



Infraestructura Productiva
Dirección de Calidad de Software

Propuesta de subprocesos de Medición basados en CMMI para la Universidad de las Ciencias Informáticas

Tesis en opción al Título Académico de Máster en
Gestión de Proyectos Informáticos

Por

Autor: Ing. Irina Napal Torres

Tutor: Dra. Ailyn Febles Estrada

Ciudad de la Habana

Febrero del 2009

“Cuando pueda medir lo que está diciendo y expresarlo con números, ya conoce algo sobre ello; cuando no pueda medir, cuando no pueda expresar lo que dice con números, su conocimiento es precario y deficiente: puede ser el comienzo del conocimiento, pero en sus pensamientos, apenas está avanzando hacia el escenario de la ciencia”.

*Lord Kelvin
Popular Lectures and Addresses
1889*

APROBACIÓN

[Inserte aquí la notificación de aprobación de la universidad]

AGRADECIMIENTOS

[Inserte aquí el texto de los agradecimientos]

TABLA DE CONTENIDO

APROBACIÓN.....	III
AGRADECIMIENTOS	IV
TABLA DE CONTENIDO.....	V
LISTA DE TABLAS.....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE APÉNDICES.....	IX
RESUMEN.....	X
INTRODUCCIÓN.....	12
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	22
1.1. Introducción.	22
1.2. El proceso de Medición. Conceptos fundamentales.	22
1.3. Visión general de los procesos de Medición.	28
1.3.1. Practical Software and Systems Measurement (PSM).	28
1.3.2. La Medición orientada por objetivos GQ(I)M.	30
1.3.3. ISO 15939 “Norma para el Proceso de Medición en la Ingeniería de Software y Sistemas”.	33
1.3.4. Capability Maturity Model ® Integration for Development (CMMI-DEV) v1.2.	35
1.3.5. Marco de Integración.	43
1.4. La medición en la Gestión de Proyectos de Software.....	44
1.4.1. Antecedentes y estado actual.	52
1.5. Oportunidades de implantación de la Propuesta.	58
1.5.1. ¿Por qué un Proceso de Medición?.....	59
1.5.2. Integración de los elementos propuestos.	62
1.6. Conclusiones.	63
DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA	65
2.1. Introducción.	65
2.2. Ambiente actual de la producción de software en la UCI y caracterización del área a Informatizar.	65
2.3. Definiciones para el Libro de Procesos de MA.	68
2.3.1. Definiciones del Proceso:	71
2.3.2. Relación con otras áreas:	77
2.3.3. Subprocesos principales:.....	81
2.3.3.1. Lista de subprocesos principales.....	81
2.3.3.2. Diagrama de interacción entre subprocesos principales.	82
2.3.3.3. Relación con el Ciclo de Vida.	83
2.3.3.4. Descripción de los subprocesos.	83
2.3.3.4.1. Subproceso IPP-3551: Identificar Objetivos de Medición y Necesidades de Información.....	85
2.3.3.4.2. Subproceso IPP-3552 – Definir Métricas y procedimientos de recolección, almacenaje y análisis.....	96
2.4. A nivel de Proyectos.	113
2.5. Conclusiones.	114

RESULTADOS	115
CONCLUSIONES.....	116
BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	117
ANEXO 1.....	120
ANEXO 2.....	121
ANEXO 3.....	122
ANEXO 4.....	123
ANEXO 5.....	124
ANEXO 6.....	125
ANEXO 7.....	127
ANEXO 8.....	129
ANEXO 9.....	130
ANEXO 10.....	132
ANEXO 11.....	133
ANEXO 12.....	135
ANEXO 13.....	136
ANEXO 14.....	138
ANEXO 15.....	143
ANEXO 16.....	144

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.- Resumen de los Resultados de rendimiento.	37
Tabla 2.- Prácticas Específicas de MA.	70
Tabla 3.- Roles genéricos.	73
Tabla 4.- Roles propuestos para la ejecución del proceso.	75
Tabla 5.- Relación con otras áreas.	78
Tabla 6.- Lista de elementos de configuración del proceso de MA.	79
Tabla 7.- Tabla para la trazabilidad de los Elementos de Datos.	102
Tabla 8.- Cantidad de empresas certificadas en CMMI en los Países Sub-Americanos.	120
Tabla 9.- Representación continua: Áreas de proceso por categoría (capacidad).	121
Tabla 10.- Representación escalonada: Áreas de proceso por madurez.	122
Tabla 11.- Plantilla para Definición de Medida Base.	132
Tabla 12.- Lista de Verificación para las revisiones.	145

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.- Proceso de Medición simplificado.	24
Figura 2.- El proceso de medición de PSM.	29
Figura 3.- Modelo del Proceso de GQ(I)M.....	32
Figura 4.- Las cuatro fases del Método GQM.....	33
Figura 5.- Modelo del Proceso de Medición de la ISO 15939.	34
Figura 6.- Estructura de las áreas de proceso.....	39
Figura 7.- Marco de Integración.....	44
Figura 8.- Disciplinas de la Gestión cuantitativa.	45
Figura 9.- Las cuatro responsabilidades de la Gestión de Procesos.....	47
Figura 11.- Estructura organizacional de la Dirección de Calidad de Software. .	67
Figura 12.- Interacción entre los subprocesos de MA.	82
Figura 13.- Relación del Proceso de MA con el Ciclo de Vida.....	83
Figura 14.- Descripción gráfica genérica del Proceso MA.	84
Figura 15.- Descripción gráfica del sub-proceso IPP-3551: Identificar Objetivos de Medición y Necesidades de Información.	87
Figura 16.- Descripción gráfica del sub-proceso IPP-3552: Definir Métricas y procedimientos de recolección, almacenaje y análisis.	98
Figura 17.- Usando los Indicadores para identificar los Elementos de Datos...	102
Figura 18.- Modelos de Información de Medición.....	123
Figura 19.- Medidas agrupadas en Categorías y áreas comunes de temáticas de PSM.....	131

LISTA DE APÉNDICES

[Inserte aquí la lista de Apéndices]

RESUMEN

[Inserte aquí el texto del resumen]

[Inserte aquí el título]

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la Industria del Software en el mundo ocupa uno de los lugares más atractivos del mercado. Según Michael Cusumano¹: “El negocio del software (...) a pesar de ciertos altibajos, resulta ser uno de los más competitivos y más rentables en todo el mundo...”(Cusumano 2004) “Se trata de una industria que genera alrededor de un trillón de dólares anualmente...” (UPN 2007) debido a la creciente demanda de los clientes de este tipo de productos y a los ingresos que perciben las empresas que los desarrollan y/o comercializan.

En esta situación, lograr y mantener un buen lugar en el mercado, representa una meta difícil y depende de la capacidad de ejecutar proyectos exitosos. Es por ello que la gestión eficaz de proyectos a nivel gerencial, se ha convertido en un elemento vital para el éxito tanto del gobierno como de empresas comerciales.

En varias áreas de la gestión, se proponen las Mediciones como una herramienta eficaz para ayudar en la obtención del éxito de proyectos de software y sistemas.

La medición forma parte de las disciplinas de la Gestión Cuantitativa, permitiendo al líder del proyecto identificar y priorizar las principales preocupaciones, dar seguimiento a su solución, y gestionar la asignación de recursos para optimizar el costo del proyecto, el cronograma y el desempeño técnico.(D.o.D. and Army 2003)

De la misma manera, en las actividades de la Gestión de Proceso, la medición constituye la base para detectar las desviaciones del rendimiento aceptable, así como para identificar oportunidades de mejora de procesos. Estas actividades, buscan que los productos y servicios producidos se ajusten plenamente a los requisitos del cliente, y cumplan los objetivos de

¹ Michael Cusumano: Gurú de la Innovación tecnológica & empresarial del MIT Cambridge y quien ha sido consultor para la NASA y para más de 50 compañías transnacionales.

negocio de la organización, por tanto no pueden ser dejados de la mano en una adecuada Gestión del Proyecto.(Florac, Park et al. 1997)

En la “Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos” (PMBOK)²(PMI 2004), publicada por el Instituto de Gestión de Proyecto (PMI)³ (IEEE 1999; PMI 2008), se indican las actividades de mediciones como técnicas para evaluar el estado de los elementos que puedan comprometer el cumplimiento de los objetivos previstos, fundamentalmente asociadas a los Grupos de Procesos de Seguimiento y Control. Estos procesos son los dedicados a observar y controlar la ejecución del proyecto, para identificar posibles problemas oportunamente y adoptar las acciones correctivas.(PMI 2004)

En esta misma guía se propone, para realizar en el control de la Gestión de la Calidad, que las actividades de medición sean utilizadas para: supervisar los resultados específicos del proyecto, determinar si cumplen con las normas de calidad relevantes e identificar modos de eliminar las causas de un rendimiento insatisfactorio, de manera tal que sirvan como retroalimentación al aseguramiento de calidad.

Se puede plantear que la visión a largo plazo de la iniciativa de medición y análisis en la Ingeniería de Software es que las organizaciones que participan en el desarrollo y la adquisición de software de uso intensivo y sistemas, gestionen y mejoren eficaz y eficientemente sus proyectos, procesos y empresas mediante el uso de técnicas cuantitativas y estadísticas.(SEMA and SEI 2009)

A partir de una encuesta (Kasunic and SEMA 2006) realizada por el Grupo de Medición y Análisis (SEMA)⁴ (SEMA and SEI 2009) del Instituto de

² “*Guide of Project Management Body of Knowledge – Guía del PMBOK*”. Estándar reconocido internacionalmente, que contiene una descripción general de los fundamentos de la Gestión de Proyectos reconocidos como buenas prácticas.

³ *Project Management Institute (PMI)*. Asociación más respetada en materia de Gestión de Proyectos, asumiendo dichos fundamentos para lograr resultados de negocios. Cuenta con más de 265.000 miembros en más de 170 países.

⁴ SEMA es una iniciativa de carácter técnico del SEI que proporciona orientación y experiencia en el campo de la medición y análisis de software.

Ingeniería de Software (SEI)⁵ de la Universidad Carnegie Mellon® (SEI 2009) a profesionales del mundo del software vinculados al SEI entre los años 2004 y 2005, se valora que a pesar de que en la actualidad existe una brecha significativa entre el estado real y el deseado en cuestiones referentes a la práctica de la medición, y que queda mucho por hacer, se puede apreciar un incremento en la utilización de la medición sobre todo en las grandes empresas (como muestra más del 50% de las encuestadas).

Como muestra de ello, importantes entes de la estandarización y normalización le han dedicado un espacio a pautar el tema de las mediciones: la Asociación de Estándares IEEE⁶ (IEEE 1993) y la Organización Internacional de Normalización) (ISO)⁷ (ISO 2009).

En nuestro país las empresas nacionales se empeñan cada vez más en obtener productos de buena calidad para incluirse en la competencia y cubrir las solicitudes crecientes y urgentes de los clientes. La Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), una universidad productiva de nuevo tipo, en estos 6 años de creada ha alcanzado un papel importante en la Industria de Software nacional, y va tomando un espacio en la internacional. La dirección de su área productiva tiene la intención de mejorar y estabilizar la calidad de sus productos y la gestión de sus proyectos productivos, para optimizar su producción actual.

⁵ *Software Engineering Institute* (SEI) Perteneciente a la Universidad Carnegie Mellon. El SEI opera a la vanguardia de la innovación técnica en los programas de ciencias de la computación y la ingeniería, avanzando en principios y prácticas de la ingeniería de software y colaborando estrechamente con la defensa y las organizaciones gubernamentales, la industria y la academia para mejorar continuamente los sistemas de software.

⁶ Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (IEEE) es una organización sin fines de lucro que constituye la asociación profesional líder mundial en los avances de la tecnología. Compuesta por 365.000 miembros en más de 150 países de todo el mundo: ingenieros, científicos y profesionales afines cuyos intereses técnicos se basan en la eléctrica y ciencias de la computación, ingeniería y disciplinas afines.

⁷ International Organization for Standardization (ISO) es la desarrolladora y editora de Normas Internacionales más grande del mundo. Es una red de institutos nacionales de normas de 157 países, un miembro por país, con una Secretaría Central en Ginebra, Suiza, que coordina el sistema.

Evaluando el estado actual de los Proyectos Productivos de la Universidad, a través de los datos arrojados por encuestas realizadas en el área productiva (DCS 2007 y 2008), se detectaron elementos alarmantes con su causa base orientada a la ausencia de un proceso de medición establecido y en ejecución en dichos proyectos.

Actualmente, las planificaciones se realizan con una base totalmente empírica por parte de los gerentes de los proyectos, ya que durante el desarrollo de los mismos, no existe el esquema ni el mecanismo oportuno que propicie el registro de datos, de manera tal que puedan ser almacenados en un repositorio histórico permitiendo así utilizarlos posteriormente para realizar una estimación confiable.

No existen mecanismos de información para los directivos a varios niveles, pues no se cuenta con la definición de medidas estándares para todos los proyectos ni con los indicadores necesarios para realizar un análisis cuantitativo sobre la situación de los aspectos relevantes en la producción que permitan conocer cuan cerca o lejos se está de alcanzar un resultado, lograr un objetivo u obtener un nivel de calidad necesario.

De la misma manera, la posibilidad de detectar tempranamente una situación alarmante y digna de atención, es basada en la capacidad de percepción personal o mecanismos no unificados, pues no existe la práctica de medir las desviaciones de la situación real para con la prevista. Es por ello que los controles realizados a varios niveles para retroalimentarse de los avances y resultados contra planes y objetivos establecidos sobre los procesos, proyectos y productos, no poseen toda la efectividad necesaria, pues es perceptible la poca información con la que se cuenta para su realización, lo cual dificulta la toma de medidas proactivas y decisiones estratégicas a mediano o corto plazo para evitar así incrementar costes y tiempos.

Estos elementos nos dan la medida de la necesidad de realizar acciones de medición a partir de la definición e implantación de procesos que integren sus funciones eficazmente dentro del desarrollo de software permitiendo

brindar la información necesaria para un adecuado proceso de gestión en el área productiva de la UCI.

En medio de esta situación, y coincidiendo con otros elementos estratégicos, la UCI se propone la meta de la mejora de sus procesos de desarrollo de software, buscando mejorar el desempeño de la producción.

Para ello, se propone guiarse por el Modelo Integrado de Capacidad y Madurez para el Desarrollo (CMMI-DEV) v1.2⁸ (CMMI 2006). Este es un modelo integrado para la mejora de procesos que proporciona a las organizaciones los elementos esenciales de procesos eficaces. Ayuda a integrar funciones tradicionalmente separadas de organización, establecer objetivos de mejora de procesos y sus prioridades, sirve de orientación para los procesos de calidad, y proporciona un punto de referencia para evaluar los procesos actuales. Está enfocado tanto en Procesos de Administración como de Ingeniería de Software y Sistemas. En América del Sur, en el 2007, ya se contaba con 8 países con certificaciones CMMI. (ver Tabla 1.0 del Anexo 1)

Entre las áreas de procesos que define, se encuentran los referentes a la Medición y Análisis (MA) cuyo propósito es desarrollar y sostener una capacidad de medición que sea usada para apoyar necesidades de información de la gerencia, apoyando: el planeamiento del objetivo y la estimación, el seguimiento del funcionamiento real contra planes y objetivos establecidos, la identificación y solución de las cuestiones relacionadas con el proceso, y proporcionando una base para incorporar mediciones dentro de los procesos adicionales en un futuro.(CMMI 2006)

Este es uno de los mecanismos de medición más integrados de la actualidad y está abocado a la mejora continua. En la encuesta del SEMA, el área de procesos MA de CMMI fue identificado como el método de medición utilizado

⁸ “*Capability Maturity Model ® Integration for Development (CMMI-DEV) v1.2*”. Modelo integrado para la mejora de procesos. Patrocinado por el SEI, Más de 55.000 personas capacitadas y ha sido adoptado en industrias (el software, las finanzas, la industria manufacturera) en países de todo el mundo (Estados Unidos, Australia, Japón, Brasil, y Rusia.

con más frecuencia para identificar, recolectar y analizar los datos de medición.⁹

No obstante, aplicar MA en la UCI, al igual que cualquier otra área de proceso, necesita especificaciones concretas y la elaboración del 'como hacer' para su adecuada implantación en cualquier entorno.

Diseño teórico.

Problema científico

La situación planteada con anterioridad nos lleva al siguiente problema científico:

La inexistencia de las definiciones adecuadas sobre el proceso de medición es uno de los factores que influye en la carencia de información para la obtención de indicadores actualizados y eficaces que permitan la toma de decisiones sobre el proceso de producción de software de la UCI.

Objeto de estudio

El proceso de desarrollo de software en la UCI.

Campo de acción

El proceso de medición en los proyectos de desarrollo de software en la UCI.

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

Preguntas de la investigación científica:

1. ¿Qué características y enfoques se deben considerar para proponer un proceso de medición basado en el área de proceso de Medición y

⁹ Aproximadamente el 56% de los encuestados informó que utilizan el área de Procesos MA del CMMI, mientras que el 27,4% de los encuestados informó que el área de Procesos MA del CMMI el CMMI fue el único método que utilizan. (Es relevante tener en cuenta, no obstante que la población encuestada fueron personas que estaban en contacto con el SEI)

Análisis de CMMI y según las particularidades de la producción de software en la UCI?

2. ¿Cómo definir el proceso de medición de software basándose en el área de procesos de Medición y Análisis de CMMI, y a partir de procedimientos, herramientas y roles adaptados a las características del proceso de producción de software en la UCI?
3. ¿Cómo validar los resultados de la propuesta a partir del impacto provocado por su aplicación?

Para responder a la interrogante anteriormente expuesta se trazó el siguiente:

Objetivo General

Diseñar un proceso de medición y análisis basado en el área de procesos correspondiente de CMMI, que pueda ser utilizado en el proceso de producción de software de la UCI para soportar las necesidades de información de la gestión.

Del anterior objetivo, se derivan los siguientes objetivos específicos:

Objetivo Específicos

1. Definir los enfoques y elementos que se considerarán en la propuesta a partir de la caracterización del proceso de medición, el área de proceso de medición y análisis de CMMI y según las particularidades de la producción de software de la UCI.
2. Definir el proceso de medición incorporando los procedimientos, herramientas y roles que se propone a ejecutar en la UCI.
3. Validar los resultados de la propuesta a partir del impacto provocado por su aplicación.

Tareas

1. Estudio y caracterización del estado actual del problema de investigación:
 - Realizar un estudio bibliográfico para lograr caracterizar el proceso de medición de software.
 - Caracterizar los enfoques existentes sobre la medición de software.
 - Caracterizar y evaluar el uso de la medición de software en los proyectos de desarrollo de software en la actualidad.
 - Caracterizar y evaluar el estado de la medición de software en los proyectos de desarrollo de software en Cuba.
 - Caracterizar y evaluar el estado de la medición de software en los proyectos de desarrollo de software en la UCI, a través de encuestas al área productiva.

2. Elaborar la propuesta de proceso de medición basándose en el área de procesos Medición y Análisis de CMMI.
 - Realizar la caracterización de cada uno de los elementos contenidos en el área de procesos Medición y Análisis de CMMI a través del análisis.
 - Caracterizar los propios elementos anteriores, en el proceso de producción de software de la UCI.
 - Elaborar la propuesta de los procedimientos necesarios para la ejecución de dicho proceso.
 - Caracterizar los elementos componentes de los procedimientos según las pautas definidas en el área productiva de la UCI.
 - Proponer los procedimientos necesarios para ejecutar el proceso de medición definido.
 - Definir las herramientas necesarias para llevar a cabo los procedimientos.

- Clasificar los artefactos definidos en los procedimientos, y agruparlos según sus funciones y objetivos.
- Seleccionar las herramientas necesarias para ejecutar los procedimientos.
- Definir los roles involucrados en las actividades descritas por los procedimientos.
 - Clasificar las tareas definidas en los procedimientos, y agruparlos según sus funciones, objetivos y alcance.
 - Seleccionar los roles necesarios para ejecutar los procedimientos.

3. Validar la propuesta.

- Medir el impacto causado en la organización a partir de encuestas.
- Analizar los resultados de esta medición.
- Evaluar los resultados obtenidos, para verificar la validez o no de la propuesta.

El presente documento se divide en tres capítulos:

En el Capítulo 1 se aborda la Fundamentación Teórica, donde se analiza el estado del arte actual de la Medición tanto internacional como nacionalmente. Se describe y conceptualiza el proceso de Medición, presentándose los enfoques fundamentales utilizados en la actualidad, así como su marco de integración: PSM, la medición orientada por objetivos GQ(I)M, la Norma para el Proceso de Medición en la Ingeniería de Software y Sistemas: ISO 15939, y el Modelo Integrado de Capacidad y Madurez para el Desarrollo (CMMI-DEV) v1.2. Se describe la presencia de la medición en la Gestión de Procesos y de Proyectos de Software. Finalmente se detallan las oportunidades de implantación de la Propuesta, a partir de los elementos presentados.

En el Capítulo 2 se hace una caracterización de la situación en la UCI, como marco para la implantación de la propuesta, atendiendo al actual proceso productivo y a las estructuras existentes. A continuación, se procede a definir el Libro de Procesos de Medición y Análisis, el cual comprende las definiciones propias del Proceso, su relación con otras áreas y la descripción de sus subprocesos principales. Para dichos subprocesos se diagrama su interacción y su relación con el Ciclo de Vida culminando con la descripción de los subprocesos concretos incluidos en la propuesta, con todos los elementos que ellos contienen.

En el Capítulo 3 se presenta la validación de la propuesta.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. Introducción.

En este capítulo se profundiza en los principales elementos de procesos descritos, sus características y definiciones necesarias para realizar y entender la propuesta en cuestión. Se exponen algunos elementos referentes la medición en la Gestión de Proyectos de Software, y particularmente a su uso para la obtención de productos competitivos en la Industria de Software actual, tanto nacional como internacionalmente. Se realiza una caracterización del área de procesos de Medición y Análisis de CMMI y de otros elementos que sirven como orientación para los próximos capítulos.

1.2. El proceso de Medición. Conceptos fundamentales.

La Ingeniería de Software ha sido definida como “la aplicación disciplinada de la ingeniería, ciencia y principios matemáticos, métodos y herramientas para la producción de software con calidad”, según plantea Humphrey. Su dominio incluye actividades tales como la planificación, estimación, modelado, diseño, implementación, pruebas, mantenimiento y gestión. Las perspectivas de éxito en la ejecución y mejora de estas actividades se incrementan significativamente cuando las decisiones se pueden basar en los hechos y en la información cuantitativa, conocimientos que sólo pueden obtenerse mediante la observación y la medición de los productos, procesos y recursos involucrados. (Park, Goethert et al. 1996)

La definición más extendida sobre el proceso de medición, plantea:

“La medición es el proceso por el que se asignan números o símbolos a los atributos de las entidades en el mundo real, de tal manera que las definan de acuerdo con unas reglas claramente definidas” (Fenton 1997)

La ISO/IEC 15939 plantea que los procedimientos de medición “...describen la aplicación de un método de medición dentro de un contexto organizacional.”

En la guía PSM¹⁰, se 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.(D.o.D. and Army 2003)

En otros casos como en (Florac, Park et al. 1997) no es definido propiamente, sino descrito a partir de un conjunto de actividades que se intercalan con el proceso de desarrollo de software, y es caracterizado como: “como la base para detectar las desviaciones de rendimiento aceptable y para identificar oportunidades de mejora de procesos”.

Cuando se habla de medición es común que se mencionen estos términos:

- medición,
- medida,
- y métrica

los cuales son usualmente factibles a confusión, pues se utilizan de manera indistinta en varias literaturas sobre el tema:

Para explicarlas y definir las, se puede usar la siguiente representación simplificada del proceso de medición, la cual es usualmente se usada con este fin(Garreeta 2005/2006):

¹⁰ PSM: *Practical Software and Systems Measurement (Mediciones Prácticas de Software y Sistemas)*, es una fundación para la Administración Objetiva de Proyectos, que presenta un enfoque probado para la definición e implementación de procesos de medición, efectivo para proyectos de software y de sistemas. Respaldado por el SEI.

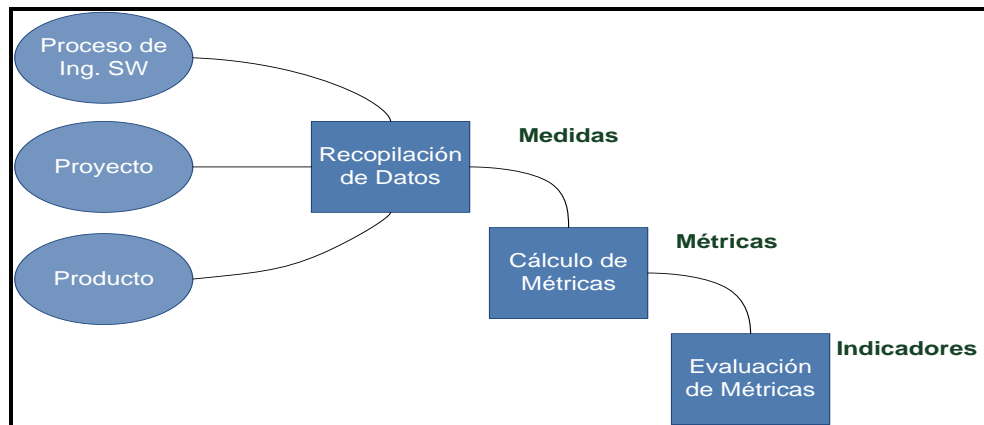


Figura 1.- Proceso de Medición simplificado.

Inicialmente se realiza la Recopilación de Datos sobre los Procesos de Ingeniería de Software, los Proyectos y Productos. Este acto es conocido como **Medición** y durante el mismo se determina una medida (Pressman 2001). Se puede definir entonces a una **Medida** como un elemento que proporciona una indicación cuantitativa de la extensión, cantidad, dimensiones, capacidad o tamaño de algunos atributos de un proceso, producto o proyecto. Posterior a este paso, se calculan las **Métricas**, la cual constituye una medida cuantitativa del grado en que un sistema, componente o proceso posee un atributo dado. (IEEE 1993)

Sin embargo, existen actualmente definiciones mucho más completas y consistentes entre modelos y estándares, tal es el caso de los contenidos en la ISO/IEC 15939, “Norma para el Proceso de Medición en la Ingeniería de Software y Sistemas”. Estos términos describen los componentes claves del Modelo de Información de Medición que presenta este estándar (Ver Anexo 4):

- **Indicador:** Un indicador es una medida que ofrece una estimación o evaluación de determinados atributos derivados de un modelo definido con respecto a las necesidades de información. Los indicadores son la base para el análisis y la toma de decisiones. Se trata de lo que debería ser presentado a los usuarios de la medición. La medición se basa siempre en una información imperfecta, por tanto cuantificar la

incertidumbre, la precisión, o la importancia de los indicadores es un componente esencial de la presentación del valor real del indicador.

- **Función de Medición (Métrica):** Una función de medición es un algoritmo o cálculo realizado para combinar dos o más medidas base.
- **Medida Derivada:** Una medida derivada es una medida que se define en función de dos o más valores de medidas base. Captura información sobre más de un atributo o el mismo atributo en múltiples entidades.
- **Medida (Base):** Una medida se define en términos de un atributo y el método para la cuantificación del mismo. (Una medida es una variable a la que se le asigna un valor.) Una medida base es funcionalmente independiente de otras medidas. Una medida base capta la información sobre un único atributo. La recopilación de datos implica la asignación de valores a base de medidas.
- **Atributo:** Un atributo es una propiedad o característica de una entidad que puede ser cuantitativa o cualitativamente distinguida por medios humanos o automatizados. Una entidad puede tener muchos atributos, de los cuales pueden que sólo algunos sean de interés para la medición.
- **Método de medición:** Un método de medición es una secuencia lógica de las operaciones, genéricamente descritos, utilizados en la cuantificación de un atributo con respecto a una determinada escala. Las operaciones pueden incluir actividades como la observación de sucesos o contar el paso del tiempo.

Adicionalmente, la norma presenta estos conceptos de apoyo:

Tipos de método de medición: Depende de la naturaleza de las operaciones utilizadas para cuantificar un atributo:

- subjetiva - cuantificación que involucra el juicio humano.
- objetiva - cuantificación numérica basada en normas. Pueden ser aplicadas a través de los medios humanos o automatizados.

Escala: Conjunto ordenado de valores, continuos o discretos, o una serie de categorías a las que se asigna el atributo. Una unidad de medición a menudo se asocia con una escala:

- Tipo de escala: El tipo de escala depende de la naturaleza de la relación entre los valores de la escala:
 - Nominal: de los valores de medición son categóricos.
 - Ordinal: los valores de medición son las clasificaciones.
 - Intervalo: los valores de medida tienen iguales distancias correspondientes a iguales cantidades del atributo.
 - Razón: los valores de medida tienen iguales distancias correspondientes a iguales cantidades del atributo, cuando el valor de cero corresponde a ninguno de los atributos.

El método de medición por lo general afecta el tipo de escala que se puede utilizar con fiabilidad con un determinado atributo.

Unidad de medida: Una cantidad, definida y adoptada por convención, con la cual otras cantidades del mismo tipo se comparan con el fin de expresar su magnitud con relación a esa cantidad. Sólo las cantidades expresadas en las mismas unidades de medida son directamente comparables.

Se pueden obtener métricas para medir: el Proceso, el Proyecto y el Producto de manera genérica. En el mundo de la Ingeniería de Software, uno de los términos más usados es el de **Métricas de Software**, las cuales forman parte de las Métricas del Producto. Este término se define como: una serie de medidas o pasos que ayudan a definir con mayor exactitud el desarrollo y calidad de un producto.(Pressman 2001)

Además de estas, existen otros tipos de métricas diversas. Algunas de las categorías más conocidas son las: métricas técnicas, métricas de calidad, métricas de productividad, métricas orientadas a la persona, métricas orientadas al tamaño, métricas orientadas a la función.(Giraldo 2006)

Las métricas se deben caracterizar por ser:

- Simple y fácil de calcular.

- Empírica e intuitiva.
- Sin ambigüedades y objetiva.
- Consistente en el empleo de unidades y tamaños.
- Independiente del lenguaje de programación.
- Eficaz para aumentar la calidad del software.(Garreta 2005/2006; Giraldo 2006).

Para que las actividades de medición sean rentables, deben ser diseñadas y orientadas a apoyar los objetivos de negocio de la organización de forma efectiva, para apoyar la toma de decisiones.

Uno de los peligros para las empresas, tan complejos como el desarrollo de software y el soporte es que hay tantas cosas potencialmente a medir que son fácilmente abrumados por las oportunidades.

Parafraseando a Jim Barr cuando dijo: “Con demasiada frecuencia, nuestra percepción es errónea y la respuesta a nuestra pregunta era correcta, pero simplemente preguntamos la pregunta equivocada”¹¹, es necesario saber a donde se quiere llegar, que se necesita conocer y no perderlo de vista, para que los resultados que se obtengan al indagar, sean útiles.

Por tanto, es necesario identificar los factores críticos que determinan si se va o no a tener éxito en el cumplimiento de los objetivos. Estos factores críticos a menudo se asocian con problemas. Los problemas, a su vez, se refieren a los riesgos que amenazan la capacidad de cumplir con las metas, responsabilidades o compromisos. Objetivos y los problemas servirá para identificar y orientar las medidas necesarias para cuantificar el estado y el rendimiento de los procesos de software.

En esto se basa el enfoque **Medición de Software Orientado a Metas** (*Goal-Driven Software Measurement*), en encontrar y definir las medidas de software que apoyan directamente los objetivos de negocio de la organización. Realizar actividades de medición que garanticen la trazabilidad a objetivos bien definidos aumentará a posibilidad de permanecer centrado

¹¹ Jim Barr, 1996 (en un anuncio en Internet a comp.software-eng)

en dichos objetivos. La estructura del proceso de medición orientado a metas se basa ampliamente en las ideas y la experiencia reportada por Víctor Basili y Dieter (Park, Goethert et al. 1996). Los elementos usados en la presente propuesta se basan en este enfoque orientado a metas.

1.3. Visión general de los procesos de Medición.

1.3.1. Practical Software and Systems Measurement (PSM).

Actualmente, y como uno de los procesos más utilizados para la medición de software, se encuentra PSM (Mediciones Prácticas de Software y Sistemas), el cual tiene como objetivo 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. (D.o.D. and Army 2007)

- Está patrocinado por el Departamento de Defensa y el Ejército de los EE.UU.
- Proporciona los directores de proyecto con el objetivo de la información necesaria para cumplir con éxito los costes, el calendario y los objetivos técnicos
- Está basado en las mejores prácticas de la medición del Departamento de Defensa, el gobierno y la industria de programas.
- Es un proceso flexible.
- Define la información impulsado por un enfoque de análisis.
- Compatible con el software actual y sistema de adquisición y medición de la política.
- Proporciona una base para la gestión de la empresa
- Es compatible con la norma ISO / IEC 15939 estándar, software de medición de procesos.

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. (D.o.D. and Army 2003)

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.

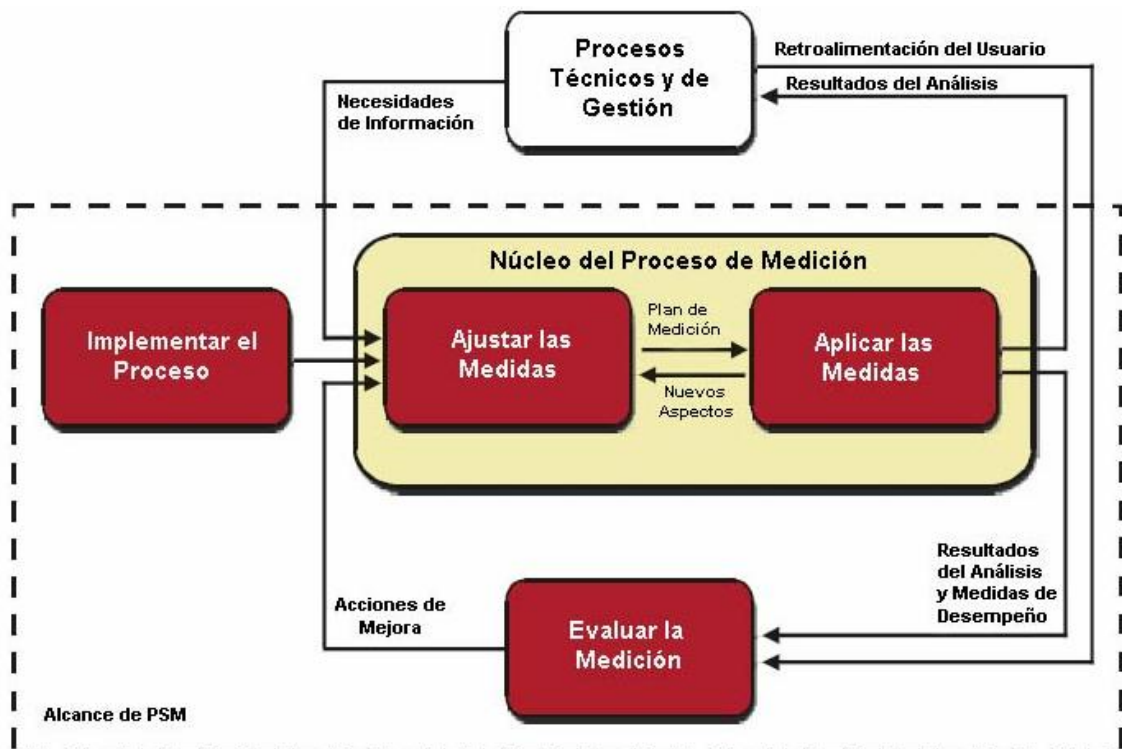


Figura 2.- El proceso de medición de PSM.

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:

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.

El proceso propuesto por PSM necesita ser adaptado para su implantación en cualquier entorno empresarial, pues contiene elementos necesariamente genéricos como parte de la propuesta pero que es necesario especificar en varios detalles al momento de instaurarlos.

1.3.2. La Medición orientada por objetivos GQ(I)M.

Este proceso produce las medidas que proporcionan información sobre la gestión de las cuestiones que se consideran más importantes. Estas medidas son traceables hasta los objetivos empresariales, a fin de que las actividades de recolección de datos estén en mejores condiciones de

permanecer centrados en los objetivos que las motivaron.(Park, Goethert et al. 1996)

El proceso de medición orientado por objetivos se basa en 3 preceptos, y consta de 10 pasos.

Los tres preceptos son:

- La Medición de los objetivos derivados de los objetivos de negocio.
- La Evolución de los modelos mentales proporciona el contexto y el enfoque.
- GQ(I)M¹² traduce objetivos informales en ejecutables estructuras de medición.

Los 10 pasos son:

Paso 1: Identificar los objetivos de negocio.

Paso 2: Identificar que quiero saber o aprender.

Paso 3: Identificar sub-objetivos.

Paso 4: Identificar Entidades y Atributos.

Paso 5: Formalizar los Objetivos de Medición.

Paso 6: Identificar las Preguntas cuantificables y Indicadores.

Paso 7: Identificar los elementos de datos.

Paso 8: Define las medidas.

Paso 9: Identificar las acciones necesarias para aplicar sus medidas.

Paso 10: Prepare un Plan:

La siguiente figura muestra una vista gráfica del modelo de proceso que guía estos pasos.

¹² GQ(I)M es una acrónimo para objetivo-pregutna-(indicador)-medida. La "I" entre paréntesis la distingue de la estrechamente relacionada metodología GQM introducida y descrita por Basili and Rombach.

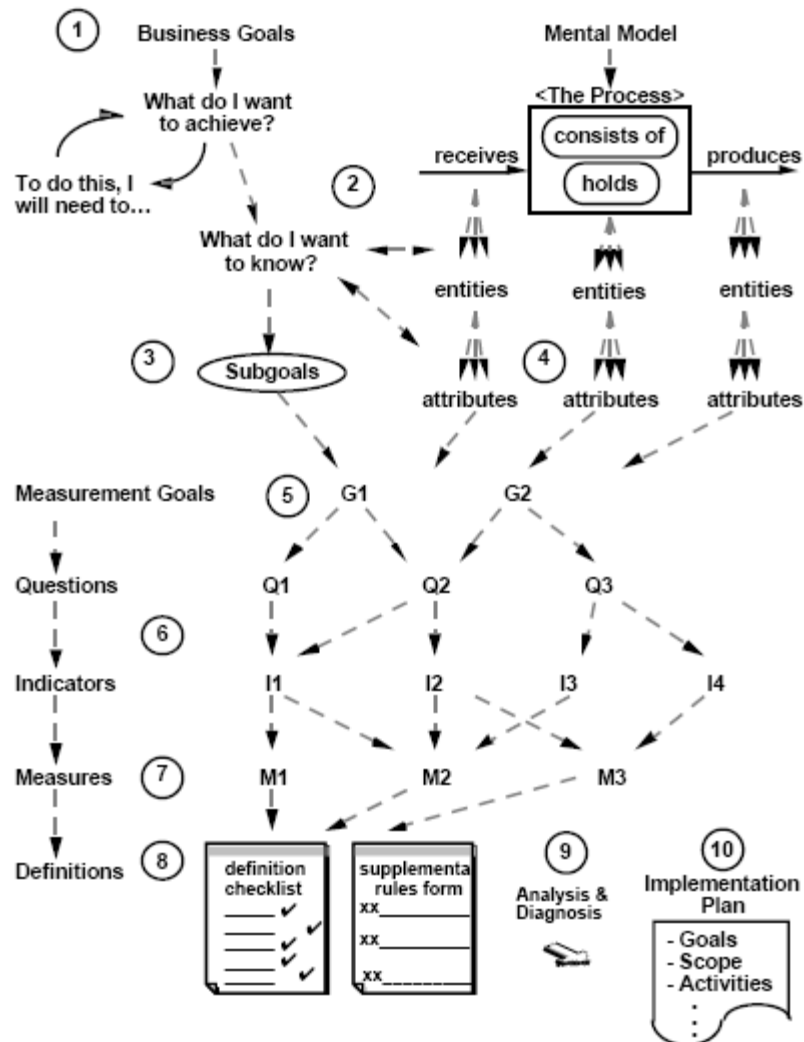


Figura 3.- Modelo del Proceso de GQ(I)M.

La estructura del proceso de medición orientado a metas se basa ampliamente en las ideas y la experiencia reportada por Víctor Basili y Dieter (Park, Goethert et al. 1996).

Sobre la base de estas ideas, existen otras variantes y han sido creados métodos como el: GQM (*Goal/Question/Metric*), desarrollado originalmente por V. Basili y D. Weiss, y ampliado con muchos otros conceptos por el Sr. D. Rombach. GQM. Es el resultado de muchos años de experiencia práctica y la investigación académica.(Solingen and Berghout 1999) y el GQMAA

(*Goal/Question/Metric Action Activity*) que proporcionan un marco de trabajo con los pasos para guiar el proceso de medición sobre este enfoque.

Esencialmente, constan de cuatro fases: Planificación, Definición, Recolección de datos e Interpretación, las cuales se relacionan como se muestra en la siguiente figura.

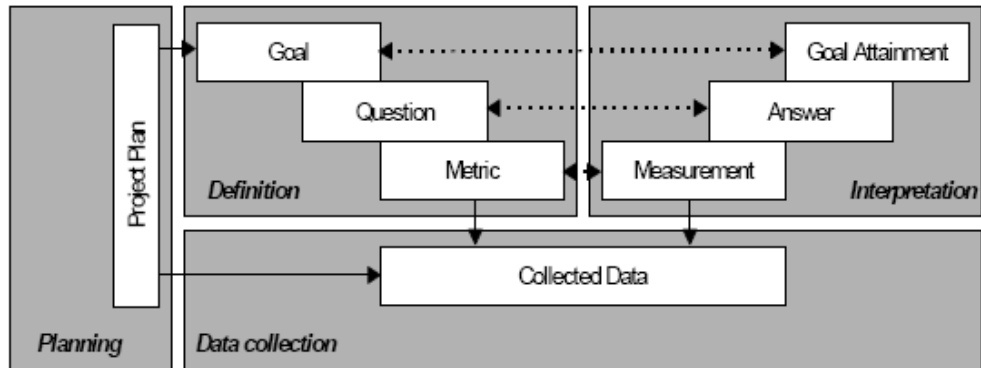


Figura 4.- Las cuatro fases del Método GQM.

1.3.3. ISO 15939 “Norma para el Proceso de Medición en la Ingeniería de Software y Sistemas”.

Este Estándar Internacional define un proceso de medición aplicable a la Ingeniería de Software y Sistemas y a las Disciplinas de gestión. El proceso se describe a través de un modelo (Figura 8) que define las actividades del proceso de medición que son requeridas para especificar adecuadamente que información de la medición es necesitada, cómo las medidas y los resultados de los análisis serán aplicados, y cómo determinar si los resultados de los análisis son válidos.

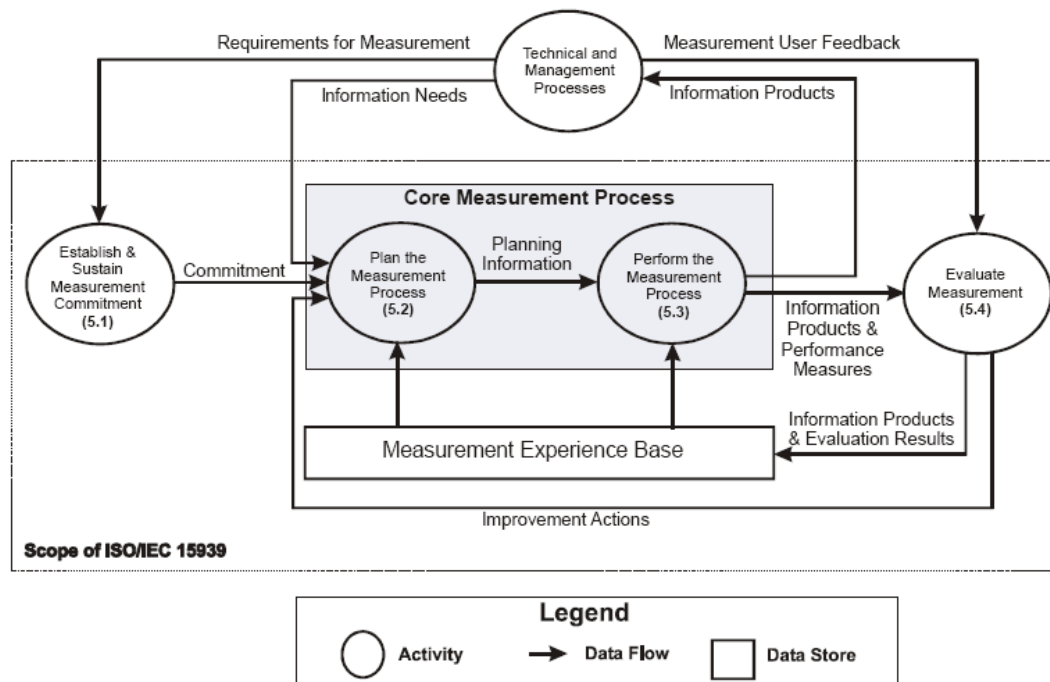


Figure 1: Software Measurement Process Model.

Figura 5.- Modelo del Proceso de Medición de la ISO 15939.

Propone también, un modelo de Información de Medición (Anexo 4), el cual es una estructura que une las necesidades de información a las entidades y los atributos de interés. Las entidades incluyen procesos, productos, proyectos y recursos. Describe cómo los atributos son cuantificados y convertidos en indicadores que servirán de base para la toma de decisiones. Este modelo identifica los términos y conceptos básicos y ayuda a determinar que necesidades se planea especificar durante la planeación, ejecución y evaluación del proceso.

Este proceso de medición se valora como flexible, a la medida, y adaptable a las necesidades de diferentes usuarios. Si bien es escrito para dominios de software y sistemas, se puede aplicar en otros ámbitos.

El objetivo y los resultados del proceso de medición de ISO 15939 han sido añadidos a la revisión del estándar ISO 12207 dentro de un nuevo proceso de soporte denominado Medición y a la norma ISO 90003 (aplicación de la norma ISO 9001:2000 al software).

1.3.4. Capability Maturity Model ® Integration for Development (CMMI-DEV) v1.2.

CMMI es un modelo integrado para la mejora de procesos que proporciona a las organizaciones los elementos esenciales de procesos eficaces. Se puede utilizar para guiar la mejora del proceso a través de un proyecto, una división, o toda una organización. Ayuda a integrar funciones tradicionalmente separadas de organización, establecer objetivos de mejora de procesos y las prioridades, servir de orientación para los procesos de calidad, y proporcionar un punto de referencia para evaluar los procesos actuales.(CMMI)

CMMI es el sucesor de CMM, e integra modelos de software (SW-CMM), de sistemas (SECM) y de producto (IPD-CMM), además de la constelación de adquisiciones (CMMIACQ) y de servicios (CMMI-SVC).

Está sustentado por organizaciones de todo el mundo que colaboran activamente con sus productos; y está siendo adoptando en todo el mundo, incluyendo Norte América, Europa, Asia, Australia, América del Sur y África. El SEI está comprometido con el Modelo CMMI y apoya fuertemente su desarrollo.

Beneficios de CMMI

La Suite de productos CMMI está a la vanguardia de la mejora del proceso, ya que proporciona las últimas mejores prácticas para el desarrollo de productos y servicios, y mantenimiento. Permite a las organizaciones:

- Vincular más explícitamente las actividades de ingeniería y gestión a sus objetivos de negocio.
- Ampliar el alcance de la visibilidad en el ciclo de vida del producto y las actividades de ingeniería para garantizar que el producto o servicio cumple las expectativas de los clientes.

- Incorporar la experiencia adquirida en otros ámbitos de las mejores prácticas (por ejemplo, la medición, gestión de riesgos y gestión de proveedores)
- Aplicar de forma más robusta las prácticas de alta madurez
- Abordar adicionales funciones de organización críticas para sus productos y servicios
- Cumplir más cabalmente con relevantes normas ISO

¿Cuántas organizaciones han adoptado CMMI?

Es difícil cuantificar el número de organizaciones han adoptado CMMI, ya que cualquier organización puede utilizar CMMI para la mejora del proceso sin tener que registrarse con el SEI o de otra manera se identifican a sí mismos al público. Sin embargo, ha habido más de 55.000 personas que han asistido a la capacitación Introducción a CMMI, CMMI y ha sido adoptado en muchas industrias (por ejemplo, el software, las finanzas, la industria manufacturera) en países de todo el mundo (por ejemplo, Estados Unidos, Australia, Japón, Brasil, y Rusia).

Resultados del uso de CMMI.

Numerosos estudios han descrito el valor de la mejora de procesos basado en el SW-CMM para el desarrollo y mantenimiento de software y sistemas. A partir de ellos, el SEI ha conocido sobre el impacto y los beneficios que la misma ha traído a diversas empresas. Uno de los casos que se puede referenciar, es el informe técnico realizado en Agosto del 2006 “Resultados del rendimiento de la mejora de procesos basada en CMMI®”(Gibson, Goldenson et al. August 2006) el cuál tiene como propósito resultar de utilidad a los miembros de grupos de procesos de ingeniería, gestión de media y primera línea, y a otros posibles participantes en la mejora del proceso, que deseen aprender más sobre cómo CMMI pueden contribuir a mejoras medibles en la organización, la ejecución del proyecto y la calidad del producto. También puede ser útil para los ejecutivos y altos directivos

que se enfrentan a decisiones sobre la asignación de escasos recursos para los esfuerzos de mejora.

Los resultados proceden de organizaciones de todo el mundo. Si bien la mayoría de los resultados provienen de las organizaciones de mayor madurez, es notable la mejora que también se ha logrado en las organizaciones de menor madurez.

A través de este informe, se puede percibir resultados cuantitativos para las seis categorías de desempeño examinadas: costo, cronograma, productividad, calidad del producto, satisfacción del cliente y retorno de la inversión. En la siguiente tabla, muestra un resumen de los resultados de dicho rendimiento expresando en el cambio experimentado en diversos períodos de tiempo, el cual ha sido posible gracias a la adherencia a los procesos basados en CMMI. La mediana de los resultados en cada categoría de la tabla es notable, como son los extremos altos y bajos de las distribuciones.

Categoría de Desempeño	Rendimiento medio	Número de	Rendimiento Mínimo	Rendimiento Máximo
		Puntos de Datos		
Costo	34%	29	3%	87%
Cronograma	50%	22	2%	95%
Productividad	61%	20	11%	329%
Calidad	48%	34	2%	132%
Satisfacción del Cliente	14%	7	-4%	55%
Retorno de la Inversión	4.0 : 1	22	1.7 : 1	27.7 : 1

Tabla 1.- Resumen de los Resultados de rendimiento.

Si bien los casos de estudios descritos en este informe, proporcionan una gran cantidad de valiosos detalles y su contexto, sus resultados no necesariamente pueden ser generalizados exactamente en otros lugares. No

obstante, varios estudios cuantitativos de mejora sobre la base de CMM-SW, han encontrado pruebas de diferencias considerables en la calidad de los productos y eficacia en la entrega, que varían previsiblemente con diferencias según la capacidad del proceso de organización y su madurez.

En el CMMI-DEV v1.2 se tratan procesos de desarrollo de Productos y Servicios.

CMMI-DEV v1.2 contiene 22 Áreas de Proceso (AP)¹³:

1. Análisis de Causas y Resolución (CAR)
2. Gestión de la configuración (CMMI)
3. Análisis de Decisiones y Resolución (DAR)
4. Gestión Integrada de Proyectos (IPM)
5. Medición y Análisis (MA)
6. Innovación y Despliegue Organizacionales(OID)
7. Definición de procesos organizacionales (OPD)
8. Enfoque Organizacional en Procesos (OPF)
9. Rendimiento de Procesos Organizacionales (OPP)
10. Formación Organizacional (OT)
11. Monitorización y Control de Proyecto (PMC)
12. Planificación de proyecto (PP)
13. Aseguramiento de calidad de Procesos y Productos (PPQA)
14. Integración de Producto (PI)
15. Gestión Cuantitativa de Proyectos (QPM)
16. Gestión de Requerimientos (REQM)
17. Desarrollo de Requerimientos (RD)
18. Gestión de Riesgos (RSKM)
19. Gestión de Acuerdos con Proveedores (SAM)
20. Solución Técnica (TS)

¹³ Un área de proceso agrupa un conjunto de prácticas relacionadas entre sí cuya ejecución permite alcanzar una serie de objetivos o metas. Las áreas de proceso establecen la capacidad de la organización o Madurez Organizacional.

21. Validación (VAR)

22. Verificación (VER)

Las áreas de proceso tienen la siguiente estructura:

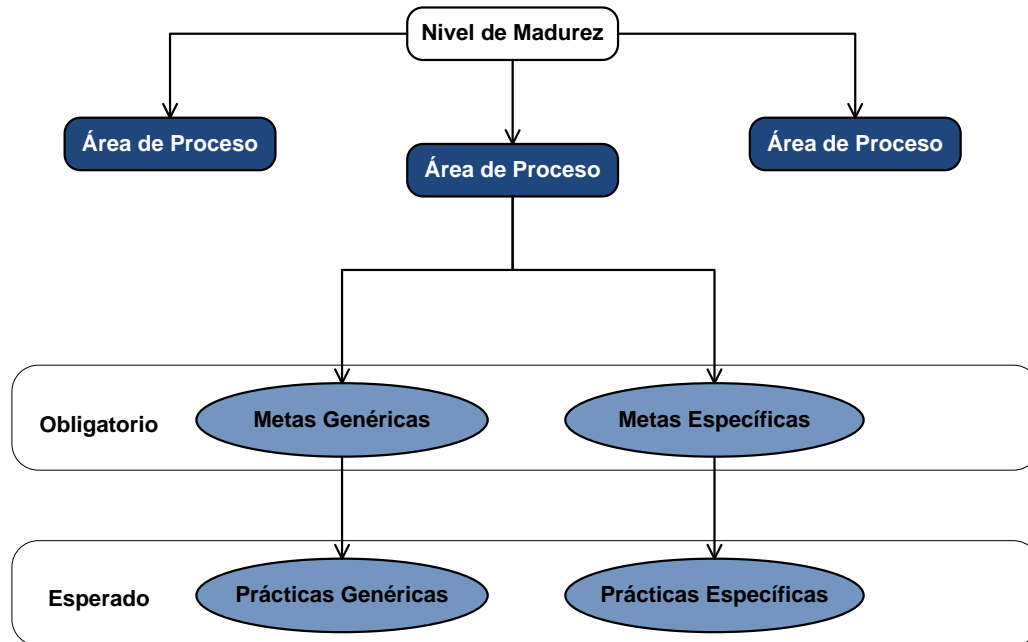


Figura 6.- Estructura de las áreas de proceso.

Una **Meta** (objetivo) **Genérica** (MG) describe las características que deben estar presentes para institucionalizar los procesos CMMI-DEV. Se aplican a varias áreas de proceso.

Una **Meta Específica** (ME) describe las características que debe estar presente para satisfacer el área de proceso.

Las MG y ME son componentes requeridos del modelo. Para CMMI, esto representa lo que debe alcanzar una organización para satisfacer un área de proceso y se utiliza en la evaluación para ayudar a determinar si un área de proceso está satisfecha.

Una **Práctica Genérica** (PG) es la descripción de una actividad que se considera importante en el logro de los objetivos genéricos asociados.

Una **Práctica Específica** (PE) es la descripción de una actividad que se considera importante en el logro de la meta específica asociada. Las prácticas describen las actividades que se espera que resulten en el logro de los objetivos específicos de un área de proceso.

Las PG y PE son componentes esperados del modelo. Para CMMI, esto representa lo que una organización debe implementar para alcanzar un componente requerido. Este tipo de componente guía a quien implementa la mejora o ejecuta la evaluación. Antes que las metas puedan ser consideradas satisfechas, ambas prácticas, tanto las descritas como alternativas (aceptables) a ellas, son presentadas en los procesos planeados e implementados de la organización.

Existen otros componentes contenidos en las Áreas de Procesos, definidos como 'informativos' que brindan detalles que ayudan a la organización a comenzar a orientarse sobre como conseguir los componentes requeridos y esperados.

Entre estos se encuentran las sub-prácticas, productos típicos de trabajo, ampliaciones, pequeñas elaboraciones de las prácticas y metas, notas y ejemplos.

CMMI propone dos representaciones:

- la escalonada o por etapas (de madurez): Proporciona una guía para la implantación pues agrupa áreas de proceso por nivel y presenta una secuencia de implantación.
- y la continua (de capacidad): Proporciona flexibilidad para prestar atención a áreas de proceso específicas, alineadas con las metas de negocios o con problemas operativos.

Ambas representaciones se pueden ver en los Anexos 2 y 3.

El área de Proceso de Medición y Análisis pertenece al Nivel de Madurez 2 (Gestionado) de CMMI, o sea, es equivalente a decir que se gestiona el desempeño de procesos asociados a las áreas de proceso. Permite:

- Administración disciplinada de los proyectos.
- Se establecen y se siguen políticas organizacionales.
- Los recursos son adecuados (humanos y materiales).
- Se asignan responsabilidades y autoridades a lo largo de la vida del proyecto.
- Los éxitos anteriores pueden ser repetidos en nuevos proyectos.
- Se siguen las prácticas aún en tiempos de estrés
- La dirección tiene visibilidad de las actividades y de los productos en puntos definidos.

1.3.4.1. Área de Proceso Medición y Análisis (MA).

El área de proceso dedicado a la medición de CMMI es llamado Medición y Análisis (MA). El propósito de la **Medición y Análisis** es desarrollar y sostener una capacidad de medición para apoyar las necesidades de información de la administración.

El área de proceso de Medición y Análisis involucra lo siguiente:

- Especificar los objetivos de medición y análisis tales que estén alineados con necesidades de información y objetivos identificados.
- Especificar las mediciones, las técnicas del análisis, los mecanismos de la colección de datos y almacenaje, divulgación y retroalimentación.
- Implementar la colección, almacenamiento, análisis, y el reporte de los datos.
- Proporcionar los resultados objetivos que pueden ser utilizados en tomar decisiones informadas, y tomar acciones correctivas apropiadas.

La integración de las actividades de medición y del análisis en los procesos del proyecto apoya lo siguiente:

- Planeamiento del objetivo y la estimación.

- Tracear el funcionamiento real contra planes y objetivos establecidos.
- Identificar y resolver las cuestiones relacionadas con el proceso.
- Proporcionar una base para incorporar mediciones dentro de los procesos adicionales en un futuro.

El personal requerido para implementar una capacidad de medición puede ser o no ser empleado en un programa en toda la organización. La capacidad de medición se puede integrar en los proyectos individuales u otras funciones organizacionales. (Ejemplo: aseguramiento de calidad).

El foco inicial para la medición de las actividades está en el nivel de proyecto. Sin embargo, una capacidad de medición puede resultar útil para abordar necesidades de información de toda la empresa y/o organización. Para apoyar esta capacidad, las actividades de medición deberían satisfacer las necesidades de información en múltiples niveles, incluidos los negocios, la unidad de organización, y el proyecto para reducir la re-elaboración del trabajo como organización madura.

Los proyectos pueden elegir almacenar datos y resultados de proyectos específicos en un repositorio del proyecto en específico. Cuando los datos se comparten más extensamente a través de proyectos, estos pueden residir en el repositorio de medición de la organización.

La medición y análisis de los componentes del producto proporcionados por los suministradores son esenciales para la gestión eficaz de la calidad y de los costes del proyecto. Es posible, con una gestión cuidadosa de los acuerdos de los proveedores, proporcionar más detalles sobre los datos que apoyan el análisis de la actuación del suministrador.

MA contiene dos Metas Específicas, y ocho Prácticas Específicas:

SG 1 Alinear las actividades de medición y análisis.

SP 1.1 Establecer los objetivos de la medición.

SP 1.2 Especificar las medidas.

SP 1.3 Especificar procedimientos de recolección de datos y almacenaje.

SP 1.4 Especificar procedimientos de análisis.

SG 1 Proporcionar resultados de la medición.

SP 2.1 Coleccionar los Datos de medición.

SP 2.2 Analizar Datos de la medición.

SP 2.3 Almacenar datos y resultados.

SP 2.4 Comunicar resultados.

1.3.5. Marco de Integración.

PSM sirvió de documento base para el desarrollo de la norma ISO / IEC 15939. PSM proporciona detalles adicionales sobre las actividades y tareas presentadas en la norma ISO / IEC 15939, y pasos detallados para cumplir con éxito estas tareas. Además, proporciona información detallada sobre "cómo hacer" con inclusión de medidas de orientación, lecciones aprendidas, estudios de casos, orientación y aplicación. PSM ofrece un conjunto de medidas de muestra, utilizando la terminología del modelo de información de la medición. Ambos productos son coordinados para proporcionar a los usuarios un marco coherente para la aplicación de un programa de medición. El proyecto de norma internacional ISO/IEC 15393, a su vez, fue utilizado como un insumo para Medición y Análisis (MA) de CMMI.

Por tanto, PSM, ISO/IEC 15939, y CMMI M&A contienen terminologías y actividades consistentes. El presente gráfico muestra la relación de PSM con los estándares y modelo mencionados.

Los conceptos del dominio de la medición de ISO 15939 han sido añadidos al estándar ISO/IEC 15288 (Procesos de Ciclo de Vida del Sistema). De la misma forma, la nueva terminología de la medición ha sido coordinada con las revisiones en los estándares ISO/IEC 9126 (Calidad del Producto Software) e ISO/IEC 14598 (Evaluación de Productos Software) con el objetivo de que todos los estándares que usen el dominio de la medición estén basados en una misma terminología.

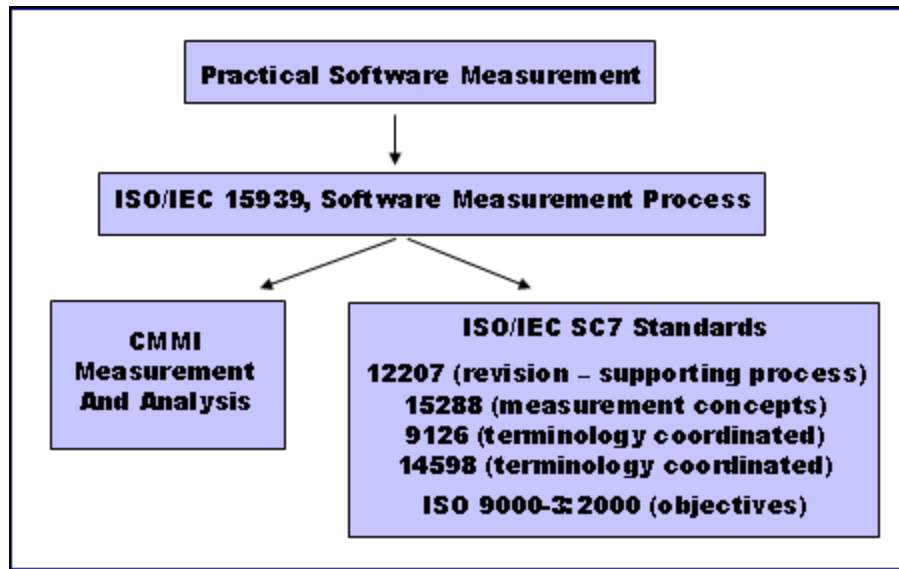


Figura 7.- Marco de Integración.

1.4. La medición en la Gestión de Proyectos de Software.

Debido a los constantes cambios tecnológicos, los elevados costos y la urgencia de los planes ocasionados por las apremiantes solicitudes de los clientes, gestionar los proyectos de desarrollo de software se ha convertido en una tarea difícil de realizar para los líderes de proyecto. Estos requieren métodos para planificar, supervisar y controlar los complejos procesos y productos de software y sistemas que ahora comprenden una gran parte de cada proyecto. De la misma manera precisan tener una información más objetiva sobre las nuevas tecnologías y complejos procesos de ciclo de vida para tener éxito, lo que se han convertido en un factor importante en las inversiones de las empresas y las estrategias empresariales.(D.o.D. and Army 2003)

¿Por qué medir?

Realizar mediciones en la Ingeniería del Software es más complejo que en otros casos, pues entre otros elementos, no está basada en leyes cuantitativas básicas de la Física que permitan realizar mediciones básicamente cuantitativas. A pesar de ello, su utilización tiene la misma importancia. Fenton (Fenton 1997) opina al respecto: "... Sentimos que la

obligación de intentar “medir lo no medible” para mejorar nuestra comprensión de entidades particulares es tan poderosa en la Ingeniería del software como en cualquier disciplina.”

La medición como parte las disciplinas de la Gestión Cuantitativa (conjuntamente con la gestión del riesgo y gestión del rendimiento financiero) permite al líder del proyecto identificar y priorizar las principales preocupaciones, dar seguimiento a su solución, y gestionar la asignación de recursos para optimizar el costo del proyecto, el cronograma y el desempeño técnico.

La Figura 1 muestra que estas tres disciplinas tienen actividades paralelas que definen las expectativas y preocupaciones, establecen los planes de los proyectos asociados, y proporcionan información adecuada y retroalimentación.

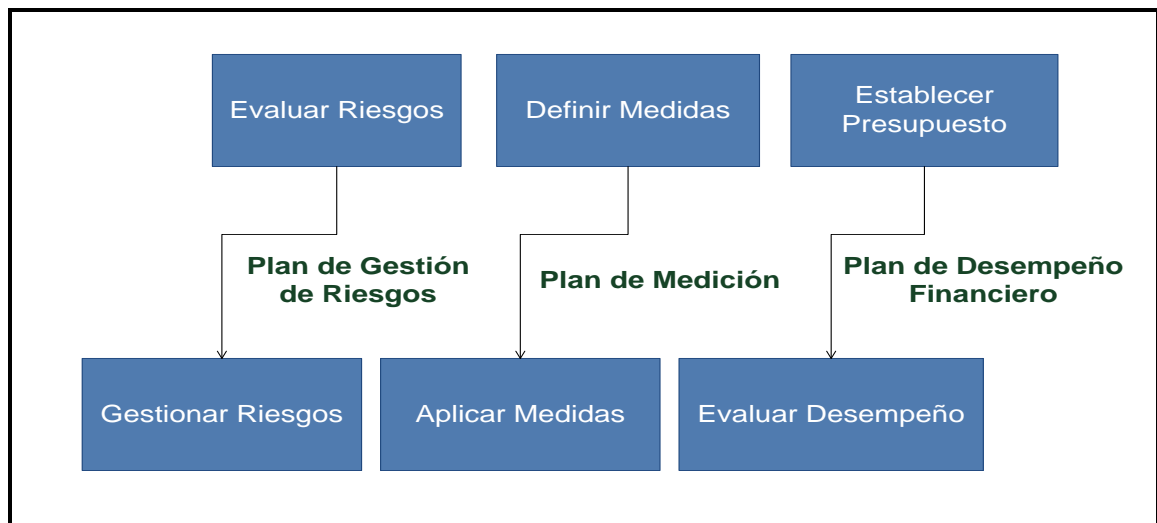


Figura 8.- Disciplinas de la Gestión cuantitativa.

Si bien estas disciplinas se pueden aplicar con independencia, un enfoque integrado aporta un mayor valor, ya que en conjunto son un complemento tradicional de técnicas y gestión de conocimientos. Por tanto, es relevante observar que la medición, no sustituye a otras técnicas y habilidades de gestión ni es tan eficaz si se aplica como un proceso independiente.

No obstante, y a pesar de que como cualquier herramienta de gestión de proyectos no puede garantizar que un proyecto tenga éxito, ayudará al líder

de proyecto a adoptar un enfoque proactivo en el tratamiento de las cuestiones críticas de los proyectos de software y sistemas, y de esta forma, a tener éxito. (D.o.D. and Army 2003)

Otro elemento donde muestra necesidad de un proceso de medición en el área de la Gestión del Proyecto, es en las actividades de la Gestión de Proceso, en este caso concreto, del proceso de desarrollo de software. Los principales objetivos de la Gestión del Proyecto están centrados en establecer y cumplir los compromisos realizables con respecto al costo, cronograma, funcionamiento entregado, y tiempo para con el mercado. Pero sin las actividades de gestión de procesos, los líderes de proyectos asumen un riesgo significativo en el establecimiento y el cumplimiento de estos compromisos. (Florac, Park et al. 1997)

La Gestión de Procesos de Software se trata de gestionar exitosamente los procesos de trabajo asociados con el desarrollo, mantenimiento y soporte a los productos de software y sistemas. Gestionar exitosamente se trata de que los productos y servicios producidos por los procesos se ajusten plenamente a los requisitos del cliente, tanto internos como externos, y que cumplan los objetivos de negocio de la organización responsable de la fabricación de dichos productos.

En el siguiente gráfico, se muestran (encerradas en recuadros) las cuatro funciones de gestión de procesos que son genéricas y aplicables a la gestión de procesos de software.

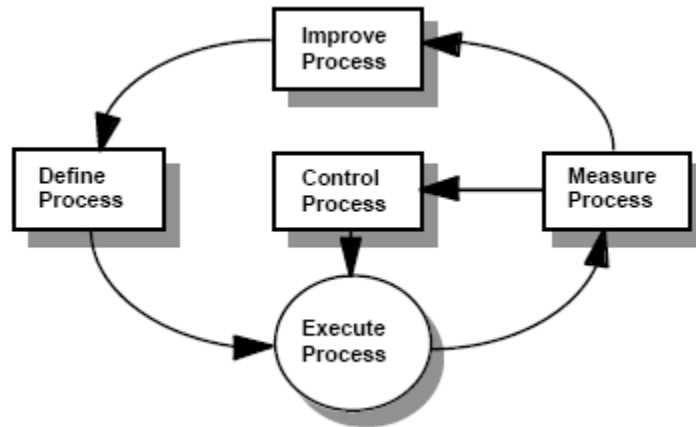


Figura 9.- Las cuatro responsabilidades de la Gestión de Procesos.

El proceso de medición es la base para detectar las desviaciones del rendimiento aceptable, así como para identificar oportunidades de mejora de procesos. Los objetivos principales del proceso de medición en esta área se refieren a:

- Recopilar datos que midan el desempeño de cada proceso.
- Analizar el desempeño de cada proceso.
- Conservar y utilizar los datos para:
 - Evaluar la estabilidad y la capacidad del proceso.
 - Interpretar los resultados de las observaciones y análisis.
 - Prever los gastos futuros y el rendimiento.
 - Proporcionar a las líneas de base y puntos de referencia.
 - Pilotear tendencias.
 - Identificar oportunidades de mejora.

Estos objetivos se resumen en cuatro razones para la medición de procesos de software, productos y recursos:

- Caracterizar.
- Evaluar.
- Predecir.
- Mejorar.

Concluyendo, las mediciones proporcionan la información objetiva que ayuda al líder 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 a 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 como riesgos para ser evaluados y manejados. La medición centra su atención en el descubrimiento temprano de problemas técnicos y de administración que más tarde pueden ser difíciles de resolver.
- Hacer modificaciones claves: Cada proyecto tiene sus restricciones. Los costos, el cronograma, la calidad, la 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. Ayuda a responder preguntas claves como: ¿Está el Proyecto en tiempo según el calendario? y ¿Está el Sistema listo para ser entregado?
- 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. (D.o.D. and Army 2003)

- Estimación y Planeación: Las mediciones permiten predecir en cierta medida cuanto tiempo, personas y esfuerzo va a requerir una tarea en específico, y de esta forma realizar tareas de planeación más realistas, partiendo de una base de información almacenada con anterioridad.

Por estas razones, la medición, es considerada como una eficaz herramienta de gestión de proyectos.

Existe otra área de la gestión donde es muy apreciable la utilidad y necesidad de la medición: la Gestión de Calidad.

La gestión de la calidad es comprendida entre otras disciplinas de gestión de una organización. Su objetivo es servir de ayuda para que se pueda conducir y operar la organización en forma exitosa. Permite viabilizar la implementación y mantenimiento de un sistema de gestión diseñado para mejorar continuamente su desempeño mediante la consideración de las necesidades de todas las partes interesadas.

Entre los ocho principios de gestión de la calidad identificados como un marco hacia la mejora del desempeño de una organización, se plantea: “La toma de decisiones basada en hechos”. Este principio plantea que las decisiones eficaces se basan en el análisis de los datos y la información. Dichos datos e informaciones, deben ser obtenidos durante un proceso de medición, para ser posteriormente analizados utilizando técnicas estadísticas, las cuales pueden ayudar a proporcionar un mejor conocimiento de la naturaleza, alcance y causas de la variabilidad presente en las características medibles de los procesos y los productos.(ISO 2000)

Gestionar la Calidad particularmente en un Proyecto de Software, es una cuestión que ha demostrado su necesidad para asegurar que el mismo logrará los objetivos previstos, y por tanto es tratada como una de las áreas

de conocimiento de la Gestión de Proyectos.(PMI 2004).El término ‘Calidad’ y específicamente ‘Calidad de Software’ es uno de los más controversiales y difíciles de definir por lo intangible y variable que puede ser su interpretación en dependencia de quienes y en que marco lo analicen.

Por esta circunstancia, a través de los años, los autores y organizaciones han definido el término de maneras diferentes (IEEE and C.S. 2004):

- “Conformidad con los Requerimientos del Usuario.” Phil Crosby.
- “El grado en el cual un sistema, componente o proceso cumple los requerimientos especificados.” (IEEE 1991)
- “El grado en el cual un sistema, componente o proceso cumple las necesidades o expectativas de clientes o usuarios.” (IEEE 1991)

Una de las más completa, es la dada por (Pressman 2001):

- “Concordancia con los requisitos funcionales y de rendimiento explícitamente establecidos, con los estándares de desarrollo explícitamente documentados, y con las características implícitas que se espera de todo software desarrollado profesionalmente.”

No obstante, entender de qué se trata, no es suficiente. La calidad es una preocupación omnipresente en la Ingeniería de Software, y se hace necesario establecer mecanismos para gestionarla y garantizarla durante todo el desarrollo del producto de software. Diversos autores sitúan las mediciones como una pieza clave entre estos mecanismos.

Según la opinión de Pressman (Pressman 2001), las medidas no sólo se emplean para entender mejor los atributos de los modelos que se crean, sino, fundamentalmente, para valorar la calidad de los productos de ingeniería o de los sistemas que se construyen.

Pressman define la garantía de la calidad del software (*SQA, Software Quality Assurance* GCS, Gestión de calidad del software) como una actividad de protección que se aplica a lo largo de todo el proceso del software. Entre los elementos que la componen menciona los mecanismos de medición y de generación de informes, y plantea la necesidad de utilizar mediciones para

desarrollar estrategias que mejoren el proceso del software y como consecuencia, la calidad del producto final.

En el PMBOK (PMI 2004) se analiza la Gestión de la Calidad a través de la implementación de la política, los procedimientos y los procesos de planificación de calidad, aseguramiento de calidad y control de calidad, con actividades de mejora continua de los procesos que se realizan durante todo el proyecto, según corresponda. Propone que durante el control de Calidad las actividades de medición sean utilizadas para supervisar los resultados específicos del proyecto, determinar si cumplen con las normas de calidad relevantes e identificar modos de eliminar las causas de un rendimiento insatisfactorio, de manera tal que sirvan como retroalimentación al aseguramiento de calidad.

Obtener un conjunto de medidas indirectas, a partir de estas actividades de medición, dan lugar a métricas que proporcionan una indicación de la calidad de algún elemento dentro del desarrollo de software.

Aunque las métricas para el software de computadora no son absolutas, proporcionan una manera sistemática de valorar la calidad basándose en un conjunto de reglas claramente definidas. “El uso de métricas de SW reduce la subjetividad en la evaluación de la calidad de software, al proveer una base cuantitativa para tomar decisiones acerca de la calidad del SW.” (Condori-Fernández, Faguás et al. 2002) Proporcionan al ingeniero del software una visión interna en el acto, en vez de *a posteriori*. Esto permite descubrir y corregir problemas potenciales antes de que se conviertan en defectos catastróficos.

A pesar de su evidente utilidad, hay muchos casos de empresas que no dan al trate con un efectivo proceso de medición, algunos de los motivos de que esto ocurra, son:

- Los diferentes usuarios de los datos de medición tienen diferentes necesidades: Los datos recogidos para un fin puede no ser adecuados para otros, porque las normas utilizadas para la recogida de los datos

no son coherentes con las formas en que otros desean utilizar los datos.

- Diferentes organizaciones tienen diferentes prácticas establecidas: En muchos casos, estas prácticas tienen razones de peso detrás y no debe ser cambiadas. Además, puede ser difícil y a menudo, poco práctico, cambiar la forma en que una organización reúne datos, sólo para satisfacer una necesidad externa.
- Una inequívoca comunicación de los resultados de las mediciones es difícil por sí mismo. Incluso si alguien entiende perfectamente la manera en que sus datos se recogen, no es fácil para ellos comunicar descripciones adecuadas de las reglas operacionales a los demás. Estas reglas pueden ser complejas, y tal vez nunca han sido descritas de forma explícita.
- Los métodos estructurados para comunicar los resultados de las mediciones rara vez se dan. Es muy común que lo que se dice, no es exactamente lo que se quería decir. (Florac, Park et al. 1997)

A continuación se mencionan algunos elementos del surgimiento de este tema en el mundo y algunas Organizaciones Normalizadoras, Institutos, Empresas y Grupos de Especialistas a nivel mundial que trabajan vinculados a estos temas, dadas dimensiones que ha alcanzado y el interés que despierta.

1.4.1. Antecedentes y estado actual.

Uno de los primeros pasos en este sentido, fue en función de establecer métricas para identificaran contratistas potenciales en la rama del desarrollo de Software. Unido a este objetivo y orientado a la mejora de procesos surgen modelos que soportan la medición entre sus elementos propuestos, entre los más reconocidos y utilizados a nivel internacional, se encuentran:

- **Modelo para la Mejora de procesos de software y determinación de capacidad (SPICE)**¹⁴, definido en la ISO 15504.

Este modelo constituye un estándar de evaluación de procesos de software para la mejora continua, la evaluación de la capacidad y como base para el comercio internacional de software. Para ello utiliza entre otros elementos, la medición, en función de puntuar los procesos y ayudar a proponer mejoras que aumenten su capacidad.(Pichaco)

Carece de un conjunto de procesos necesarios para las actividades que intentaba cubrir, y no estaba del todo consolidado ni integrado con otros modelos y terminologías existentes.

A la intención de solventar las necesidades antes mencionadas, se unió el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD), al crear el SEI. Posteriormente, y bajo este marco, un grupo de particulares que asesoraban individualmente este tema, decidieron llevar a cabo un proyecto que se llamaría: Capability Maturity Model y posteriormente, crearían el:

- **Modelo Integrado de Capacidad y Madurez para el Desarrollo (CMMI).**

Basándose en CMMI y dado que este plantea ‘que hacer’, pero no contiene procedimientos ni estrategias de ‘cómo hacer’, se crean: el PSP (Personal Software Process) y el TSP (Team Software Process). PSP constituye un marco de trabajo diseñado para enseñar a los Ingenieros de Software a hacer mejor sus actividades, mostrando cómo estimar y planificar las tareas, controlar el rendimiento frente a esos planes y mejorar la calidad de los programas que se producen.(Humphrey 2001) Plantea un Proceso de Mejora, que involucra la medición como un elemento vital en el momento de tomar decisiones sobre los ajustes del Proceso. No obstante, PSP no está enfocado a permitir un flujo de información, análisis y toma de decisiones a nivel de empresa.

¹⁴ “Software Process Improvement and Capability Determination” (SPICE).

Se crearon múltiples espacios para orientar sobre Calidad, mejora de Procesos de Producción de Software y gerencia de Proyectos de Software, que utilizan las Métricas, así como importantes entes de la estandarización y normalización que le han dedicado un espacio a pautar el tema de las mediciones los casos más significativos. A continuación se listan algunos de ellos:

- **SEMA** 'Grupo de Medición y Análisis': iniciativa de carácter técnico del SEI.
- **ISBSG** 'International Software Benchmarking Standards Group'. (Electrónica. 2007)
- **COSMIC** 'Consortio Internacional del Software Común de Medición': en función de la medida del tamaño del software. Promotores del Método COSMIC.(Estrada and Estévez 2003)
- **TOTAL METRIC**: Compañía australiana, que proporciona una red de los consultores experimentados en métricas del software por todo el mundo. Participación en el desarrollo de la ISO, de ISBSG, de IFPUG y de estándares COSMIC.
- **QSM Inc** 'Quantitative Software Management' Gestión Cuantitativa de Software: empresa que brinda servicios de evaluación de productividad y calidad. Técnicas probadas y basadas en datos históricas de más de 4,185 proyectos, con un crecimiento anual de 200-400 proyectos por año.
- **Asociación de Estándares IEEE**¹⁵: publicó el IEEE Std 1061-1998 (*Standard for a Software Quality Metrics Methodology*) (IEEE 1998), el cual define una metodología para establecer requerimientos de calidad y para identificar, implementar, analizar, validar las métricas de calidad del proceso y el producto de software. La metodología abarca la totalidad del

¹⁵ Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (IEEE) es una organización sin fines de lucro que constituye la asociación profesional líder mundial en los avances de la tecnología. Compuesta por 365.000 miembros en más de 150 países de todo el mundo: ingenieros, científicos y profesionales afines cuyos intereses técnicos se basan en la eléctrica y ciencias de la computación, ingeniería y disciplinas afines.

ciclo de vida del software y propone desarrollar un prototipo de proceso de medición para realizar las actividades propuestas.(IEEE 1993)

- **Organización Internacional de Normalización) (ISO)¹⁶**: publicó las ISO/IEC TR 9126-2, -3 del 2003 y la ISO/IEC TR 9126-4 del 2004 (ISO 2003a; ISO 2003b; ISO 2004), todas referentes a las métricas de calidad en particular. Además incorpora referencias en otras normas como la: ISO/IEC 12207, ISO/IEC 15504 e ISO/IEC 14143. Recientemente se publicó la ISO/IEC 15939:2007, *Software Engineering - Software Measurement Process*, la cual define el proceso de medición para el desarrollo de software y sistemas de ingeniería.(ISO 2009)

Estas y otras asociaciones y grupos, han desarrollado y publicado herramientas, metodologías y brindan servicios para colaborar en la utilización de las Métricas para la estimación y selección de indicadores que ayuden a la gerencia en encaminar a sus Proyectos a una mejora de la Calidad.

- **Software Engineering Information Repository (SEIR)**: Repositorio del SEI **que brinda** un forum para la contribución y el intercambio de información concerniente a las actividades de mejora de procesos.
- **Estimación, Benchmarking y Suit de Investigación**: Datos en repositorio y herramientas para la valoración y el análisis.
- **SLIM Servicio de Benchmarking Organizacional**: Permite fijar metas basadas en “la mejor práctica percibida”.(Electrónica. 2007)
- **SCOPE**: Es el primer producto en brindar estimación sobre el tamaño funcional en el área de dirección de proyecto y administración de recursos del paquete de software.
- **COSMIC**: Aceptado por ISO/IEC JTC1 SC7 en diciembre del 2002 como un Estándar Internacional: ISO/IEC 19761 Ingeniería de

¹⁶ International Organization for Standardization (ISO) es la desarrolladora y editora de Normas Internacionales más grande del mundo. Es una red de institutos nacionales de normas de 157 países, un miembro por país, con una Secretaría Central en Ginebra, Suiza, que coordina el sistema.

Software - COSMIC-FFP - un método de medición de tamaño funcional.(Authors 2007)

- **SDMetrics:** Es una herramienta de medición de Diseño OO para el UML™.(D.o.D. and Army 2007)
- **Metriplica:** (Sitio eMetrics). División especializada en medición web, asesoramiento en medición online.(Garreta 2005/2006)
- **Six Sigma (6σ):** Metodología que ayuda a la prevención de errores en los procesos industriales, proporcionando la información adecuada a través de las mediciones y el uso de herramientas estadísticas (para analizar desviaciones (errores) dentro de los procesos) proyectándose hacia la mejora y la máxima calidad del producto o servicio. (López 2001) Posee 6 niveles en función de la desviación estándar (σ) y se maneja en función de ¿Cuántas σ se quieren manejar como error en los resultados? CMMI en sus niveles 4 y 5, recomienda implementar prácticas de 6 σ para cumplir sus objetivos.

En Cuba, en el orden del desarrollo de la Industria de Software, se desarrollan acciones que involucran las Métricas de Software como elemento importante para lograr la calidad de los productos. En este sentido diversos especialistas en el ramo y con experiencia en el tema, imparten diplomados, cursos y maestrías que incluyen en su contenido elementos referentes a estos tópicos.(Cárdenas, González et al.)

Por otro lado se realizan investigaciones que profundizan en procesos específicos de la Ingeniería de Software y como medirlos, abocando el tema desde la problemática de la producción de software en Cuba.(Estrada and Estévez 2003)

Existe una Red de Investigación: “Red Iberoamericana de Tecnologías de Software para la década del 2000” (RITOS2), que se integra Grupos de Investigación a nivel internacional con la vocación claramente aplicada de la investigación y su compromiso con la formación de investigadores y profesionales en informática, y que también tiene su representación en

nuestro país, con sus correspondientes representantes, radicadas en: La Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, y la Universidad de La Habana. Esta red tiene como primer objetivo potenciar el desarrollo de dichas tecnologías y su transferencia a la industria y administración fomentando que los grupos de RITOS2 establezcan sus planes de trabajo considerando las necesidades tecnológicas de las organizaciones del entorno y manteniendo sus prioridades de investigación hacia tópicos claramente aplicados entre los que se listan dentro de la Ingeniería del Software: Procesos de software y Métricas de software.(BRISABOA 2006)

Por todo lo anteriormente expuesto, es evidente que en el mundo, y en nuestro país en particular se sigue trabajando intensamente en variantes, aplicaciones a áreas específicas e investigaciones de los distintos ciclos de vida de los Proyectos, para perfeccionar el uso exitoso de dichas Métricas en los Productos de Software. No obstante a estos trabajos existen escollos y complicaciones para alcanzar la meta, pues a pesar de que muchos comprenden la conveniencia de su aplicación y las necesidades de responder a sus clientes con precisión sobre los costos y tiempos involucrados en el desarrollo de un proyecto, otros desconfían y suponen que se aplicarán para controlar y evaluar las productividades individuales, con un objetivo dominador.

Adicionalmente, en muchos casos es visto como un trabajo extra que puede afectar su desempeño al dedicar tiempo a llenar formularios que no aportan beneficios directos e inmediatos a su trabajo. Estos y otros elementos hacen que la aplicación de un sistema de métricas, no sea un paso sencillo, y que requiera de un intenso trabajo de capacitación y concientización de los involucrados. (Latorres, Salvetto et al.)

A pesar de ello, esta tarea va ganando adeptos, pues ha ido demostrando en las empresas en las que ha sido implantada que al permitir medir y cuantificar su avance y resultados, han podido enfocarse en los aspectos

que impedían obtener los resultados deseados, irlos mejorando y en consecuencia, alcanzar mejores resultados.

En la UCI, se han realizado esfuerzos dispersos por proyectos para ir insertando elementos de mediciones en su proceso de desarrollo, en función de lograr medir su calidad y el cumplimiento de los objetivos propuestos al iniciar los mismos. Recientemente, se realizó una propuesta de una metodología de trabajo para el establecimiento de una estrategia de mediciones de software, en el proceso productivo; basada en “Mediciones Prácticas de Software y Sistemas” (PSM)¹⁷, (D.o.D. and Army 2003) entre otros aspectos para la formación del personal que lo use. Esta propuesta aun no ha sido puesta en práctica, por lo que no se ha podido validar su eficacia en la práctica.(Durán 2007) También, se ha puesto en práctica un método para la estimación de tiempo y esfuerzo, el cual en la actualidad está siendo ajustado sobre los resultados obtenidos, pues se han sufrido las consecuencias de no contar con datos registrados de proyectos anteriores y otros elementos que componen cuestiones relevantes para ajustar la propuesta a las particularidades del entorno de producción, las características de los Clientes y de los Proyectos en sí.

En este marco surge esta propuesta, con vistas a definir cómo llevar el proceso de medición a los proyectos productivos de la UCI, aprovechando las oportunidades para la implantación de la misma.

1.5. Oportunidades de implantación de la Propuesta.

La UCI se encuentra iniciando una fase de Mejora de Procesos, sustentado en las bases de CMMI, que traerá aparejado un conjunto de definiciones y modificaciones a los procesos involucrados en el desarrollo de Proyectos de

¹⁷ “*Practical Software and Systems Measurement*” (PSM). Proyecto desarrollado para alcanzar los retos técnicos y de gestión en los actuales sistemas de software, a través de un proceso de medición. Patrocinado por el Departamento de Defensa y el Ejército de los Estados Unidos, y está desarrollado por especialistas de más de 153 organizaciones reconocidas del D.o.D. el Gobierno y la Industria nacional e internacional.

Software. Este es un marco muy propicio para introducir el nuevo proceso de medición dada su necesidad y factibilidad en la situación actual. A continuación se caracterizan los modelos y proyectos que se usarán en la propuesta, a partir de una complementación y coherencia de los elementos que proveen para su aplicación a los procesos de medición.

1.5.1. ¿Por qué un Proceso de Medición?

Primeramente, es necesario establecer por qué es necesario definir un proceso de medición para solventar la situación actual.

¿Qué es un proceso?

- Un proceso es una secuencia de pasos realizados con un propósito específico.
- Conjunto de actividades interrelacionadas o que interactúan para transformar entradas en salidas. (ISO 2000)

Para realizar actividades, por un conjunto disperso de personas y propiciar que se ejecuten de la misma manera, usando un lenguaje común, resultados compatibles e integrables, es necesario tener definido, documentado y establecido el 'cómo se va a hacer'. Sin un proceso descrito, puede desperdiciarse el esfuerzo y la capacidad de las personas y no ser útil la tecnología.(Pressman 2001)

Todas las actividades de la organización, desde la planificación de las compras hasta la atención de una reclamación, pueden y deben considerarse como procesos. Para operar de manera eficaz, las organizaciones tienen que identificar y gestionar numerosos procesos interrelacionados y que interactúan. La identificación y gestión sistemática de los procesos que se realizan en la organización y en particular las interacciones entre tales procesos se conocen como enfoque basado en procesos.

La implantación de la **gestión de procesos** se ha revelado como una de las herramientas de mejora de la gestión más efectivas para que la organización (cualquiera sea su tipo) alcance unos altos niveles de eficiencia. Está dirigida

a realizar procesos competitivos y capaces de reaccionar autónomamente a los cambios mediante el control constante de la capacidad de cada proceso, la mejora continua, la flexibilidad estructural y la orientación de las actividades hacia la plena satisfacción del cliente y de sus necesidades.

La gestión de procesos no va dirigida a la detección de errores en el servicio, sino que la forma de concebir cada proceso ha de permitir evaluar las desviaciones del mismo, con el fin de corregir sus tendencias antes de que se produzca un resultado defectuoso.

Adicionalmente, en un proceso productivo, y más en el de software, puede resultar imposible o enormemente costoso actuar directamente sobre los resultados del mismo. Es por ello que para que un conjunto de actividades ligadas entre sí conduzcan a un resultado determinado es necesario definir y controlar el proceso del que forman parte. O sea, para controlar el efecto (resultado) hay que actuar sobre la causa (proceso). (Fomento 2005)

Las organizaciones son tan eficaces y eficientes como lo son sus procesos. Con el objeto de lograr una capacidad para proporcionar productos y/o servicios que cumplan con los requisitos de los clientes y orientarse hacia la satisfacción de los mismos, se introducen, dentro de estos elementos de gestión, los Sistemas de Gestión de la Calidad (SGC).

La siguiente figura ilustra el modelo ISO 9001 de un SGC basado en procesos y refleja gráficamente la integración de los cuatro pilares básicos: Responsabilidad de la Dirección, Gestión de los recursos, Prestación del servicio y Medición, análisis y mejora. (Sanz, Calvo et al. 2003) De esta forma, se establece la necesidad de la realización de mediciones, análisis y mejora a los procesos de producción, tal que los resultados de los mismos, satisfagan los objetivos para los que fueron creados.

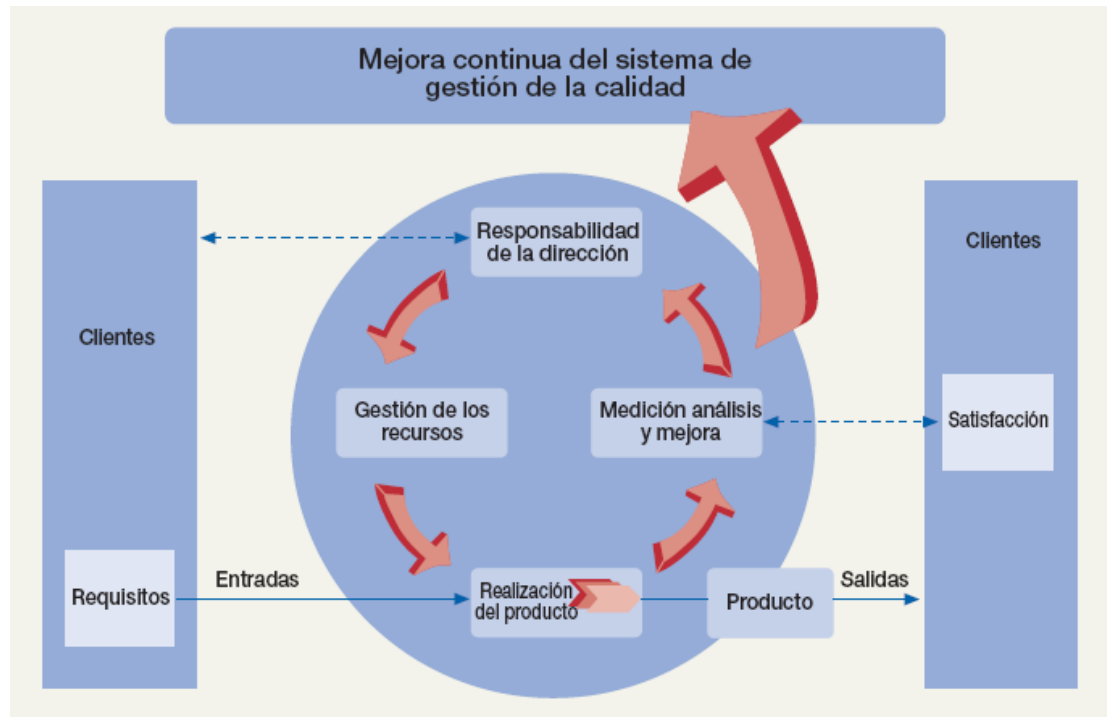


Figura 10.- Modelo de un Sistema de Gestión de la Calidad basado en procesos (según la ISO 9001:2000)

Basado en este principio, la UCI se plantea el establecimiento de un Sistema de Gestión de la Calidad, basado en procesos, que alberga la existencia de un proceso de medición y análisis fundamentado para el proceso de desarrollo de software.

Para la realización de esta propuesta se tomaron en cuenta los elementos componentes del Proceso, para los Procesos de Software según Pressman. (Pressman 2001)



Figura 11.- Componentes de un proceso.

1.5.2. Integración de los elementos propuestos.

Para desarrollar el proceso de mejora continua del SGC en la UCI, se escogió el modelo CMMI, y se ha trazado como objetivo inicial alcanzar el nivel 2 en su presentación Escalonada (o por Madurez).

El área de proceso de MA, es una de las siete áreas incluidas en este nivel y por ende, cumplirla satisfactoriamente se hace imprescindible para alcanzar dicho objetivo. Dado que CMMI propone que metas cumplir para satisfacer las necesidades de estas áreas y las instrucciones contenidas no especifican cómo implementar cada paso, se hace necesario definir como se deben desarrollar los procesos que permitirá establecer un efectivo proceso de medición en e área productiva de la UCI, basándose en las buenas prácticas existentes y normadas internacionalmente. Es por ello que se propone la integración oportuna de los elementos antes descritos dentro de los espacios necesarios de la propuesta.

La propuesta está orientada a la primera Meta Específica de MA, debido a que la restante está orientada fundamentalmente a la ejecución de los procesos definidos y el análisis y comunicación de los resultados obtenidos. Dichos elementos se procederán a ejecutar en la UCI en el marco del proceso de mejora, orientado y enmarcado en los proyectos seleccionados para la experiencia piloto, por lo que se escapan del interés de esta investigación.

Para el desarrollo de esta primera Meta, se utiliza el enfoque orientado a objetivos, y el método asociado para desarrollar dicho enfoque, dada la oportuna sinergia existente entre sus elementos componentes (las prácticas específicas, e incluso prácticas genéricas como la planeación del proceso y el entrenamiento del personal):

- Las medidas se basan en objetivos de negocio y necesidades de información.

- Las medidas se integran con los procesos de trabajo utilizados por el proyecto y la organización.
- Existe trazabilidad entre las necesidades de información y objetivos y las medidas.
- Se planifica la medición y el análisis.
- Se propone definir procedimientos para la recolección de la medición, el análisis y la presentación de informes.
- Se comunicación y el usan los datos de la medición.

De igual forma, en la propuesta se utilizan elementos propuestos en PSM, compatibles y adaptados necesariamente para su implantación en este entorno.

PSM complementa y brinda información muy útil para ser usada en los procesos a definir para la UCI, pues permite que se soporte el proceso de medición dentro de cualquier ciclo de vida y a través de toda la organización. Es posible, entre otras cosas, utilizar sus definiciones de temáticas y categorías, involucrando a los objetivos, riesgos, problemas e incertidumbres que deben ser administradas para lograr el éxito del proyecto, y por tanto son muy útiles para las personas que utilizarán el proceso.

De igual manera, las ISO 15939 y la IEE Std 1061-1998, facilitan estructuras para las distintas definiciones que se realizarán, así como un conjunto de elementos a considerar para la validación de las métricas propuestas.

1.6. Conclusiones.

- Las perspectivas de éxito en la ejecución y mejora de las actividades de producción de software se incrementan significativamente cuando las decisiones se pueden basar en los hechos y en la información

cuantitativa, conocimientos que sólo pueden obtenerse mediante la observación y la medición de los productos, procesos y recursos involucrados.

- La medición es considerada como una eficaz herramienta de gestión de proyectos, es la base para detectar las desviaciones del rendimiento aceptable en los procesos, así como para identificar oportunidades de mejora en los mismos y forma parte las disciplinas de la Gestión Cuantitativa permitiendo al líder del proyecto identificar y priorizar las principales preocupaciones, dar seguimiento a su solución, y gestionar la asignación de recursos para optimizar el costo del proyecto, el cronograma y el desempeño técnico.
- Para desarrollar el proceso de mejora continua del SGC en la UCI, se escogió el modelo CMMI, y como parte de las áreas de proceso necesarias para alcanzar el nivel 2 se encuentra la de “Medición y Análisis” en cuya base se describen los subprocesos incluidos en esta propuesta.
- Dado que PSM complementa y brinda información muy útil para ser usada en los procesos a definir para la UCI, la ISO 15939 y la IEE Std 1061-1998, facilitan estructuras para las distintas definiciones que se realizarán, así como un conjunto de elementos a considerar para la validación de las mediciones, y que GQ(I)M brinda métodos propicios a utilizar para lograr los objetivos del proceso, y bajo la conveniencia de que todos contienen terminologías y actividades consistentes, la propuesta presentada se realiza basada esencialmente en los ellos.

DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

2.1. Introducción.

En estos momentos, en la UCI no existe una definición institucionalizada de un proceso de medición y análisis que permita retroalimentarse del estado actual de los Proyectos en ejecución ni un registro oficial y consistente de los indicadores principales de los Proyectos ya finalizados que permita establecer líneas base para la estimación de los nuevos compromisos comerciales.

En este capítulo se describe la propuesta del subproceso de Medición y Análisis para la UCI, que abarca la primera meta específica enfocada a alinear las actividades de medición y análisis. Las prácticas específicas que se abordan, se enfocan fundamentalmente al establecimiento y especificación de los elementos a tener en cuenta posteriormente en la ejecución de las actividades necesarias para proporcionar los resultados de la medición. Estas son:

- Establecer los objetivos de la medición.
- Especificar las medidas.
- Especificar los procedimientos de recolección de datos y almacenaje.
- Especificar los procedimientos de análisis.

Una vez establecidos estos elementos, se podrá proceder a ejecutar las mediciones: colectando los datos de la medición, analizándolos, almacenándolos y comunicando los resultados pertinentes.

2.2. Ambiente actual de la producción de software en la UCI y caracterización del área a Informatizar.

La UCI es una universidad de nuevo tipo, que promueve un concepto producción de software a partir de estructuras productivas cuyos principales

recursos lo constituyen profesores y estudiantes del área docente de la misma.

Actualmente, la Universidad cuenta con diez (10) Facultades, en las cuales y de diversas formas se encuentran ubicados veinticuatro (24) Polos Productivos que ejecutan proyectos de desarrollo de software y desarrollan líneas de investigación a partir de áreas temáticas. Recientemente, se han creado nuevas estructuras, 9 Centros, donde se realizan actividades de producción, consultoría y soporte. Estas estructuras cuentan con diversos niveles de responsabilidad encargados de supervisar las actividades de control sobre los procesos de desarrollo y tomar decisiones sobre acciones preventivas y correctivas en función de solventar problemas o prevenir riesgos. En estos casos, y en sus niveles superiores, se encuentran los Vicedecanos de Producción, los Jefes de Polo y los Directores de Centros, además de de otros roles encargados de algunas tareas específicas, pero que finalmente siempre tributarán a alguno de superiores para enviar información.

¿Cómo se gestiona y controla la Calidad en dichas estructuras?

En el caso de las Facultades y los Polos Productivos, existe un Asesor de Calidad, quien es el encargado de asesorar al Vicedecano de Producción en los temas concernientes a la Calidad de Software, y de igual manera de orientar y supervisar a los Aseguradores de Calidad de los Proyectos para la correcta ejecución de las actividades relacionadas con dicho fin. Para ejecutar estas tareas se cuenta con los Grupos de Calidad.

En los Centros, se prevé la creación de Departamentos de Calidad que centrarán dichos temas en toda la estructura, y laborarán en función de las características de las funciones particulares de cada uno.

Facilitando la implementación de las mejores prácticas en el proceso de desarrollo y/o mantenimiento de software, mediante la orientación, reglamentación y normalización, y enfocada a contribuir a la excelencia en el desarrollo de proyectos de tecnología se encuentra la Dirección de Calidad

de Software de la Infraestructura Productiva de la UCI. La misma es responsable también de la evaluación de productos, procesos y organizaciones según normas nacionales, regionales e internacionales y de la asesoría, adiestramiento y formación continua de especialistas en los temas de Calidad de Software. Funciona bajo la siguiente estructura:

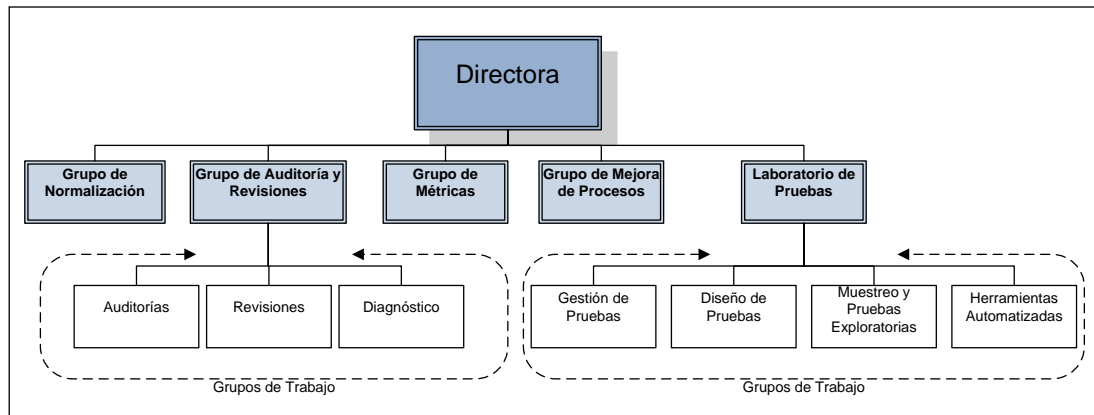


Figura 10.- Estructura organizacional de la Dirección de Calidad de Software.

Entre las responsabilidades que se ha trazado, se encuentra la de sostener un proceso de medición en toda la organización, la cuál se ha convertido en la tarea fundamental del Grupo de Métricas.

El foco inicial de las actividades de medición está en el nivel de proyecto. Sin embargo, resulta muy útil para abordar necesidades de información de toda la organización para permitir realizar análisis sobre el proceso productivo completo y poder tener una panorámica de donde se puede o están las desviaciones de lo previsto o deseado. Para apoyar esta capacidad, las actividades de medición deberían satisfacer las necesidades de información en múltiples niveles, incluidas las estructuras de producción, y los proyectos en sí, para reducir la re-elaboración del trabajo como organización madura.

Para la definición del Proceso de Medición y Análisis se utiliza la misma estructura documental establecida para el resto de los procesos de la organización, a través de la cuál se podrán contemplar todos los elementos

necesarios para dejar establecido qué y cómo se debe realizar las distintas actividades.

2.3. Definiciones para el Libro de Procesos de MA.

En este documento se definen los subprocesos del Área de Procesos de MA dirigidos a alinear las actividades de medición y análisis, y está dirigido a los responsables de ejecutar los mismos.

Tiene como objetivo describir las actividades a ejecutar para es desarrollar y sostener una capacidad de medición que sea usada para apoyar necesidades de información de la gerencia, guiándose por el área de proceso de MA del modelo CMMI v 1.2 del SEI.

Su alcance inicial llegará a los Proyectos y áreas, tanto de servicio como productivas, definidas como pilotos en el Programa de Mejoras.

En el Libro de Proceso se incluyen también las definiciones y acrónimos que se utilizarán en el mismo. Para ese caso se proponen:

- **CMMI:** Capability Maturity Model Integration.
- **SEI:** Software Engineering Institute.
- **Indicadores:** Medida que provee una estimación o evaluación de atributos específicos derivados de un Modelo con respecto a las necesidades de información definidas. *(ISO/IEC 15939 Sistemas e Ingeniería de software - Proceso de Medición)*
- **Medición:** Conjunto de operaciones que tienen el objetivo de determinar el valor de una Medida. *(ISO/IEC 15939 Sistemas e Ingeniería de software - Proceso de Medición)*
- **Medida:** Variable a la cual un valor es asignado como resultado de una medición. *(ISO/IEC 15939 Sistemas e Ingeniería de software - Proceso de Medición)*
- **Medida Base:** Medida definida en términos de un atributo y el método para la cuantificarlo. Una Medida Base es funcionalmente independiente de otras medidas. *(Sobre la base de la definición en*

Internacional Vocabulario Básico de Condiciones Generales y en Metrología, 1993).

- **Medida Derivada:** Medida derivada que es definida como una función de dos o más valores de las Medidas Base. *(Sobre la base de la definición en Internacional Vocabulario Básico de Condiciones Generales y en Metrología, 1993).*
- **Métrica:** Algoritmo o cálculo realizado para combinar dos o más Medidas de Base. La escala y la unidad de las Medidas Derivadas dependerán de las escalas y unidades de las Medidas Base que la componen, así como la forma en que se combinan por la función.
- **Necesidades de Información:** Conocimiento necesario para gestionar los objetivos, metas, riesgos y problemas. *(ISO/IEC 15939 Sistemas e Ingeniería de software - Proceso de Medición)*
- **Objetivos de la Medición:** Los objetivos de la medición documentan los propósitos para los cuales se hacen la medición y el análisis, y especifican el tipo de medidas que se puedan adoptarse basadas en los resultados de los análisis de datos. Las fuentes para los objetivos de medición pueden ser la gestión, técnica, proyecto, producto, o necesidades de proceso de la puesta en práctica. *(CMMI v1.2)*

Dada la pretensión de alcanzar el Nivel 2 de CMMI deben observarse, en las definiciones de las distintas áreas de procesos, que se prevea y se indique como satisfacer la Meta Genérica 2: Institucionalizar un Proceso Gestionado. Esta Meta presenta diez prácticas genéricas a abordar por la organización para las distintas áreas de procesos que se implementarán, y están orientadas a institucionalizar el proceso como un proceso administrado. En la siguiente tabla, se indica estas 10 prácticas genéricas, y sus correspondientes especificaciones en el libro de proceso.

Propuestas de subprocesos del Libro de Procesos de Medición y Análisis basado en CMMI para a la Universidad de las Ciencias Informáticas

Prácticas Genéricas	Especificaciones
PG 2.1 - Establecer una política organizacional.	Establecer y mantener una política organizacional para planear y ejecutar el proceso de MA.
PG 2.2 - Planear el proceso.	Establecer y mantener el plan para ejecutar el proceso de MA.
PG 2.3 – Proveer los recursos.	Provee los recursos adecuados para ejecutar el proceso de MA, desarrollando los productos de trabajo y proveyendo los servicios de los procesos.
PG 2.4 – Asignar las responsabilidades.	Asignar responsabilidades y autoridades para ejecutar los procesos, desarrollar los productos de trabajo y proveer los servicios del proceso de MA.
PG 2.5 – Capacitar a las personas.	Capacitar o entrenar las personas para ejecutar o dar soporte al proceso de MA cuando será necesario.
PG 2.6 - Gestionar configuración.	Colocar los productos de trabajo designados del proceso de MA bajo los apropiados niveles de control.
PG 2.7 - Identificar e implicar a los involucrados relevantes.	Identificar e implicar los involucrados relevantes del proceso de MA tal como fue planeado.
PG 2.8 - Monitorear y controlar el proceso.	Monitorear y controlar el proceso de MA contra el plan para ejecutar el proceso y tomar las acciones correctivas apropiadas.
PG 2.9 - Evaluar la adherencia objetivamente.	Evaluar la adherencia objetivamente del proceso de medición contra su descripción, estándar, y procedimientos y abordar los incumplimientos.
PG 2.10 - Revisar el estado con la gerencia.	Revisar las actividades, estado y resultado del proceso de MA con la gerencia y resolver las cuestiones.

Tabla 2.- Prácticas Específicas de MA.

En otras palabras, el proceso es planeado y supervisado al igual que cualquier proyecto o actividad de apoyo. Por tanto, antes de definir como se proponen llevar a cabo los subprocesos en cuestión, debe describirse como se garantizarán oportunamente el cumplimiento de estas prácticas.

Las prácticas genéricas se pueden agrupar, por sus características, en dos grandes grupos: Definiciones del Proceso y Relación con otras áreas. El primero de ellos, se refiere a las precisiones que deben realizarse para definir el proceso en cuestión, mientras que el otro está dado porque los temas que se abordan, se relacionan con otras áreas de procesos, que pueden aportar y aportan elementos esenciales para la planeación y ejecución del mismo, y que además, deben observarse durante su definición para no entrar en contradicciones.

2.3.1. Definiciones del Proceso:

PG 2.1.- Política de MA.

Esta política establece las expectativas organizacionales para alinear los objetivos y las actividades de medición con los objetivos y las necesidades de información identificadas y para proveer los resultados de la medición.

Se deben definir las expectativas de la organización para con el proceso y hacerlas visibles a todos los afectados. En general, la alta dirección es la responsable de establecer y comunicar los principios rectores, la orientación y las expectativas de la organización.

Para este caso se puede establecer que: El proceso de medición y análisis en los procesos, proyectos y productos debe permitir desarrollar y sostener una capacidad de medición que sea usada para apoyar necesidades de información de la gerencia.

PG 2.3.- Recursos necesarios para la ejecución del proceso.

El propósito de esta PG es asegurar que los recursos necesarios para ejecutar el proceso, como fue definido según el Plan, estén disponibles cuando lo necesiten.

Los recursos incluyen: financiamiento adecuado, facilidades físicas adecuadas, personal preparado y herramientas apropiadas.

Para este caso, se prevé que se necesiten:

- Ordenadores.

- Herramientas de recolección automática de datos.
- Herramientas para el almacenamiento de datos (centralizado o local).
- Herramientas generadoras de Reportes y Gráficos para los Informes de Resultados.
- Paquetes de Herramientas Estadísticas.
- Impresora.
- Papel.

El personal competente para la realización de las actividades del proceso MA, se indican en el próximo acápite, donde se definen las responsabilidades.

PG 2.4.- Asignación de responsabilidades.

El propósito de esta práctica genérica es garantizar que existan personas que respondan a través de toda la vida del proceso por las actividades necesarias para poder llevar a cabo el proceso y realizar las tareas específicas en función de lograr los resultados. Estas personas deben tener la autoridad competente para llevar a cabo las responsabilidades asignadas. CMMI no se parcializa sobre la creación o no de un grupo para las tareas de soporte a las actividades de medición a través de múltiples proyectos. En este caso, dada la complejidad que presenta un proceso de medición que abarque toda la producción en la Universidad (debido a la heterogeneidad de las características sus proyectos y la necesidad de obtener reportes de resultados centralizados, entre otros elementos antes mencionados) y la existencia una estructura administrativa ya creada con un tema afín, se propone que esta última cumpla con las tareas de gestión y coordinación del proceso MA.

De la misma manera, CMMI no establece ninguna obligatoriedad sobre la parcialidad o no del tiempo de contratación del personal vinculado al proceso de medición, cuestión que brinda visibilidad sobre la posibilidad oportuna de utilizar al personal involucrado en tareas pertinentes de la producción, para

conformar equipos de trabajo que sean convocados para actividades puntuales afín con su experiencia.

Para esta asignación de responsabilidades e identificación de roles se define en la organización un documento genérico para todas las áreas de procesos. (Roles y Responsabilidades) En el mismo se establecen roles que incluyen entre sus responsabilidades actividades contenidas en los subprocesos de medición:

Rol	Responsabilidades
Administrador de la calidad	Incluyen: <ul style="list-style-type: none"> • Elabora el plan de mediciones. • Participa en el análisis y recolección de los datos para las mediciones. • Vela por el cumplimiento de las políticas de la organización y reglas bases del proyecto.
Alta Gerencia	<ul style="list-style-type: none"> • Jefes de Polo. • Vicedecanos de Producción. • Decanos. • Dirección General de Producción.

Tabla 3.- Roles genéricos.

Para la descripción de estos subprocesos, se proponen agregar nuevos grupos de personas (roles) buscando permitir que se complementen satisfactoriamente las actividades previstas:

Rol	Responsabilidades
Gestor del Proceso de Medición	Grupo de Métricas de la DCS.
Usuarios de la Medición:	<p>Director de General Producción, Directores de Producción, Directores de Servicio a la Producción, Vice-decanos de Producción, Jefes de Polo, Jefes de Proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Implicados en fijar los objetivos de medición y decidir sobre planes de la acción. • Implicados en la revisión de las priorizaciones y especificaciones de las mediciones propuestas, a fin de actualizarlas según sea conveniente.

- Implicados en la revisión y actualización del contenido y el formato propuestos para los análisis y los informes especificados, incluyendo métodos analíticos y herramientas, los procedimientos administrativos, y prioridades.
- Evalúan la conducta de la medición y el análisis.
- Revisan las interpretaciones de los resultados iniciales y la manera en la cual se presentarán, antes de comunicarlos más extensamente.
- Detectan posibles adiciones necesarias para los análisis futuros a llevar a cabo.

Proveedores de la Información:

Administrador de Proyecto, Jefes de Grupos por Roles, Grupo de Auditoria de la DCS, Laboratorio Industrial de Pruebas.

- Proveen la Información solicitada para las actividades de Medición.
- Implicados en fijar los objetivos de medición y decidir sobre planes de la acción.
- Implicados en la revisión y actualización del contenido y el formato propuestos para los análisis y los informes especificados, incluyendo métodos analíticos y herramientas, los procedimientos administrativos, y prioridades.
- Implicados en la revisión de las interpretaciones de los resultados iniciales y la manera en la cual se presentarán, antes de comunicarlos más extensamente.

Grupo de Especialistas de la Medición

Personas pertenecientes a los Polos Productivos (clasificados según los Tipos de Proyectos) en los que se especializan o poseen experiencia, incluyendo a los Directores y Vicedecanos de Producción. Estas personas deben poseer una visión suficiente de los procesos de producción de sus áreas como para poder mapear los Objetivos de Medición genéricos identificados a sus respectivas áreas de competencia y sean capaces de definir las

medidas necesarias para satisfacerlos a través de los indicadores respectivos.

Tabla 4.- Roles propuestos para la ejecución del proceso.

El Grupo de Especialistas de la Medición debe ser concebido para funciones específicas del proceso de Medición, y sus labores no requerirán sus servicios permanentemente. En un principio, estas personas se pueden seleccionar por su experiencia en el proceso productivo y con la práctica de las labores que enfrentarán, serán capaces de desarrollar habilidades y perspicacia para convertirse en verdaderos especialistas en las mediciones.

PG 2.5 – Capacitar a las personas.

Para implantar eficazmente el proceso de medición y análisis, se necesita asegurar que las personas que participarán a lo largo del proceso (tanto los que lo ejecutarán a nivel organizacional como los del nivel de proyecto), tengan los conocimientos y la experiencia necesarios para llevarlo a cabo o apoyarlo.

Este conocimiento debe comprender:

- El Libro de proceso de medición y análisis y los documentos de apoyo (plantillas y guías del proceso).
- CMMI-DEV v1.2.
- La correcta utilización de las herramientas del proceso.

Por ello se debe proporcionar una formación adecuada a dichas personas. Y se debe definir, a modo general, como debe impartirse dicha formación.

La estrategia inicial debe ser capacitar inicialmente al Grupo Gestor de la Medición, pues ellos serán los que centrarán, coordinarán y dirigirán la mayor parte de las actividades del proceso. A continuación, deben capacitarse los miembros del Grupo de Especialistas de la Medición, pues tienen un papel relevante dentro de las actividades de definición como se llevarán a cabo el proceso de medición como tal, aunque el peso de su pericia se adquirirá bajo la práctica de sus tareas. Entre estos dos equipos se

encargarán de preparar y guiar a los restantes, en función de sus respectivas responsabilidades.

Se deben desarrollar las siguientes acciones:

- Talleres para explicar la intención y utilización de los artefactos principales del proceso (Libro de proceso, plantillas y guías)
- Cursos sobre CMMI for DEV-v1.2.
- Talleres sobre el desarrollo de mediciones orientada a objetivos. Método GQ(I)M.
- Talleres uso de las herramientas y ejecución de los procedimientos de recolección, almacenaje y análisis de datos.
- Talleres sobre técnicas estadísticas de análisis.

Se necesitarán los siguientes recursos:

- Local para impartir la capacitación
- Herramientas para realizar análisis estadísticos y recolección de datos.
- Computadoras (en algunos casos, en medio de un ambiente donde ejecutar un prototipo del proceso, para mostrar su desarrollo)

PG 2.7 - Identificar e implicar a los involucrados relevantes.

El propósito de esta PG es establecer y mantener la implicación de los involucrados esperada y planeada durante la ejecución del proceso. Al preverse dicha implicación, se asegura que las interacciones con los involucrados sean consumadas, observando que no sean afectados un excesivo número de grupos de personas de manera tal que dificulte la ejecución del proceso.

Para el proceso de MA, los involucrados pueden implicarse en actividades tales como:

- Establecimiento de los objetivos y procedimientos de medición.
- Evaluación de los datos de la medición

- Retroalimentación valiosa para aquellos responsables de proveer los datos primarios de los cuales depende el análisis y los resultados.

Para el proceso de MA, se identifican los siguientes involucrados relevantes:

- Administrador de la Calidad
- Usuarios de la Medición.
 - Alta Gerencia.
- Proveedores de la Información.
- Especialistas de la Medición.

2.3.2. Relación con otras áreas:

Áreas de Proceso	Relación con MA
Planeación de Proyecto (PP)	<p>Se aborda la estimación de atributos de proyectos y otras necesidades de información de la planeación.</p> <p>Se aborda la información sobre la planeación del proceso de MA.</p>
Monitoreo y Control del Proyecto (PMC)	<p>Se proveen las necesidades de información sobre el seguimiento a la ejecución de los proyectos para aportar a las actividades y productos de trabajo de MA.</p> <p>Se describe el proceso de seguimiento y control a las actividades y productos de trabajo de MA y toma las acciones correctivas apropiadas.</p>
Gestión de la Configuración (CM)	<p>Se proveen las necesidades de información sobre la gestión de la configuración en los proyectos para aportar a las actividades y productos de trabajo de MA.</p> <p>Se aborda la información sobre la gestión de configuración de los productos de trabajo de la medición.</p>
Administración de Requisitos (REQM)	<p>Se aporta la información sobre el mantenimiento de la trazabilidad de los Requisitos y las necesidades de información relacionadas.</p>
Aseguramiento de la Calidad del Proceso y el	<p>Se aporta la información sobre el aseguramiento de la calidad del Proceso y el</p>

Producto (PPQA)	Producto y las necesidades de información relacionadas. Se define el aseguramiento de la calidad de producto y proceso de MA.
Todas las áreas de proceso	MA desarrolla y sostiene una capacidad de medición dentro de los procesos ejecutados en la organización y proyectos en concreto, que sea usada para apoyar necesidades de información de la gerencia. Los distintos procesos proveen de necesidades de información, objetivos de medición y productos de trabajo a medir para generar los reportes de análisis para las tomas de decisiones.

Tabla 5.- Relación con otras áreas.

PG 2.2. – Planeación del Proceso.

El propósito de esta PG es determinar que se necesita para ejecutar el proceso y alcanzar los objetivos establecidos, en función de preparar un plan para su ejecución, una descripción del mismo y obtener el consentimiento sobre dicho plan por parte de los involucrados relevantes.

En los distintos subprocesos de MA, la planeación de las actividades puede ser responsabilidad del Proyecto, del Grupo Gestor de la Medición y en algunos casos, de ambos inclusive.

No obstante, para los subprocesos descritos en esta propuesta, el grupo Gestor del Proceso de Medición es el responsable de planificar todas las actividades necesarias, las cuales se programarán según la guía de planeación mostrada en el Anexo 15.

La planeación de las actividades responsabilidad del Proyecto para los restantes subprocesos, está descrita en el Libro de proceso para la Planeación del Proyecto. Para registrarla adecuadamente, el Proyecto debe utilizar el Plan de Mediciones (referido en el epígrafe 2.4).

PG 2.6 - Gestionar configuración.

Ubicar los productos de trabajo designados del proceso de MA bajo los apropiados niveles de control.

No.	Clave del Elemento	Nombre del Elemento	Responsable (s)
1	5501	Objetivos de Medición y Necesidades de Información.	Gestor de la Medición.
2	5502	Objetivos de Medición.	Gestor de la Medición.
3	5503	Objetivos de Medición propuestos para próximas fases.	Gestor de la Medición.
4	5504	Listado de Usuarios de la Medición.	Gestor de la Medición.
5	5505	Listado de Especialistas de la Medición.	Gestor de la Medición.
6	5506	Listado de Proveedores de la Información.	Gestor de la Medición.
7	5507	Preguntas e Indicadores.	Gestor de la Medición.
8	5508	Medidas y Procedimientos de recolección y almacenaje.	Gestor de la Medición.
9	5509	Procedimientos de Análisis de Datos.	Gestor de la Medición.
10	5510	Modelos de Análisis de referencia.	Gestor de la Medición.
11	5511	Herramientas de validación de Medidas y Procedimientos.	Gestor de la Medición.

Tabla 6.- Lista de elementos de configuración del proceso de MA.

La gestión sobre estos elementos de configuración y su codificación (Clave del elemento) se realizará según lo descrito en el libro de proceso IPP-3560:2009 Libro de proceso para la Administración de Configuración.

PG 2.8 - Monitorear y controlar el proceso.

Esta PG permite monitorear y controlar el proceso de MA contra el plan de ejecución del proceso y la toma de acciones correctivas apropiadas.

El monitoreo y control de las actividades involucradas en los subprocesos concernientes a esta propuesta, se realizará según lo descrito en el Libro de Proceso para el Monitoreo y Control del Proyecto (PMC).

Puede ser útil sugerir aspectos identificados a monitorear y controlar al proceso de PMC, adicionales a los previstos por este. Entre ellos se pueden mencionar:

- Porcentaje de Objetivos de Medición abordados.
- Calendarios de recolección, análisis y comunicación de los datos de la medición.
- Costo del Proceso de Medición.

GP 2.9 – Aseguramiento de la calidad.

El propósito de esta PG es proveer de una garantía creíble sobre la implementación del proceso según fue planeado y su adherencia a la descripción del proceso, estándar y procedimientos. Esta PG es implementada, en parte, por la evaluación de los productos de trabajo seleccionados de los procesos.

En el Anexo 16 se muestra un ejemplo de Lista de Verificación a utilizar por el equipo de PPQA para la revisión de la adherencia a los subprocesos de MA comprendidos en esta propuesta:

La descripción de las actividades de Aseguramiento de la Calidad se encuentra en el Libro de Proceso para Aseguramiento de la Calidad del Proceso y el Producto (PPQA).

GP 2.10. – Revisar el estado con la Gerencia.

El propósito de esta PG es proveer a la Gerencia de la apropiada visibilidad sobre el proceso. La Gerencia incluye aquellos niveles de la administración en la organización que se encuentran por encima del nivel inmediato de administración responsable del proceso.

Estas revisiones son para los administradores que proveen la política y la guía general para el proceso, y no para quienes le realizan diaria y directamente el monitoreo y control. Las mismas, ayudan a asegurar que pueden ser tomadas las decisiones basadas en la información sobre la planificación y ejecución de los subprocesos, y pueden realizarse tanto periódicamente como orientadas a eventos concretos.

El reporte de estado del Proceso IPP-3550 – Medición y Análisis se enviará a la alta gerencia periódicamente como se describe en el subproceso “Análisis de Resultados” que se ejecuta bajo la responsabilidad del proceso de Aseguramiento de la Calidad del Proceso y el Producto (PPQA).

2.3.3. Subprocesos principales:

Para el proceso de MA se definen cinco subprocesos principales, los cuales agrupan las actividades necesarias para la ejecución del mismo.

Estas definiciones se realizan a partir de las relaciones existentes entre las Prácticas Específicas de las correspondientes Metas, y valorándolas en función de las características del área donde se aplicarán.

2.3.3.1. Lista de subprocesos principales.

- IPP-3551: Identificar Objetivos de Medición y Necesidades de Información.
- IPP-3552: Definir Medidas y procedimientos de recolección, almacenaje y análisis.
- IPP-3553: Recolectar datos de la Medición.
- IPP-3554: Analiza datos de la Medición.
- IPP-3555: Comunicar Resultados.

Estos subprocesos interactúan entre sí, intercambiando productos de trabajo que son obtenidos y suministrados por unos y asimilados como insumos por otros, permitiendo el cumplimiento de los objetivos a satisfacer por el proceso matriz.

Dados estos elementos, y entrando a considerar el factor de ocurrencia cronológica y de dependencia unívoca presente entre algunas de las

actividades, se puede definir un diagrama de interacción entre estos subprocesos principales.

2.3.3.2. Diagrama de interacción entre subprocesos principales.

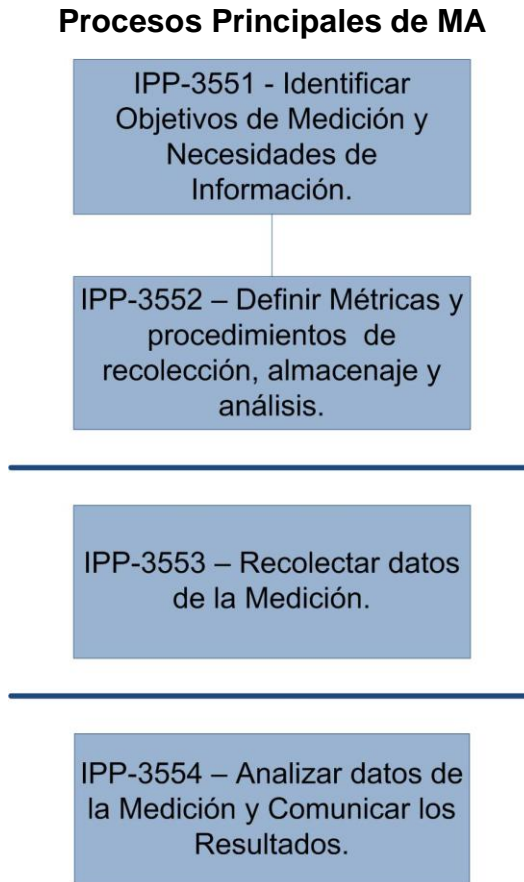


Figura 11.- Interacción entre los subprocesos de MA.

Además de las interacciones entre ellos mismos, los subprocesos que quedan bajo el ámbito de los Proyectos, se relacionan con el ciclo de vida de su desarrollo. Los subprocesos objetivos de esta propuesta, se abordan en el marco de la organización y por tener un enfoque de definición y procedimental tienen un impacto horizontal sobre todos los proyectos productivos.

2.3.3.3. Relación con el Ciclo de Vida.

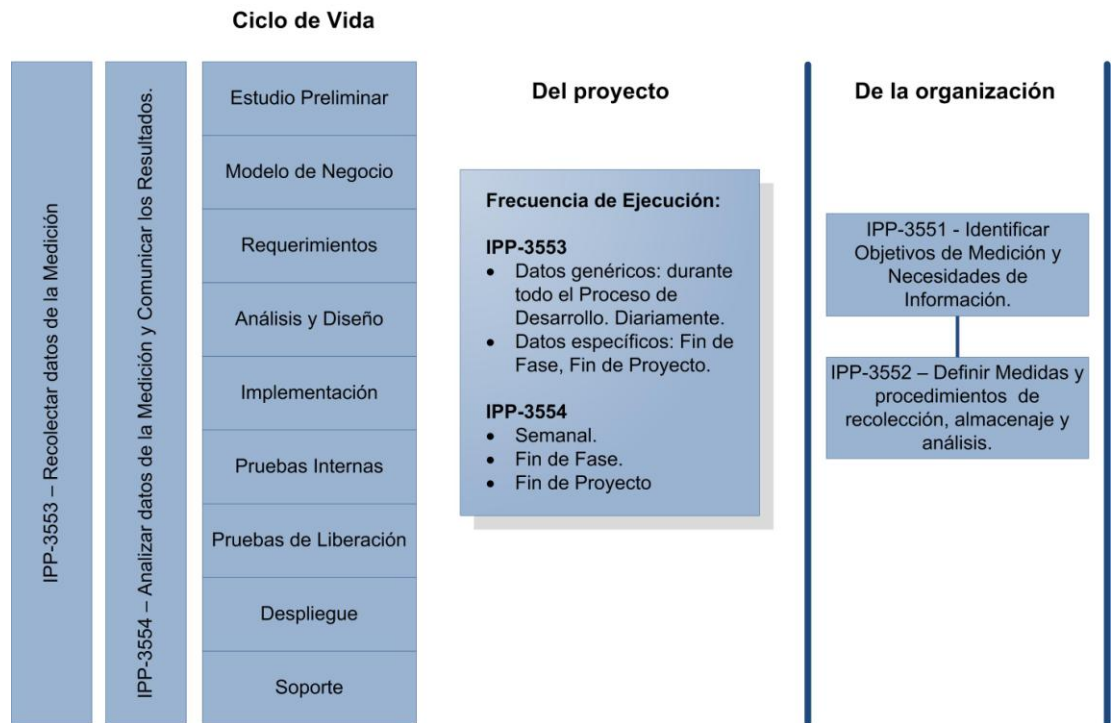


Figura 12.- Relación del Proceso de MA con el Ciclo de Vida.

2.3.3.4. Descripción de los subprocesos.

El proceso marco, IPP-3550 – Medición y Análisis, se puede describir de manera genérica como sigue:

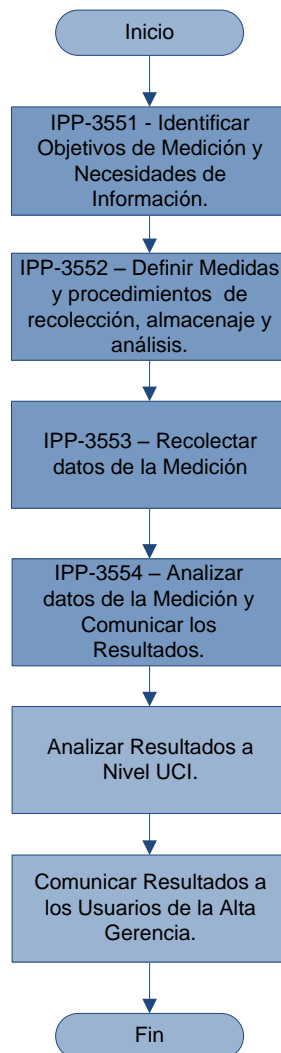


Figura 13.- Descripción gráfica genérica del Proceso MA.

Las dos primeras actividades, son llamadas a la ejecución de los subprocesos IPP-3551 e IPP-3552, los cuales se corresponden con la **ME 1: Alinear las actividades de Medición y Análisis** (abordada en esta propuesta). Los dos subprocesos siguientes, así como las dos actividades finales, se corresponden con la siguiente **ME 2: Proporcionar resultados de la Medición**, la cuál sólo es enunciada hasta este momento, para permitir una visión general del proceso y de su flujo de ejecución. La descripción interna de actividades correspondientes, se salen del objetivo de esta propuesta.

De manera general, los dos últimos subprocesos se refieren a la ejecución como tal del proceso de medición y a la realización del análisis permitente y el informe de resultados, los cuáles serán tratados directamente en el proceso de mejora y el pilotaje que se prevé para el mismo. Las dos últimas actividades que se realizan a partir del subproceso “Analizar datos de la Medición y Comunicar los Resultados”, y son referidas a escalar el análisis y la comunicación de los resultados del proceso de medición a la Alta Gerencia y otros involucrados que no necesiten percibir el resultado del análisis directamente del nivel Proyecto.

A continuación se procede a detallar (tanto gráfica como textualmente) los subprocesos IPP-3551 e IPP-3552, a la par se describen las diferentes actividades y se propone como desarrollarlas.

2.3.3.4.1. Subproceso IPP-3551: Identificar Objetivos de Medición y Necesidades de Información.

CMMI no prioriza el orden de ejecución de las Prácticas Específicas incluidas en la ME 1, considera que pueden abordarse simultáneamente o en cualquier orden. Los expertos, al establecer algún elemento inicial, pueden pensar anticipadamente en los criterios necesarios para especificar algún(os) otro(s). La distribución y contenido de las actividades presentadas se realiza según criterios que permitan obtener los productos de trabajo de una manera simple, introducir la medición y análisis en los entornos actuales, sin grandes modificaciones e incorporar a los involucrados de manera tal que no sean afectados excesivamente, ni se dificulte la ejecución del proceso.

A partir de la ejecución de este sub-proceso, se identifican los Objetivos de Medición. Se obtienen además otras salidas intermedias generadas por las distintas actividades ejecutadas, las cuales a su vez, son iniciadas por la indicación de generar o ajustar los procedimientos de Medición y Análisis.

Sus actividades son abordadas desde la perspectiva de satisfacción de la PE 1.1 Establecer los Objetivos de la Medición.

Esta práctica se refiere a establecer y mantener los objetivos de la medición que se deriven de las necesidades de información y los objetivos identificados. Dichos objetivos de la medición, documentan los propósitos para los cuales se realiza la medición y el análisis, y especifican el tipo de medidas que se puedan adoptarse basadas en los resultados de los análisis de datos.

A continuación, se presenta la propuesta de este sub-proceso en su representación gráfica y descripción textual para cada una de estas actividades. En la descripción gráfica se especifican (además de las actividades y su flujo) los roles que las ejecutan, los elementos de entrada y salida y los elementos de control que permiten generar la evidencia de su ejecución.

Propuestas de subprocesos del Libro de Procesos de Medición y Análisis basado en CMMI para a la Universidad de las Ciencias Informáticas

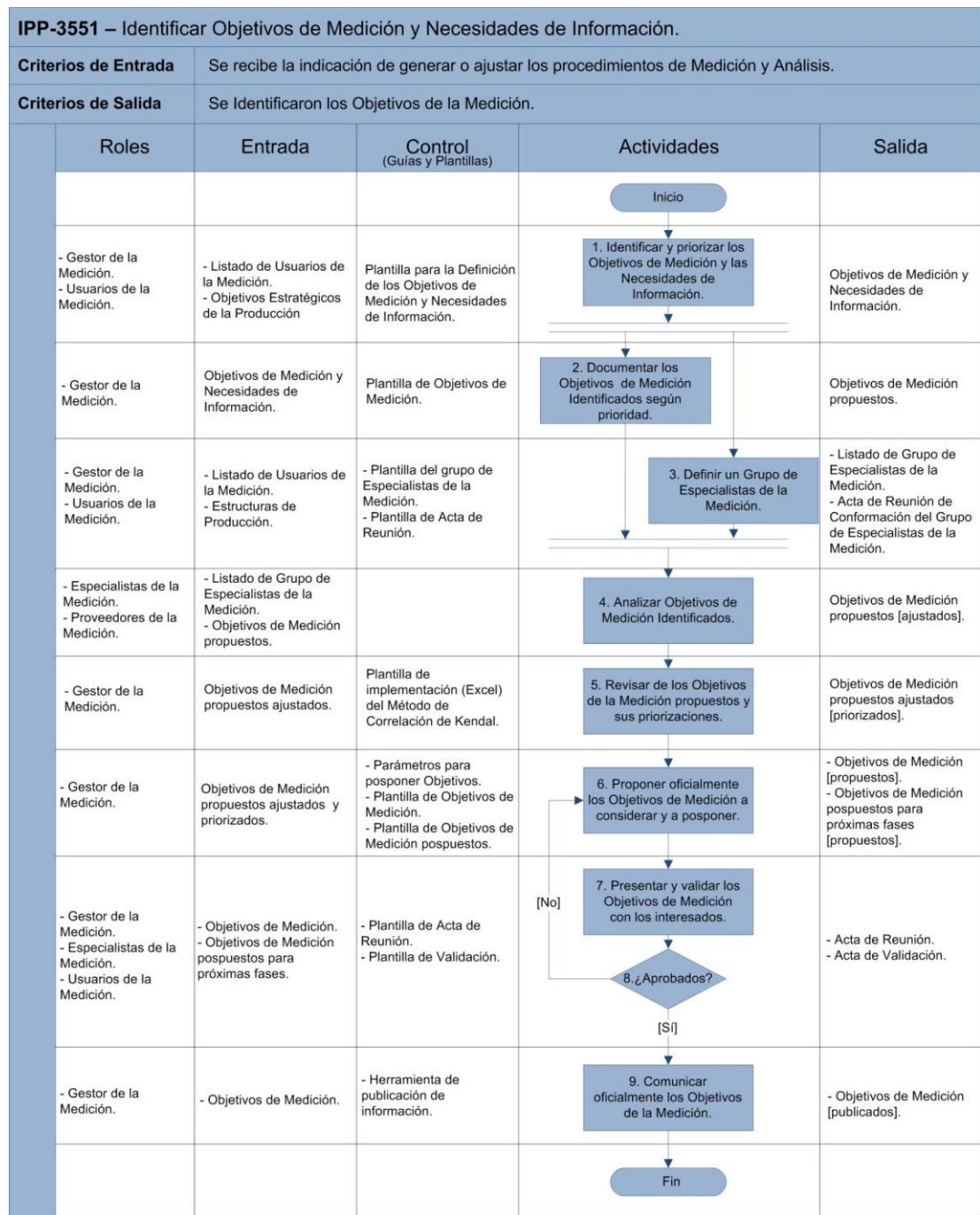


Figura 14.- Descripción gráfica del sub-proceso IPP-3551: Identificar Objetivos de Medición y Necesidades de Información.

Actividad 1: Identificar y priorizar los Objetivos de Medición y las Necesidades de Información.			
No.	Tarea	Documentos	Rol
1.1	Solicitar a los Usuarios de	- Listado de Usuarios	Gestor de la

	la Medición la identificación y priorización de los Objetivos de Medición y las Necesidades de Información.	de la Medición.	Medición.
1.2	Identificación y priorización de los Objetivos de Medición y las Necesidades de Información.	- Objetivos Estratégicos de la Producción. - Plantilla para la Definición de los Objetivos y Necesidades de Medición.	Usuarios de la Medición.
1.3	Entregar a Grupo Gestor de la Medición los Objetivos de la Medición y las Necesidades de Información identificados.	- Objetivos de Medición y Necesidades de Información.	Usuarios de la Medición.

Para la tarea 1.2, y otras consecuentemente asociadas a la definición de las medidas a considerar para el proceso de medición, se propone usar el Método GQ(I)M, anteriormente descrito, y sugerido por CMMI.

Para satisfacer esta tarea, son útiles los primeros cinco pasos de GQ(I)M. A continuación se describe brevemente como abordar estos pasos, desde el punto de vista del sub-proceso propuesto.

Paso 1. Identificar los Objetivos de Negocio:

Estos Objetivos se seleccionan, según el criterio de los usuarios de la medición, a partir de los Objetivos Estratégicos de la producción que se establecen en la Universidad con una frecuencia anual.

Paso 2. Identificar que se quiere conocer o aprender.

Para cada uno de los Objetivos de Negocio identificados en el paso anterior, esbozar (a modo de modelos mentales) los procesos relevantes que, desde su perspectiva, se involucran con los mismos, de manera tal que permita guiar el proceso de medición por lo que se quiere alcanzar de los mismos o los problemas que se tendrán que solucionarse para alcanzarlo. De estos

modelos mentales identifique los elementos relevantes (entidades), observando que no se pierdan de vista:

- Insumos y recursos.
- Productos y sub-productos.
- Artefactos internos, ejemplo: inventario.
- Actividades y flujos de trabajo.

Incluso, se pueden considerar algunas entidades externas cuyos procesos afectan a los propios.

Sobre estas entidades y procesos, generar una lista de preguntas, que de responderse, ayudarían a planificar y gestionar el proceso hacia sus metas. Ver en el Anexo 5 sugerencias de GQ(I)M sobre preguntas a considerar.

PSM, a su vez, propone varias temáticas generales y oportunas a revisar en los proyectos en el momento de enfocar las mediciones.

Las temáticas incluyen tres puntos fundamentales:

- Problemas: áreas de interés que se están experimentando actualmente o que relativamente propensas a su experiencia.
- Riesgos: áreas de interés que pueden ocurrir, pero que no son ciertos.
- Falta de información: áreas donde la disponibilidad de información es inadecuada para predecir fielmente el impacto del proyecto.

Observando estos elementos, se pueden complementar las preguntas necesarias para completar este paso.

En el Anexo 6 se muestran dichas temáticas generales, sugeridas por PSM.

Paso 3. Identificar sub-objetivos.

Agrupar las preguntas relacionadas entre sí para nombrar los sub-objetivos según los aspectos o temas comunes que abordan dichos grupos

Paso 4. Identificar Entidades y Atributos.

Examinando cada uno de los sub-objetivos, preguntas y modelos mentales (estos últimos pueden irse mejorando iterativamente a partir de los análisis realizados en los pasos anteriores), identificar las entidades implícitas y a continuación, los atributos pertinentes asociados con cada una.

Los atributos pertinentes son tales que, de ser cuantificados, ayuden a responder las preguntas o establecer un contexto para interpretar las respuestas. Los atributos pertinentes son normalmente citados en la pregunta, explícita o implícitamente y serán los candidatos a medir.

Paso 5. Formalizar los Objetivos de Medición.

Los Objetivos de Medición pueden ser de dos tipos:

- **Activos:** Dirigidos a controlar los procesos y a hacer cambios en el proceso, productos, recursos y medio ambiente, evaluación y mejora.
- **Pasivos:** Destinados al aprendizaje, la comprensión, la caracterización y la predicción.

Un Objetivo de Medición debe tener los siguientes componentes:

- **un objeto de interés** (una entidad): cualquier "cosa", real o abstracta, que se quiere describir o conocer más acerca de un potencial objeto de medición.
- **un propósito:** puede ser de comprender, predecir, planificar, controlar, comparar, evaluar, o mejorar la productividad o la calidad de algunos aspectos del objeto.
- **una perspectiva:** identifica el punto de vista del que está interesado en los resultados de la medición. La perspectiva reafirma que se aclare el propósito de la medición de la actividad.
- **una descripción del medio ambiente y sus limitaciones:** El medio ambiente incluye todo lo que afecta o es afectado por el objeto a medir. Una descripción del medio ambiente ofrece un contexto para interpretar los resultados de las mediciones.

En el Anexo 7 se muestra una plantilla para definir dichos Objetivos de Medición.

En esta actividad también se propone que se realice una priorización de los Objetivos de Medición. CMMI propone, como una de sus sub-prácticas que se prioricen las necesidades de información y los objetivos, pues puede no ser posible ni deseado someter a toda la información inicialmente identificada, al proceso de Medición y Análisis.

Para priorizar estos objetivos, pueden realizar una valoración del impacto que, según su criterio, tiene el conocimiento del elemento evaluado en su medio, señalando de manera distintiva los que considere indispensables para satisfacer sus necesidades de información.

Esta actividad propone que los roles involucrados la realicen individualmente, y para ello, deben incluirse en las plantillas todas las ayudas necesarias para facilitar las tareas y la unidad de conceptos entre todos los que la ejecutarán. No obstante, puede adaptarse su ejecución para realizarse a modo de un consejo o reunión, en la cual se desarrollen las tareas en conjunto y salgan conciliados los criterios. Esta última variante presenta la inconformidad de requerir mayor disponibilidad de tiempo y concurrencia de involucrados relevantes que no tienen estas actividades como la esencia de sus responsabilidades laborales.

Las siguientes actividades (2 y 3) pueden ejecutarse en paralelo, pues a pesar de que involucran un rol en común, no son dependientes en sus productos de trabajo.

Actividad 2: Documentar los Objetivos de Medición Identificados según prioridad.			
No.	Tarea	Documentos	Rol
2.1	Centrar todos los criterios individuales, eliminando duplicidades evidentes o integrando variantes complementarias.	- Objetivos de Medición y Necesidades de Información	Gestor de la Medición
2.2	Documentar todos los	- Plantilla de	Gestor de la

	<p>critérios, ya centrados, y con una identificación de su origen.</p>	<p>Objetivos de Medición. - Objetivos de Medición propuestos.</p>	<p>Medición</p>
--	--	---	-----------------

Estas tareas permiten socializar posteriormente la información recopilada para su análisis y mantener la trazabilidad desde su origen, permitiendo darle seguimiento.

Actividad 3: Definir un Grupo de Especialistas de la Medición.			
No.	Tarea	Documentos	Rol
3.1	Solicitar a los Usuarios de la Medición las propuestas para conformar el grupo de Especialistas de la Medición.	- Estructuras de Producción.	Gestor de la Medición.
3.2	Enviar propuestas de expertos para conformar el grupo de Especialistas de la Medición.	- Plantilla del grupo de Especialistas de la Medición.	Usuarios de la Medición.
3.3	Definir los Especialistas de la Medición y solicitar aprobación.	- Propuestas de expertos por Estructura de Producción. - Plantilla del grupo de Especialistas de la Medición.	Gestor de la Medición.
3.4	Realizar Reunión de Conformación del Grupo de Especialistas de la Medición.	- Plantilla de Acta de Reunión. - Acta de Reunión de Conformación del Grupo de Especialistas de la Medición. - Listado de Grupo de Especialistas de la Medición.	Gestor de la Medición.

Esta actividad, permite la conformación de un Grupo de Especialistas de la Medición, los cuales son seleccionados inicialmente a partir de un grupo de expertos en las distintas estructuras productivas, y que con una capacitación oportuna y la práctica de la ejecución de sus tareas, se convertirán en

personas con la capacidad necesaria para orientar y tomar decisiones oportunas sobre los temas de medición que le conciernen.

Actividad 4: Analizar Objetivos de Medición Identificados.			
No.	Tarea	Documentos	Rol
4.1	Enviar los Objetivos de Medición candidatos a los Especialistas de la Medición.	- Listado de Grupo de Especialistas de la Medición.	Gestor de la Medición.
4.2	Analizar los Objetivos de Medición candidatos para sugerir modificaciones orientadas a permitir una mayor visibilidad de los procesos, proyectos y productos en cuestión.	- Objetivos de Medición candidatos.	Especialistas de la Medición.
4.3	Entregar a Grupo Gestor de la Medición los Objetivos de Medición candidatos con las sugerencias incorporadas, si las hubiere.	- Objetivos de Medición candidatos [ajustados].	Especialistas de la Medición.

De la ejecución de esta actividad, pueden surgir nuevos Objetivos de Medición, o refinarse los ya propuestos, pues estas personas poseen una visión más cercana a los proyectos productivos, y por ende, un punto de vista diferente acerca de lo que pudieran arrojar esas propuestas iniciales.

Pueden utilizar las fuentes existentes en los ámbitos de sus proyectos para este análisis:

- Plan de Desarrollo del Proyecto.
- Controles realizados al funcionamiento del proyecto.
- Entrevistas con clientes y otros con necesidades de información.
- Objetivos de la Administración establecidos.
- Requisitos formales u obligaciones contractuales.
- Recurrencias u otras molestias por problemas técnicos o de gestión.
- Experiencias de otros proyectos o entidades organizacionales.
- Patrones de pruebas externas.
- Planes de mejora de Procesos.

Actividad 5: Revisar de los Objetivos de la Medición propuestos y sus priorizaciones.			
No.	Tarea	Documentos	Rol
5.1	Aunar los Objetivos de Medición candidatos con las sugerencias incorporadas y ordenadas según sus priorizaciones.	- Objetivos de Medición candidatos analizados.	Gestor de la Medición.
5.2	Aplicar el Método de Correlación de Kendal, para buscar la correspondencia de los criterios entre las priorizaciones.	- Plantilla de implementación (Excel) del Método de Correlación de Kendal.	Gestor de la Medición.
5.3	Proponer un ordenamiento único, según el criterio de priorización, de los Objetivos de Medición candidatos analizados.	- Objetivos de Medición candidatos analizados [ordenados según priorización].	Gestor de la Medición.

Esta actividad se basa en buscar un consenso entre los criterios de los usuarios de la medición, dado que sus criterios provienen de distintas áreas y que es necesario lograr un conjunto único de indicadores para realizar los análisis de la universidad.

Para ello se propone utilizar el Método del coeficiente de Kendal. Esta es una de las técnicas no paramétricas para medir el grado de correlación entre las variables de una muestra. El coeficiente mediría el grado de asociación entre varios criterios de los usuarios de medición, sobre los objetivos de definidos, y por ello se lograría la ordenación de los mismos de acuerdo a un consenso.

Actividad 6: Proponer oficialmente los Objetivos de Medición a considerar y posponer.			
No.	Tarea	Documentos	Rol
6.1	Revisar los Objetivos de Medición candidatos, para evaluar la factibilidad de su implementación en el período actual, según parámetros.	- Objetivos de Medición candidatos analizados y ordenados según priorización. - Parámetros para posponer Objetivos	Gestor de la Medición.
	- Definir los Objetivos de Medición finales.	- Plantilla de Objetivos de	Gestor de la Medición.

Propuestas de subprocesos del Libro de Procesos de Medición y Análisis basado en CMMI para a la Universidad de las Ciencias Informáticas

		Medición. - Objetivos de Medición [propuestos].	
	- De ser necesario: proponer Objetivos a posponer para próximas fases.	- Plantilla de Objetivos de Medición propuestos. - Objetivos de Medición propuestos para próximas fases [propuestos].	Gestor de la Medición.

La intención de esta actividad es evaluar la factibilidad de implementar los objetivos de medición identificados en el período según los parámetros que se determinen para el mismo. Se pudiera considerar: la no disponibilidad de algunos datos necesarios, la solicitud excesiva de información diversa y no reutilizable, indicadores similares para enfocar el mismo punto.

Actividad 7: Presentar y validar los Objetivos de Medición con los interesados.			
No.	Tarea	Documentos	Rol
7.1	Presentar los Objetivos de Medición para verificar su conformidad.	- Objetivos de la Medición. - Objetivos de la medición propuestos para próximas fases.	- Gestor de la Medición. - Especialistas de la Medición. - Usuarios de la Medición.
7.2	Emitir criterio de validación sobre los Objetivos de Medición, tanto los propuestos (si los hubiere) como los definidos para el período.	- Acta de Reunión. - Acta de Validación.	Usuarios de la Medición.

En un encuentro y bajo el consenso de todos, se presentan los Objetivos definidos para el período y propuestos a posponer. En esta reunión puede realizarse un debate para lograr el entendimiento de los distintos puntos de vista, y así mantener a los involucrados identificados con el trabajo que se comenzará a llevar a cabo desde ese momento.

Actividad 8: ¿Aprobados?			
No.	Tarea	Documentos	Rol

8.1	Si los Objetivos de Medición fueron aprobados en la actividad anterior, ejecutar la actividad 9.	- Acta de Reunión. - Acta de Validación.	Gestor de la Medición.
8.2	Si los Objetivos de Medición no fueron aprobados en la actividad anterior, regresar a la actividad 6 a redefinirlos a partir de las sugerencias resumidas en el Acta de Validación.	- Acta de Reunión. - Acta de Validación.	Gestor de la Medición.

A partir de esta decisión, se indica la redefinición de los Objetivos o se procede a comunicarlos oficialmente.

Actividad 9: Comunicar oficialmente los Objetivos de la Medición.			
No.	Tarea	Documentos	Rol
9.1	Una vez aprobados los Objetivos, publicarlos para el acceso y conocimiento de todos los involucrados.	- Herramienta de publicación de información.	Gestor de la Medición.

CMMI en una de las sub-prácticas relacionadas, recomienda proporcionar la retroalimentación para la refinación y aclaración de los objetivos y las necesidades de información cuando sea necesario. Un vez que estos estén publicados y al alcance de todos los involucrados, es posible que cada persona vinculada al proceso de medición pueda tener visibilidad cada vez que lo necesite sobre los objetivos y sus descripciones.

2.3.3.4.2. Subproceso IPP-3552 – Definir Métricas y procedimientos de recolección, almacenaje y análisis.

A partir de la ejecución de este sub-proceso los objetivos de medición son refinados en medidas cuantificables y descritos los procedimientos de recolección, almacenaje y análisis obteniéndose además otras salidas intermedias generadas por las distintas actividades ejecutadas, las cuales a su vez, son iniciadas por la indicación de generar o ajustar las medidas y los procedimientos de recolección, almacenaje y análisis.

Sus actividades son abordadas desde la perspectiva de satisfacción de las SP: 1.2 Especificar las medidas, 1.3 Especificar procedimientos de recolección de datos y almacenaje y 1.4 Especificar procedimientos de análisis.

A continuación, se presenta la propuesta de este sub-proceso en su representación gráfica y descripción textual para cada una de estas actividades. En la descripción gráfica se especifican (además de las actividades y su flujo) los roles que las ejecutan, los elementos de entrada y salida y los elementos de control que permiten generar la evidencia de su ejecución.

Propuestas de subprocesos del Libro de Procesos de Medición y Análisis basado en CMMI para a la Universidad de las Ciencias Informáticas

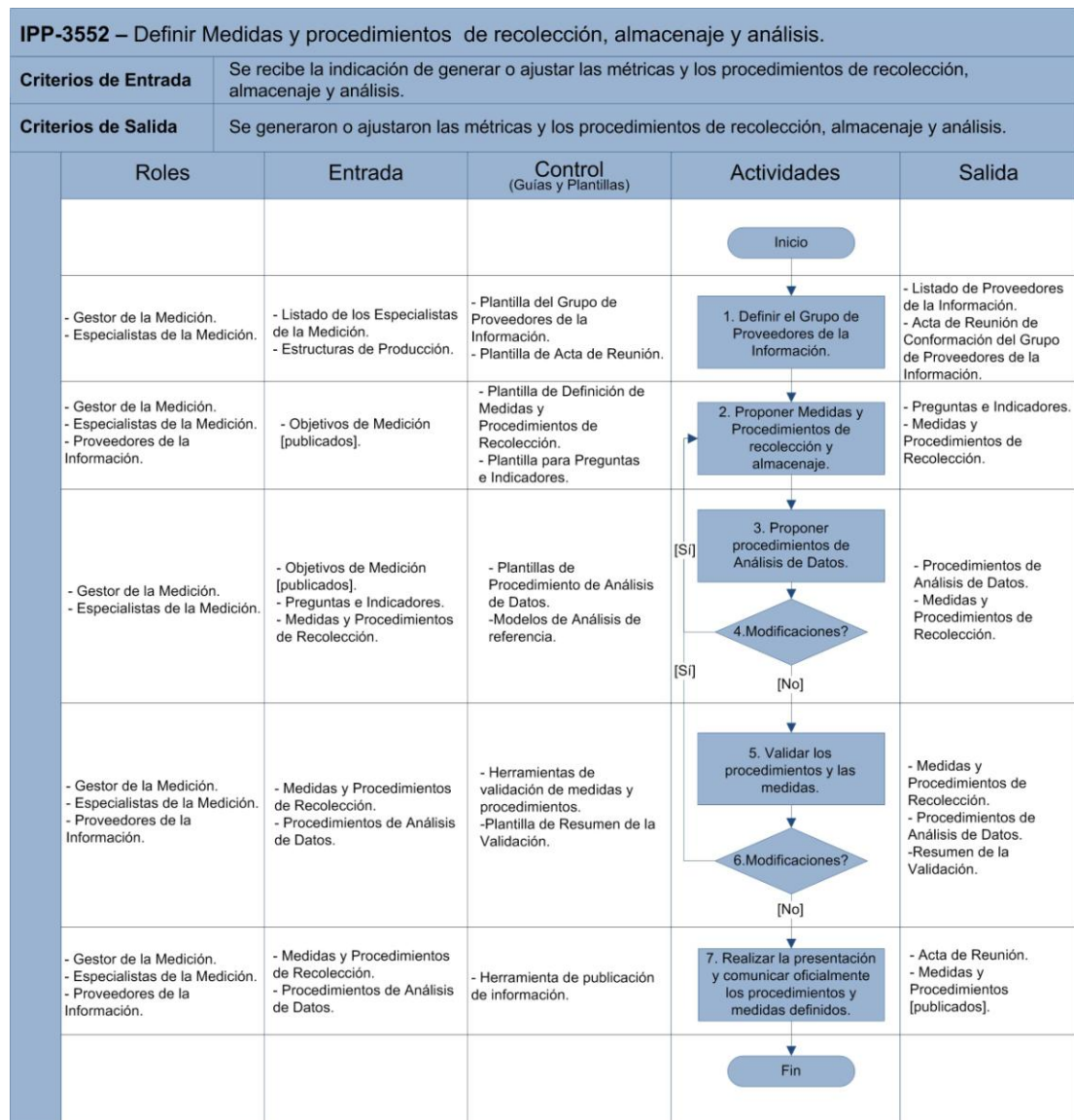


Figura 15.- Descripción gráfica del sub-proceso IPP-3552: Definir Métricas y procedimientos de recolección, almacenaje y análisis.

Actividad 1: Definir el Grupo de Proveedores de la Información.			
No.	Tarea	Documentos	Rol
1.1	Solicitar a los Especialistas de la Medición que identifiquen los candidatos para conformar el Grupo de Proveedores de la Información.	- Lista de los Especialistas de la Medición.	- Gestor de la Medición.
1.2	Proponer las personas con experiencia y pericia de	- Estructuras de Producción.	- Especialistas de la Medición.

Propuestas de subprocesos del Libro de Procesos de Medición y Análisis basado en CMMI para a la Universidad de las Ciencias Informáticas

	sus Estructuras de producción.	- Plantilla del Grupo de Proveedores de la Información.	
1.3	Definir Proveedores de la Información y solicitar aprobación.	- Listado de Proveedores de la Información.	- Gestor de la Medición. - Especialistas de la Medición.
1.4	Realizar Reunión de Conformación del Grupo de Proveedores de la Información.	- Plantilla de Acta de Reunión. - Listado de Proveedores de la Información. - Acta de Conformación del Grupo de Proveedores de la Información.	- Gestor de la Medición. - Especialistas de la Medición.

En esta actividad, se conforma el Grupo de Proveedores de la Información. CMMI propone que las personas que facilitarán los datos comprendan desde su definición la necesidad de cada una de las informaciones que proveerán, para involucrarlos de esta forma en el proceso de medición, como un personal activo y comprometido. Son además las personas que, estando completamente inmersos en el proceso de producción como tal, pueden colaborar con el mapeo sobre los elementos de datos y las medidas y sobretodo, proponer los mecanismos de recolección más oportunos a utilizar dentro de cada Proyecto.

Actividad 2: Proponer Medidas y Procedimientos de recolección y almacenaje.			
No.	Tarea	Documentos	Rol
2.1	Proponer, a partir de los Objetivos definidos, las Preguntas cuantificables y los Indicadores necesarios para aportar las Informaciones.	- Objetivos de Medición [publicados]. - Plantilla para las Preguntas e Indicadores.	- Gestor de la Medición.
2.2	Identificar los elementos de datos, las medidas y los	- Plantilla de Definición de	- Especialista de la Medición. - Proveedores de

	procedimientos de recolección y almacenaje necesarios para obtener los Indicadores y responder las Preguntas cuantificables previstas. Proponer mejoras a estos últimos si se considerase necesario.	Medidas y Procedimientos de recolección y almacenaje. - Preguntas e Indicadores.	la Información.
2.3	Centrar criterios y estandarizar las propuestas hasta donde sea posible, observando que satisfacen las intenciones de los usuarios de la medición.	- Medidas y Procedimientos de recolección y almacenaje..	- Gestor de la Medición.

Para desarrollar las tareas 2.1 y 2.2 se propone continuar el uso del Método GQ(I)M, a partir del sexto paso y utilizando las salidas generadas en las actividades anteriores, las cuales quedaron registradas oportunamente en los documentos de salida correspondientes. A continuación se describe brevemente como abordar estos pasos, desde el punto de vista del sub-proceso propuesto.

Para la tarea 2.1:

Paso 6. Identificar las Preguntas cuantificables e Indicadores:

Para cada uno de los Objetivos de Medición definidos en la organización, se deben identificar las preguntas cuantificables que se desearían responder, basándose en los elementos que definieron los usuarios de la medición: objeto de interés (una entidad), propósito, perspectiva, descripción del medio ambiente y sus limitaciones.

Se pudieran preparar bocetos para mostrarlos, lo que ayudaría a dirigir las preguntas y comunicar los resultados del análisis a los interesados, observando que los mismos pueden ser útiles no sólo en gráficos, sino también en tablas. En el Anexo 8 se muestran los elementos que deben incluirse en esta plantilla. Es importante notar los casos en que con un Indicador se responda a más de una Pregunta.

Ante una pluralidad de estos indicadores, sería útil priorizarlos, desechando o postergando los que fueran redundantes o innecesarios, evitando cargar

demasiado las actividades de análisis posteriores. Es preciso observar la importancia de tener en cuenta el objetivo (s) que abordan y cómo se prevén utilizar los resultados de la medición, pues para entornos de rápida evolución, a menudo son más valiosas las respuestas de simple perspicacia a preguntas bien dirigidas, que números complejos y profundos análisis estadísticos.

La inclusión del indicador dentro del paradigma GQM, está dado porque visualizando como los datos de la medición se mostrarán, se ayuda a clarificar exactamente que se debe medir, y por tanto es una mejor posición para construir las especificaciones operacionales de los datos que se desea recolectar.

Dado que utilidad del Indicador radica en estar diseñado para comunicar o explicar el significado de los resultados de uno o más mediciones mostradas, es relevante cerciorarse que aborden válidamente las respuestas solicitadas. Para ello, se deben valorar posibles resultados e interpretar si realmente no es necesario incluir más variables en el análisis, para obtener un resultado fidedigno, de ser así, sería necesario modificar las preguntas e indicadores definidos. Esta evaluación es sencilla y superficial, pues en una próxima actividad, se realizará una revisión más profunda de estos elementos.

Para la tarea 2.2, se puede ejecutar el paso 7, 8 y 9 de GQ(I)M:

Paso 7. Identificar los elementos de datos:

En este paso se introducen en las actividades los Proveedores de la Información. Estos, en vinculación con los Especialistas de la Medición, deben ayudar a determinar, aprovechando su participación interna en los procesos, los elementos necesarios para llegar a ejecutar adecuadamente los procesos.

Para esta tarea, el primer paso es hacer una lista de todos los elementos de datos que se tendrán que recoger para la construcción de los Indicadores. Es oportuno notar qué medidas son capaces de servir a múltiples necesidades,

serán más propensas a utilizarse, por implicar más beneficio por el mismo esfuerzo de recolección.

El presente gráfico permite observar con mayor claridad lo que se explica:

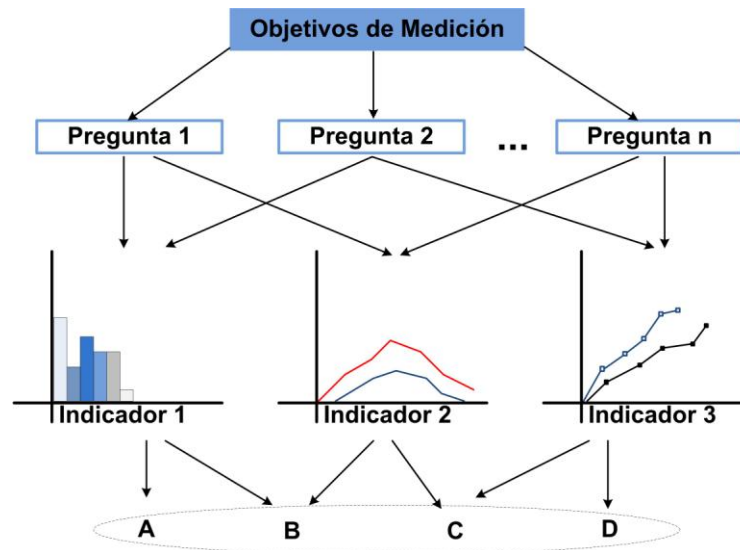


Figura 16.- Usando los Indicadores para identificar los Elementos de Datos.

Para realizar esta actividad, se puede utilizar la ayuda de una tabla como la siguiente, que permita mantener la trazabilidad de los elementos de datos seleccionados, con respecto al Indicador al que tributa.

Elemento de Dato requerido.	Indicador				
	a	b	c	d	e
1					
2					
3					

Tabla 7.- Tabla para la trazabilidad de los Elementos de Datos.

Es preciso tener en cuenta que debido a la diversidad de proyectos existentes en la Universidad, líneas de producción, tipos de producto, entre otras características, los resultados de esta tarea pueden diferir en función del marco donde estemos intentando calcular el Indicador en cuestión, y que es preciso realizar los análisis oportunos para garantizar que a pesar de avanzar por diversas vías, finalmente se puede brindar una respuesta factible a las preguntas realizadas.

PSM propone, a partir de sus áreas temáticas comunes, categorías de medición que puedan a su vez llevarse a medidas. En el Anexo 9 se muestra una tabla que contiene estos elementos, y pueden ser utilizados como guía para identificar elementos de datos referidos a los indicadores que coincidan con las categorías listadas. Ver Anexo 9.

Paso 8. Definir las Medidas:

El fracaso de muchas actividades de medición ocurre cuando se tratan de utilizar datos que fueron recogidos o comunicados por otra persona. Existen varias causas y generalmente versan sobre la ineficacia de usar datos recogidos en un medio y con un fin, en otro diferente y en la dificultad de comunicar inequívocamente los resultados de las mediciones realizadas, incluso si estas fueron entendidas adecuadamente por el comunicador.

Es por ello que deben realizarse definiciones claras sobre las medidas a recolectar y sobre las operaciones que se aplicarán para obtenerlas y manipularlas (definiciones operacionales), pues es la forma de garantizar que el proceso sea repetible y aplicable. Tal como plantea Deming: "¡Si cambia el método, se cambia el resultado!" Cuando los usuarios de los datos no saben cómo se recogieron los datos, se da lugar a interpretaciones incorrectas, malos análisis y decisiones erróneas.

Las definiciones operacionales se indican en términos precisos e inequívocos y deben cumplir con dos criterios importantes:

- Comunicación: ¿Qué se ha medido, cómo fue medido, cual es la unidad de medida, y lo que se ha incluido o se ha excluido?
- Capacidad de repetición: ¿Se puede repetir la medición, teniendo en cuenta la misma definición, para obtener los mismos resultados?

Para este fin se deben utilizar marcos estructurados que ayuden a definir, implementar y comunicar las definiciones operativas de las medidas. El principal problema no es si una definición de una medida es correcta, sino que todo el mundo (completamente) entienda lo que representan los valores

medidos. Sólo entonces se puede esperar que se recojan los valores consistentemente, y sólo entonces pueden otros interpretar los resultados y aplicarlos correctamente para llegar a conclusiones válidas.

En el Anexo 10 se propone una tabla para la definición de las medidas y sus definiciones operacionales, adaptada a partir de la anexada en la ISO 15939. Se pueden generar también listas de chequeo que se ajusten a cada tipo de datos definido a recopilar, conformado con todos los atributos que contiene cada uno de ellos, identificando oportunamente si y como se mide cada uno de ellos.

Durante la selección de las medidas, se debe dar una prioridad alta a la identificación y aprovechamiento de cualquier mecanismo de medición actualmente incorporado en algún proyecto. Usar las fuentes de datos ya existentes, ofrece una ventaja en la familiarización, y disminuye potencialmente los costos de implementar las mediciones.

De la misma manera, varias combinaciones de medidas pueden reportar el resultado esperado, por ello es útil contar con elementos que permitan seleccionar entre las alternativas existentes. Ver en el Anexo 11 algunas consideraciones a tener en cuenta para esta discriminación.

Una vez identificados las medidas del proceso, se deben especificar como estos datos serán obtenidos y almacenados. La especificación explícita de los métodos de recolección ayuda a asegurar (conjuntamente con las definiciones operacionales) que los datos estén recogidos correctamente. Puede también ayudar en el esclarecimiento de necesidades de información y los objetivos de la medición. La atención apropiada de los procedimientos para el almacenamiento y recuperación ayuda a asegurar que los datos estén disponibles y accesibles para el uso futuro.

Paso 9. Identificar las acciones necesarias para aplicar sus medidas:

La ejecución de este paso conlleva a 3 acciones fundamentales:

Análisis: Analizar los hechos actuales por medio de sondeo, para saber de donde se parte.

- Identificar las fuentes existentes de los datos que se generan de productos actuales, procesos, o transacciones, pues estas pudieron haber sido identificadas ya al especificar las medidas. Los mecanismos apropiados de la colección pueden existir si los datos pertinentes han sido ya recogidos o no.
- Identificar las medidas para las cuales, los datos necesarios no están actualmente disponibles.

Diagnóstico: Evaluar los elementos de datos que se están recogiendo ahora, para determinar cuán bien responden a las necesidades de las medidas, y proponer como:

- utilizar los datos.
- adaptar los datos a las necesidades actuales.
- adaptar las necesidades a los datos.
- obtener lo que falta.

Acción: Búsqueda e implementación de soluciones. Incluye la identificación de tareas y asignación de responsabilidades y recursos.

- Identificar las fuentes de datos existentes dentro del proceso de desarrollo de software.
- Definir los métodos que se usarán para recopilar y comunicar los datos.
- Identificar (y especificar) las herramientas que serán necesarios para apoyar la recolección, presentación de informes, y el almacenamiento de los datos. CMMI propone apoyar la colección automática de los datos cuando sea apropiado y factible, pues esto evitaría errores humanos y minimizaría el esfuerzo.
- Determinar los requisitos de: hitos en el tiempo y frecuencia de la medición.

- Documentar los procedimientos de recolección de datos en detalle.
 - Identificar las personas y organizaciones responsables.
 - Crear bocetos para los registros de la recogida de datos que van a utilizar.
 - Determinar quién usará los datos.
 - Preparar una guía de la definición de datos y del proceso de recolección.

Para revisar estos aspectos, se puede utilizar (y adaptar previamente) la lista de verificación mostrada en el Anexo 12.

Analizar también el almacenamiento de los datos y los requisitos de acceso.

Esto incluye identificar o determinar:

- Las necesidades de retención históricas.
- Quien recogerá, almacenará, mantendrá y accederá a los datos
- La granularidad de los datos.
- Los procedimientos que se utilizarán para la edición y la verificación de forma dinámica de los datos que se introducen en la base de datos.
- El número de personas con acceso a los datos.
- La necesidad de grabar las definiciones relacionadas con los datos, de modo que los usuarios pueden vincular los datos a la información descriptiva que se necesita para utilizar los datos correctamente.

Los proyectos deben almacenar sus datos y resultados particulares en un Repositorio en específico. Sin embargo, cuando los datos se comparten más extensamente a través de varios proyectos, se necesita contar con la información en un repositorio de medición de la organización.

En este caso concreto, y dado que el proceso de medición se propone implementar en toda la organización, con acceso centralizado a los datos e informes de resultados por los más altos niveles de la Gerencia, se hace necesario tener un Repositorio Central para complementarlo eficazmente.

Se contempla una estructura dividida en dos etapas esenciales, antes de comenzar el proceso de medición (de donde se posee muy poca información) y la etapa posterior la cual a su vez se organizará por años, estructuras de producción y proyectos, incluyendo niveles de informes de resultado en períodos más cortos de tiempo, según solicitudes de los Usuarios de la Medición.

Se debe prestar mucha atención a las cuestiones de la privacidad de los datos, en cualquiera de los niveles. Esto es especialmente importante para los datos que podrían utilizarse (o que se usan) para evaluar el desempeño de los individuos o equipos. En este caso, se propone la utilización de una herramienta para la captura y almacenaje automatizado de los datos, a partir de herramientas de control de versiones que eviten el acceso manual al Repositorio Central, pero aun así, es menester protegerse de ataques intrusivos.

Actividad 3: Proponer procedimientos de Análisis de Datos.			
No.	Tarea	Documentos	Rol
3.1	Identificar períodos en los que sea oportuno presentar los Informes de Análisis.	- Procedimiento de Análisis de Datos.	- Especialistas de la Medición. - Gestor de la Medición.
3.2	Identificar modelos de análisis que respondan a los Indicadores identificados.	- Objetivos de Medición [publicados] - Preguntas e Indicadores. - Medidas y procedimiento de Recolección. - Modelos de Análisis de referencia.	- Especialistas de la Medición. - Gestor de la Medición.
3.3	Proponer procedimientos de Análisis de Datos. Proponer ajustes a las Medidas y procedimientos de recolección y almacenaje, si es	- Plantillas de Procedimiento de Análisis de Datos. - Recomendación a las Preguntas e Indicadores.	- Especialistas de la Medición. - Gestor de la Medición.

	necesario.		
--	------------	--	--

En esta actividad, se especifica cómo los datos de la medición serán analizados y divulgados. Estos procedimientos aseguran por adelantado que los análisis apropiados serán analizados y divulgados para abordar los objetivos de la medición, responder las Preguntas y obtener los Indicadores seleccionados.

Para esta actividad, inicialmente se debe:

- Determinar el periodo de tiempo para analizar los datos y para presentar los resultados.
- Determinar los lugares para comunicar los resultados, y cuales presentar en cada uno de ellos (Ejemplo: Consejos de Producción, Consejos de Dirección, Informes periódicos, Cierres de Etapas)

Esta información se selecciona en este marco pues se poseen los detalles brindados por los Usuarios de la Medición sobre la definición de los Objetivos, lo cual permite observar la intencionalidad de las mediciones previstas. A esto se suma la pericia de los Especialistas de la Medición, con lo detalles de, en función de los Indicadores y las Medidas definidas, cuales son los momentos que permiten mayor visibilidad para analizar estos resultados. No obstante esta información se debe presentar a todos los usuarios de estos análisis y se llegará a un acuerdo adecuado para todos sobre esta decisión.

Estas tareas tienen el punto de avance que representa la previa definición de los Indicadores y Preguntas. Estos dan una intencionalidad a los análisis, dejando para este espacio la propia documentación de los procedimientos de análisis en detalle, conteniendo:

- Identificar las personas y áreas responsables.
- Determinar dónde, cómo, cuando y se realizarán y presentarán los informes.

Oportunamente se pueden realizar análisis sobre que métodos y herramientas de análisis de datos permitirían refinar, mejorar o ejecutar verazmente los Indicadores previamente seleccionados.

CMMI recomienda para esta actividad varios elementos a considerar, que pueden ayudar con la idea anterior:

- La selección de la representación visual y de otras técnicas de la presentación (Ejemplo: gráficos circulares, gráficos de barra, histogramas, gráficos de radar, gráficos de línea, diagramas de la dispersión, o tablas)
- La selección de la estadística descriptiva apropiada (Ejemplo: medio aritmético, punto medio, o modo)
- Decisiones sobre criterios estadísticos del muestreo cuando es imposible o innecesario examinar cada elemento de datos
- Decisiones sobre cómo manejar análisis en presencia de elementos de datos faltantes.
- Selección de las herramientas apropiadas del análisis.

La estadística descriptiva se utiliza típicamente en análisis de datos para hacer lo siguiente:

- Examinar las distribuciones en las medidas especificadas (Ejemplo: tendencia central, grado de la variación, o puntos de referencias que exhiben la variación inusual)
- Examinar las correlaciones entre las medidas especificadas (Ejemplo: las comparaciones de defectos por la fase del ciclo de vida del componente del subproducto o del producto)
- Exhibir los cambios en un cierto plazo.

También es oportuno especificar criterios para evaluar la utilidad de los resultados del análisis y de la conducta de las actividades de la Medición y Análisis.

Evaluando los resultados del análisis, se pudiera verificar si:

- Los resultados son:
 - proporcionados en forma oportuna,
 - comprensibles, y
 - utilizados para la toma de decisión.
- El trabajo no cuesta más para realizarse que lo que es justificado por las ventajas que este proporciona.

Mientras que para el caso de la conducta de las actividades, sería útil evaluar:

- La cantidad de datos faltantes o del número de inconsistencias umbral está más allá de umbrales especificados.
- Si hay una selección sesgada en el muestreo (Ejemplo: sólo satisfizo a los usuarios finales que son encuestados para evaluar la satisfacción del usuario final, o solamente los proyectos fracasados se evalúan para determinar productividad total).
- Los datos de la medición son repetibles (e.g., estadísticamente confiables).
- Las asunciones estadísticas han sido satisfechas (e.g., sobre la distribución de datos o sobre escalas apropiadas de la medición).

Actividad 4: ¿Modificaciones?			
No.	Tarea	Documentos	Rol
4.1	Si no surgieron sugerencias de modificaciones a las Medidas y Procedimientos de recolección y almacenaje en la actividad anterior, ejecutar la actividad 5.		Gestor de la Medición.
4.2	Si surgieron sugerencias de modificaciones a las Medidas y Procedimientos de recolección y almacenaje en la actividad anterior, regresar a la actividad 2 a redefinirlos a	- Recomendación a las Preguntas e Indicadores.	Gestor de la Medición.

	partir de las sugerencias.		
--	----------------------------	--	--

Si al definir los procedimientos de análisis se identifican inconsistencias o se hace necesario replantearse las medidas y los procedimientos de recolección y almacenaje para mejorar la percepción de los resultados, se debe regresar al paso de definición de las mismas, pues es necesario tener una visión general del paquete completo, para no introducir inconsistencias con una modificación aislada.

Actividad 5: Validar los Procedimientos y las Medidas.			
No.	Tarea	Documentos	Rol
5.1	Seleccionar muestras entre los datos a recolectar, para ejecutar un prototipo del proceso definido.	<ul style="list-style-type: none"> - Medidas y Procedimientos de recolección y almacenaje. - Procedimientos de Análisis de Datos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestor de la Medición. - Especialistas de la Medición.
5.2	Procesar las medidas hasta convertirlas en los Indicadores que respondan las Preguntas identificadas (utilizando el prototipo de las definiciones previstas y realizadas anteriormente).	<ul style="list-style-type: none"> - Herramienta de validación de medidas y procedimientos. - Medidas y Procedimientos de recolección y almacenaje. - Procedimientos de Análisis de Datos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestor de la Medición. - Especialistas de la Medición. - Proveedores de la Información.
5.3	Analizar los resultados generados por las pruebas y utilizar los resultados para proponer mejoras a las definiciones realizadas.	<ul style="list-style-type: none"> - Plantilla de Resumen de la Validación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestor de la Medición. - Especialistas de la Medición.

Una vez que se tengan todas las definiciones necesarias, es aconsejable realizar una pequeña prueba del prototipo de las actividades definidas a ejecutar, para identificar posibles incongruencias pasadas por alto.

Para ello, se pueden seleccionar pequeñas muestras entre los datos definidos a recolectar (esto depende de su disponibilidad y de la relevancia o particularidades que tengan cada uno), y utilizando las definiciones

operacionales, procedimientos de recolección, almacenaje y análisis previstos realizadas anteriormente, procesar las medidas hasta convertirlas en los Indicadores que respondan las Preguntas identificadas.

Hacer un análisis para determinar si los datos se recogen de manera uniforme y si se han interpretado las instrucciones coherentemente (en particular las de los datos que requieren juicios subjetivos) para garantizar uniformidad en los resultados. Valorar el costo de las actividades en función de este prototipo, para verificar o mejorar los análisis de costos.

De manera general, utilizar los resultados obtenidos de estas pruebas para mejorar las definiciones realizadas.

Además de utilizar los elementos anteriores para ejecutar las pruebas al prototipo del proceso, es recomendable apoyarse en herramientas de validación que verifiquen la utilidad y calidad de las funciones de medición definidas. En el caso de las utilizadas para predecir el comportamiento de algunos factores (por ejemplo: la calidad del software) se pueden validar si existen relaciones estadísticamente significativas entre los valores predictivos y los valores reales de los factores de calidad. En el Anexo 13 se proponen criterios de validación a usar para estos casos.

Actividad 6: ¿Modificaciones?			
No.	Tarea	Documentos	Rol
6.1	Si no surgieron inconvenientes durante la validación en la actividad anterior, ejecutar la actividad 7.	<ul style="list-style-type: none"> - Plantilla de Resumen de la Validación. - Medidas y Procedimientos de recolección y almacenaje. - Procedimientos de Análisis de Datos. 	Gestor de la Medición.
6.2	Si surgieron inconvenientes durante la validación en la actividad anterior, regresar a la actividad 2 a redefinir los procedimientos a partir de las sugerencias.	<ul style="list-style-type: none"> - Plantilla de Resumen de la Validación. 	Gestor de la Medición.

Ante situaciones alarmantes detectadas en la validación, es un excelente momento para revisar nuevamente las definiciones realizadas. No es recomendable permitirse que errores en las bases de la definición del proceso lleguen a los proveedores de la información ni análisis de resultados incongruentes a manos de los usuarios de la medición.

De no ser así, se puede proceder a la presentación oficial de lo definido.

Actividad 7: Realizar la presentación y comunicar oficialmente los procedimientos y medidas definidos.			
No.	Tarea	Documentos	Rol
7.1	Realizar la presentación oficial de las medidas y procedimientos definidos ante los involucrados relevantes.	<ul style="list-style-type: none"> - Acta de Reunión. - Medidas y procedimientos de recolección y almacenaje. - Procedimientos de Análisis de Datos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestor de la Medición. - Especialistas de la Medición. - Proveedores de la Información. - Usuarios de la Medición.
7.2	Una vez presentados, proceder a publicarlos para el acceso y conocimiento de todos los involucrados.	<ul style="list-style-type: none"> - Medidas y Procedimientos [publicados]. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestor de la Medición.

2.4. A nivel de Proyectos.

Una vez publicados los documentos que permitan el conocimiento de las definiciones realizadas para abordar el proceso de medición en la Universidad, los Proyectos están en condiciones de definir su Plan de Mediciones. Ver en el Anexo 14, una propuesta para este Plan de Mediciones.

Este Plan es la herramienta que les permitirá planificarse su proceso de medición y contendrá, adjuntas, las definiciones sobre las medidas y procedimientos que les incumban, respetando las pautas establecidas en los procedimientos oficiales de la Universidad y variándolos exclusivamente basándose en guías de adaptación elaboradas para ese menester.

De la misma manera, cada proyecto establecerá responsables de las distintas actividades de medición a utilizar. Dichas personas no necesitan tener este como su objetivo central de trabajo en proyecto, y más bien realizarán actividades de supervisión y concentración de los datos en los casos que lo precise, según la distribución de las actividades del entorno en cuestión.

2.5. Conclusiones.

- El ambiente actual de la producción de software en la UCI y las características actuales son un marco propicio para implantar un proceso de medición y análisis basado en CMMI.
- Las definiciones para el Libro de Procesos de MA incorpora los elementos necesarios para describir el proceso en toda la organización, combinado con su relación con las otras áreas de proceso a implantar.
- Los subprocesos IPP-3551 e IPP-3552 describen como abordar la ME 1: Alinear las actividades de medición y análisis, a través de las diversas actividades que dan respuesta a las distintas Prácticas Específicas.
- La integración de algunos de los elementos del enfoque orientado a objetivos GQ(I)M, PSM, ISO 15939 y la IEEE Std 1061-1998 permiten proponer actividades y tareas concretas para la ejecución de los subprocesos, debido a su integración y usabilidad de sus propuestas.
- El mapeo de las definiciones organizacionales al nivel proyecto, puede describirse en su Plan de Mediciones, a partir de los procedimientos y medidas generalizadas, incorporando elementos propios según sus características particulares.

RESULTADOS

CONCLUSIONES

[Inserte aquí las conclusiones]

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- . "QSM Inc. (Quantitative Software Management)." from <http://www.qsm.com/>.
- . "R. S. Pressman & Associates, Inc." from <http://www.rspa.com/index.html>.
- Authors, C. C. T., Ed. (2007). The COSMIC Functional Size Measurement Method. Version 3.0. Measurement Manual. (The COSMIC Implementation Guide for ISO/IEC 19761: 2003), September 2007.
- BRISABOA, D. N. R. (2006). "RED IBEROAMERICANA DE TECNOLOGÍAS DE SOFTWARE PARA LA DÉCADA DEL 2000 (RITOS2)." from <http://www.cyted.org/Menu8/AccionesConsul.asp?CodAccion=203&Tipo=0>.
- Cárdenas, D. S. A., D. A. H. González, et al. "DIPLOMADO EN INGENIERIA DEL SOFTWARE." from http://www.icda.edu.do/english/cg/cursos/diplomado_ingenieria_software.asp.
- CMMI, P. T. (2006). CMMI® for Development, Version 1.2 CMMI-DEV, V1.2, Carnegie Mellon University. SEI.
- Condori-Fernández, N., J. B. Faguás, et al. (2002). "Modelo de Agregación Basado en un Sistema Neurodifuso para un Proceso de Evaluación de Calidad de Software." 12.
- Cusumano, M. A. (2004). The Business of Software: What Every Manager, Programmer, and Entrepreneur Must Know to Thrive and Survive in Good Times and Bad, Free Press.
- D.o.D. and U. Army, Eds. (2003). Practical Software and Systems Measurement (PSM).
- D.o.D. and U. Army. (2007). "Official Practical Software and Systems Measurement Web Site." from <http://www.psmc.com/>.
- DCS (2007 y 2008). Encuestas Diagnóstico de la Producción.
- Durán, I. M. R. (2007). PSM: UNA PROPUESTA PARA LA MEDICION DE SOFTWARE EN LA UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMATICAS. Habana, UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMATICAS.
- Electrónica., C. S. d. A. (2007). "MÉTRICA. VERSIÓN 3. Metodología de Planificación, Desarrollo y Mantenimiento de sistemas de información." Retrieved 1 de Octubre del 2007, 2007, from <http://www.csi.map.es/csi/metrica3/>.
- Estrada, M. L. A. F. and I. I. P. Estévez (2003). Medir el proceso de control de configuración, ¿una utopía para la Industria Nacional de Software? Revista Ingeniería Informática.
- Fenton, N. (1997). Software quality assurance & Measurement. A worldwide perspective, Chapman&Hall.
- Florac, W. A., R. E. Park, et al. (1997). Practical Software Measurement: Measuring for Process Management and Improvement, Software Engineering Institute Carnegie Mellon University.
- Fomento, M. d. (2005). La Gestión por Procesos.
- Garreta, J. S. S. (2005/2006). II32 - Gestión y Desarrollo de Proyectos Informáticos. Tema 1: Métricas del Proyecto de Software, Universidad Jaume – I. Department of Programming Languages and Information Systems.
- Gibson, D. L., D. R. Goldenson, et al. (August 2006). Performance Results of CMMI®-Based Process Improvement, Software Engineering Institute Carnegie Mellon University.
- Giraldo, O. P. (2006) "Métricas, Estimación y Planificación en Proyectos de Software." **Volume**, DOI:
- Humphrey, W. S. (2001). Introducción al Proceso Software PersonalSM. (PSPSM), Carnegie Mellon University.
- IEEE (1991). Software Engineering Standards.
- IEEE (1993). Software Engineering Standards: 47-48.
- IEEE. (1998). "IEEE Std 1061-1998 IEEE Standard for a Software Quality Metrics Methodology." Retrieved 13 de enero del 2009, from file:///E:/Normas/IEEE/IEEE%20Std%201061-

- 1998%20Standard%20for%20a%20SW%20Quality%20Metrics%20Methodology.htm
l.
- IEEE. (1999). "1490-1998. IEEE guide - adoption of PMI standard - a guide to the projectmanagement body of knowledge." Retrieved 13 de enero del 2009, from http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?tp=&isnumber=16677&arnumber=769888&punumber=6238.%200-7381-0344-6.
- IEEE and C.S. (2004). Guide to the Software Engineering. Body of Knowledge. SWEBOK.
- ISO. (2009). "Official Site of International Organization for Standardization (ISO)." Retrieved 14 de enero del 2009, from <http://www.iso.org/iso/home.htm>.
- ISO, I. O. f. S. (2000). "ISO/IEC TR 9000:2000." Retrieved 20 de Septiembre, 2007, from http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=22891.
- ISO, I. O. f. S. (2003a). "ISO/IEC TR 9126-2:2003." Retrieved 20 de Septiembre, 2007, from http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=22750.
- ISO, I. O. f. S. (2003b). "ISO/IEC TR 9126-3:2003." Retrieved 20 de Septiembre, 2007, from http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=22891.
- ISO, I. O. f. S. (2004). "ISO/IEC TR 9126-4:2004." Retrieved 20 de Septiembre, 2007, from http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=39752.
- Kasunic, M. and SEMA (2006). The State of Software Measurement Practice: Results of 2006 Survey, Software Engineering Measurement and Analysis. Carnegie Mellon.
- Latorres, E. P., P. Salvetto, et al. "Una herramienta de apoyo a la gestión del proceso de desarrollo de software." from <http://www.latorres.org/enrique/hagdps.pdf>.
- López, I. G. (2001). "METODOLOGÍA SIX-SIGMA: CALIDAD INDUSTRIAL."
- Park, R. E., W. B. Goethert, et al. (1996). Goal-Driven Software Measurement —A Guidebook, Software Engineering Measurement and Analysis
Software Engineering Institute
Carnegie Mellon University.
- Pichaco, A. M. "Ingeniería de Software. El estándar ISO/IEC 15504." from http://dmi.uib.es/~dmi&ESIII/0708_ESIII_SPI_Tema3.pdf.
- PMI, P. M. I., Ed. (2004). Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (PMBOK), Norma Nacional Americana.
- PMI, P. M. I. I., Ed. (2004). Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (PMBOK), Norma Nacional Americana.
- PMI, P. M. I. I. (2008). "About Us." Retrieved 13 de enero del 2009, from <http://www.pmi.org/aboutus/Pages/Default.aspx>.
- Pressman, R. S. (2001). Ingeniería de Software. Un Enfoque práctico.
- Sanz, J. B., M. A. C. Calvo, et al. (2003). GUÍA PARA UNA GESTIÓN BASADA EN PROCESOS, Instituto Andaluz de Tecnología.
- SEI, C. M. U. (2009). "Official Web Site of Software Engineering Institute. Carnegie Mellon." Retrieved 14 de enero del 2009, from <http://www.sei.cmu.edu/about/>.
- SEMA and C. M. U. SEI. (2009). "Official Web Site of Software Engineering Measurement and Analysis (SEMA)." from <http://www.sei.cmu.edu/sema/>.
- Solingen, R. v. and E. Berghout (1999). The Goal/Question/Metric Method: a practical guide for quality improvement of software development, McGraw-Hill Publishing Company.
- UPN, U. P. d. N. (2007). "Se inauguró XVI CONEIS." from <http://www.universia.edu.pe/noticias/principales/destacada.php?id=61164>.

ANEXO 1.

País	Nivel de CMMI			
	2	3	4	5
Venezuela	1	0	0	0
Colombia	1	0	0	1
Perú	1	0	0	0
Bolivia	0	1	0	0
Brasil	24	6	1	1
Argentina	1	1	0	0
Chile	8	5	0	3
Uruguay	0	0	0	1

Tabla 8.- Cantidad de empresas certificadas en CMMI en los Países Sub-Americanos.

ANEXO 2.

Categorías	Áreas de Procesos
Gestión de Proceso	Enfoque a Procesos de la organización Definición de los Procesos de la organización +IPPD Entrenamiento de la organización Desempeño de los procesos de la organización Despliegue e innovación de la organización
Gestión de Proyecto	Planeamiento del proyecto Supervisión y control del proyecto Gestión de acuerdos con el proveedor Gestión Integrada de Proyecto + IPPD Gestión de Riesgos Gestión Cuantitativa de Proyecto
Ingeniería	Gestión de los Requerimientos Desarrollo de Requerimientos Solución técnica Integración del Producto Verificación Validación
Soporte	Administración de Configuración Aseguramiento de la Calidad del Proceso y el Producto Medición y Análisis Análisis decisiones y resolución Análisis causal y resolución

Tabla 9.- Representación continua: Áreas de proceso por categoría (capacidad).

ANEXO 3.

Nivel	Enfocado	Áreas de Procesos	Calidad de la Productividad
5 Optimizado	Mejoramiento continuo de Proceso	Despliegue e innovación de la organización Análisis causal y resolución	
4 Gestionado Cuantitativamente	Gestionado Cuantitativamente	Rendimiento de los procesos de la organización Gestión cuantitativa del Proyecto	
3 Definido	Estandarización de Procesos	Desarrollo de Requerimientos Solución técnica Integración del Producto Verificación Validación Enfoque a Procesos de la organización Definición de los Procesos de la organización +IPPD Entrenamiento de la organización Gestión Integrada de Proyecto + IPPD Gestión de Riesgos Análisis decisiones y resolución	
2 Gestionado	Gestión básica de proyecto	Gestión de los Requerimientos Planeamiento del proyecto Supervisión y control del proyecto Gestión de acuerdos con el proveedor Medición y Análisis Aseguramiento de la Calidad del Proceso y el Producto Administración de Configuración	
1 Inicial			

Tabla 10.- Representación escalonada: Áreas de proceso por madurez.

ANEXO 4.

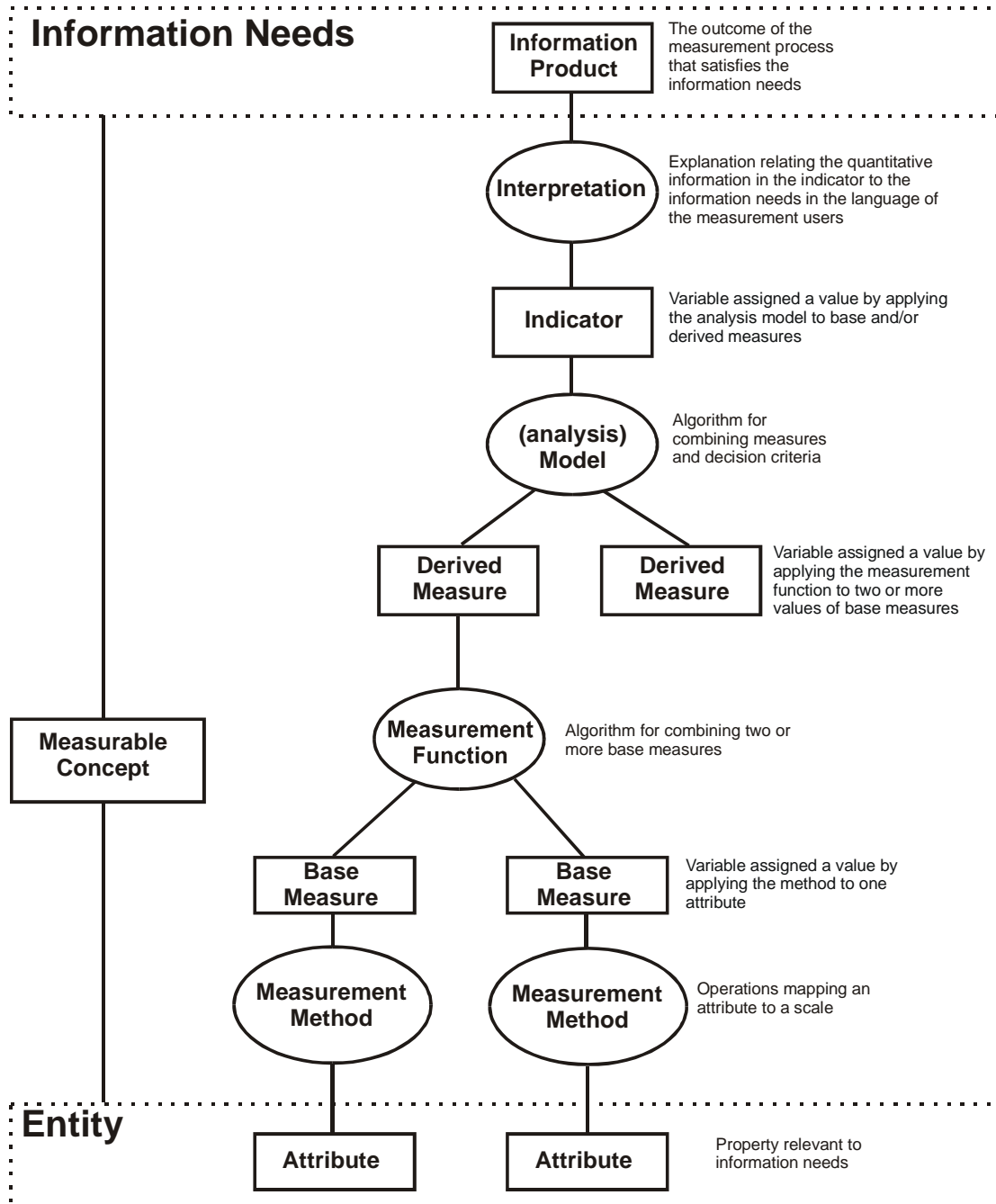


Figura 17.- Modelos de Información de Medición.

ANEXO 5.

Preguntas Sugeridas por el Método GQ(I)M.

Para cada entidad:

- *¿Cuán grande es?*
- *¿Cuánto hay?*
- *¿Cuántos componentes?*
- *¿Cuán rápido es?*
- *¿Cuánto tiempo se tarda?*
- *¿Cuánto cuesta?*

Para cada proceso:

- *¿Es estable el proceso?*
- *¿Cómo está funcionando ahora?*
- *¿Qué limita la capacidad?*
- *¿Qué determina la calidad?*
- *¿Qué determina el éxito?*
- *¿Qué cosas se pueden controlar?*
- *¿Qué quieren los clientes?*
- *¿Qué limita el desempeño?*
- *¿Qué podría ir mal?*
- *¿Qué podría ser una señal de alerta temprana?*
- *¿Cuán grande es el retraso?*
- *¿Dónde se está produciendo el retraso?*

y lo más importante - ¿Qué se querrá conocer?

ANEXO 6.

Temáticas comunes de los Proyectos, según PSM.

- **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.

ANEXO 7.

Plantilla para definir Objetivos de Medición.

<p>Sub-Objetivos: _____</p> <p>Objetivo de Medición # ____: _____</p> <p>Objeto de Interés: _____ (producto, proceso, recurso, el agente, el artefacto, la actividad, métrica, o medio ambiente, <entidad>, etc.)</p> <p>Propósito: _____ (caracterizar, analizar, evaluar, etc.) la (el) _____ (<entidad>, <aspecto>, <atributos>, etc.) con el fin de _____ (entenderlo, referenciarlo, predecirlo, planearlo, controlarlo, evaluarlo, compararlo, mejorarlo).</p> <p>Perspectiva: Examine la (el) _____ (calidad, capacidad de modificación, cambios, defectos, tipos de defectos, retrasos, comportamiento, estabilidad, progreso <atributos específicos>, etc.) desde el punto de vista del _____ (desarrollador, administrador, cliente, ingeniero, equipo de mejora de procesos, SEPG, gerente, etc.)</p> <p>Ambiente:</p> <ul style="list-style-type: none">- Describir los factores ambientales y los parámetros relacionados, que deben entenderse para poner los resultados observados en su contexto.- Centrarse en la descripción de las similitudes (y diferencias con respecto a) otros productos familiares, los procesos, y los ajustes.- Los factores y parámetros a considerar al respecto son:<ul style="list-style-type: none">- Factores de aplicación- Factores personales- Factores de recursos- Factores del proceso- Factores del cliente- Métodos- Herramientas

-Limitaciones

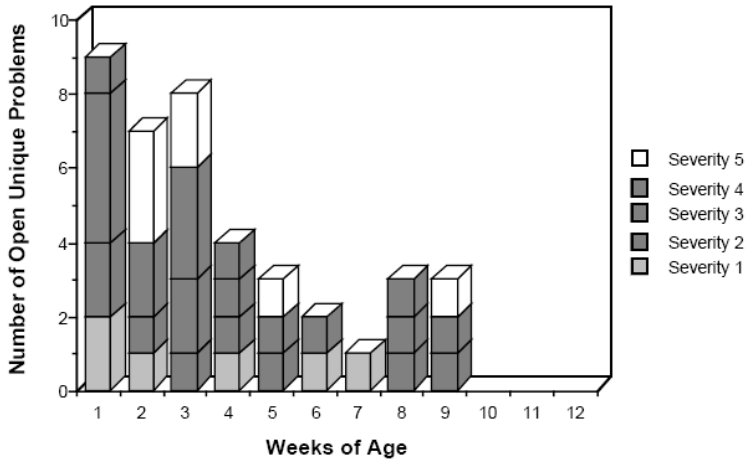
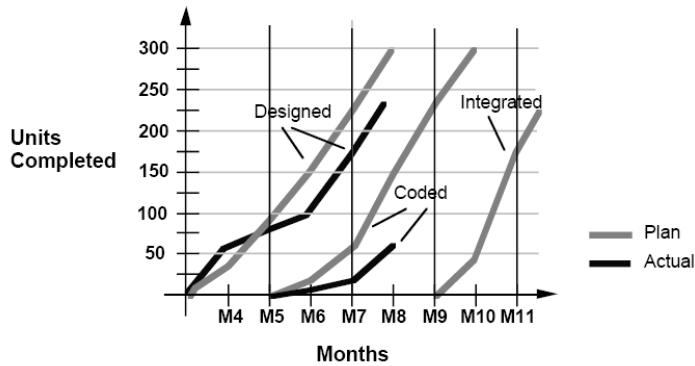
ANEXO 8.

Objetivos de Medición # ____ :

Preguntas: relativas a este objetivo de medición, que sería útil responderse.

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

Indicadores (Ejemplos):



ANEXO 9.

Temática	Categoría	Medida
Cronograma y Progreso	Hitos de Desempeño	Fechas de los Hitos
		Camino Crítico de Desempeño
	Progreso de Unidad de Trabajo	Estado de Requerimientos
		Estado de Reportes de Problemas
		Estado de Revisión
		Estado de Peticiones de Cambios
		Estado de Componentes
		Estado de Pruebas
		Estado de Elementos de Acción
	Capacidad Incremental	Incremento de Contenidos - Componentes
Incremento de Contenidos- Funciones		
Recursos y Costos	Personal	Esfuerzo
		Experiencia del Personal
		Estabilidad del Personal
	Desempeño Financiero	Valor Ganado
		Costo
	Entorno y Recurso de Soporte	Disponibilidad de Recursos
Tamaño del Producto y Estabilidad	Tamaño Físico y Estabilidad	Tamaño de la Base de Datos
		Componentes
		Interfaces
		Líneas de Código
		Dimensiones Físicas
	Tamaño Funcional y Estabilidad	Requerimientos
		Trabajo de Cambio Funcional
		Puntos de Función
Calidad del Producto	Exactitud Funcional	Defectos
		Desempeño Técnico
	Soporte - Mantenimiento	Tiempo de restauración
		Complejidad Ciclomática
		Acciones de Mantenimiento
	Eficiencia	Utilización
		Rendimiento
		Itinerario
	Portabilidad	Conformidad de Estándares
	Usabilidad	Errores de Operación
Confiabilidad – Fiabilidad	Fallas	
	Tolerancia a Fallos	
Desempeño del Proceso	Conformidad del Proceso	Evaluación de Modelo de Referencia
		Descubrimientos del Proceso de Auditoria
	Eficiencia del Proceso	Productividad
		Ciclo de Tiempo
	Efectividad del Proceso	Acumulación de Defectos
		Re-trabajo

Propuestas de subprocesos del Libro de Procesos de Medición y Análisis basado en CMMI para a la Universidad de las Ciencias Informáticas

Efectividad de la Tecnología	Conveniencia Tecnológica	Cubrimiento de los Requisitos
	Impacto	Impacto de la Tecnología
	Volatilidad de la Tecnología	Cambios en la Línea Base
Satisfacción del Cliente	Retroalimentación del Cliente	Resultados de Encuesta
		Evaluación de Desempeño
	Soporte al Cliente	Peticiones de Soporte
		Tiempo de Soporte

Figura 18.- Medidas agrupadas en Categorías y áreas comunes de temáticas de PSM.

ANEXO 10

Medida Base
Entidades
Atributos
Método de Medición
Tipo de Método de Medición
Escala
Tipo de escala
Unidad de Medición
Medida Derivada
Función de Medición
Indicador
Pregunta
Objetivo de Medición #

Tabla 11.- Plantilla para Definición de Medida Base.

ANEXO 11

Consideraciones a tener en cuenta para la selección de medidas.

- Orden de prioridad de los objetivos de medición que abordan.
- Viabilidad de la recogida de datos en la organización.
- Disponibilidad de recursos humanos para recoger y gestionar los datos.
- Facilidad para la recogida de datos.
- Alcance de la intrusión y la interrupción de las actividades del personal.
- Disponibilidad de herramientas adecuadas.
- Protección de la intimidad
- Posible resistencia de los proveedores de datos(s).
- Número de indicadores que puedan ser relevantes el apoyo de la base de medida.
- Aumento o reducción de los requerimientos de almacenamiento.
- Facilidad de interpretación por los usuarios y los analistas de la medición.
- Número de usuarios o consumidores de los productos de información que utilizan el indicador.
- Preferencia personal (por ejemplo, las personas a veces tienen sus "medidas favoritas").
- Aplicabilidad para las etapas de los ciclos de vida.
- Evidencias (internas o externas a la organización) de la aptitud de la medida para el propósito.
- Sensibilidad en el contexto (por ejemplo, en algunos entornos las medidas de profundidad de la herencia de las clases orientada a objetos, no presentan variación, porque la herencia no se utiliza ampliamente, una medida de este tipo no presentan un comportamiento interesante en este ámbito).

Los costes de recogida, gestión y análisis de los datos en todos los niveles también deben considerarse. Los costos incluyen:

- Costes de utilización de las medidas: asociados con cada medida están los costes de la recogida de datos, automatizando el cálculo de los valores de medida (cuando sea posible), el análisis de los datos, la interpretación de los resultados de los análisis, y la comunicación de los productos de información.
- Costes de los Procesos de Cambio: el conjunto de medidas que pueden implicar un cambio en el proceso de desarrollo, por ejemplo, a través de la necesidad de la adquisición de nuevos datos.
- Costes del Cambio de la Estructura Organizacional: el conjunto de medidas pueden implicar un cambio en la estructura organizacional.
- Equipamiento Especial: sistema, hardware y / o herramientas de software que pueda ser localizado, evaluado, comprado, adaptado o desarrollado para la aplicación de las medidas.
- Capacitación: la gestión / control de la calidad de la organización o todo el equipo de desarrollo pueden necesitar capacitación en el uso de las medidas y procedimientos de recolección de datos. Si la aplicación de las medidas causas cambios en el proceso de desarrollo, los cambios tiene que ser comunicados al personal.

ANEXO 12.

Esta puede ser adaptada a las características del proceso de medición a aplicar.

- Definir los elementos de datos.
- Definir las frecuencias de recogida y los puntos, en el proceso en el que las mediciones se harán.
- Definir los plazos necesarios para mover los resultados de las mediciones de los puntos de recogida a las bases de datos o los usuarios.
- Crear formas y procedimientos para la recogida y grabación de los datos.
- Definir cómo se almacenarán los datos y cómo serán accedidos. Identificar quién es el responsable de diseñar la base de datos y de acceso, retención, y la supervisión de los datos.
- Determinar quién recogerá y accederá a los datos. Asignar responsabilidades para estas acciones.
- Definir cómo los datos serán analizados e informados.
- Identificar los instrumentos de apoyo que deben ser desarrollados o adquiridos para ayudar a automatizar y administrar el proceso.
- Preparar una guía de procesos para la recogida de los datos.

ANEXO 13.

Criterios de Validación:

Para ser consideradas válidas, las métricas predictivas deben tener un alto grado de asociación con los factores de calidad que representan en conformidad con:

- **Correlación:** La variación en el valor del factor de calidad se explica por la variación en los valores de las métricas. Este criterio evalúa si es suficientemente fuerte la asociación lineal entre un factor de calidad y una métrica, como para usar esta última como sustituta del factor.
- **Seguimiento:** Si hay un cambio de un estado 1 a 2 de un factor de calidad, es probable que deba cambiarse el indicador asociado al mismo, de un valor 1 a uno 2. Este criterio evalúa si el indicador es capaz de seguir los cambios en la calidad del producto o el proceso.
- **Coherencia:** Si el valor de los factores de calidad (1,2,3), poseen una relación (1>2>3) los valores de las métricas también deberían representar esa relación. Este criterio evalúa si existe coherencia entre las filas de valores del factor de calidad de un conjunto de componentes de software y las filas de los valores de las métricas para el mismo conjunto de componentes. Se utilizará para determinar si una métrica puede ranquear de manera precisa un grupo de productos y procesos.
- **Previsibilidad:** Si se usa una métrica en un tiempo T1 para predecir un factor de calidad para un producto o proceso dado, deberá prever un factor de calidad relacionado con una precisión dada para un tiempo T2. Este criterio evalúa si un indicador es capaz de predecir un valor de un factor de calidad con la precisión requerida.
- **Poder discriminatorio:** Un indicador será capaz de discriminar entre la alta calidad o la baja calidad de los componentes del software. Este criterio evalúa si un indicador es capaz de separar un conjunto de componentes de alta calidad de los de baja calidad.

- **Fiabilidad:** Una métrica debe demostrar la correlación, seguimiento, consistencia, previsibilidad y el poder discriminativo por lo menos en el P% de las aplicaciones de la métrica. Este criterio se usa para asegurar que una métrica ha pasado una prueba de validez suficiente en un número o porcentaje de las solicitudes, para que sea confiable de que pueda desempeñar su función consistentemente.

ANEXO 14.

Plan de Mediciones del Proyecto.

1. Objetivo

Lista de objetivos principales del esfuerzo de implementación de medición. Identifica las medidas a ser implementadas, explicando porqué son importantes en la organización y resumiendo las salidas esperadas.

2. Descripción

Esquematizar los orígenes del plan, describir los objetivos y el alcance de las actividades que abarca, y explicar de qué manera las medidas y los esfuerzos en el plan se refieren a otros esfuerzos y actividades así como el proceso que se utiliza. Relacionar las acciones previstas con otras ya existentes o las actividades de medición de simultáneas dentro de la Universidad y (si procede) en las de sus clientes o proveedores.

Las sub-secciones que proporcionan esta información se describen a continuación.

Objetivos

Lista y explicación de las metas que motiva y guían las actividades de este plan. Esta sección identifica los tres tipos de objetivos: objetivos de negocio, objetivos de medición, y los objetivos de este plan.

- Indicar la correspondencia de los objetivos que guían el proceso de medición, de manera tal que puedan referenciarse posteriormente a partir de las medidas que permitirán darles respuesta. Esta información se compone de dos áreas fundamentales:
 - La asumida de las orientadas a nivel organizacional.
 - La propuesta adicional por el proyecto para lograr sus propios objetivos.

- Indicar las medidas concretas que se abordarán por le proyecto, mostrando una adecuada trazabilidad hasta los objetivos, así como sus específicas definiciones operacionales.
- Los objetivos de este plan son más orientados a la operatividad. Especifican los resultados que se buscan. Se pueden expresar en términos de criterios de salidas o de éxito.

Ámbito

Relacionar las medidas de este plan con los objetivos de medición, describiendo su rango de aplicación:

¿Las medidas se aplicarán a las áreas en desarrollo?

¿Quiénes son los máximos responsables en el proyecto?

¿Se aplicarán a todas las fases del proyecto?

¿Qué introducirán las prácticas de medición: procesos, métodos, herramientas, capacitaciones?

Relación con los esfuerzos de otros procesos

Describir cómo los esfuerzos de medición en este plan se relacionan con otros procesos del proyecto o la organización, para identificar dependencias.

3. Implementación

Describe las acciones que deben ser tomadas para implementar las medidas identificadas en la sección 2.

Indicar una estrategia global que aborde todos los aspectos de la aplicación, incluyendo herramientas y la capacitación necesaria para introducir, utilizar y mantener la efectividad de la medida.

Cómo se recogerán los datos, frecuencia, métodos de verificación de consistencia, lugar y método de almacenamiento de los datos (todo esto basándose en los procedimientos definidos a nivel organizacional, para los

casos de los objetivos centrales). Incorporar cómo se analizarán los datos a nivel de proyecto (también partiendo del procedimiento de la organización)

Definir los planes para la identificación de áreas problemáticas y éxitos.

Las sub-secciones que proporcionan esta información se describen a continuación.

Actividades, Productos, y Tareas

Describir el esfuerzo que hay que realizar.

Distribuir el esfuerzo entre: gestionar las actividades, productos y tareas que pueden ser utilizados como base para la planificación, la presentación de informes, gestión y control.

Para cada actividad, producto, o una tarea, definir estado y objetivo principal e identificar las sub-tareas.

Identificar todas las secuencias y dependencias que afectan a cualquier elemento del calendario o de la asignación de recursos. Cuando sea posible, las condiciones de entrada y de salida que van a determinar el comienzo y el final de la tarea.

Calendario

Describir, cuando cada una de las actividades, productos o tareas que deben realizarse. Usar diagramas de Gantt, u otras representaciones alternativas para describir las secuencias y dependencias.

Traducir las acciones claves, eventos, y los resultados en etapas a fin de que los resultados puedan ser controlados contra los planes.

Recursos

Describir los recursos que se asignan a este esfuerzo. Abordar el personal, financiamiento (de ser necesario), instalaciones, planes de trabajo en equipo, computadoras, etc

Responsabilidades

Nombre de las personas o grupos que serán responsables de la supervisión, planificación, ejecución, gestión, aprobación y financiación de este esfuerzo. Asignar responsabilidad y autoridad para la adquisición de herramientas, la capacitación, y para implementar y operar las bases de datos.

Medición y Monitoreo

Describe como el progreso de implementación de estas medidas será medido, analizado y reportado. Identificar los puntos de re-planeación y describe cuán significativa las desviaciones o cambios del calendario y las revisiones de las necesidades de financiamiento será tratados. Estas definiciones tienen que corresponderse con el proceso de Seguimiento y Control definido institucionalmente.

Gestión de Riesgo

Describa cómo se va a identificar, evaluar, dar seguimiento y hacer la planificación de contingencia para los factores de riesgo asociados con los esfuerzos de la implementación de la medición cubiertos por este plan. Describir las acciones que se adoptarán para controlar la hipótesis, y proporcionar mecanismos para reaccionar si las hipótesis no se cumplen. Asimismo, identificar todos los lugares en que los calendarios y recursos planificados difieren de las estimaciones y describir las acciones que se están adoptando para hacer viables los resultados previstos. Estos elementos deben ser registrados en el Plan de Mitigación de Riesgos del proyecto.

4. Operaciones de sostenibilidad.

Describir las acciones que se adoptarán para sostener y utilizar las medidas implementadas en la sección 3. Asignar recursos y responsabilidades y tomar disposiciones para la continuación de la evolución.

Describir las prácticas que se utilizarán para evaluar y monitorear la eficacia de las medidas y evaluar su valor para la organización y el proyecto y sus efectos sobre el desempeño de la producción en la organización. Alternativamente, y si aplica, proporcionar orientación y recursos para la elaboración de un plan operativo para el mantenimiento de la recogida, uso, conservación, evolución y evaluación de estas medidas.

ANEXO 15.

Guía de Planeación.

Para el Subproceso IPP-3551: Identificar Objetivos de Medición y Necesidades de Información.

- Identificar y priorizar los Objetivos de Medición y las Necesidades de Información.
 - A realizarse anualmente, a la par de la definición de los Objetivos Estratégicos de la Universidad.
 - Bajo situaciones excepcionales, puede ser convocado el ajuste de las definiciones establecidas. Puede ser motivada por cambios de peso en las formas de producción, o la introducción de nuevos elementos medir.
- El resto de las actividades se realiza secuencialmente, respetando que entre la primera actividad y la comunicación oficial de los Objetivos de Medición, no debe excederse el plazo de 15 días.

IPP-3552: Definir Medidas y procedimientos de recolección, almacenaje y análisis.

- Las actividades de este subproceso se ejecutan a continuación de la última actividad del subproceso anterior, respetándose que:
 - Las actividades de corrección de algún elemento, no deben demorarse más de 4 días hábiles.
- Validar los procedimientos y las medidas.
 - Dadas sus características de ejecución de un prototipo del proceso, que implique la intromisión de elementos externos, puede llegar a demorarse hasta una semana.
- La ejecución, desde la primera actividad hasta la presentación y comunicación oficial de las definiciones, no debe excederse de 21 días.

ANEXO 16

Política	Indicadores a evaluar	Evidencia ¿Qué?	Nivel de Importancia	Ubicación ¿Dónde?	Procedimiento ¿Cómo?	Respuesta		Observaciones
						Sí	No	
Subprocesos IPP-3551 e IPP 3552.								
	Rendimiento del Proceso.	¿El rendimiento real del proceso es tal cuál se planeo?	A		Revisión.			
	Resultados reales del proceso.	¿Se han obtenido los resultados (del proceso, de sus productos de trabajo y de sus servicios) según lo previsto en el Plan?	A		Revisión.			
	Estatus de las actividades y resultados.	¿Se han ejecutado las actividades y obtenido los resultados esperados?	A		Revisión.			
	Efectos de las desviaciones	¿Se identifican y evalúan los efectos de las desviaciones del plan dados por la ejecución del proceso?	M		Revisión.			
	Problemas en el Plan.	¿Existen problemas para llevar a cabo el proceso según lo planeado?	M		Revisión.			
	Medidas Correctivas.	¿Se toman medidas	M		Revisión.			

		correctivas* cuando las necesidades y los objetivos no se cumplen, o cuando se identifican problemas o cuando se difiere significativamente en los avances del plan?						
		¿Se da seguimiento a las acciones correctivas hasta su cierre?	M		Revisión.			

Tabla 12.- Lista de Verificación para las revisiones.

* Las medidas correctivas pueden ser:

- Tomar medidas correctivas para reparar los servicios o productos de trabajo defectuosos.
- Cambiar el plan para llevar a cabo el proceso
- Ajustar los recursos, incluidas las personas, herramientas y otros.
- Negociar cambios en los compromisos establecidos.
- Garantizar los cambios en los requisitos y objetivos que han de ser satisfechos.
- Terminar con el esfuerzo.