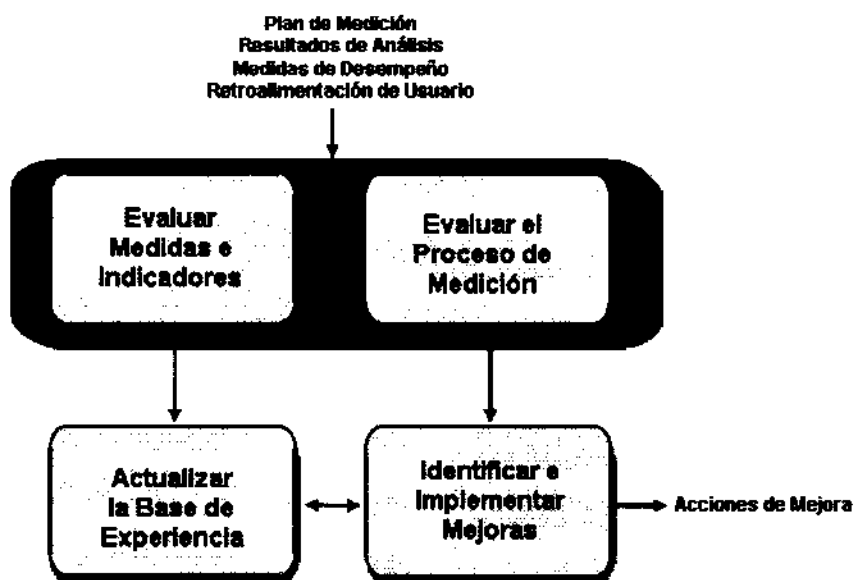


Figura 44. Tareas de la actividad: Evaluar la Medición.

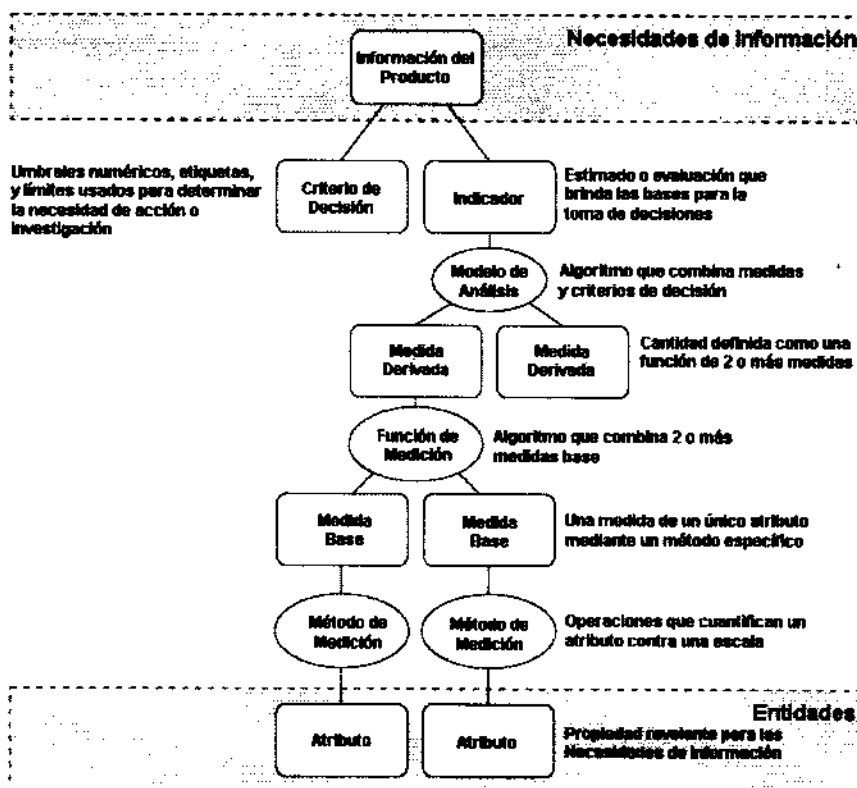


Figura 45. Detalles de un Componente de Medición.

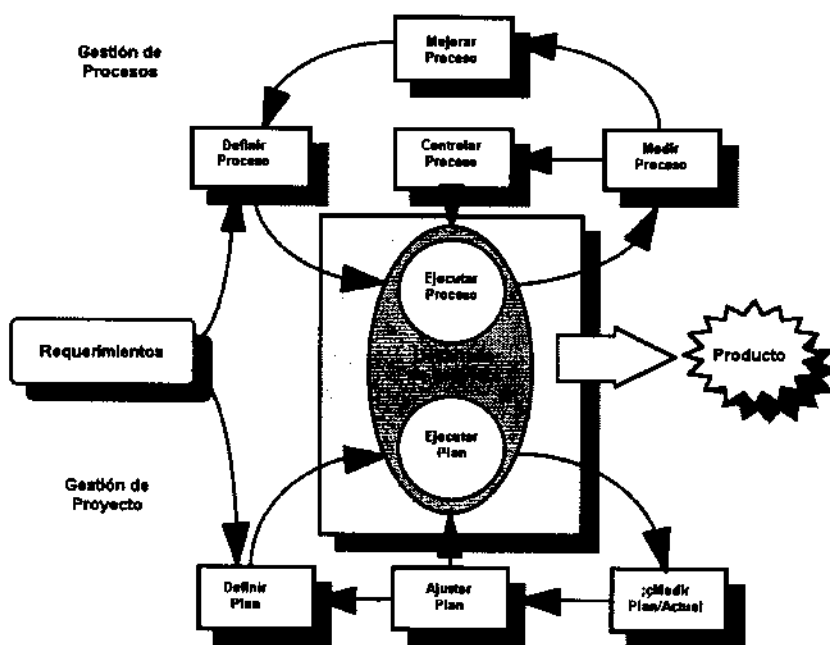


Figura 46. Las relaciones entre la Gestión de Procesos y la Gestión de Proyectos.

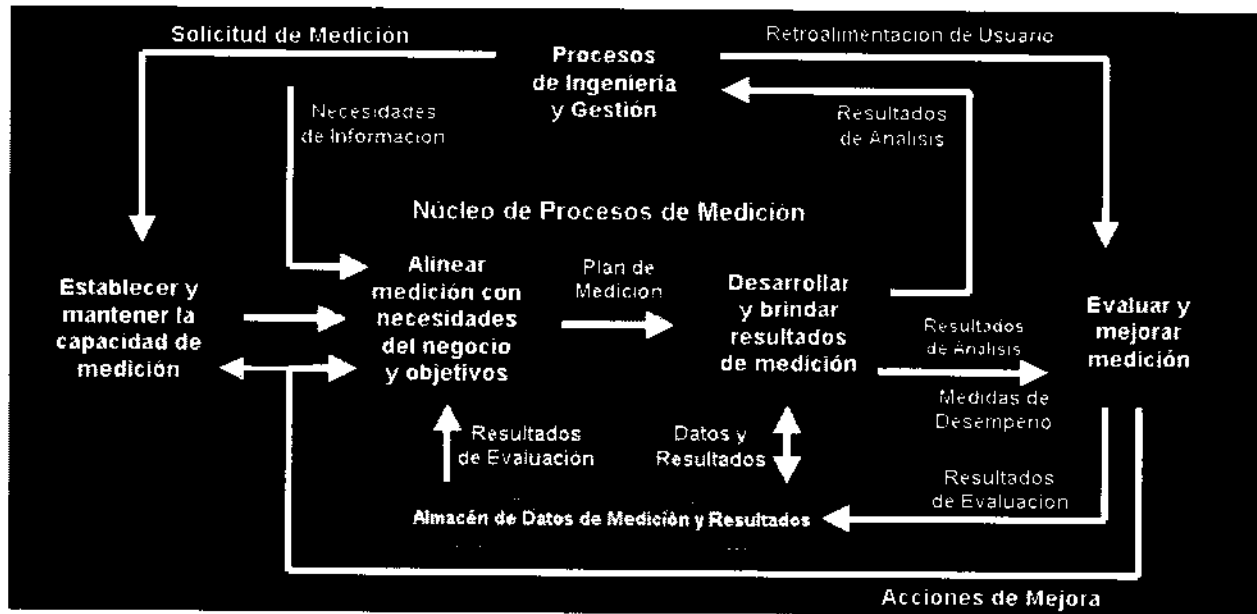


Figura 47. Estructura de la norma ISO/IEC 15939.

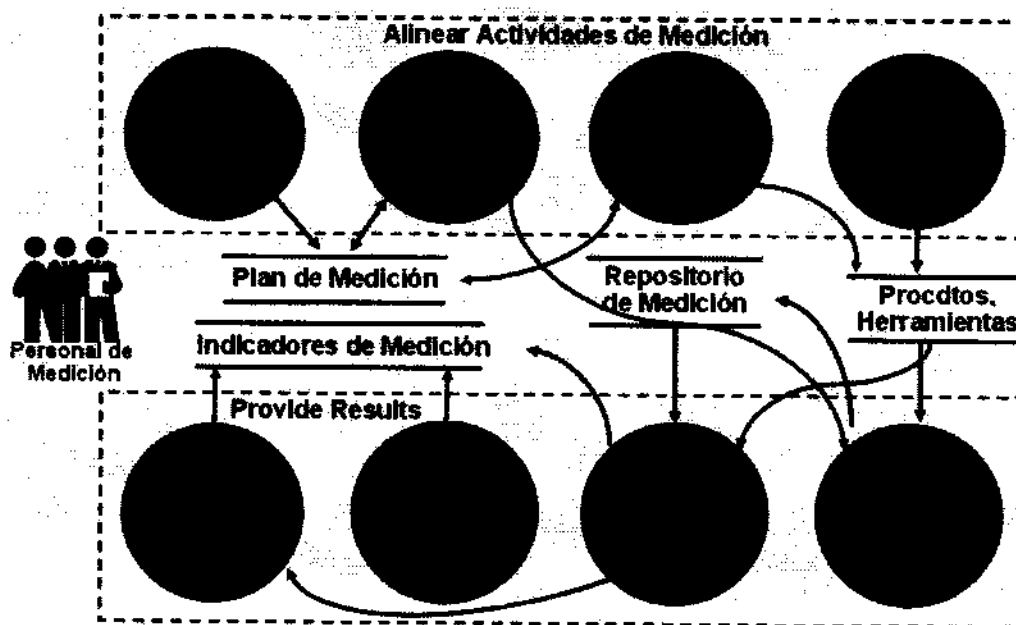


Figura 48. Área Clave de Proceso de CMMI Medición y Análisis.

		Estado de Revisión	Auditor.
		Estado de Peticiones de Cambios	Administrador de Configuración.
		Estado de Componentes	Arquitecto, Analista o Diseñador.
		Estado de Pruebas	Ingeniero de Pruebas.
		Estado de Elementos de Acción	Planificador.
		Capacidad Incremental	Incremento de Contenidos - Componentes
		Incremento de Contenidos-Funciones	Diseñador.
Recursos y Costos	Personal	Esfuerzo	Planificador.
		Experiencia del Personal	Administrador.
		Estabilidad del Personal	Administrador.
	Desempeño Financiero	Valor Ganado	Planificador o Administrador.
		Costo	Planificador o Administrador.
	Entorno y Recurso de Soporte	Disponibilidad de Recursos	Administrador.
Utilización de Recursos		Ingeniero de Soporte o Administrador.	
Tamaño del Producto y Estabilidad	Tamaño Físico y Estabilidad	Tamaño de la Base de Datos	Diseñador de Base de Datos.
		Componentes	Analista o Diseñador.
		Interfaces	Desarrollador o Arquitecto.
		Líneas de Código	Desarrollador.
	Tamaño Funcional y Estabilidad	Dimensiones Físicas	Diseñador o Arquitecto.
		Requerimientos	Analista.
	Trabajo de Cambio Funcional	Administrador de Configuración.	
	Puntos de Función	Analista.	
Calidad del Producto	Exactitud Funcional	Defectos	Todos los integrantes.
		Desempeño Técnico	Arquitecto
	Soporte - Mantenimiento	Time to Restore	Desarrollador o Arquitecto.
		Complejidad Ciclomática	Diseñador e Ingeniero de Pruebas o Desarrollador.
		Acciones de Mantenimiento	Responsable de Mantenimiento o Soporte
	Eficiencia	Utilización	Ing. de Pruebas o Desarrollador.
		Rendimiento	Ing. de Pruebas o Desarrollador.
		Itinerario	Planificador
	Portabilidad	Conformidad de Estándares	Arquitecto.
	Usabilidad	Errores de Operación	Ingeniero de Pruebas.
Confiabilidad – Fiabilidad	Fallas	Ingeniero de Pruebas.	
	Tolerancia a Fallos	Ingeniero de Pruebas.	
Desempeño del Proceso	Conformidad del Proceso	Evaluación de Modelo de Referencia	Auditor o Evaluador.
		Descubrimientos del Proceso de Auditoría	Auditor o Evaluador.
	Eficiencia del Proceso	Productividad	Planificador o Administrador.
		Ciclo de Tiempo	Planificador o Administrador.
Efectividad del Proceso	Acumulación de Defectos	Responsables de los procesos de: Planif., A&D, Implement.,	

			Pruebas, etc.
Efectividad de la Tecnología	Conveniencia Tecnológica	Re-trabajo	Planificador
		Cubrimiento de los Requisitos	Arquitecto o Desarrollador.
	Impacto	Impacto de la Tecnología	Arquitecto.
	Volatilidad de la Tecnología	Cambios en la Línea Base	Administrador de Configuración o Administrador.
Satisfacción del Cliente	Retroalimentación del Cliente	Resultados de Encuesta	Responsable de Soporte.
		Evaluación de Desempeño	Ingeniero de Pruebas.
	Soporte al Cliente	Peticiones de Soporte	Responsable de Soporte.
		Tiempo de Soporte	Responsable de Soporte.

Tabla 16. Medidas agrupadas en categorías y áreas comunes de temáticas. Roles propuestos para su colección.

Medida	Líneas de Código
Elemento de Datos	Número de Líneas de Código (LOC) Número de LOC adicionadas Número de LOC modificadas Número de LOC eliminadas
Atributos	Tipo de dato (plan, actual) Fecha de colección del dato Fecha de reporte del dato Organización Fuente (nueva, reusada) Lenguaje (Ada, C, Ensamblador) Construcción
Estructura de Agregación	Componente
Definición	Las LOC serán contadas como unidades lógicas de líneas de código. Los espacios en blanco y los comentarios no serán incluidos.
Nivel de Colección	Unidad
Contar Actuales basado en	Una unidad es considerada completa cuando ha pasado la inspección de código. Esto significa que el código ha sido completado e incorporado a la gestión de configuración, las pruebas de unidad han sido completadas, la inspección del código ha ocurrido y se han completado todas las acciones de la inspección.
Aplicar durante	Los estimados son calculados durante el análisis de los requerimientos y el diseño. Los datos actuales están disponibles durante la implementación. Los datos actualizados son nuevamente medidos durante la integración y prueba si una unidad es modificada para solucionar un problema.
Proceso de Reporte de Datos	Los datos a nivel de unidad están disponibles en el sistema de gestión de configuración. La organización puede acceder a este sistema en cualquier momento para un análisis detallado. La organización brinda, una vez al mes, un reporte a nivel de unidad de estos datos, en un fichero exportado en código ASCII almacenado en un disquete.
Periodicidad	Mensualmente

Tabla 17. Plantilla y ejemplo de especificación de una medida

Categoría de Medición	Fuente Electrónica	Fuente en Copia Dura
Hitos de Desempeño	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sistema de Gestión de Proyecto / Herramienta de Planificación de Proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Cronograma
Progreso de Unidad de Trabajo	<ul style="list-style-type: none"> ■ Herramienta de Planificación de Proyecto ■ Sistema de Gestión de Configuración 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Reportes de Estado
Capacidad Incremental	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sistema de Gestión de Configuración 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Reportes de Construcción ■ Registros de Estado de Contabilidad
Personal	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sistema de Contabilidad de Costos ■ Sistema de Reporte de tiempos ■ Herramientas de Estimación 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Registros de Tiempo
Desempeño Financiero	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sistema de Gestión de Desempeño ■ Sistema Financiero 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Reportes de Valor Ganado ■ Registros Financieros
Tamaño Físico y Estabilidad	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sistemas de Análisis estático ■ Sistema de Gestión de Configuración ■ Modelos de Computadora ■ Sistema de Partes de Gestión 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Listado de Productos ■ Hojas de Especificación de Producto ■ Registro de Pruebas de Laboratorio ■ Cuenta de Materiales
Tamaño Funcional y Estabilidad	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sistema de conteo de Puntos de Función ■ Sistema de monitoreo de peticiones de cambios ■ Sistema de Gestión de Configuración ■ Herramientas CASE 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Especificaciones de requisitos y diseño ■ Peticiones de Cambio
Exactitud Funcional	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sistema de monitoreo de defectos /problemas ■ Sistema de Gestión de Configuración ■ Herramientas CASE ■ Herramientas de Automatización de Pruebas 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Reporte de Incidentes de pruebas ■ Reporte de Revisiones/ Inspecciones ■ Notas de Revisión de Diseño y Acciones
Soporte - Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sistemas de Análisis estático ■ Reporte de Acciones Correctivas ■ Sistema de monitoreo de problemas o fallas 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Reporte de Revisiones/ Inspecciones ■ Reporte de Problemas ■ Reporte de Mantenimiento ■ Reporte de Acciones Correctivas
Eficiencia	<ul style="list-style-type: none"> ■ Herramientas de Análisis dinámico ■ Herramientas de Monitoreo de Sistemas 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Reportes de Análisis de Desempeño
Usabilidad y Confiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sistema de monitoreo de problemas o fallas ■ Sistema de ayuda de escritorio 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Reporte de Problemas de Operación
Conformidad del Proceso	<ul style="list-style-type: none"> ■ Herramientas de Promulgación de Procesos 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Evaluación de Hallazgos ■ Reportes de Autoría
Eficiencia del Proceso	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sistema de Gestión de Proyecto ■ Sistema de Reporte de tiempos 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Registros de Tiempo ■ Hallazgos de revisiones de procesos
Efectividad del Proceso	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sistema de monitoreo de defectos /problemas ■ Sistema de Reporte de tiempos 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Reporte de Incidentes de pruebas ■ Reporte de Revisiones/ Inspecciones ■ Registros de Tiempo
Retroalimentación del Cliente	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sistema de Retroalimentación Online 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Resultados de encuestas ■ Formularios de comentarios

Tabla 18. Ejemplos de fuentes de datos.

Lista de Chequeo de Verificación de Datos	
1	Precisión de los datos <ul style="list-style-type: none"> ■ ¿Se relacionan los datos con las actividades del proyecto actualmente en ejecución? ■ ¿Los datos recibidos se corresponden con el cronograma?
2	Atributos y Estructuras de Agregación de los datos <ul style="list-style-type: none"> ■ ¿Son consistentes los valores de los campos de agregación a lo largo de diferentes registros? ■ ¿Son consistentes los valores de los campos de agregación a lo largo de los equipos de proyectos y organizaciones?
3	Unidades de Medida <ul style="list-style-type: none"> ■ ¿Están siendo usadas las mismas unidades de medida a lo largo de diferentes equipos de proyectos en la organización?
4	Contenidos de los elementos de datos <ul style="list-style-type: none"> ■ ¿Están los valores de los datos fuera de los rangos aceptables? ■ ¿Es incorrecto el formato de algún elemento de dato?
5	Completamiento de los datos <ul style="list-style-type: none"> ■ ¿Se necesitan datos de medición suministrados por cada temática? ■ ¿Faltan elementos de datos dentro de los datos medición? ■ ¿Se entregaron los datos del contexto del proyecto? ■ ¿Son estos los datos que se acordaron?
6	Cambios para los datos existentes <ul style="list-style-type: none"> ■ ¿Han cambiado los valores de los planes inesperadamente? ■ ¿Los cambios a los valores del plan representan una mayor re-planificación? ■ ¿Han cambiado inesperadamente los valores actuales?
7	¿Los datos parecen demasiado regulares?

Tabla 19. Ejemplos de Lista de Chequeo para la verificación de datos.

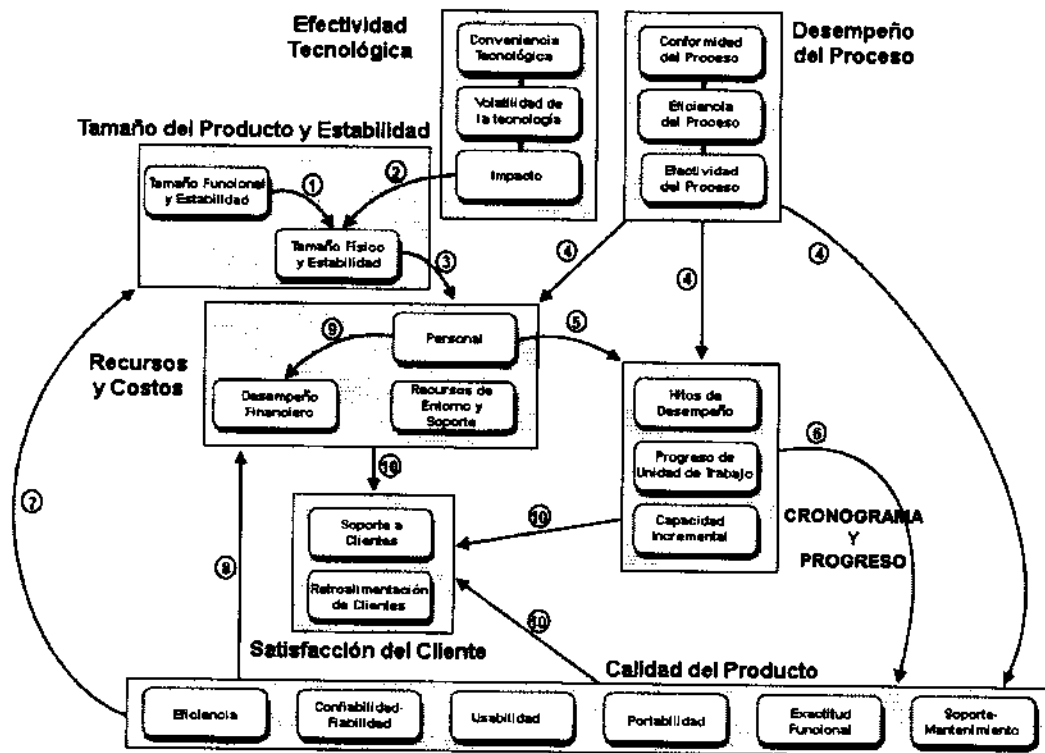


Figura 49. Modelo Estructurado de Análisis

Relaciones establecidas en el Modelo Estructurado de Análisis	
1	El <i>tamaño funcional</i> representa la cantidad de funcionalidad que el sistema debe brindar. Usualmente esta determinado por los requerimientos. El <i>tamaño funcional</i> es un determinante primario en el <i>tamaño físico</i> (la cantidad de producto que debe ser desarrollado o mantenido).
2	El <i>impacto y volatilidad</i> de cualquier nueva tecnología también influye en el tamaño del producto. Los enfoques técnicos más innovadores intentan minimizar la cantidad de producto nuevo que debe ser implementado para una funcionalidad dada. Ejemplos de enfoques técnicos incluyen COTS, arquitecturas comunes y componentes reutilizables. Si la efectividad del enfoque no rinde todos los beneficios deseados, más de un sistema debe ser desarrollado que lo planificado.
3	<i>Incrementos</i> en el producto usualmente resultan en una necesidad de <i>personal</i> adicional.
4	El <i>desempeño</i> del proceso afecta la necesidad global de recursos de <i>personal</i> e influye en los cronogramas de desarrollo y la calidad del producto. Una organización más madura desarrolla mejor, asumiendo que otros factores son constantes.
5	Adicionar más <i>personal</i> impacta el cronograma y el progreso. Si el <i>personal</i> es añadido en etapas tempranas del proyecto y si se establece el entrenamiento y la comunicación necesaria, el <i>cronograma</i> puede ser acortado. Si el personal es incorporado en etapas posteriores del proyecto, pueden surgir retrasos en el cronograma debido a que es difícil añadir un personal no planificado a un proyecto en curso.
6	El déficit de <i>cronograma</i> puede causar problemas en la <i>calidad</i> del producto, incluyendo defectos en el mismo. Con el objetivo de cumplir el <i>cronograma</i> , las pruebas de <i>esfuerzo</i> pueden ser abreviadas o los problemas pueden no ser corregidos. En general, mayores <i>complejidades</i> del sistema hacen el <i>mantenimiento</i> más difícil, necesitando más tiempo para arreglar los errores.
7	Los problemas latentes de <i>calidad</i> representan <i>re-trabajo</i> que requiere <i>esfuerzo</i> adicional para hacer las entregas actuales o futuras, aceptables por el usuario. El administrador del proyecto usualmente tomará una decisión de entrega basada en el número de problemas abiertos. Los problemas de alta prioridad deben ser reparados, mientras que otros deben ser diferidos a fases de operación y mantenimiento.
8	El <i>re-trabajo</i> incrementa el <i>esfuerzo</i> requerido para completar el proyecto como se especificó originalmente. Los proyectos están a menudo forzados a modificar o eliminar algunos requerimientos para estar dentro de las restricciones de costos y cronograma.
9	Para los sistemas de software intenso, el esfuerzo de <i>personal</i> (incluyendo el <i>re-trabajo</i>) es usualmente el determinante primario del <i>costo</i> del proyecto. El control de <i>costo</i> puede ser alcanzado solamente mediante el control de otros factores superiores a él en el modelo estructurado de análisis.
10	Los <i>recursos</i> , el <i>cronograma</i> y la <i>calidad</i> del producto tienen un impacto en la <i>satisfacción del cliente</i> .

Tabla 20. Significado de las relaciones del Modelo Estructurado de Análisis.

Enfoque de Estimación	Entendimiento Asumido	Datos Históricos Requeridos	Complejidad Matemática
Modelos Paramétricos	Información general descriptiva	Múltiples proyectos para desarrollar el modelo; ninguno para usar el modelo	Técnicas estadísticas complejas
Estimados basados en actividad	Información detallada de proceso y producto	Datos muy detallados para unos pocos proyectos	Aritmética
Analogía	Información detallada de producto	Al menos un proyecto similar	Aritmética
Relaciones simples de estimación	Información general descriptiva	Múltiples proyectos	Técnicas estadísticas simples

Tabla 21. Aspectos claves a considera durante la selección del enfoque de medición.

Plan de Medición del Proyecto
<p>Parte 1 – Introducción</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Propósito y Alcance.
<p>Parte 2 – Descripción del Proyecto</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Características técnicas y administrativas del proyecto.
<p>Parte 3 – Roles de Medición, Responsabilidades y Comunicación</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Cómo la medición es integrada dentro de los procesos técnicos y de gestión. ■ Vías de Contacto (receptor, suministrador, subcontratados). ■ Responsabilidades de Medición. ■ Comunicación Organizacional e Interfaces. ■ Herramientas y Bases de Datos. ■ Fase de Implementación (si es aplicable). ■ Criterio de Evaluación.
<p>Parte 4 – Descripción de las Temáticas del Proyecto</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Metas Organizacionales / Temáticas. ■ Lista de temáticas y objetivos priorizados.
<p>Parte 5 – Especificaciones de Medición</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Incluir para cada medida seleccionada: (para cada organización). <ul style="list-style-type: none"> - Nombre de la Medida. - Temática específica del proyecto con la cual se asocia. - Elementos de datos. - Atributos. - Estructuras de agregación. - Nivel de colección. - Criterio de conteo actual. - Definiciones de datos. - Metodología de estimación, Modelos y Datos Históricos. - Mecanismos de colección y reporte. - Fuente de datos. - Periodicidad de la colección y reporte. - Fases y actividades en que se aplican.
<p>Parte 6 – Estructuras de agregación del Proyecto</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Estructura de Agregación de Componentes, tales como CIs y Unidad. ■ Estructura de Agregación de Actividad, tales como Análisis de Requisitos, Diseño, Implementación e Integración y Prueba. ■ Estructura de Agregación Funcional.
<p>Parte 7 – Indicadores Iniciales</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Incluir para cada indicador propuesto: <ul style="list-style-type: none"> - Nombre del Indicador. - Temática específica del proyecto con la cual se asocia. - Medidas usadas para construir el indicador. - Ejemplo de formato de proyección. - Interpretaciones y decisiones relacionadas con el indicador.
<p>Parte 8 – Mecanismos de Reporte y Periodicidad</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Mecanismos de Reporte y Periodicidad. ■ Contenido de los reportes.

Tabla 22. Contenidos del Plan de Medición.

2	1	Programación II	<ul style="list-style-type: none"> ■ Estructura de Datos. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ LOC y cantidad de defectos encontrados.
	2	Sistemas de Bases de Datos	<ul style="list-style-type: none"> ■ Diseño de Bases de Datos. ■ Seguridad. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Cantidad de tablas, records, atributos. ■ Cantidad de vistas, funciones, procedimientos almacenados, triggers. ■ Cantidad de usuarios a la BD, con diferentes niveles de acceso.
3	1	Ingeniería de Software I	<ul style="list-style-type: none"> ■ Análisis y Diseño. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Tiempo empleado en las actividades. ■ Cantidad de errores encontrados. ■ Cantidad de Requerimientos Funcionales y no Funcionales. ■ Cantidad de Casos de Uso del Negocio y del Sistema. ■ Cantidad de trabajadores del Negocio y del Sistema. ■ Cantidad de Clases (Interfaz, Control y Entidad).
			<ul style="list-style-type: none"> ■ Gestión de Proyectos (Planificación y Estimación). 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Estimar tiempo y costo del proyecto. ■ Calcular tamaño del producto (Puntos de Función, Casos de Uso, etc.). ■ Cantidad de recursos empleados en el proyecto (humanos y tecnológicos). ■ Establecer los Hitos (Progreso del Proyecto).
		Programación 3	<ul style="list-style-type: none"> ■ Programación Web. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Medir en el mapa de navegación Web, profundidad, anchura, cantidad de vínculos, cantidad de vínculos rotos. ■ Complejidad ciclomática. ■ Cantidad de páginas Cliente, Servidoras, páginas incluidas.
	2	Ingeniería de Software II	<ul style="list-style-type: none"> ■ Implementación. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Cantidad de componentes, de interfaces.
			<ul style="list-style-type: none"> ■ Arquitectura. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Cantidad de Clases de Acceso a Datos. ■ Cantidad de componentes reutilizables.
			<ul style="list-style-type: none"> ■ Pruebas. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Tiempo de Re-trabajo. ■ Cantidad de errores detectados. ■ Medir la satisfacción del cliente (Cantidad de módulos rechazados). ■ Complejidad Ciclomática.
			<ul style="list-style-type: none"> ■ Despliegue. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Tiempo empleado en actividades de Mantenimiento y Soporte. ■ Cantidad de fallas del sistema informadas por el usuario (fecha de las mismas).
			<ul style="list-style-type: none"> ■ Gestión de Configuración. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Cantidad de solicitudes de cambios. ■ Cantidad de nuevos elementos (componentes) incorporados en la Línea Base del producto. ■ Cantidad de elementos de configuración insertados, actualizados y eliminados.
		Probabilidad y Estadística	<ul style="list-style-type: none"> ■ Métodos de Inferencia estadística. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Análisis estadístico de los datos recolectados.
	4	1	Gestión de Software	<ul style="list-style-type: none"> ■ Métricas. Introducir el

			PSM, ISO 15939 y CMMI, área de proceso M&A.	
	2	Seguridad Informática		<ul style="list-style-type: none"> ■ Cantidad de usuarios y grupos. ■ Cantidad de accesos no autorizados al sistema que se han reportado.

Tabla 23. Distribución de las medidas por años.

Anexo 4

Las Tecnología y Herramientas

Tipo de Herramienta	Funciones de Soporte
Bases de Datos, Gráficos y Reportes	Almacenar y administrar datos de medición para producir gráficos y reportes basados en texto.
Modelos de Estimación	Brindan capacidades predictivas, tales como modelos de estimación de costos y modelos de modelos de fiabilidad.
Análisis Estadístico	Brindan capacidades analíticas reforzadas tales como regresión.
Gestión de Cronogramas y Proyectos	Ayudan en la planificación de proyectos y monitoreo de la localización de los recursos y los gastos.
Gestión Financiera	Soportan la colección y almacenaje de los datos de fondos.
Análisis de Producto	Generan análisis automatizado de características específicas de producto (Ej. complejidad)
Colección de datos	Automáticamente extraen datos de medición de los elementos de la ingeniería de procesos.

Tabla 24. Herramientas de soporte y sus respectivas funciones de medición.

No.	Situación	Solución
1	¿Se desea mostrar el progreso o el desempeño de los elementos de datos en el tiempo?	Seleccionar un gráfico de tendencia.
2	¿Se quiere capturar los datos de solo un momento en el tiempo?	Seleccionar un snapshot graph o histograma.
3	¿Se desea evaluar la fiabilidad del software, hardware o sistema?	Seleccionar un modelo de fiabilidad para crear un archivo de datos dentro del programa analítico de software SMERFS, incorporado dentro de PSM Insight v4.
Las próximas consideraciones tratan sobre el hecho de filtrar o no datos en las estructuras:		
4	¿Se desea graficar un elemento de dato para solo uno de sus valores de nivel de estructura?	Un gráfico de tendencia puede ilustrar datos para una unidad específica de estructura.
5	¿Se desea comparar el desempeño a través de diferentes valores diferentes de nivel de estructura?	Un snapshot graph puede incluir una barra para cada valor de estructura.
Para considerar la influencia de atributos en un gráfico:		
6	¿Se desea graficar un elemento de dato para solamente uno de sus atributos?	Un gráfico de tendencia ilustra los datos para un valor específico de atributo
7	¿Se desea comparar el desempeño a través de diferentes valores de atributos?	Un snapshot graph puede ilustrar múltiples valores de atributos con varias barras.
8	Un tipo de indicador muy común ilustra los planes del proyecto así como su desempeño actual.	Cualquier tipo de gráfico puede ser utilizado en este caso.
9	¿Se desea comparar datos planificados y reales?	Un gráfico de tendencia utiliza múltiples líneas para comparar datos planificados y reales. Un snapshot graph utiliza diferentes barras para comparar el desempeño planificado y el real.
10	Se desea trazar una distribución de	Seleccionar un histograma.

1	UCI	4	Especialista del Calidad (CALISOFT). SEPGLA 2005. Curso CMMI
2	UCI	15	I Ingeniería de Sistemas Automatizados (1992). Maestría de Informática Aplicada (1995). Informática, SEPGLA J' Depto. Ingeniería y Gestión de Software. Curso CMMI
3	UCI	3	Ingeniera Informática (2004). Especialista de Calidad. Proyecto RN en Venezuela.
4	UCI	2	Ing. Informática (2005). Asesor de Calidad Fac. 1. Curso CMMI
5	SOFTTEL	19	Lic. Cibernética 1988. Participó en proyectos, de gestión hotelera y ministerial (SIME, MINTUR). Especialista de Calidad en la dirección de desarrollo de SOFTTEL.
6	UCI	2	Ingeniero Industrial (2004). Asesor de Calidad Fac. 5. Curso CMMI
7	SOFTTEL	12	Ing. en Sistemas Automatizados de Procesos (1995). Especialista de calidad del grupo de desarrollo de SOFTTEL. Evento Informática 2007. Curso CMMI.
8	SOFTTEL	25	Graduada de Ingeniería en Cibernética Económica, en Merseburg, antigua Republica democrática Alemana (RDA), 1979. Graduada de Master en Tecnología de Información y Gestión de las Comunicaciones (EOI España), 2003. Ha participado en seminarios de CMMI y en eventos científicos de calidad, en todas las Ferias de Informática Cubana. Ha recibido e impartido diferentes cursos de postgrado.
9	UCI	15	Especialista de calidad. Proyecto 171 en Venezuela. Informática 2003. Conferencia sobre calidad JINIS 2000, Perú. Curso aseguramiento de la calidad del software a través de métricas y pruebas, SITI 99 Universidad EAFIT de Medellín, Colombia, 1999.

Tabla 26. Caracterización de los Expertos.

Pregunta 1

Marque con una X, en una escala del 1 al 10 el valor que se corresponde con el grado de conocimiento o información que usted considera que tiene respecto a las Mediciones de Software, y el empleo de métricas para el análisis estadístico. 1 indica que no tiene ningún conocimiento sobre el tema y 10 indica que tiene pleno conocimiento sobre él.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Pregunta 2

Señale con una X el nivel de influencia que ha tenido cada una de las fuentes indicadas en su conocimiento sobre las Mediciones de Software, y el empleo de métricas para el análisis estadístico.

FUENTES DE ARGUMENTACION	Grado de influencia de cada una de las fuentes en sus criterios.
--------------------------	--

	A (alto)	M (medio)	B (bajo)
Análisis teóricos realizados por usted			
Su experiencia obtenida			
Trabajos de autores nacionales			
Trabajos de autores extranjeros			
Su propio conocimiento del estado del problema en el extranjero			
Su intuición			

Tabla 27. Encuesta para determinar la competencia de los expertos.

Pregunta 1
 ¿Cuáles considera usted que deban ser las actividades fundamentales que se deban llevar a cabo dentro de un proceso de Medición de Software?

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____

Pregunta 2
 Evalúe dichas actividades por el nivel de importancia que usted le concierne. (1-10)

Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nivel de importancia										

Tabla 28. Encuesta para determinar las principales actividades de medición.

Evaluación de la Propuesta de Mediciones de Software en la UCI

Pregunta 1
 Evalúe el procedimiento propuesto según los siguientes aspectos.

a. Las actividades de medición que proponen PSM (*Ajuste de las medidas, Aplicación de las Medidas, Implementación del Proceso y Evaluación del Proceso*), para el contexto y las necesidades de la UCI, usted considera que son:

- Innecearias.
- Necesarias pero no suficientes para desarrollar un programa de Mediciones
- Necesarias y suficientes para desarrollar un programa de Mediciones

Explique brevemente su opinión si lo considera necesario:

b. Para desarrollar un programa de mediciones en la UCI, los flujos de trabajos, roles y artefactos propuestos, usted considera que son:

- Innecearios.
- Necesarios pero no suficientes para desarrollar un programa de Mediciones en la UCI
- Necesarios y suficientes para desarrollar un programa de Mediciones en la UCI

Explique brevemente su opinión si lo considera necesario:

c. Para capacitar al personal involucrado en el proceso de mediciones (estudiantes,

profesores, directivos, especialistas, etc.) la estrategia de entrenamiento y capacitación que se propone, usted considera que es:

Innecesario.

Necesario pero no suficiente para desarrollar un programa de Mediciones en la UCI

Necesario y suficiente para desarrollar un programa de Mediciones en la UCI

Explique brevemente su opinión si lo considera necesario:

d. Para desarrollar un programa de mediciones en la UCI, las herramientas y tecnologías propuestas, usted considera que son:

Innecesarias.

Necesarias pero no suficientes para desarrollar un programa de Mediciones en la UCI

Necesarias y suficiente para desarrollar un programa de Mediciones en la UCI

Explique brevemente su opinión si lo considera necesario:

Pregunta 2

Evalúe los siguientes criterios según el nivel de importancia que usted le confiera donde: "1" significa poco valor y "10" significa el máximo valor posible:

Criterio	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Las actividades propuestas.											
La organización de las actividades en flujos de trabajo.											
Los roles propuestos.											
Los artefactos propuestos.											
Las relaciones establecidas entre las actividades propuestas.											
Las herramientas que se proponen para automatizar el proceso.											
La estrategia de capacitación y entrenamiento del personal.											

Pregunta 3

¿Considera usted que la aplicación del trabajo propuesto puede ser efectivo en la implantación de un programa de mediciones en la UCI?

Si No

¿Por qué?

Pregunta 4

Elabore un comentario general sobre el procedimiento que está siendo evaluado que aporte elementos a la mejora del mismo.

Tabla 29. Encuesta para validar la propuesta.