



Universidad de las Ciencias Informáticas.

FACULTAD 9

**Título:**

**“Propuesta de implementación de CMMI en el área de proceso: Medición y Análisis, para los proyectos productivos de la facultad 9.”**

**Trabajo de Diploma para optar por el título de  
Ingeniero en Ciencias Informáticas**

**Autor:**

**Edel Matos Gómez.**

**Tutor:**

**Ing. Edwin Rodríguez Reyes.**

Ciudad de La Habana. Cuba

Mayo 2009.

### Declaración de Autoría

Declaro que soy el único autor de este trabajo y autorizo a la facultad 9 de la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso del mismo en su beneficio.

Para que conste firmamos la presente a los \_\_\_\_ días del mes \_\_\_\_ del año 2009.



Edel Matos Gómez

Ing. Edwin Rodríguez Reyes

\_\_\_\_\_  
**Autor del presente trabajo**

\_\_\_\_\_  
**Tutor del presente trabajo**

### Opinión del Tutor del Trabajo de Diploma.

**Título:** Propuesta de implementación de CMMI en el área de proceso: Medición y Análisis, para los proyectos productivos de la facultad 9.

**Autor:** Edel Matos Gómez.



Por todo lo anteriormente expresado considero que el estudiante está apto para ejercer como Ingeniero en Ciencias Informática y propongo que se le otorgue al Trabajo de Diploma la calificación de \_\_\_\_

Ing. Edwin Rodríguez Reyes

\_\_\_\_\_  
**Tutor del presente trabajo**

\_\_\_\_\_  
**Fecha**

### Datos de Contacto.

**Tutor:** Ing. Edwin Rodríguez Reyes.

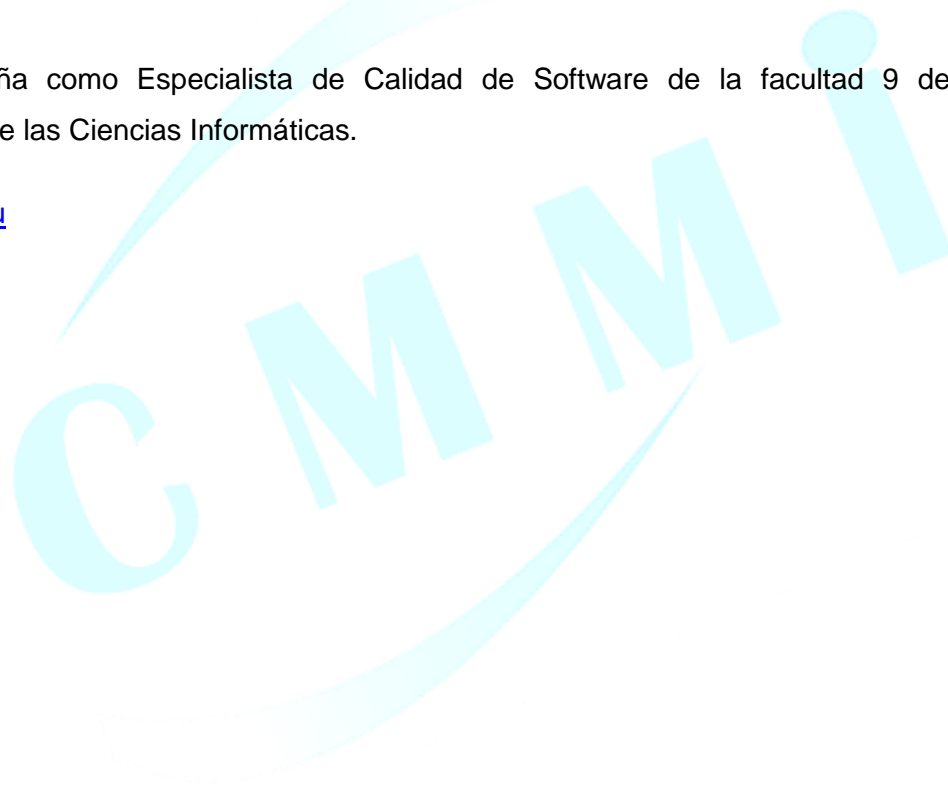
Graduado en el curso 2007 - 2008 en Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya” en la carrera de Ingeniería Industrial.

Categoría Docente: Instructor Recién Graduado.

Profesor del Dpto. Ciencias Básicas de la facultad 9 de la Universidad de las Ciencias Informáticas.

Se desempeña como Especialista de Calidad de Software de la facultad 9 de la Universidad de las Ciencias Informáticas.

[Edwin@uci.cu](mailto:Edwin@uci.cu)



## Agradecimientos:

Mencionándolos no basta para agradecerles todo su apoyo; sin embargo es la única forma de dejar constancia de lo que todos ustedes han hecho por mí.

*...Ante todo a mi madre que aunque no esté presente físicamente es la fuente de inspiración y digno ejemplo a seguir.*

*...A mi padre que sin él no hubiese sido lo que soy, gracias por todo su apoyo en mis estudios y su comprensión.*

*...A mi hermana que siempre ha estado a mi lado para brindarme su amor y cariño.*

*...A mis sobrinos Karel y Yan Carlos que siempre han estado en mi pensamiento.*

*...A mis amigos de siempre: Licea, Prado, Adalberto, Maiquel, Alexis y Leandro.*

*...A todos mis compañeros que han compartido conmigo estos 5 curso, en las alegrías y tristezas.*

*¡Gracias a todos sinceramente!*

*Edel*



## Dedicatoria:

A mi madre: fuente de inspiración y guía de todos mis actos y pensamientos.

A mi padre: por todo el apoyo que me ha brindado siempre.

A mi Hermana: por el cariño, la comprensión y ayuda.

A mis dos sobrinos que son una de las mayores alegrías que me ha dado la vida.

Edel.



## Resumen

En el mundo de hoy las producciones de software se incrementan vertiginosamente y la competencia impone productos cada vez con mayor calidad. Desde los inicios de la disciplina de la ingeniería del software, queda clara la dificultad para que los artefactos generados alcancen un nivel óptimo de calidad. Los modelos de evaluación y mejora de procesos y su estandarización, han tomado un papel determinante en la identificación, integración, medición y optimización de las buenas prácticas existentes en la organización y desarrollo software.

Con esta investigación se pretende analizar el modelo de evaluación y mejoras CMMI y en concreto el área de procesos de medición y análisis para realizar una propuesta de implementación del mismo en la mencionada área y darle solución a problemas actuales presentes en los proyectos productivos de la facultad 9 de la Universidad de las Ciencias Informáticas. Se dieron respuestas a interrogantes tales como: ¿qué es CMMI?, ¿cómo está caracterizado?, ¿qué beneficios reporta su aplicación en áreas de procesos?, ¿cómo se aplica en un área de procesos concreta?, etc. El trabajo investigativo estuvo estructurado, comenzando con una puesta en situación que introdujo el contexto, problemas y desafíos que actualmente afectan al mundo del desarrollo y mantenimiento de Software, centrándose en la evolución, estructura, aspectos claves y comentando el estado actual del modelo y del área de proceso que se estudió. Se identificaron problemas en la medición y análisis en los proyectos productivos de la facultad, desarrollando, certificando y validando una propuesta de implementación para dicha área.

**Palabras claves:** CMMI, Áreas de proceso, Medición y Análisis.

## Abstract

Today, software productions is increasing very fast and competition imposes products with increasing quality. Since the inception of the discipline of software engineering, there is a difficult for the generated artifacts to reach an optimal level of quality. Assessment models and process improvement and standardization have taken a decisive role in the identification, integration, measurement and optimization of existing good practices in the organization and development software.

This research aims to analyze the model of evaluation and improvement CMMI and specifically the area of process measurement and analysis to make a proposal to implement the same in that area and to resolve Current problems in the productive power of the School 9 of the University of Informatics Sciences (UCI). There were some answers to questions, such as: What is CMMI and how is it characterized? What benefits in areas of their application process? How does it apply in a specific process? Etc. The research work was structured, beginning with a situation that made up the context, problems and challenges currently affecting the world of software development and maintenance, focusing on the evolution, structure, and key aspects and discussing of the current model and process area that was studied. It was identified a couple of problems in the measurement and analysis in productive projects of the faculty, developing, certifying and validating an implementation proposal for the area.

**Keywords:** CMMI, Process Areas, Measurement and Analysis.



## Índice

<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 1: Fundamentación Teórica. ....</b>	<b>8</b>
1.1    Introducción.....	8
1.2    Conceptos Fundamentales.....	8
1.2.1    Calidad.....	8
1.2.2    Calidad de Software.....	9
1.2.3    Proceso.....	11
1.2.4    Modelo de procesos.....	11
1.2.5    Evaluación y mejora de procesos.....	11
1.3    Introducción a CMM – CMMI.....	12
1.4    Modelo CMMI.....	13
1.4.1    Países que han optado por el modelo CMMI.....	14
1.4.2    Descripción del modelo CMMI.....	15
1.4.3    Formas de representación. Escalonada y Continua.....	17
1.4.4    Niveles de Madurez y Capacidad.....	18
1.4.5    ¿Por qué utilizar la continua y no la escalonada?.....	20
1.4.6    Componentes del modelo CMMI.....	23
1.5    Área de procesos Medición y Análisis. Descripción.....	24
1.6    Proceso de Medición.....	28
1.7    Influencia del Proceso de Software en Equipo/ Proceso Personal de Software en la implantación de CMMI.....	30
1.7.1    Proceso Personal de Software.....	31
1.7.2    Proceso de Software en Equipo.....	32
1.8    Conclusiones parciales.....	34
<b>Capítulo 2 Presentación de la propuesta.....</b>	<b>35</b>
2.1    Introducción.....	35
2.2    Proceso productivo en la facultad.....	35
2.3    Problemas que afectan el buen funcionamiento de la medición y análisis.....	39
2.3.1    La revisión de documentos.....	39
2.3.2    La encuesta:.....	41

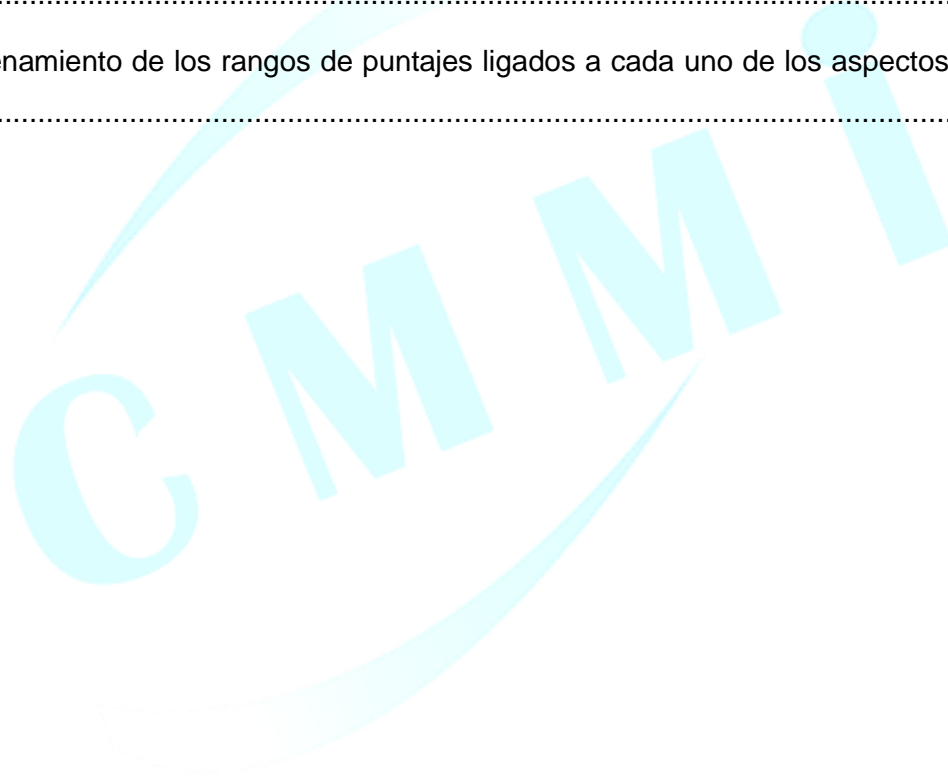
2.3.3 Deficiencias en el área de procesos de medición y análisis en los proyectos productivos de la facultad. ....	45
2.4 Propuesta de procedimiento. ....	46
2.4.1 Objetivo. ....	47
2.4.2 Alcance. ....	47
2.4.3 Propósito. ....	47
2.4.4 Responsable. ....	47
2.4.5 Acrónico. ....	47
2.4.6 Descripción general del proceso. ....	48
2.4.7 Descripción detallada. ....	51
2.5 Conclusiones parciales. ....	68
<b>Capítulo 3. Validación de la propuesta. ....</b>	<b>69</b>
3.1 Introducción. ....	69
3.2 Procedimiento de aplicación del método de criterio de expertos ....	69
3.2.1 Formulación del Objetivo de la Evaluación. ....	69
3.2.2 Selección de los expertos. ....	69
3.2.3 Elaboración del cuestionario. ....	71
3.2.4 Elección de la metodología a seguir. ....	72
3.2.5 Ejecución de la metodología. ....	72
3.2.6 Procesamiento de la información. ....	72
3.3 Conclusiones parciales. ....	77
<b>Conclusiones Generales. ....</b>	<b>78</b>
<b>Bibliografía. ....</b>	<b>80</b>
<b>Referencias Bibliográficas. ....</b>	<b>82</b>
<b>Anexos. ....</b>	<b>85</b>
Anexo 1. Documento de especificación de Objetivos de Medición. ....	85
Anexo 2. Encuesta para estudiantes. ....	88
Anexo 3. Encuesta para profesores. ....	91
Anexo 4 Guía o Encuesta. ....	94

## Índice de Figuras.

Figura 1 Niveles de madurez de CMMI en la versión escalonada .....	19
Figura 2 Niveles en la versión continua para determinar la capacidad de un proceso .....	20
Figura 3 Niveles de Madurez y Capacidad .....	22
Figura 4 Estructura del modelo CMMI .....	24
Figura 5 Relación CMMI, TSP y PSP. ....	34
Figura 6 Distribución de proyectos por polos.....	36
Figura 7 Distribución de proyectos por tipo de trabajo que realizan.....	37
Figura 8 Distribución de proyectos por tipo de cliente .....	38
Figura 9 Representa el valor con que influye cada indicador en el éxito potencial de los proyectos .....	40
Figura 10 Puntuación que obtuvo cada polo para obtener el éxito potencial .....	41
Figura 11 Descripción del proceso basado en el modelo IDEAL. ....	50
Figura 12. Actividades Fase 1: Iniciar.....	54
Figura 13. Actividades Fase 2: Diagnosticar.....	59
Figura 14 Actividades, roles y artefactos de la Fase 2: Diagnosticar .....	60
Figura 15 Proceso de medición.....	63
Figura 16 Actividades, roles y artefactos de la Fase 3: Establecer .....	63
Figura 17 Actividades, roles y artefactos de la Fase 4: Actuar. ....	65
Figura 18 Esquema del repositorio para el proceso de implementación .....	67
Figura 19 Puntuación que obtuvo cada criterio de evaluación según el criterio de los expertos. ....	77

### Índice de Tablas.

Tabla 1 Áreas de proceso de CMMI .....	16
Tabla 2. Área de proceso de medición y análisis.....	27
Tabla 3 Proyectos productivos de la facultad 9 .....	35
Tabla 4 Objetivos de los tipos de preguntas.....	71
Tabla 5. Ordenamiento realizado por cada uno de los expertos a los aspectos de la guía.....	73
Tabla 6. Ordenamiento de los rangos de puntajes ligados a cada uno de los aspectos de la guía.....	74



## Introducción

Actualmente la Calidad está desempeñando un interesante papel diferenciador en la Industria del Software. Y este punto de vista no está solo relacionado con mercados que se abren en el exterior, sino también con necesidades internas de nuestra industria, en cuanto a optimización de procesos.

Hablar de calidad del software implica la necesidad de contar con parámetros que permitan establecer los niveles mínimos que un producto de este tipo debe alcanzar para que se considere de calidad. El problema es que la mayoría de las características que definen al software no se pueden cuantificar con facilidad, generalmente se establecen de forma cualitativa, lo que dificulta su medición, ya que se requiere establecer métricas que permitan evaluar cuantitativamente cada característica dependiendo del tipo de software que se pretende calificar.

La realidad muestra a diario proyectos de software que fracasan y no causa sorpresa que los motivos de estos fracasos sean comunes a la mayoría de estos proyectos: desvíos provocados por la escasa visibilidad de los mismos, tiempos y costos impredecibles, alto grado de dependencia de personas claves, falta de aplicación de prácticas básicas de gestión de proyectos, entre otros. (Calidad, 2006)

Cuando se imponen plazos estrictos, la calidad y funcionalidad del producto se comprometen para así cumplir el calendario. Cuando este tipo de proyectos tiene éxito, se debe en general, a los grandes esfuerzos de un equipo de trabajo, en vez de a la repetición de métodos probados de una organización con un proceso de software maduro. Cuando no existe un proceso software extensivo a toda la organización, la repetición de los resultados depende por completo de la disponibilidad de las mismas personas para el siguiente proyecto. Un éxito que sólo se basa en la disponibilidad de una persona específica no constituye una base para mejorar la productividad y la calidad a largo plazo en todo el ámbito de la organización. En general, esto sucede en organizaciones que cuentan con procesos informales que hacen que el desarrollo sea poco predecible y repetible.

La obtención de un software con calidad implica la utilización de metodologías o procedimientos estándares para el análisis, diseño, programación y prueba del software

que permitan uniformar la filosofía de trabajo, con el objetivo de lograr una mayor confiabilidad, facilidad de prueba, elevar la productividad para la labor de desarrollo y el control de la calidad del software. (López, 2007)

La adopción de una buena política contribuye en gran medida a lograr la calidad del software, pero no la asegura. Para el aseguramiento de la calidad es necesario su control o evaluación. Para controlar esta calidad del software es necesario definir los parámetros, indicadores o criterios de medición. (López, 2007)

La premisa que indica: “La Calidad de un producto está determinada por la calidad del proceso que se utiliza para desarrollarlo y mantenerlo” (De La Villa, 2004), es hoy la que marca la diferencia.

Las empresas orientadas a la Calidad en sus productos, trabajan fuertemente en la mejora de sus prácticas, definiendo e implementando procesos disciplinados que facilitan el cumplimiento de los objetivos del proyecto, estableciendo un marco de trabajo.

Para establecer estos marcos de trabajo existen los modelos que gestionan el proceso de desarrollo del software. Un modelo de calidad de software es un conjunto de buenas prácticas para el ciclo de vida del software, enfocado en los procesos de gestión y desarrollo de proyectos (Quiñones, 2007). Estos proporcionan a las organizaciones, software con una orientación sobre cómo hacerse con el control de sus procesos de desarrollo y mantenimiento, y cómo evolucionar hacia una cultura de ingeniería del software y de gestión por excelencia. (Quiñones,2007)

Existen una variedad de modelos para la gestión de la calidad del software. A continuación se presentan algunos de ellos: (Quiñones, 2007).

- CMMI: Diseñado por el Carnegie Mellon Software Engineering Institute – SEI. Orientado a mejora de procesos en diferentes niveles de madurez, más hacia proyectos específicos.
- Norma ISO/IEC 12007: Diseñada por la International Organization for Standardization. Orientado al proceso del ciclo de vida del software
- Metrica3: Diseñada por el Ministerio de Administración Pública de España.

- ISO 15504: Modelo para la mejora y evaluación de los procesos de desarrollo y mantenimiento de sistemas y productos de software.

Estos modelos presentan fortalezas y debilidades que los hacen diferenciarse uno del otro. CMMI es uno de los modelos que más se aplica a la Ingeniería de Software y es el de mayor reconocimiento internacional para la mejora de los procesos de desarrollo y mantenimiento de sistemas y productos de software. (Noticias.Info, 2008)

Entre sus fortalezas podríamos destacar (De La Villa, 2004):

- Inclusión de las prácticas de institucionalización, que permiten asegurar que los procesos asociados con cada área de proceso serán efectivos, repetibles y duraderos.
- Guía paso a paso para la mejora, a través de niveles de madurez y capacidad (frente a ISO).
- Transición del ‘aprendizaje individual’ al ‘aprendizaje de la organización’ por mejora continua, lecciones aprendidas y uso de bibliotecas y bases de datos de proyectos mejorados

Cuba ha sentido la importancia de que sus productos tengan calidad asegurada, por lo cual se esfuerza cada día para obtenerla, y así poder introducirse en el mercado internacional, llegando a destacarse varias empresas dedicadas a la producción de software, ejemplo de ellas: SOFTEL<sup>1</sup>, DESOFT<sup>2</sup>, SEGURMATICA<sup>3</sup> y la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI).

La UCI es un centro educacional cuya misión es producir software y servicios informáticos a partir de la vinculación estudio – trabajo como modelo de formación. Es considerada la mayor organización productora de software en el país. En la actualidad el centro está acometiendo un proyecto de mejora de sus procesos basado en el modelo CMMI bajo los servicios del SIE Center (Software Industry Excellence Center) del Tecnológico de Monterrey. El proceso de mejora está encaminado a que la universidad

---

<sup>1</sup> Soluciones Informáticas: Empresa que ofrece soluciones informáticas para el Sistema de Salud en Cuba.

<sup>2</sup> Empresa Nacional de Software: Empresa dedicada al desarrollo de software en cuba, así como la informatización de la sociedad cubana.

<sup>3</sup> Consultoría y Seguridad Informática: Empresa cubana de consultoría y seguridad informática.

alcance en el 2010 una certificación internacional del nivel 2 del modelo CMMI. Hecho que la convertiría en la primera empresa cubana certificada con este modelo y una de las pocas en el área del Caribe. (CalidadUCI, 2009)

Dentro de las 10 facultades en la que esta dividida la universidad, la facultad 9 está enfocada en mejorar la calidad de sus procesos en el desarrollo de su producto software. Se ha realizado una nueva estructuración de sus proyectos agrupándolos en polos productivos con sus respectivas líneas de trabajo. Video y Sonido digital, Petrosoft, Simulación, Geoinformática y el grupo de calidad de la facultad han previsto dar cumplimiento a esta meta, ya que se ha identificado que en muchos de ellos el desarrollo del software tiene profundas deficiencias en el área de procesos (en lo adelante AP) de medición y análisis (en lo adelante MA), razón por la cual es necesario realizar mejoras para garantizar la calidad de los productos y satisfacer la creciente demanda. La MA que se realiza de cada uno de los proyectos no es la mejor, en la mayoría de los casos no se siguen estándares establecidos en la Ingeniería de Software (ISW), afectándose la eficacia de las producciones. Las planificaciones son poco realistas y los plazos de entrega son impredecibles. Una posible solución a estas deficiencias es la implantación del modelo de mejoras de procesos CMMI, el cual enseña el camino para alcanzar un nivel de capacidad mediante su representación continua en el AP de MA.

En tal sentido, es interés investigar sobre dicha temática, con vista al futuro implementar el modelo CMMI en el AP de MA en los proyectos productivos de la facultad 9, por tanto, se define como problema científico de esta investigación: ¿Cómo mejorar la calidad de los proyectos productivos de la facultad 9 en el área de proceso de MA a través de una propuesta de implementación del modelo CMMI?

El objeto de estudio es el AP de MA del modelo CMMI, delimitando así el campo de acción al AP de MA de los proyectos productivos de la facultad 9.

El objetivo general de la investigación es proponer CMMI en el AP de MA, como modelo de mejoras en el desarrollo de software en la facultad 9.

Del que se derivan los siguientes objetivos específicos:



- Revisar los antecedentes del modelo CMMI y en especial el AP de MA de dicho modelo.
- Caracterizar el modelo CMMI y su área de proceso: MA.
- Identificar problemas del AP de MA en los proyectos productivos de la facultad 9.
- Desarrollar la propuesta de implementación del modelo CMMI en el AP de MA en los proyectos productivos de la facultad 9.
- Certificar y validar la propuesta de implementación del modelo CMMI en el AP de MA en los proyectos productivos de la facultad 9.

Planteándose como hipótesis de trabajo: Con el estudio del AP de MA del modelo CMMI se podrían identificar mejoras para la calidad en los proyectos productivos de la facultad 9.

Para darle respuesta a los objetivos planteados se proponen las siguientes tareas de investigación:

1. Determinar los antecedentes del modelo CMMI.
  - i. Determinar los antecedentes de aplicación del modelo CMMI en países capitalistas desarrollados.
  - ii. Determinar los antecedentes de aplicación del modelo CMMI en países tercermundista.
  - iii. Determinar los antecedentes de aplicación del modelo CMMI en Cuba.
2. Determinar los antecedentes del AP de MA del modelo CMMI.
  - i. Determinar los antecedentes del AP de MA del modelo CMMI en países capitalistas desarrollados.
  - ii. Determinar los antecedentes del AP de MA del modelo CMMI en países tercermundista.

- iii. Determinar los antecedentes del AP de MA del modelo CMMI en Cuba.
3. Caracterizar el modelo de calidad CMMI.
4. Caracterizar el AP de MA del modelo CMMI.
5. Identificar los problemas actuales del AP de MA en los proyectos productivos de la facultad 9.
6. Desarrollar una propuesta de implementación del AP de MA del modelo CMMI en los proyectos productivos de la facultad 9.
7. Certificar la factibilidad económica de la propuesta de implementación del AP de MA del modelo CMMI en los proyectos productivos de la facultad 9.
8. Validar la propuesta de implementación del AP de MA del modelo CMMI en los proyectos productivos de la facultad 9 a través de criterios de expertos.

### Métodos Científicos:

#### Teóricos

- Histórico – Lógico: Con el objetivo de caracterizar el modelo CMMI y en especial el AP de MA de dicho modelo.
- Inducción – Deducción: Para generalizar el conocimiento adquirido luego de aceptada la hipótesis de la investigación y determinar que la propuesta de implementación del modelo CMMI en el AP de MA es la ideal para la mejora de la calidad en los proyectos productivos de la facultad 9.
- Analítico – Sintético: Con el objetivo de obtener, describir y comprender los antecedentes del modelo CMMI y en especial el AP de MA de dicho modelo.

#### Empíricos

- Observación: Puede realizarse cuando se identifican los problemas actuales del AP de MA en los proyectos productivos de la facultad 9.

- Entrevista: Se le puede aplicar entrevistas a trabajadores de varios proyectos o de uno en específico para identificar problemas del AP de MA en los proyectos productivos de la facultad 9.
- Encuesta: Se le puede aplicar encuestas a trabajadores de varios proyectos o de uno en específico para identificar problemas del AP de MA en los proyectos productivos de la facultad 9.

Para lograr cumplir con los objetivos, la investigación se estructuró en tres capítulos. En el primero se desarrolla la fundamentación teórica de la investigación, que sirve de base al proceso investigativo. En el segundo capítulo se lleva a cabo toda una investigación para realizar la propuesta de implementación del AP de MA en los proyectos productivos de la facultad 9. En el tercer y último capítulo se evalúa la propuesta a través de criterios de expertos.

El reto de llevar al software cubano a los primeros puestos del mercado internacional requiere mucha dedicación y un alto grado de calidad en el trabajo realizado; para alcanzar calidad en el producto software y con ello la satisfacción del cliente es importante tener un proceso de desarrollo con calidad que incluya un estricto control.

## Capítulo 1: Fundamentación Teórica.

### 1.1 Introducción.

En el presente capítulo se expondrán los principales conceptos como fundamentación teórica para sustentar el desarrollo de la investigación. Se da una introducción al modelo CMM-CMMI y al AP que se estudiará, se describen y exponen valoraciones, así como la composición y componentes de dicho modelo.

### 1.2 Conceptos Fundamentales

#### 1.2.1 Calidad.

La Calidad tiene diferentes definiciones según la evolución que ha tenido el término en su todavía reciente historia y en su abordaje por diferentes autores. Se agregan más definiciones si el término es referido como adjetivo que como sustantivo. Sin contradecir las definiciones normalizadas internacionalmente y las que han realizado distintos autores como Crosby, Juran, Taguchi, Feigenbaum, Deming, Shewhart y otros; en general considerándolo como Adjetivo Calificativo, hoy el término es utilizado asimismo como Sustantivo para denominar a una Tecnología Blanda que se aplica en Organizaciones de todo tipo y tamaño.

Según el Dr. Josep M. Juran (1904 - 2008): el padre de la moderna gestión para la calidad, expresó entre las diversas definiciones:

“Calidad: Se refiere a la ausencia de deficiencias que adopta la forma de: Retraso en las entregas, fallos durante los servicios, facturas incorrectas, cancelación de contratos de ventas, etc.”

KAORU ISHIKAWA (1915- ) plantea que: “La calidad se consigue diseñando, fabricando y vendiendo productos con una calidad determinada que satisfaga realmente al cliente que los use.”

W. EDWARDS DEMING (1900-1993) Creador del Premio Deming que gratifica a aquellas instituciones o personas que se caracterizan por su interés en implantar la calidad planteo:

“Calidad es satisfacción del cliente”.

“Calidad: grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos”. Definición ISO 9000.

David Hoyle define el término: “un grado de excelencia, la conformidad con los requerimientos, la totalidad de funciones del producto o servicio que satisfacen las necesidades especificadas, la actitud para el uso, la ausencia de defectos, imperfecciones o contaminación y el deleite de los clientes” (Hoyle, 1998)

En total concordancia con el concepto expuesto por el citado autor, David Hoyle, en lo adelante se tomará esta definición como referencia marcada por ser la más cercana al contenido a tratar. La calidad comienza con la idea, la cual es establecida por la dirección. Los ingenieros y otros deben traducir las ideas a planes, especificaciones, ensayos, producción.

### 1.2.2 Calidad de Software.

Uno de los problemas que afronta actualmente la esfera de la computación es el tema de la calidad del software. Desde décadas anteriores, este ha sido motivo de preocupación para especialistas, ingenieros, investigadores y comercializadores de software, los cuales han realizado numerosas investigaciones al respecto con dos objetivos fundamentales:

1. ¿Cómo obtener un software con calidad?
2. ¿Cómo evaluar la calidad del software?

Las definiciones citadas en el acápite anterior sustentan las bases para definir la calidad del software. Son muchos los autores que han dado algún tipo de definición, pero la más acertada sin lugar a dudas es la descrita por Roger S. Pressman, uno de los mayores exponentes en la literatura de Ingeniería de Software, en su libro: *“Ingeniería de software. Un enfoque práctico”*.

“Concordancia del software producido con los requerimientos explícitamente establecidos, con los estándares de desarrollo prefijados y con los requerimientos implícitos no establecidos formalmente, que desea el usuario”

Como ha planteado el autor, la principal actividad para alcanzar productos con calidad es lograr la concordancia del software producido con las características que se desea que tenga el sistema final que han sido previamente establecidas de forma clara y concisa por parte del usuario o cliente, cumpliendo con los estándares de desarrollo y los requisitos implícitos no establecidos.

La calidad del producto software se diferencia de la calidad de otros productos de fabricación industrial, ya que el software tiene ciertas características especiales:

- El software es un producto mental, no restringido por las leyes de la Física o por los límites de los procesos de fabricación. Es algo abstracto, y su calidad también lo es.
- Se desarrolla, no se fabrica. El coste está fundamentalmente en el proceso de diseño, no en la producción. Y los errores se introducen también en el diseño, no en la producción.
- El software no se deteriora con el tiempo. No es susceptible a los efectos del entorno, y su curva de fallos es muy diferente de la del hardware. Todos los problemas que surjan durante el mantenimiento estaban allí desde el principio, y afectan a todas las copias del mismo; no se generan nuevos errores.
- Es artesanal en gran medida. El software, en su mayoría, se construye a medida, en vez de ser construido ensamblando componentes existentes y ya probados, lo que dificulta aún más el control de su calidad. Aunque se ha escrito mucho sobre la reutilización del software, hasta ahora se han conseguido pocos éxitos tangibles.
- El mantenimiento del software es mucho más complejo que el mantenimiento del hardware. Cuando un componente hardware se deteriora se sustituye por una pieza de repuesto, pero cada fallo en el software implica un error en el diseño o en el proceso mediante el cual se tradujo el diseño en código máquina ejecutable.

- Es engañosamente fácil realizar cambios sobre un producto software, pero los efectos de estos cambios se pueden propagar de forma explosiva e incontrolada.
- Como disciplina, el desarrollo de software es aún muy joven, por lo que las técnicas de las que se disponen aún no son totalmente efectivas o no están totalmente calibradas.
- El software con errores no se rechaza. Se asume que es inevitable que el software presente errores.

### **1.2.3 Proceso.**

Un proceso es un conjunto de prácticas que se ejecutan con un propósito determinado, las cuales transforman elementos de entradas en salidas que son de valor para el cliente. El proceso puede incluir herramientas, métodos, materiales y personas. El proceso es uno de los tres puntos de apalancamiento de la mejora del desempeño de una Organización. Para mejorar el desempeño, se pueden cambiar los procesos, las personas, la tecnología o una combinación de ellos. (Huacoto, 2005)

### **1.2.4 Modelo de procesos.**

Construir un modelo de calidad es bastante complejo y es usual que estos modelos descompongan la calidad del producto software jerárquicamente en una serie de características y subcaracterísticas que pueden usarse como una lista de comprobación de aspectos relacionados con la calidad.

Un modelo de procesos es un conjunto estructurado de elementos que describen características de procesos efectivos y de calidad. Un modelo indica “Qué hacer”, no “Cómo hacer”, ni “Quién lo hace”. Un modelo de procesos es un conjunto de buenas prácticas para el ciclo de vida del software, enfocado en los procesos de gestión y desarrollo de proyectos. (Huacoto, 2005)

### **1.2.5 Evaluación y mejora de procesos.**

Han sido varias las instituciones y consorcios desarrollados teniendo como motivación la mejora de la calidad a través de la mejora del proceso. Entre los resultados de estas

entidades se encuentran recapitulaciones y catálogos de buenas prácticas y modelos de proceso basados en esas experiencias, dando lugar a una rama de investigación como es la evaluación y mejora del proceso software.

La evaluación de un proceso se define como el examen disciplinado de los procesos usados en una organización junto a un conjunto de criterios para determinar la capacidad de esos procesos para ser realizados dentro de los objetivos de calidad, coste y planificación. El propósito es caracterizar la práctica actual, identificando debilidades y fortalezas y la habilidad del proceso para controlar o evitar las causas de baja calidad, desviaciones en coste o planificación. (ISO/IEC-TR-15504-1, 1998)

La mejora de procesos no es más que el esfuerzo planificado que busca mejorar los procesos de desarrollo para obtener productos de mayor calidad, involucrando aspectos de Ingeniería y Administración, tanto a nivel de proyectos como de la Organización. Generalmente se basa en modelos existentes que contienen prácticas recomendadas y que sirven como guía para la mejora. (CCTI, 2005)

### **1.3 Introducción a CMM – CMMI**

A principios de la década del 80 el Departamento de Defensa de los Estados Unidos presentaba problemas con el pedido de desarrollo de software a otras empresas, los presupuestos se disparaban y las fechas de entrega se alargaban. Como respuesta a estos problemas se crea un instituto de ingeniería del software, por la Universidad Carnegie Mellon en 1985.

El SEI (Software Engineering Institute) es un centro de investigación y desarrollo patrocinado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América y gestionado por la Universidad Carnegie-Mellon. El instituto que creó y mantiene el modelo de calidad CMM – CMMI.

A partir de noviembre de 1986 el SEI desarrolló una primera definición de un modelo de madurez de procesos en el desarrollo de software, que se publicó en septiembre de 1987. Este trabajo evolucionó al modelo CMM o SW-CMM (CMM for Software), cuya última versión (v1.1) se publicó en febrero de 1993.



Durante los años 90, el SEI desarrolló modelos para la mejora y medición de la madurez específicos para varias áreas.

- CMM-SW: CMM for software
- P-CMM: People CMM.
- SA-CMM: Software Acquisition CMM.
- SSE-CMM: Security Systems Engineering CMM.
- T-CMM: Trusted CMM
- SE-CMM: Systems Engineering CMM.
- IPD-CMM: Integrated Product Development CMM.

Las organizaciones que utilizan CMM para mejorar sus procesos disponen de una guía útil para orientar sus esfuerzos. Además, el SEI proporciona formación a evaluadores certificados, capacitados para evaluar y certificar el nivel CMM en el que se encuentra una organización. Esta certificación es requerida por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, pero también es utilizada por multitud de organizaciones de todo el mundo para valorar a sus subcontratistas de software.

#### **1.4 Modelo CMMI.**

A mediados de la década del 90, el SEI decide unificar todos los modelos, embarcándose en un esfuerzo que culmina en el año 2002 dando origen a una nueva generación llamada CMMI (Capability Maturity Model Integration). (SEI, 2006)

La última versión de CMMI. CMMI 1.2 incluye mejoras significativas a todas las porciones del CMMI Product Suite dando así respuesta a asuntos que fueron surgiendo en la práctica con la versión anterior. Los cambios hacen foco en mejorar la calidad de los productos CMMI y la consistencia con que son aplicados. (SEI, 2006)

El modelo CMMI brinda un marco con una estructura común para todas las disciplinas (Ingeniería de software, ingeniería de sistemas, desarrollo integrado de productos, adquisición de productos, personas) y agrega una nueva forma de representación

además de una representación por niveles. La nueva forma de representación se llama Continua y está orientada a medir la mejora en los procesos de manera individual en vez de hacerlo de manera conjunta como la representación por niveles.

La preparación previa a la certificación CMMI es larga y costosa. Las organizaciones utilizan el concepto de “Evaluación interna” como paso preparatorio, esto es algo difícil de llevar a cabo para las organizaciones recién iniciadas en el tema, y no existe un soporte adecuado de herramientas que le faciliten el camino. En síntesis, el nuevo modelo trae aparejado un problema no trivial para las organizaciones, en lo referente a los costos y tiempos necesarios para la preparación previa a su adopción o a una certificación. El problema se ve más acentuado en las organizaciones pequeñas, donde los recursos económicos, humanos y temporales suelen ser menores que en las grandes organizaciones.

#### **1.4.1 Países que han optado por el modelo CMMI.**

Son varios los países que le han apostado a este modelo y que hoy son ejemplo de desarrollo y crecimiento económico. La India, uno de los países con exitosas experiencias, la ganancia bruta del sector del software comercial y las exportaciones fueron en creciente aumento, contando con 403 empresas evaluadas oficialmente en CMM y CMMI (Notiexport, 2005).

España ha pasado de no aparecer en el mapa de países con más de 10 empresas acreditadas CMMI, hace tan sólo 3 años, a ser segunda de Europa en 2007 (por delante de Reino Unido y Alemania, y detrás de Francia). Con estas acreditaciones España demuestra a nivel internacional la madurez de sus organizaciones TIC y su capacidad en gestión de proyectos y desarrollo de productos software y sistemas. (Noticias.Info, 2008). XERIDIA ejemplo de empresa con un marcado perfil tecnológico radicada en Madrid, certificada CMMI nivel 2. Ha obtenido beneficios en la mejora de procesos (especialmente: QA/MA/CM/PMC), mejora en la estimación y una mayor transparencia en el seguimiento y control de proyectos.

China en la actualidad con más evaluaciones CMMI que la India se perfila como potencia mundial en el desarrollo de software con Parques Tecnológicos en diversas ciudades y

Laboratorios de Universidades patrocinados por empresas privadas (SUN, Intel, IBM, CISCO, Oracle, Microsoft, Motorola, etc.). (Serrano, 2007)

Los países subdesarrollados o en vías al desarrollo no se quedan detrás, tomando como ejemplo Suramérica: Argentina en el puesto 12 por encima de países muy desarrollados como Canadá y Australia, y en segundo lugar en América Latina después de Brasil el líder de la región latinoamericana, demuestra con sus esfuerzos de posicionarse como exportador de software de calidad el prestigio de sus instituciones de software (2008). México, Chile y Colombia, este último con grandes metas por alcanzar un lugar valioso y gracias a recursos conseguidos mediante cooperación con la United States Agency for International Development USAID y la agencia The Service Group TSG ya cuenta con dos empresas con nivel 2, nueve nivel 3, y dos en los niveles 4 y 5 (Tecnalia, 2008).

Las empresas que han conseguido implementar algún nivel de CMMI lo han realizado con una concepción escalonada del mismo modelo que ofrece un método estructurado y sistemático de mejoramiento de procesos, que implica mejorar por etapas o niveles. Según esta representación un nivel de madurez está compuesto por áreas de procesos en donde los objetivos asociados a ese nivel deben ser cumplidos para que la organización pueda certificarse en aquel nivel de madurez. No se tiene referencia internacional o antecedentes de instituciones que hayan expuesto sus experiencias en algún nivel en la versión continua, o sea, que hayan presentado su situación mejorado alguna de sus áreas de procesos de forma individual como pudiera ser el caso de la MA de dicho modelo.

#### **1.4.2 Descripción del modelo CMMI.**

CMMI se asienta en el principio de que la calidad de un producto o de un sistema es en su mayor parte consecuencia de la calidad de los procesos empleados en su desarrollo y mantenimiento (De La Villa, 2004).

Este modelo establece un conjunto de prácticas o procesos clave agrupados en áreas de proceso. Para cada área de proceso define un conjunto de buenas prácticas que se relacionan a continuación:

- Definidas en un procedimiento documentado.
- Provistas (la organización) de los medios y formación necesaria.

- Ejecutadas de un modo sistemático, universal y uniforme (institucionalizadas).
- Medidas.
- Verificadas.

Las prácticas que deben ser realizadas por cada AP están organizadas en 5 características comunes, las cuales constituyen propiedades que indican si la implementación y la institucionalización de un proceso clave es efectivo, repetible y duradero.

1. Compromiso de la realización.
2. La capacidad de realización
3. Las actividades realizadas.
4. Las mediciones y el análisis.
5. La verificación de la implementación.

Identifica 22 áreas de procesos agrupadas en 4 categorías según su finalidad: Gestión de proyectos, Ingeniería, Gestión de procesos y Soporte. Las áreas de procesos son un conjunto de prácticas relacionadas que son ejecutadas para conseguir una serie de objetivos.

**Tabla 1 Áreas de proceso de CMMI**

Áreas de Proceso	Categoría	Nivel de Madurez
Análisis y resolución de problemas	Soporte	5
Gestión de la configuración	Soporte	2
Análisis y resolución de decisiones	Soporte	3
Gestión integral de proyecto	Gestión de proyectos	3
Medición y Análisis	Soporte	2

Innovación y desarrollo	Gestión de procesos	5
Definición de procesos	Gestión de procesos	3
Procesos orientados a la organización	Gestión de procesos	3
Rendimiento de los procesos de la organización	Gestión de procesos	4
Formación	Gestión de procesos	3
Integración de producto	Ingeniería	3
Monitorización y control de proyecto	Gestión de proyectos	2
Planificación de proyecto	Gestión de proyectos	2
Gestión calidad procesos y productos	Soporte	2
Gestión cuantitativa de proyectos	Gestión de proyectos	4
Desarrollo de requisitos	Ingeniería	3
Gestión de requisitos	Ingeniería	2
Gestión de riesgos	Gestión de proyectos	3
Gestión y acuerdo con proveedores	Gestión de proyectos	2
Solución técnica	Ingeniería	3
Validación	Ingeniería	3
Verificación	Ingeniería	3

### 1.4.3 Formas de representación. Escalonada y Continua.

Este modelo presenta 2 versiones equivalentes las cuales serán llevadas a cabo en una empresa en dependencia de sus características y prioridades de mejora:

- La versión escalonada: es una aproximación que usa un conjunto predefinido de áreas de procesos para definir un camino para la mejora de una organización estableciendo 5 niveles de madurez o escalones.
- La versión continua: es una aproximación que permite que una organización seleccione un área específica para mejorar. Esta representación usa 6 niveles de capacidad para caracterizar una mejora relativa a un AP individual.

#### 1.4.4 Niveles de Madurez y Capacidad

En la versión escalonada o centrada en la madurez de la organización, la selección de las áreas de proceso está prefijada, existiendo siete AP para el nivel de madurez 2, once para el 3, dos para el 4 y dos más para el 5.

Niveles de Madurez en la versión escalonada: (Figura 1).

**Nivel 1: Inicial** Procesos impredecibles, pobremente controlados y reactivos. Pocas actividades están definidas y el éxito de los proyectos depende del esfuerzo individual. Hay carencia de procedimientos formales, estimaciones de costos, planes del proyecto y mecanismos de administración para asegurar que los procedimientos se siguen.

**Nivel 2: Gestionado** Procesos caracterizados en proyectos y acciones reactivas con frecuencia. Son establecidas las actividades básicas para la administración de proyectos de software para el seguimiento de costos, programación y funcionalidad. El éxito está en repetir prácticas que hicieron posible el éxito de proyectos anteriores, por lo tanto hay fortalezas cuando se desarrollan procesos similares, y gran riesgo cuando se enfrentan nuevos desafíos.

**Nivel 3: Definido** Procesos caracterizados en la Organización, y con acciones proactivas. Las actividades del proceso de software para la administración e ingeniería están documentadas, estandarizadas e integradas en un proceso de software estándar para la Organización.

**Nivel 4: Gestionado cuantitativamente** Los procesos son medidos y controlados. Se registran medidas detalladas de las actividades del Proceso y calidad del Producto. El proceso de software y el producto son entendidos cuantitativamente y controlados.

**Nivel 5: Optimizado** Enfoque continuo en la mejora de procesos. Existe una mejora continua de las actividades, las que se logran a través de la regeneración con las áreas de procesos y también a partir de ideas innovadoras y tecnología. La recolección de datos es automatizada y usada para identificar elementos más débiles del proceso. Se hace un análisis riguroso de causas y prevención de defectos.



**Figura 1 Niveles de madurez de CMMI en la versión escalonada**

CMMI establece 6 niveles en la versión continua para determinar la capacidad para cada una de las 22 áreas de proceso implicadas en la ingeniería de sistemas. La organización puede decidir cuáles son las AP que quiere mejorar determinando así su perfil de capacidad.

Niveles de Capacidad para su representación continua: (Figura 2).

**Nivel 0: Incompleto** El proceso no se realiza o no se consiguen sus objetivos.

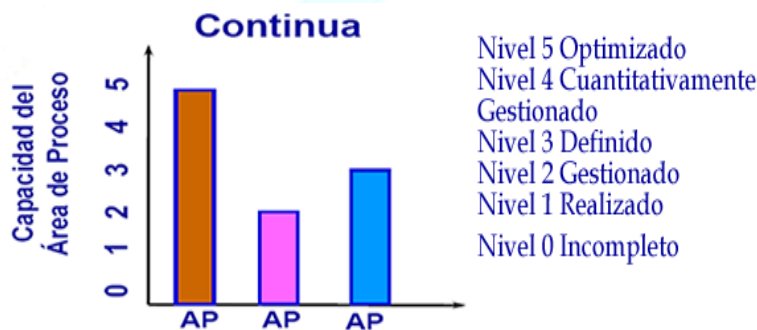
**Nivel 1: Realizado** Se lleva a cabo el proceso y se logra su objetivo.

**Nivel 2: Gestionado** Además de ejecutarse, el proceso se planifica, se revisa y se evalúa para comprobar que cumple los requisitos.

**Nivel 3: Definido** Además de ser un proceso “gestionado” se ajusta a la política de procesos que existe en la organización, alineada con las directivas de la empresa.

**Nivel 4: Cuantitativamente gestionado** Además de ser un proceso definido se controla utilizando técnicas cuantitativas.

**Nivel 5: Optimizado** Además de ser un proceso cuantitativamente gestionado, de forma sistemática se revisa y modifica para adaptarlo a los objetivos del negocio.



...para una simple área o conjunto de áreas de proceso.

Figura 2 Niveles en la versión continua para determinar la capacidad de un proceso

#### 1.4.5 ¿Por qué utilizar la continua y no la escalonada?

Consecuentemente al evaluar a una organización se puede hacer sobre la dimensión de su madurez, estableciendo cuál es el nivel que ha alcanzado o sobre la dimensión de la capacidad, reflejando cuál es el nivel de cada una de las áreas de procesos contempladas por el modelo. (Figura 3)

La representación que se utilizará para el proceso de mejora de la calidad de los proyectos productivos de la facultad 9 que se desea implementar es la continua ya que brinda la posibilidad de dar una dimensión mayor de la capacidad del AP de MA, no así la



representación escalonada que para alcanzar un nivel 2 de madurez se tendrían que mejorar siete áreas de procesos ya establecidas.

Esta representación ofrece un enfoque flexible al mejoramiento de procesos, una empresa puede escoger el mejorar el desempeño de algún proceso en específico que esté causando problemas, o puede trabajar en diferentes áreas que estén alineadas a sus objetivos de negocios. La representación continua también le permite a las organizaciones mejorar varios procesos al mismo tiempo, pero en diferentes niveles, aunque existan algunas limitaciones en la selección, debido a las dependencias existentes entre algunas áreas de proceso. Ayuda a las organizaciones a dirigir su capacidad de mejora concentrándose en aquellas áreas que son críticas para su negocio. (Hernández Parro, 2007)

La representación continua ayuda a integrar organizaciones (o áreas dentro de una misma compañía) en un programa de mejora común cuando presentan diferentes grados de institucionalización (o incluso de metodologías o modelos diferentes). Cada una de ellas presentando un perfil (de capacidad) diferente y pudiéndose establecer objetivos (de capacidad) diferentes. (Hernández Parro, 2007)

## Niveles de Madurez y Capacidad

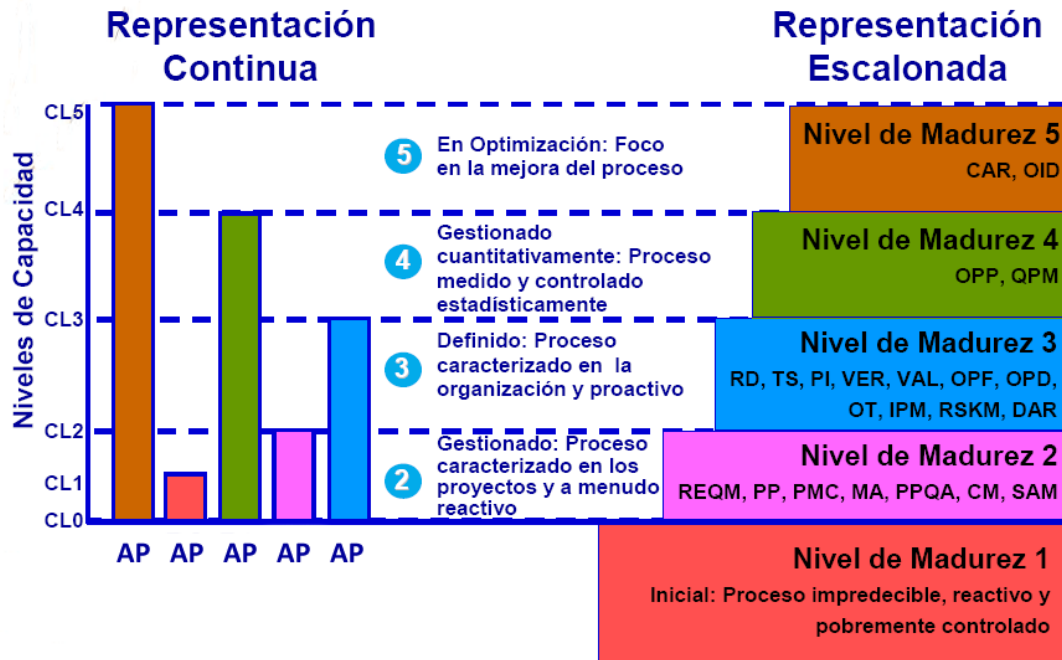


Figura 3 Niveles de Madurez y Capacidad

### Ventajas de la representación continua: (Hernández Parro, 2007)

- Apropia para:
  - ❖ Empresas con recursos limitados para la mejora.
  - ❖ Diferentes entidades con diferentes grados de institucionalización.
- Permite un grado de flexibilidad y adecuación máximo para la mejora del negocio (“máximo retorno de la inversión en mejora”).
- Permite desplegar “high maturity” de forma más rápida.

### Riesgos de la representación continua: (Hernández Parro, 2007)

- Falta de conocimiento de cómo el modelo CMMI pueda ayudar a la mejora del negocio (selección de áreas no críticas).
- Relaciones y dependencias entre las áreas de procesos más difíciles de identificar.
- Dificultad para establecer prioridades.

- Grandes logros no claros.

#### 1.4.6 Componentes del modelo CMMI.

Los componentes del modelo CMMI están estructurados en: requeridos, esperados, informativos y las áreas de proceso.

Las **Áreas de Proceso** son un conjunto de prácticas relacionadas que son ejecutadas de forma conjunta para conseguir un grupo de objetivos.

##### Componentes Requeridos

- **Metas genéricas (GG):** Las metas genéricas asociadas a un nivel de capacidad establecen lo que una organización debe alcanzar en ese nivel de capacidad.

El logro de cada una de esas metas en un AP significa mejorar el control en la ejecución del AP.

- **Metas específicas (SG):** Las metas específicas se aplican a una única área de proceso y localizan las particularidades que describen qué se debe implementar para satisfacer el propósito del área de proceso.

##### Componentes Esperados

- **Práctica genérica (GP):** Una práctica genérica se aplica a cualquier área de proceso porque puede mejorar el funcionamiento y el control de cualquier proceso.
- **Práctica específica (SP):** Una práctica específica es una actividad que se considera importante en la realización del objetivo específico al cual está asociado.

Las prácticas específicas describen las actividades esperadas para lograr la meta específica de un AP.

**Componentes Informativos**

- **Sub-prácticas:** Una sub-práctica es una descripción detallada que sirve como guía para la interpretación de una práctica genérica o específica.
- **Ampliaciones de disciplina:** Las ampliaciones contienen información relevante de una disciplina particular y relacionada con una práctica específica.
- **Elaboraciones de prácticas genéricas:** Una elaboración de una práctica genérica es una guía de cómo la práctica genérica debe aplicarse al área de proceso.

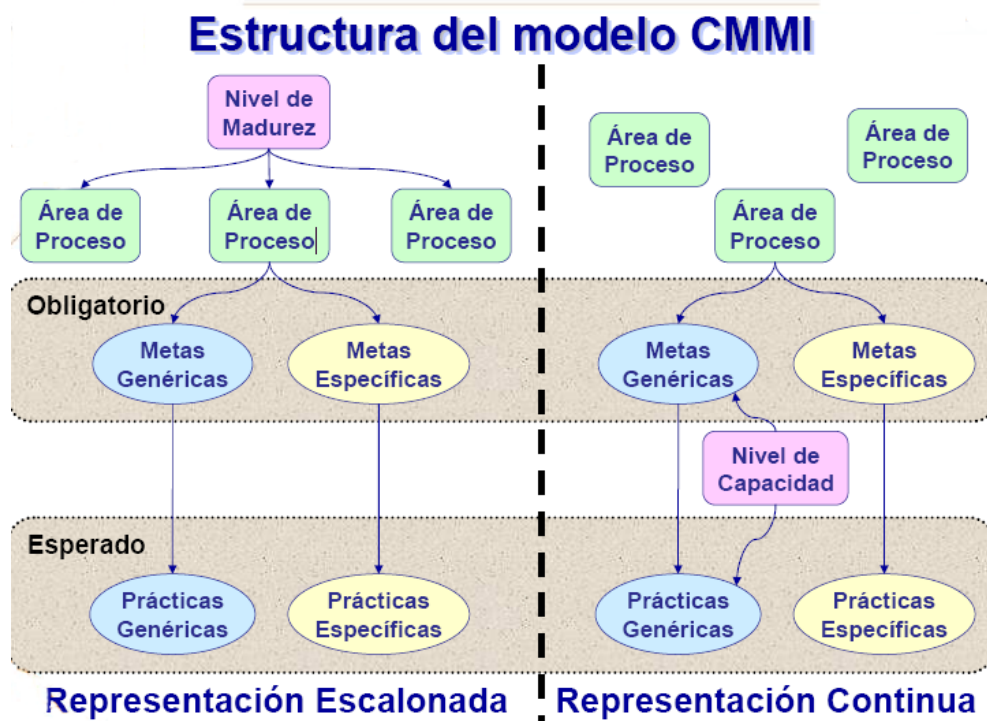


Figura 4 Estructura del modelo CMMI

**1.5 Área de procesos Medición y Análisis. Descripción.**

Esta AP tiene como objetivo desarrollar y sostener una capacidad de medición que sea usada para ayudar a las necesidades de información de la gerencia (Gracia, 2003). El proceso de medición le señala a la empresa el camino correcto para que ésta logre

cumplir con las metas establecidas. Permite además que la gerencia evalúe el desempeño de sus desarrolladores así como el estado de los procesos que son realizados dentro del proyecto, al mismo tiempo controlar las actividades realizadas por el grupo de desarrollo a la vez que se distribuyen de manera correcta los recursos necesarios para llevar a cabo un adecuado proceso de desarrollo.

Es una de las áreas de proceso de Soporte, dando la oportunidad de cubrir las actividades que apoyan el desarrollo y mantenimiento del producto. Las áreas de proceso de Soporte orientan los procesos que se usan en el contexto de rendimiento de otros procesos y van hacia el objeto del mismo, y pueden orientar procesos que se aplican más generalmente a la organización.

Otro aspecto fundamental relacionado con la medición es trabajar en el mejoramiento continuo de los procesos y recursos del proyecto, como resultado de ello la gerencia podrá identificar cuáles son los aspectos que están funcionando correctamente y cuáles no, de modo que las decisiones, desde las más sencillas hasta las más complejas, sean posibles de tomar a partir de la existencia de información aportada por el proceso de medición.

El AP de MA envuelve:

- Especificar los objetivos de MA tal como se alineen con los objetivos y necesidades de información identificadas.
- Especificar los mecanismos de medición, colección y almacenamiento de datos, técnicas de análisis e informes y mecanismos de retroalimentación.
- Implementar la colección, almacenamiento, análisis e informes de datos.
- Proveer resultados objetivos que pueden usarse toma de decisiones informadas y toma apropiada de acción correctiva.

Las actividades de integración de los procesos de MA en el proyecto soportan:

- Planeación y estimación objetiva.
- Rastreo de rendimiento actual contra planes y objetivos establecidos.

- Identificar y resolver problemas relacionados con procesos.
- Proveer una base para incorporar medición en los procesos adicionales en el futuro.

El personal exigido para implementar una capacidad de medición puede o no emplearse en un programa separado en toda la organización. La capacidad de medición puede integrarse en proyectos individuales u otras funciones organizacionales (por ejemplo, Aseguramiento de Calidad).

El enfoque inicial para las actividades de medición está a nivel de proyecto. Sin embargo, una capacidad de medición puede demostrar utilidad para orientarse a las necesidades de información total de la organización o empresa.

Los proyectos pueden escogerse para guardar datos y resultados de proyecto específicos y resultados en un almacén de proyecto específico. Cuando los datos son ampliamente compartidos por los proyectos, pueden residir en el almacén de medición de la organización.

Áreas de Proceso relacionadas:

- **Planificación de Proyecto:** para más información de estimación de atributos y otras necesidades de información de planificación.
- **Supervisión y Control de Proyecto:** para más información de Supervisar necesidades de información de rendimiento de proyecto.
- **Gestión de Configuración:** para más información de gestión de medición de productos de trabajo.
- **Desarrollo de Requisitos:** para más información de encontrar requisitos de clientes y necesidades de información relacionada.
- **Gestión de Requisitos:** para más información de mantener trazabilidad de requisitos y necesidades de información relacionada.

- **Definición Organizacional de Proceso:** para más información de establecer una biblioteca de mediciones de la organización.
- **Gestión Cuantitativa de Proyecto:** para más información de entender variación y el uso apropiado de técnicas de análisis estadístico.

**Tabla 2. Área de proceso de medición y análisis.**

**Metas Específicas**

SG 1 Alinear las actividades de Medición y Análisis.

Los objetivos y actividades de medición se alinean con las necesidades de información y objetivos identificados.

SG 2 Proveer resultados de medición.

Los resultados de Medición que orientan las necesidades de información y objetivos identificados se proveen.

**Metas Genéricas**

GG 1 Lograr objetivos concretos.

El proceso apoya y permite el logro de los objetivos específicos del área de proceso mediante la transformación de insumos de trabajo para producir los productos de salida.

GG 2 Institucionalizar un proceso gestionado.

El proceso es institucionalizado como un proceso gestionado.

**La práctica-a-Cuadro Relación Meta**

SG 1 Alinear las actividades de medición y análisis.

SP 1.1-1 Establecer objetivos de medición.

SP 1.2-1 Especificar medidas.

SP 1.3-1 Especificar procedimientos de recolección y almacenamiento de datos.

SP 1.4-1 Especificar los procedimientos de análisis.

SG 2 Presentar resultados de las mediciones.

SP 2.1-1 Coleccionar datos de medición.

SP 2.2-1 Analizar los datos de medición.

SP 2.3-1 Almacenar datos y resultados.

SP 2.4-1 Comunicar resultados.

GG 1 Lograr objetivos concretos.

GP 1.1 Base realizar prácticas.

GG 2 Institucionalizar un proceso.

GP 2.1 Establecer una política organizacional.

GP 2.2 Planear el Proceso.

GP 2.3 Proporcionar recursos.

GP 2.4 Asignar responsabilidad.

GP 2.5 Capacitar al personal.

GP 2.6 Administrar Configuraciones.

GP 2.7 Identificar e implicar a las partes interesadas pertinentes.

GP 2.8 Supervisar y controlar el proceso.

GP 2.9 Evaluar objetivamente el cumplimiento.

GP 2.10 Estado de revisión con mayor nivel de gestión.

## 1.6 Proceso de Medición.

El proceso de medición es conducido por las necesidades de información del proyecto en general. La medición del software brinda una visión cuantitativa de cómo se ha ido



desarrollando el proceso de desarrollo y si hay deficiencias en el mismo, dando la posibilidad de detectarlas y corregirlas a tiempo. (Gestión de Software, 2008)

¿Para qué medir el software?

- Para indicar la calidad del producto.
- Para evaluar la productividad de las personas.
- Para evaluar los beneficios derivados del uso de nuevos métodos y herramientas.
- Para establecer una línea de base para la estimación.
- Para justificar el uso de nuevas herramientas y la necesidad de formación.

¿Para qué sirve la medición?

- Caracterizar
- Evaluar
- Predecir
- Mejorar

#### Conceptos importantes

“La **medición** permite tener una visión profunda proporcionando un mecanismo para la evaluación objetiva”. (Gestión de Software, 2008)

“La **medida** proporciona una indicación cuantitativa de la extensión, cantidad, dimensiones, capacidad o tamaño de algunos atributos de un proceso o producto”. (Gestión de Software, 2008)

“La **métrica** es una medida cuantitativa del grado en que un sistema, componente o proceso posee un atributo dado”. (Gestión de Software, 2008)

“Un **atributo** es una entidad la cual puede ser verificada o medida en el producto software.” (Gestión de Software, 2008)

Se recopilan medidas y desarrollan métricas para obtener indicadores. Un **indicador** es una métrica o una combinación de métricas que proporcionan una visión profunda del proceso del software, del proyecto software o del producto en sí. (Gestión de Software, 2008)

Los principios fundamentales que deben seguir las métricas según el Proceso Unificado de Rational son: (Gestión de Software, 2008)

- Las métricas deben ser simples, objetivas, fáciles de coleccionar, fáciles de interpretar y difíciles de malinterpretar.
- La colección de las métricas debe ser automática y no intrusiva, o sea, no interferir en las actividades de los desarrolladores.
- Las métricas deben contribuir a la evaluación de la calidad temprana en el ciclo de vida, cuando los esfuerzos por mejorar la calidad del software son efectivos.
- Los valores absolutos y las tendencias de las métricas, deben ser usadas activamente por el personal administrativo y el personal ingenieril, para comunicar progreso y calidad en un formato coherente.
- La selección de un mínimo o más extensivo conjunto de métricas, dependerá de las características y contexto del proyecto: Si es muy grande o si tiene restricciones de seguridad o de confiabilidad de los requerimientos; y si el equipo de desarrollo y de evaluación es conocedor de las métricas, lo cual hará muy útil coleccionar y analizar las métricas técnicas.
- Indicar la calidad del producto es una de las razones para medir un producto software, además de evaluar la productividad del personal involucrado en el desarrollo del mismo, evaluar los beneficios en cuanto a la productividad y la calidad y poder establecer una línea base para la estimación.

### **1.7 Influencia del Proceso de Software en Equipo/ Proceso Personal de Software en la implantación de CMMI.**

CMMI da ejemplos de procesos y prácticas a nivel organizacional, no provee detalles específicos para los desarrolladores de software y los equipos que integran. Allí es donde entran en juego modelos de un nivel más bajo que ayuden a implementar las prácticas identificadas en CMMI. Ejemplos de ellos serían el Personal Software Process (PSP) y el Team Software Process (TSP), los cuales fueron desarrollados también dentro del SEI en

1998 por Watts Humphrey para complementar el «qué hacer» del CMMI - CMM en ese entonces— y acelerar la adopción proveyendo el «cómo hacerlo». (López, 2007)

### 1.7.1 Proceso Personal de Software.

PSP es un modelo de mejora del proceso software formado por un conjunto estructurado de descripciones de procesos, de mediciones y de métodos basado en la aplicación de métodos avanzados y tradicionales de ingeniería al desarrollo de software y orientado a la mejora individual de cada ingeniero de software (Humphrey, 2000).

PSP se concentra en las prácticas de trabajo de los ingenieros en una forma individual. El principio detrás de PSP es éste, servir para producir software de calidad, cada ingeniero debe trabajar en la necesidad de realizar trabajo de calidad. Se diseñó para ayudar a profesionales del software para que utilicen constantemente prácticas sanas de ingeniería de software. Les enseña a cómo planear y darle un seguimiento a su trabajo, a utilizar un proceso bien definido y medido, a establecer metas medibles, y finalmente a la utilización del rastreo constante para alcanzar dichas metas. Les demuestra a los ingenieros a cómo manejar la calidad desde el principio del trabajo, a cómo analizar los resultados de cada trabajo, y a cómo utilizar los resultados para mejorar el proceso del proyecto siguiente. (SEI, 2007)

Para desarrollar software de alta calidad, cada componente individual también debe de contar con la más alta calidad posible. La estrategia total de PSP es cerciorarse de que todos los componentes individuales se desarrollan con la más alta calidad. PSP logra esto proporcionando un marco de proceso personal ya definido que el programador puede utilizar. Este marco es: (SEI, 2007)

- Desarrollar un plan para cada proyecto y/o componente.
- Registrar su tiempo de desarrollo.
- Registrar sus defectos
- Conservar sus datos en informes del proyecto
- Utilizar sus datos para planear los proyectos y/o los componentes futuros.

- Analizar sus datos para desarrollar sus procesos con más calidad para mejorar su funcionamiento.

El proceso personal de software fue diseñado para ayudar y guiar a los ingenieros de software a realizar bien su trabajo y haciendo esto pueden llegar a cubrir las AP requeridas. PSP también muestra cómo aplicar métodos avanzados de ingeniería a sus proyectos y/o deberes diarios. Asimismo provee métodos de estimación y de planeación muy bien detallados que son necesarios para dar un seguimiento a su trabajo.

PSP tiene una gran concordancia con el objetivo principal de la MA que propone CMMI, que no es más que desarrollar y sostener una capacidad de medición que sea usada para ayudar a las necesidades de información de la gerencia. Esta capacidad de medición en parte puede ser adquirida si se aplica el marco de proceso personal que propone PSP.

### **1.7.2 Proceso de Software en Equipo.**

El desarrollo de un software no depende exclusivamente de una persona, por lo general se trabaja en equipo para obtener un producto o servicio, y por este motivo es necesario lograr cierta disciplina, respeto y colaboración de todos los miembros para obtener un resultado con calidad.

TSP es un método de establecimiento y mejora del trabajo en equipo para procesos software. El cual proporciona directrices para ayudar a un equipo a establecer sus objetivos, a planificar sus procesos y a revisar su trabajo con el fin de que la organización pueda establecer prácticas de ingeniería avanzadas y así obtener productos eficientes, fiables y de calidad. Además, un objetivo de TSP es proporcionar al equipo un entorno que soporte el trabajo según establece PSP (Humphrey, 2000).

Principios Básicos de TSP: (Dpto.Gestión\_Software\_UCI, 2009)

- 1- El aprendizaje es más efectivo cuando se sigue un proceso bien definido y se tiene una rápida retroalimentación.
  - Los formularios y los guiones de TSP proporcionan una armazón repetitiva, medible y definida para hacer ingeniería de software en equipo.

- TSP proporciona una rápida retroalimentación porque el equipo produce el producto en varios ciclos cortos de desarrollo y evalúa el resultado después de cada ciclo.

2- Un trabajo productivo en equipo requiere una combinación de metas específicas, un ambiente de trabajo que lo soporte, una dirección capaz y un liderazgo.

- La meta del equipo es elaborar un producto que funcione.
- El TSP proporciona un ambiente con soporte adecuado donde uno de los miembros del equipo será el líder y el instructor proporciona el entrenamiento.

3- Cuando uno se ha enfrentado con problemas de proyectos reales y han estado guiados hacia soluciones efectivas se aprecian los beneficios de estas prácticas sólidas de desarrollo.

- Sin la guía precisa del TSP se gasta mucho tiempo en definir las propias prácticas, métodos y roles.

4- La instrucción es más efectiva cuando tiene lugar en alguien dotado con un conocimiento anterior.

- Experiencia con equipo de software.
- Cursos de equipos de software.

TSP es una serie de métodos que pueden ayudar a los equipos de Ingenieros a desarrollar sistemas. CMMI provee la estructura de mejoramiento necesaria para el trabajo de Ingeniería. PSP provee la disciplina de Ingeniería que los Ingenieros necesitan para utilizar un proceso definido, planificado y medido. (Figura 5)

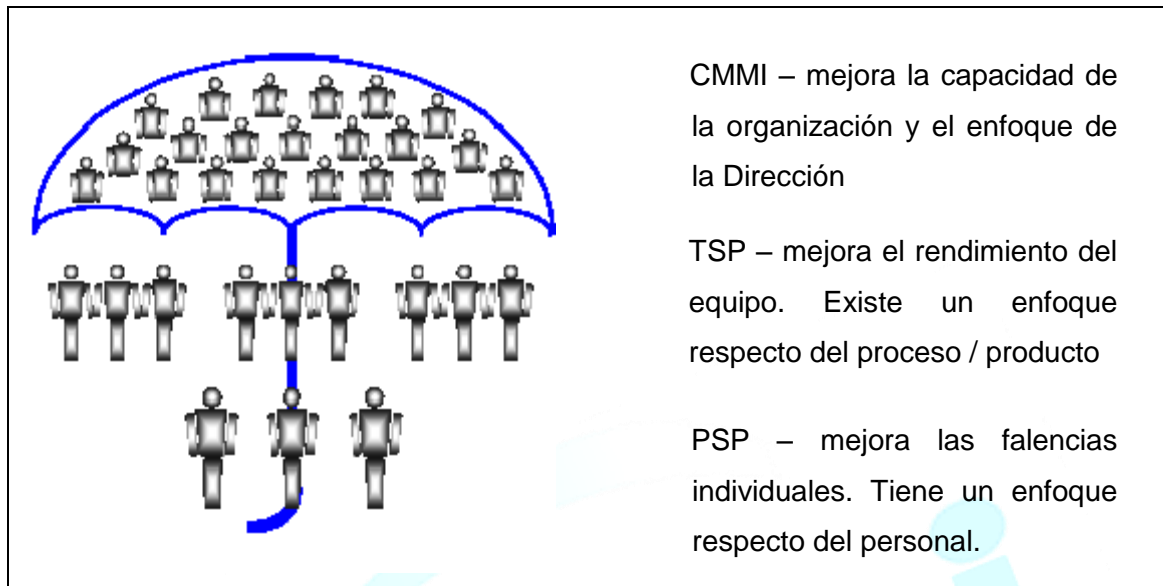


Figura 5 Relación CMMI, TSP y PSP.

### 1.8 Conclusiones parciales.

La actual necesidad de la industria del software por mejorar su competitividad fuerza a la búsqueda de la mejora continua de sus procesos. Para conseguirlo, es necesaria una gestión exitosa de dichos procesos, lo que implica su correcta definición, ejecución, medición, control y mejora. Entre estas fases del ciclo de vida de los procesos destaca la medición, que ayuda a controlar los errores y carencias dentro del desarrollo y mantenimiento del software facilitando la toma de decisiones. De hecho, la medición se ha convertido en un aspecto fundamental de la Ingeniería del Software (Mora, y otros, 2008). El modelo de mejora de procesos CMMI define dentro de sus áreas de proceso la MA, la cual enseña el camino para el logro de la meta de obtener productos de calidad en la facultad 9.

## Capítulo 2 Presentación de la propuesta.

### 2.1 Introducción.

En este capítulo se presenta una descripción general del proceso productivo de la facultad 9, en la que se realizará la propuesta de implementación del AP de MA del modelo CMMI. Además se detallan algunos de los problemas fundamentales que afectan el mencionado proceso en la facultad, llevando esto consigo el desarrollo de un procedimiento de ejecución para la implantación del área del modelo de calidad.

### 2.2 Proceso productivo en la facultad.

La facultad 9 ha sentido la importancia de que sus productos tengan calidad asegurada, por lo cual se esfuerza cada día para obtenerla. Con una matrícula de 984 estudiantes, la facultad cuenta con 408 de ellos vinculados directamente a algún proyecto productivo, representando el 41.46 % y conjuntamente con estos, 81 profesores. (DirecciónCalidad, 2008)

Sus 19 proyectos están divididos en polos:

- Geoinformática con dos proyectos.
- Petrosoft con cuatro proyectos.
- Simulación de Procesos Industriales constituido por un proyecto.
- Video y Sonido Digital con 12 proyectos

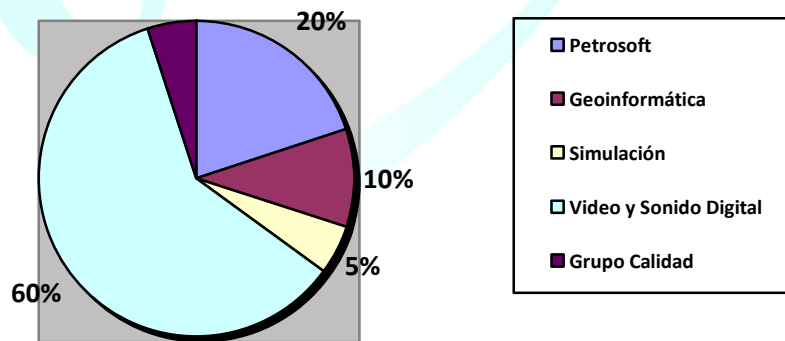
Además se encuentra el grupo de aseguramiento de la calidad que aunque no está catalogado como un polo por su constitución, si forma parte de todo el proceso productivo.

**Tabla 3 Proyectos productivos de la facultad 9** (DirecciónCalidad, 2008)

<b>1. SGDG</b>
<b>2. GSIG</b>
<b>3. Sistema de Información de Perforación de Pozos para empresas petroleras (SIPP)</b>
<b>4. Conceptualización de Soluciones para Refinerías</b>

5. Sistema de Facturación y Cobro para la Empresa de Gas Manufacturado
6. Sistema de Información de Producción para Empresas Petroleras
7. Canal Informativo MENPET (TV Energía)
8. Plataforma de VideoWeb
9. Agencia Cubana de Noticias (ACN v 2.0)
10. Plataforma de Transmisión de TV y Radio
11. Plataforma de Televisión Informativa (PRIMICIA)
12. Canal Informativo para la Asamblea Nacional de Venezuela
13. Centro Virtual de Auto aprendizaje de Lenguas Extranjeras (CEVALE)
14. UCICuest
15. UCITeVe
16. Monitoreo de Radio y Televisión (SMRTV)
17. Sistema de gestión de procesos para la dirección de televisión universitaria (SGP-DTU).
18. Captura y Catalogación de Medias
19. Sistema Termo-Azúcar(STA)

**Geoinformática    Petrosoft    Simulación    Video y Sonido Digital**



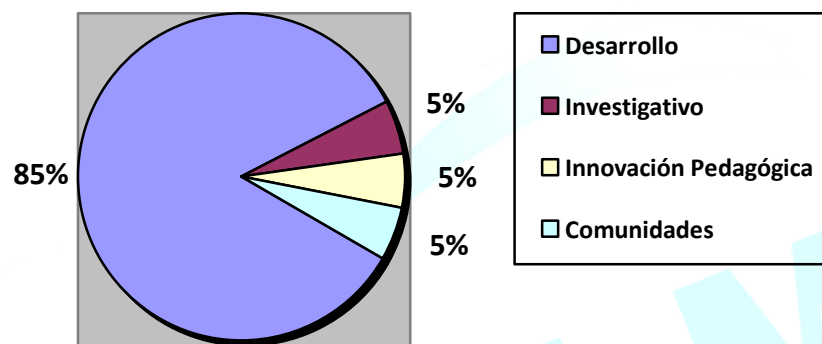
**Figura 6 Distribución de proyectos por polos**

Video y Sonido Digital es el polo productivo con mayor cantidad de proyectos, llegando a representar el 60% del total.



*Clasificación de los proyectos de acuerdo al trabajo que realizan y la cantidad vinculada a cada tipo: (DirecciónCalidad, 2008).*

- Desarrollo 16.
- Investigativo 1.
- Innovación Pedagógica 1.
- Comunidades 1.



**Figura 7 Distribución de proyectos por tipo de trabajo que realizan**

Como se puede apreciar los proyectos de desarrollo representan el 85% del total, cifra significativa que demuestra el nivel que existe en la producción y en qué tipo de trabajo se encamina la misma. Este dato conlleva además a la necesidad de contar con un proceso de desarrollo de software bien definido, estructurado y con un alto grado de organización. La calidad debe ser premisa fundamental para el éxito de los objetivos trazados por la facultad.

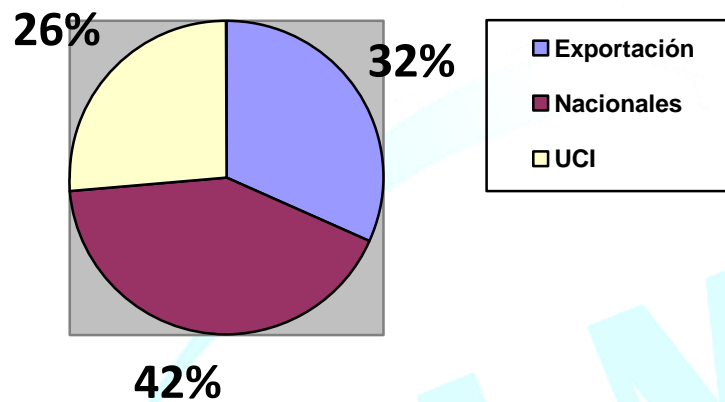
*Clasificación de los proyectos de acuerdo al tipo de producto y la cantidad vinculada a cada tipo: (DirecciónCalidad, 2008).*

- Dos de Aplicación Informática Clásica
- Once Productos
- Uno Instalación y Montaje
- Uno Capacitación
- Uno Asesoría

- Tres del Canal Informativo.

Atendiendo al tipo de clientes: (DirecciónCalidad, 2008).

- Seis de exportación
- Ocho nacionales
- Cinco UCI.



**Figura 8 Distribución de proyectos por tipo de cliente**

Si sumamos los proyectos de exportación y los nacionales, la cifra representa el 74% del total de proyectos en los que está trabajando la facultad, monto cuantitativo que da el nivel de compromiso que deben tener los mismos con estos clientes externos.

El proceso productivo en la facultad es complicado dado a la diversidad de proyectos de acuerdo al trabajo que realizan, al tipo de producto y clientes, pero al mismo tiempo existe un gran porcentaje de uniformidad: la metodología que más se utiliza en la facultad es el Proceso Unificado de Rational (RUP) en 16 de ellos, ya 15 proyectos cuentan con fecha fin planificada (DirecciónCalidad, 2008). A pesar de contar con estas estadísticas, para un buen funcionamiento es necesario tener un alto nivel de información que sea usada en la toma de decisiones por los directivos según la estructura de administración y control.

### **2.3 Problemas que afectan el buen funcionamiento de la medición y análisis.**

Para detectar un número de deficiencias en cuanto a las necesidades de información dado por el mal funcionamiento o la ausencia del proceso de MA se emplearon técnicas que permitieron fundamentar la investigación, algunas de ellas fueron:

#### **2.3.1 La revisión de documentos**

Se utiliza para recoger la información que se encuentra registrada en un documento establecido. (Howard, 2005)

Se tuvo como referencia el Diagnóstico 2008 realizado por la Dirección de Calidad de la Universidad, el cual arrojó resultados significativos según encuestas realizadas:

- ❖ Se conoció el valor que tomaron los indicadores que influyen en el éxito potencial de los proyectos.



Figura 9 Representa el valor con que influye cada indicador en el éxito potencial de los proyectos

A percepción de los encuestados, a mayor valor del indicador, muestra que influye de manera más significativa en los proyectos para alcanzar el éxito potencial. (DirecciónCalidad, 2008).

Según los datos obtenidos, quedó la planificación como el de mayor influencia en los proyectos para alcanzar el objetivo final. Es necesario dejar a un lado la frase “el software está cuando esté”, hay que planificar con la realidad y tomar en cuenta que una donación de tiempo de trabajo tiene un costo, por lo tanto no hay que desperdiciarlo. Planificar

razonablemente el uso de recursos y tiempo para la realización de un proyecto, debe actualizarse conforme se avance el proyecto y deberá tomar en cuenta escenarios a favor como en contra. La medición y el análisis juegan un papel fundamental, acopiar datos y seleccionar indicadores que permitan medir la evolución de los procesos críticos del proyecto, comparar lo real y lo planificado.

- ❖ Respecto a los resultados por los indicadores se realizó la representación de la puntuación que obtuvo cada polo de la facultad para obtener el éxito potencial.

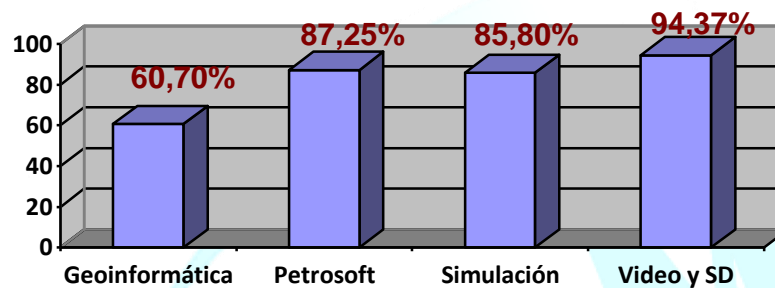


Figura 10 Puntuación que obtuvo cada polo para obtener el éxito potencial

Los que más baja puntuación alcanzaron, presentan menos posibilidad de éxito. En este caso se encuentra el polo de Geoinformática con no solo la menor puntuación en la facultad, sino también el de menor porcentaje en la Universidad. (DirecciónCalidad, 2008). Para facilitar y promover la mejora continua de sus procesos, la facultad requiere llevar a cabo la medición del software de manera efectiva y consistente. Esto implica la necesidad de una disciplina para la medición y análisis de datos y la definición, recopilación y análisis de medidas sobre el propio proceso, los proyectos y los productos software.

### 2.3.2 La encuesta:

Técnica cuantitativa que consiste en una investigación realizada sobre una muestra de sujetos, representativa de un colectivo más amplio que se lleva a cabo en el contexto de la vida cotidiana, utilizando procedimientos estandarizados de interrogación con el fin de conseguir mediciones cuantitativas sobre una gran cantidad de características objetivas y subjetivas de la población. (Howard, 2005)

Ventajas:

- Técnica más utilizada y que permite obtener información de casi cualquier tipo de población.
- Permite obtener información sobre hechos pasados de los encuestados.
- Gran capacidad para estandarizar datos, lo que permite su tratamiento informático y el análisis estadístico.
- Relativamente barata para la información que se obtiene con ello.

Inconvenientes:

- No permite analizar con profundidad temas complejos. El Cuestionario es el instrumento de la encuesta y es un instrumento de recogida de datos rigurosamente estandarizado que operacionaliza las variables objeto de observación e investigación, por ello las preguntas de un cuestionario son los indicadores.

La encuesta tuvo como población a estudiantes vinculados a la producción, tomando como muestra representativa a 117 de estos y a doce de los 19 líderes de proyectos, la misma tuvo como objetivo obtener indicadores y porcentaje de influencia de factores que deben tomarse en cuenta en el desarrollo de proyectos de software, así como el nivel de conocimiento que se posee del modelo de calidad CMMI y del AP de MA, la opinión e importancia que se le atribuye a la mediciones, etc.

**Datos arrojados por estudiantes:**

- Según los encuestados se pudo constatar que existe desconocimiento en cuanto a la existencia del modelo de gestión de calidad CMMI. Para la pregunta enfocada con el sentido de mostrar la noción de la existencia de modelos como Métricas3, CMMI e ISO15504, quedó con un 42.85% CMMI, con 57.15% ISO15504 y con total desconocimiento Métricas3 para un 0%. El dato del resultado de CMMI da la idea de que se conoce el modelo, pero no lo suficiente dada la transcendencia de

este, siendo el de mayor reconocimiento internacional para la mejora de los procesos de desarrollo y mantenimiento de sistemas y productos de software. (Noticias.Info, 2008). Sin embargo el 97.4% estuvo de acuerdo de que era de gran importancia la aplicación de modelos para la gestión de la calidad en los proyectos productivos de la facultad.

- El 53.57% de los estudiantes encuestados mostraron que no medían sus resultados personales ni su avance en el trabajo, mientras que el 32.15% dijo que lo realizaban en el caso de que alguno de sus líderes lo pidieran, quedando con un bajo por ciento los que revelaron que si realizaban la actividad para un 14.28%. En todo proyecto medir es aprender y adquirir el conocimiento, es seguridad, eficiencia y desarrollo, es suministrar información valiosa permitiendo ejecutar actividades más acertadas y con una mayor satisfacción. Muchos fenómenos serían imposibles de analizar y, por consiguiente, de estudiar, si no existiera algún medio para observarlos o medirlos.
- Dada las implicaciones que podrían traerles que se registraran sus resultados personales o el avance en el trabajo el 64.57% estuvo de acuerdo que podría colaborar en el desarrollo del trabajo del equipo de proyecto y la retroalimentación de los líderes, el 46.42% creyó que el sentirse controlado lo ayudaría a mejorar, el 17.85% piensa que implicaría retrasos innecesarios en el cronograma y el 13.74% se sentirían controlados. El primer resultado favorece al objetivo de esta investigación que es el de mejorar el desarrollo de software en la facultad, mostrando un interés por la realización de la medición que podría colaborar en la retroalimentación de los líderes.
- Un dato que para este redactor ha sido alarmante es el hecho de que el 48.4% de los encuestados no conoce el término métricas, que el 25.3% planteó que no se aplican en su proyecto, que un 13.8% cree que en ocasiones y que solo un 12.5% diga que sí. Si dejamos a un lado los que dicen que sí, quedaría un 87.5% en contra de alguna manera de la afirmación, conociendo la importancia que tiene este recurso, métricas, para obtener resultados cuantitativos que apoyan a la toma de decisiones en materia de organización, administración, gestión de recursos, pronósticos, impactos y evaluación, es necesario tomar alguna medida y

para ello el AP en estudio establece en el proceso de medición el uso de las mismas, lo que implicaría que su implementación sirviera de ayuda en tal sentido.

- Nada favorable es la opinión que se tiene del uso de las métricas, tanto es así que 69.66% no tiene opinión al respecto y el 30.34% cree que no existen las condiciones necesarias para utilizarlas, para llevar a cabo la tarea de aplicarlas se debe seleccionar con anterioridad de forma clara los objetivos que se desean medir, localizar la métrica adecuada, el método de aplicación, el indicador, la fuente para obtener los datos y otros recursos que no es menos cierto que se necesita un personal capacitado y dotado de la responsabilidad del cumplimiento de la actividad.
- Para detectar que algo en su trabajo estaba fallando o mejorando el 31.7% planteó que no lo notaban, que alguien tenía que hacérselo saber. El 34.25% dijo que se apoyaba en el análisis de los resultados obtenidos con los esperados o planificados por él o su jefe superior. Un 20.4% comparaba sus resultados con los de otros compañeros en tareas similares y un 13.65% lo realizaba apoyándose en el análisis de sus resultados históricos en esa tarea.

#### **Datos arrojados por líderes de proyectos.**

- Referente a los modelos para la gestión de la calidad de software que se presentaron en la encuesta el 100% de los encuestados mostró que conocían CMMI, el 42.85% reveló que conocía Métricas<sup>3</sup>, mientras no se tuvo el más mínimo conocimiento referente a ISO15504. Es una buena señal que los líderes de proyectos de la facultad tengan conocimiento acerca del modelo que cuenta con mayor reconocimiento internacional para la mejora de los procesos de desarrollo y mantenimiento de sistemas y productos de software (CMMI).
- La totalidad plasmó que no existían mecanismos para obtener datos estadísticos ni registros históricos, considerando el 8.33% que no se hacían estas mediciones porque eran poco factible, 34% por falta de orientación y control y el 41.6% cree que es porque existe poco conocimiento por parte de los líderes.
- Un dato significativo y de un importante análisis es el caso de que en el 83.4% de los proyectos de la facultad a los cuales fueron encuestados sus líderes se



constató que no se aplicaban métricas, mientras que los que dijeron que sí y los que creen que en ocasiones son un 8.3% en ambos casos.

- Sin embargo, con respecto al anterior análisis los encuestados en caso de realizarlas creen que sería para indicar la calidad del producto, con la que estuvo de acuerdo un 91.6%, el 33.4% considera que se utilizarían para evaluar la productividad de las personas y el 16.6% está de acuerdo que para establecer una línea base para la estimación.
- De la opinión que tienen del uso de las métricas uno de los encuestados plasmó que solo generaban más trabajo para el equipo de desarrollo representando el 8.3%, el 25% cree que no existen las condiciones necesarias o suficientes para utilizarlas y el 33.4% las considera útiles.
- En contradicción con la opinión anterior de no atribuirle la atención necesaria a las métricas los encuestados estuvieron de acuerdo en seleccionar entre los objetivos que consideraron importantes para un buen funcionamiento de su proyecto con un 71.42% la necesidad de contar con un mecanismo de control del proyecto que les permitiera estar al tanto de su estado en cualquier momento, el 100% seleccionó el lograr una planificación lo más real basadas en estadísticas anteriores y el 85.71% el realizar un seguimiento real contra plan. Estas cifras con una alta significación de la necesidad de cumplir con objetivos primarios de los proyectos están fuertemente relacionadas con las actividades y los resultados que pueden obtenerse en la aplicación del AP de MA del modelo CMMI.

### **2.3.3 Deficiencias en el área de procesos de medición y análisis en los proyectos productivos de la facultad.**

Los proyectos no poseen mecanismos para obtener datos estadísticos que sean utilizados por la dirección del proyecto y la facultad en la toma de decisiones antes, durante y después del proceso de desarrollo de software.

Existe la necesidad por parte de los líderes de contar con mecanismos de control de proyectos que den la posibilidad de estar al tanto de su estado en cualquier momento de su desarrollo.

No existen registros históricos de mediciones relevantes que permitan realizar estimaciones para planificaciones futuras, análisis de avances o cualquier otro estudio a favor de mejorar los procesos de desarrollo o los proyectos.

Existe inexperiencia en los equipos de desarrollo, falta de orientación y control por parte de los directivos y poco conocimiento de la importancia de realizar mediciones de software para conseguir incrementar la calidad y la productividad en el desarrollo y mantenimiento del producto.

Se tiene poco conocimiento del término métrica por parte de los estudiantes y en la casi totalidad de los proyectos no se aplican, implicando que no se tenga una escala cuantitativa que pueda ser usada para determinar el valor que toma cierta característica en un producto de software concreto.

Los estudiantes no llevan a cabo registros de sus resultados personales o avance en su trabajo, implicando una mala gestión del proceso personal de software y la imposibilidad de suministrar información valiosa que permita ejecutar actividades más acertadas y con una mayor satisfacción.

No se tiene conocimiento suficiente acerca de los modelos para la gestión de la calidad y de la importancia que los mismos tienen en el proceso de desarrollo de software.

#### **2.4 Propuesta de procedimiento.**

La propuesta de procedimiento es el resultado de una investigación exhaustiva de las metas y prácticas genéricas así como las específicas del AP de MA, del estudio de las propuestas de procedimiento de implantación de CMMI y de la citada AP en la UCI, así como las experiencias expuestas por empresas que aunque hayan optado por la representación escalonada son fuentes importantes de necesarias consultas. Se tuvo en cuenta además el alto grado de sinergia entre las prácticas de CMMI y RUP, dado que este último proporciona mecanismos de soporte que incluyen propuestas de medidas del proyecto, el proceso y el producto, relacionadas con el flujo de trabajo: Gestión de proyecto.

A continuación se describen los epígrafes del procedimiento propuesto:

### 2.4.1 Objetivo.

Desarrollar y sostener una capacidad de medición y análisis que sea usada para ayudar a las necesidades de información de los proyectos productivos de la facultad 9 tomando como guía el AP de MA del modelo CMMI.

### 2.4.2 Alcance.

Proyectos productivos de la facultad 9.

### 2.4.3 Propósito.

Definir los pasos a seguir para desarrollar la implementación del AP de MA del modelo CMMI que permitirá sostener una capacidad de medición que sea usada para ayudar a las necesidades de información de los proyectos productivos de la facultad 9.

### 2.4.4 Responsable.

Ejecuta: Jefes de los polos productivos de la facultad 9, líderes de proyectos productivos de la facultad 9, personal designado en los grupo de desarrollo y responsable de la medición en los proyectos de la facultad 9.

Responsable de la ejecución: Vicedecano de producción de la facultad 9, asesor de calidad de la facultad 9 y los responsables de la medición en los proyectos productivos de la facultad 9.

### 2.4.5 Acrónico.

**AP** – Área de procesos: conjunto de prácticas relacionadas que son ejecutadas de forma conjunta para conseguir un grupo de objetivos.

**CMMI** – Modelo Integrado de Madurez de Capacidad.

**DAFO** – metodología de estudio de la situación externa de una empresa y de las características internas de la misma, a efectos de determinar sus Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.

**IDEAL** – modelo de mejora organizacional que sirve como mapa para iniciar, planificar e implementar acciones tendientes a mejorar los procesos.

**LMC** – Lineamiento Mínimo de Calidad: programa o plan de acción que dicta la universidad para su cumplimiento referente a la calidad del proceso de desarrollo de software.

**OM** – Objetivo de Medición: propósito o meta relativa a la medición que propone cumplir la facultad en un lapso definido de tiempo.

**RUP** – Proceso Unificado de Desarrollo de Software.

**SEI** – Instituto de Ingenieros de Software: instituto federal estadounidense de investigación y desarrollo, fundado por el Congreso de los Estados Unidos en 1984 para desarrollar modelos de evaluación y mejora en el desarrollo de software.

#### 2.4.6 Descripción general del proceso.

EL SEI ha propuesto un ciclo de mejoramiento de procesos conocido como IDEAL, el cual proporciona un conjunto de actividades coherentes para sustentar la adopción de las prácticas recomendadas por el CMMI. (SEI, 1996)

Se propone el Modelo IDEAL para implantar dichas prácticas.

IDEAL es un modelo de mejora organizacional que sirve como mapa para iniciar, planificar e implementar acciones tendientes a mejorar los procesos. (SEI, 1996)

Las 5 fases principales que componen el modelo de mejoramiento de procesos son Iniciar, Diagnosticar, Establecer, Actuar, Aprender.

Fase “Iniciar”

- Su propósito es establecer los fundamentos básicos para garantizar y dar soporte a la iniciativa de mejoras de procesos.
- Se garantiza la disponibilidad de recursos, la infraestructura y la priorización del proyecto de mejoramiento.

Fase “Diagnosticar”

- Su propósito es analizar la estructura y funcionamiento del proyecto.

- Seleccionar los objetivos medición y futuro análisis.
- Los objetivos del programa se relacionan con las prácticas existentes y se determinan aquellas que no están suficientemente desarrolladas.
- Las actividades de esta fase determinan el éxito o el fracaso del programa.

#### Fase “Establecer”

- Identificar fuentes existentes de datos que se generan producto del trabajo, procesos o transacciones actuales.
- Selección de los componentes de las mediciones.
- Calcular métricas.
- Especificar procedimientos de recolección y almacenamiento de datos.

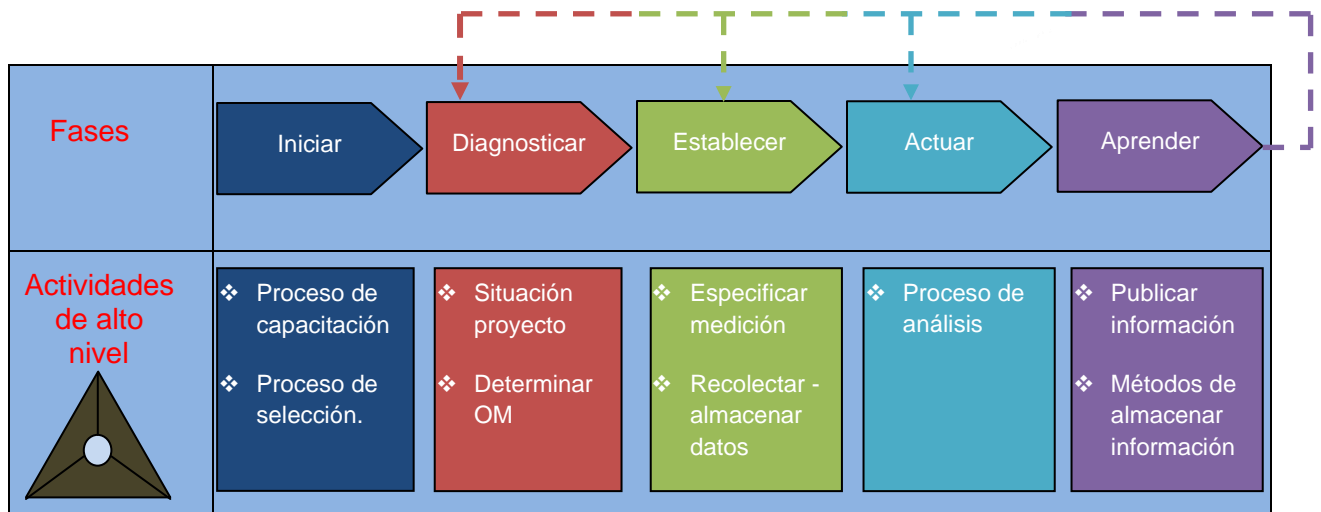
#### Fase “Actuar”

- Especificar y priorizar los análisis que serán conducidos y los informes que se prepararán.
- Seleccionar los métodos y herramientas apropiadas de análisis de datos.
- Procedimientos administrativos específicos para analizar los datos y la comunicación de los resultados.
- Especificar criterios para evaluar utilidad de los resultados analizados y de la conducción de las actividades de MA.

#### Fase “Aprender”

- El propósito es aprender de la experiencia del ciclo recién realizado y aumentar la habilidad de la organización para mejorar los procesos en forma continua.
- Se determinan los logros, el esfuerzo invertido, la manera en que las metas fueron satisfechas y la forma más adecuada de implementar cambios en el futuro.

- Conducir análisis iniciales, interpretar los resultados y trazar conclusiones preliminares.
- Revisar los resultados iniciales con los interesados relevantes.



**Figura 11 Descripción del proceso basado en el modelo IDEAL.**

Para el desarrollo de la propuesta fue fundamental regirse en las metas específicas que detalla el AP de MA como se ha mencionado con anterioridad, estas localizan las particularidades que describen qué se debe implementar para satisfacer el propósito del AP y de las prácticas específicas que no son más que actividades consideradas importantes en la realización del objetivo específico al cual está asociado. El Proceso Personal de Software y el Proceso de Software en Equipo fueron importantes para conocer el proceso de desarrollo de software en los niveles más bajo de la organización, el primero formado por un conjunto estructurado de descripciones de procesos y mediciones basadas en la aplicación de métodos avanzados y tradicionales de ingeniería y desarrollo de software orientado a la mejora individual del ingeniero, quedando para el segundo el proporcionar directrices para ayudar a los equipo a establecer sus objetivos, a planificar sus procesos y a revisar su trabajo con el fin de que la facultad pueda establecer prácticas de ingeniería avanzadas y así obtener productos eficientes, fiables y de calidad.

Existen factores que pueden afectar la implantación con éxito de una iniciativa de mejora, es necesario destacar algunos aspectos:

- En primer lugar y sin lugar a dudas de principal atención es el **compromiso de la dirección**. Cuando se tome la decisión de iniciar el programa de mejora de procesos basado en CMMI, en el AP que se desea implementar, la dirección de la facultad debe ser consciente de las implicaciones que esto supone: la dedicación de personas clave sacadas de sus tareas del día a día, incluida la dirección, para liderar y gestionar el cambio interno que se desea lograr, así como es necesario que se conozcan las implicaciones que una iniciativa de este tipo supone y que se comprometa hacer visible a todos los afectados el proyecto de mejora.
- **Alineamiento con los objetivos del negocio**. Los objetivos de las mediciones deben estar alineadas con los objetivos del proyecto. Cuando se plantea una iniciativa de mejora de procesos software, estos procesos operan dentro de un contexto organizativo que tiene que dar respuesta a unas necesidades de negocio. Debe de existir un alineamiento del esfuerzo de mejora con los objetivos de negocio del proyecto, así como con otras iniciativas de calidad que puedan existir previamente.

#### 2.4.7 Descripción detallada.

##### Fase 1: Iniciar.

Primer paso: Proceso de capacitación.

La aplicación del proceso propuesto debe ser desarrollado por personas capacitadas en el modelo CMMI y más específico en el AP de MA, debido a que en la facultad no existe personal capacitado, es necesario ofrecer servicios de preparación en diversos temas mediante un curso optativo para desarrollar y adquirir habilidades y conocimientos en cuanto a la estructura y aplicación del modelo, así como técnicas estadísticas, procesos de colección de datos, análisis e informes.

Luego de realizar dicho entrenamiento se obtendría un personal capacitado para llevar a cabo las tareas de MA alineadas con los objetivos del proyecto y que dan respuestas a las necesidades de información requeridas para la gerencia del proceso de software, tanto a nivel de proyecto como a nivel de facultad.

La dirección de calidad de la Universidad ya ha diseñado dentro de sus cursos del perfil, uno de categoría obligatoria con nombre: “Introducción al modelo CMMI”, este no abarca a profundidad los objetivos de la MA, en tal sentido la propuesta sería: “CMMI avanzado en el AP de MA”.

Al concluir este paso se debe llenar la planilla “Plan de capacitación” referente a la gestión de proyectos como está definido en el Proceso Unificado de Desarrollo de Software (RUP) y adherirlo al expediente del proyecto.

Con la realización de este paso se le daría cumplimiento a uno de los lineamientos mínimos de calidad establecidos por la universidad.

LMC sección 1, acápite A, inciso 6. Los miembros del equipo deben recibir superación antes o durante del proceso que les permita enfrentarse al problema en cuestión con una visión amplia y con un número mayor de herramientas.

Segundo paso: Proceso de selección.

Se creará el equipo a cargo del proceso de implementación, determinando roles y responsabilidades, seleccionados por sus conocimientos del proceso de desarrollo de software, de los objetivos del proyecto y los adquiridos durante el curso optativo. La selección preferentemente sería de algunos miembros del equipo de desarrollo relacionados con actividades de medición que se hubiesen llevado a cabo con anterioridad.

Se debe tomar en cuenta:

- Obtener un compromiso de los seleccionados para apoyar en las actividades de mejora.
- Explicar claramente las razones de la implementación y cómo ayudarán en los objetivos de calidad.
- Trabajar con profesionalidad y seriedad con la información obtenida del proceso de MA.



Roles del procedimiento:

1. Líder equipo de implementación.
2. Operador de medición.
3. Analista de información.

***Metas del líder equipo de implementación.***

La meta principal del líder del equipo es lograr un equipo efectivo. El equipo debe culminar todo su trabajo, cada uno debe participar en las reuniones del equipo implementador con el equipo de desarrollo y la gerencia, todos deben trabajar en el progreso del proceso. Otra forma de medir la efectividad del líder es mediante las evaluaciones colectiva del equipo implementador.

*Las metas específicas del líder del equipo son las siguientes:*

- Motivar a todos los miembros para trabajar agresivamente en el proceso de mejora.
- Resolver todos los problemas que los miembros del equipo le planteen.
- Ser efectivo como facilitador y fungir como coordinador en las reuniones del equipo implementador con los miembros del equipo de desarrollo y la gerencia.
- Es el responsable de que se realicen todos los pasos del proceso y velar por su cumplimiento.
- Reportar exactamente el estado del equipo cada semana.

***Metas del Operador de medición.***

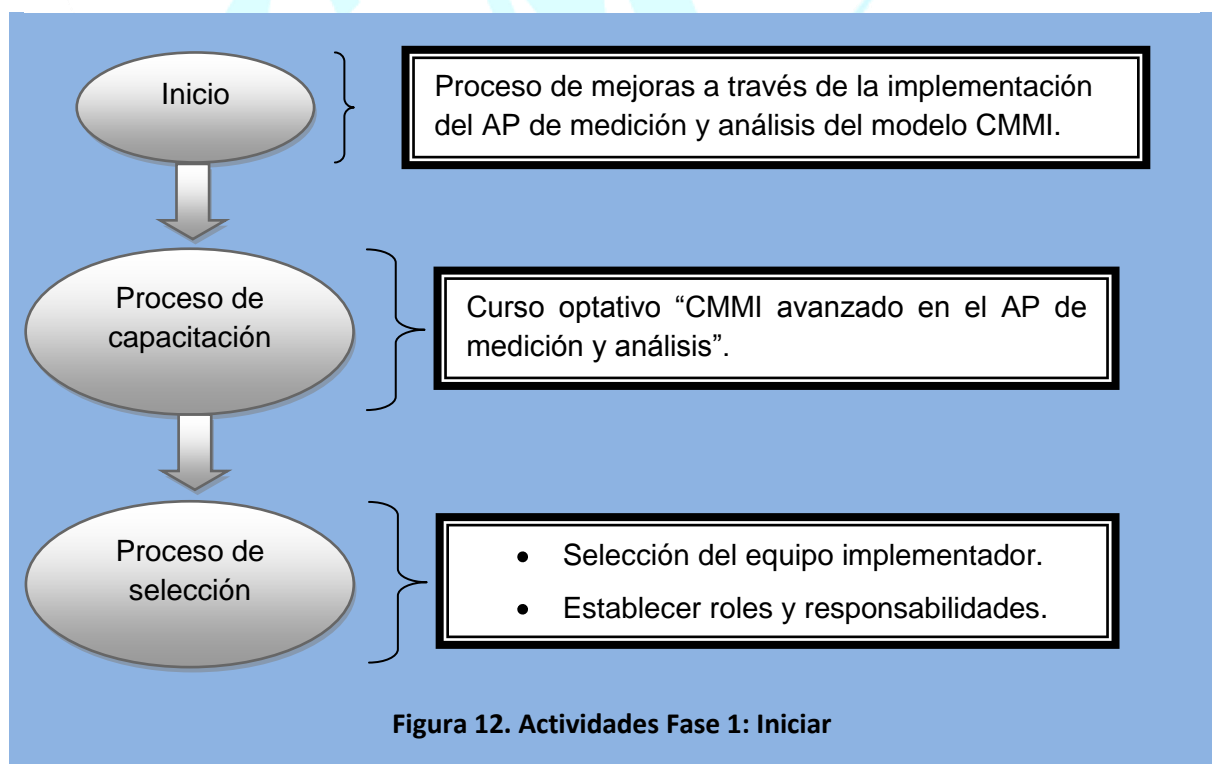
- La tarea principal es llevar a cabo de una forma eficiente y responsable el proceso de medición, ya que del mismo se deriva un adecuado análisis.
- Participa activamente en el proceso de determinación de los OM como el rol de mayor conocimiento en el proceso de medición.

- Debe participar en las reuniones o encuentros coordinados como parte de la etapa de negociación de los OM donde se refinan y clasifican los ya documentados.
- Tiene responsabilidad en la etapa de verificación de los OM.

**Metas del Analista de información.**

- La tarea principal es llevar a cabo de una forma eficiente y responsable el proceso de análisis, ya que del mismo se deriva el éxito y la obtención de información útil para la futura toma de decisiones.
- Debe participar en las reuniones o encuentros coordinados como parte de la etapa de negociación de los OM donde se refinan y clasifican los ya documentados.
- Tiene responsabilidad en la etapa de verificación de los OM.

Al terminar este paso se debe actualizar la planilla “Roles y responsabilidades” referente a la gestión de proyectos como está definido en RUP y adherirlo al expediente del proyecto, enmarcando el nuevo equipo de trabajo como: Equipo implementador de la MA, especificando el rol con su responsabilidad correspondiente.



**Figura 12. Actividades Fase 1: Iniciar**

**Fase 2: Diagnosticar.**

Primer paso: Análisis situación del proyecto.

Esta fase comienza por analizar y comprender la situación actual del proyecto, estructura y funcionamiento, identificando los procesos y metodologías utilizadas en el mismo, los procedimientos, estándares, formatos, y en general los productos de trabajo, los entregables al cliente relacionados con la medición y análisis en caso de existir, determinando los procesos entre lo que tiene el proyecto y lo que se requiere para cumplir con el AP.

El análisis de contenidos es uno de los procedimientos de recolección de datos que permite la sistematización, la objetividad y la medición cuantitativa. Una de las características que acercan el análisis de contenido con el paradigma cualitativo es que el examen de los datos se realiza mediante un cuerpo armado de reglas armónico y sistemático.

El responsable de la realización de este conjunto de actividades es el líder del equipo de implementación que junto al equipo de desarrollo en esencia revisan la documentación que presenta el proyecto en forma de un proceso cognoscitivo y redacta el “Resumen de la situación” en que se encuentra el proyecto al inicio del proceso de implementación.

Segundo paso: Determinar objetivos de medición.

El segundo paso es dividido en cuatro etapas principales: determinación, documentación, negociación y verificación, es considerado de gran importancia en el proceso por ser determinista en las actividades siguientes.

*Determinación:* La determinación es la actividad mediante la cual se interpretan, modelan y se determinan los objetivos de medición (en lo adelante OM) que forman parte de tareas principales en el proceso de desarrollo y que deben estar alineados con los objetivos del proyecto para proporcionar la información que realmente necesitan para llevar adelante un proceso de mejora continua que influya positivamente en la calidad de sus procesos y productos.

Los OM documentan los propósitos para lo cual se hace la MA y especifican los tipos de acciones que pueden tomarse basado en los resultados de análisis de los datos.

Las fuentes para los OM pueden ser administrativas, técnicas, el proyecto, producto o necesidades de implementación de proceso.

Los OM pueden restringirse por los procesos existentes, los recursos disponibles u otras consideraciones de medición. Los juicios son necesarios para determinar si el valor de los resultados será correspondiente con los recursos consagrados para hacer el trabajo.

Las modificaciones para identificar información y OM pueden, a su vez, indicarse como consecuencia del proceso y resultados de MA.

Las fuentes de información y OM son entre otros:

- Plan del Proyecto.
- Supervisar rendimiento del proyecto.
- Entrevistar administradores y otros que tengan la información necesaria.
- Establecer objetivos de gestión.
- Planeación estratégica.
- Planeación de negocios.
- Requisitos formales u obligaciones contractuales.
- Recurrencia u otra orientación molesta o problemas técnicos.
- Experiencias de otros proyectos o entidades orgánicas.
- Medición comparativa de industria externa.
- Planes de mejora de proceso.

La etapa es realizada por el líder del equipo implementador que cuenta con el conocimiento necesario y ha realizado un estudio minucioso de la descripción de los componentes del AP de MA y ha caracterizado el proceso en el que se desea implementar el programa de mejoras.

*Documentación:* Actividad en la cual se realiza la respectiva descripción y documentación de los OM, para cumplir con el objetivo de la etapa se crea la planilla “Especificación de OM” (ver anexo1) por parte del líder del equipo implementador que fue el encargado del desarrollo de la etapa anterior.

Debe aparecer descrito cada OM de forma individual. La especificación de los OM debe ser precisa, completa y clara. Para verificar lo anterior se presentan los siguientes aspectos cuya apreciación objetiva podría ser de gran utilidad en la valoración de la especificación de los OM.

### **Precisa**

- ¿Son los OM consistentes? ¿No se contradicen los unos con los otros?
- ¿Algún OM se encuentra en conflicto con algo que ya se ha declarado o restringido (entorno del negocio, entorno técnico, costo, planificación, y recursos)?
- ¿Algún OM se encuentra fuera del alcance del proyecto?

### **Completo**

- ¿Se han manejado todos los eventos y condiciones?
- ¿Han sido especificadas todas las operaciones?
- ¿Son las operaciones suficientes para reunir las necesidades que realmente existen de información?
- ¿Satisface las especificaciones el nivel de detalle requerido para el equipo implementador?

### **Claros**

- ¿Los OM se encuentran limpios de polarización de ejecución?
- ¿Se han declarado en forma precisa y concisa todos los OM?

Las respuestas obtenidas a las interrogantes anteriores permiten tener una noción objetiva de lo correcto o no de la especificación de los OM.

Las necesidades de Información y objetivos se documentan para la requerida trazabilidad de actividades subsecuentes de Medición y Análisis.

*Negociación:* Permite alcanzar un acuerdo y resolver problemas debido a los cambios que se producen en el proceso de selección de los OM. Esta etapa se necesita para refinar y clarificar los OM antes documentados, como un resultado de activación del OM. Las descripciones iniciales de necesidades de información pudieran ser ambiguas o confusas y traerían conflictos entre las necesidades y objetivos existentes. Los blancos precisos en un proceso de medición existente pueden ser poco realistas.

Cada usuario, cliente o miembro del equipo de desarrollo tiene su propia apreciación, se debe tratar de cubrir y entender tales apreciaciones. Las discrepancias que surgen con el usuario, cliente o miembro del equipo tienen que ser resueltas en esta etapa. Es posible no desear sujetar todas las necesidades de información inicialmente, las prioridades también necesitan ser puestas dentro de los límites de recursos disponibles.

Esta tarea es realizada por el equipo implementador que con el líder a la cabeza realiza las coordinaciones pertinente para la realización de reuniones o encuentros no formales con los miembros de la dirección del proyecto, equipo de desarrollo, clientes o usuarios con la intención de facilitar la comunicación personal, tanto verbal como escrita, haciendo hincapié en la importancia de comprender y llegar a consensos entre partes. Cada uno de los encuentros es documentado en la planilla “Minuta de reuniones” para la constancia de la realización de la actividad.

*Verificación:* Se utilizan métodos que permitan realizar la validación del proceso de selección de los OM, en el modelo CMMI la verificación se realiza a través de los denominados Appraisals y Peer Reviews. “Appraisal” término en inglés que significa “apreciación” propone que se permita obtener una apreciación de la situación en la que se encuentra el proceso, en nuestro caso la selección de los OM. Esta apreciación es subjetiva por parte del equipo implementador. Los Peer Reviews, revisiones inter-partes, son una parte importante de la verificación y es un mecanismo probado para la eliminación efectiva de defectos. Los Peer Reviews involucran una exanimación

metodológica de los OM hecha a pares para identificar defectos y otros cambios que sean necesarios. Ejemplos de Peer Reviews incluyen las inspecciones y los walkthroughs; recorridos del proceso.

En estas dos últimas etapas en caso de ser necesario se corrigen las especificaciones realizadas a los OM en la primera etapa, determinación, en la planilla dispuesta para la mencionada actividad.

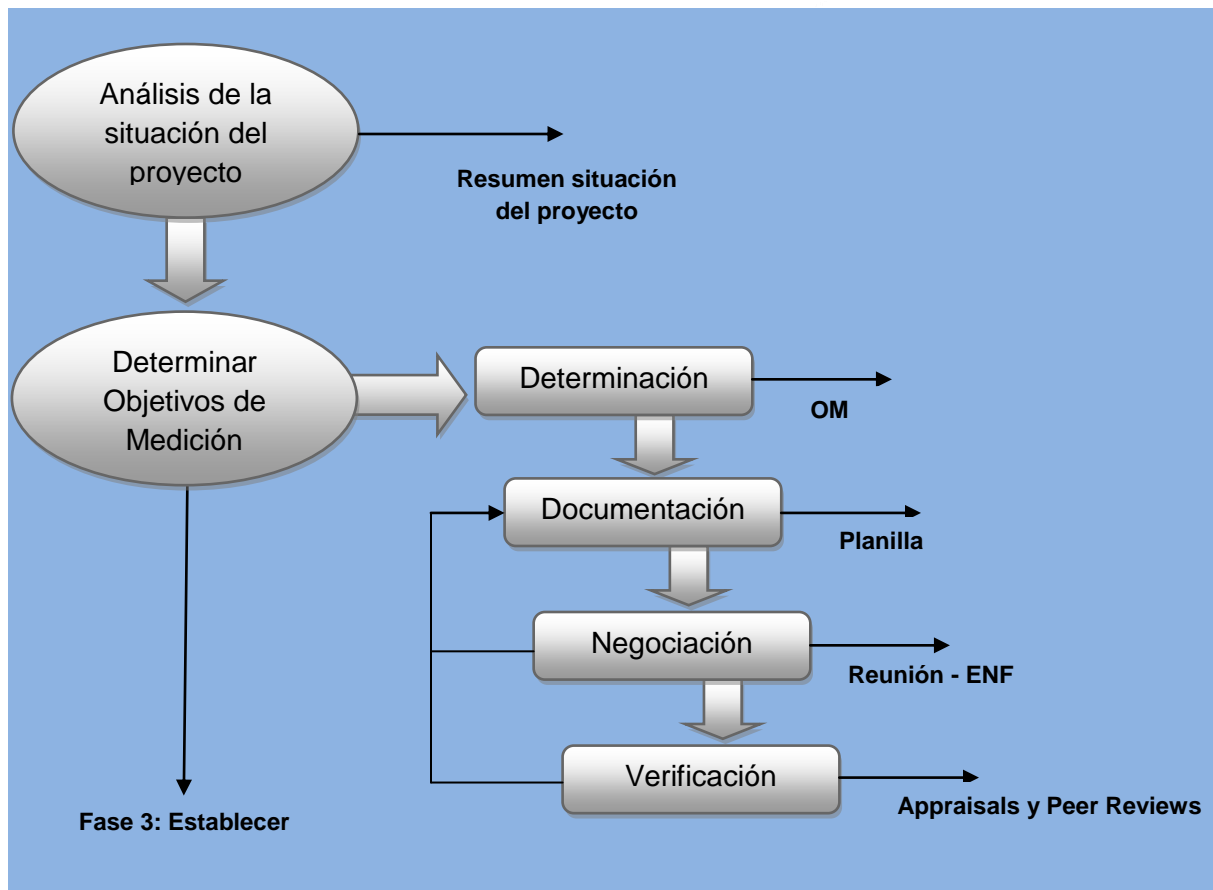


Figura 13. Actividades Fase 2: Diagnosticar

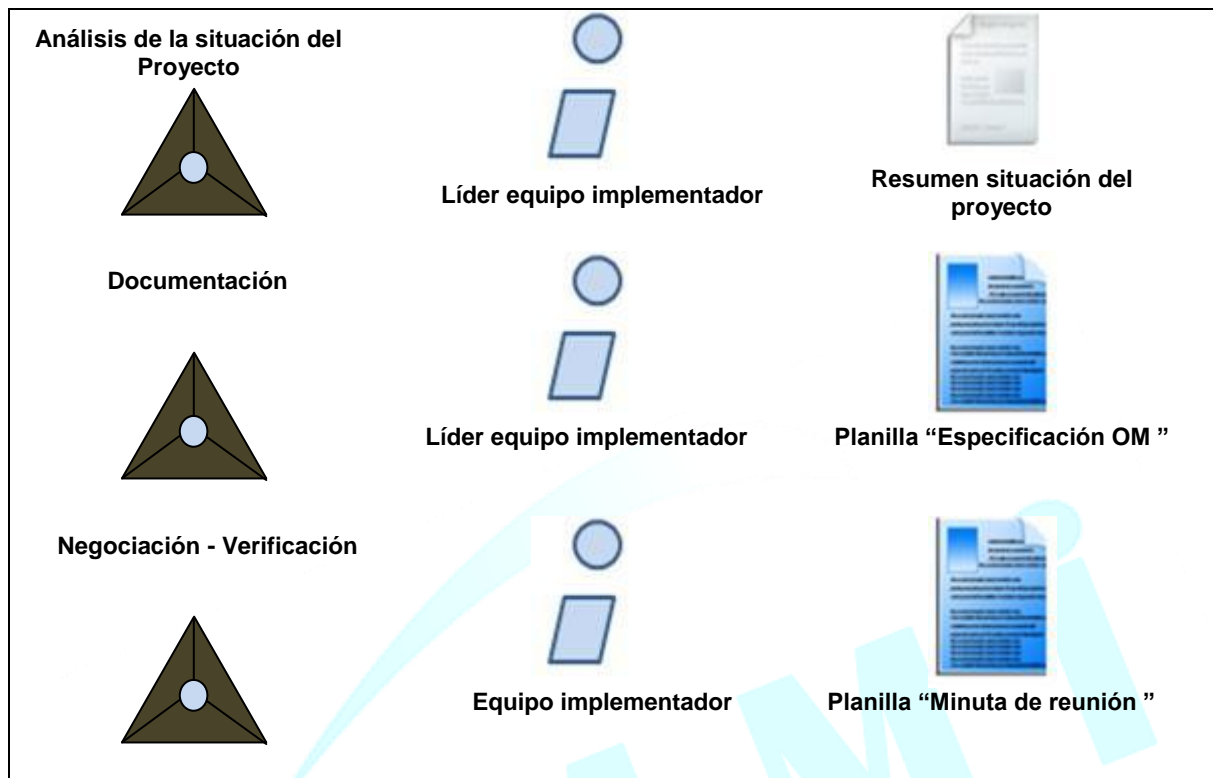


Figura 14 Actividades, roles y artefactos de la Fase 2: Diagnosticar

### Fase 3: Establecer

Esta fase es desarrollada mediante un proceso de medición que es conducido por las necesidades de información del proyecto en general. La capacidad de medición puede integrarse en proyectos individuales u otras funciones organizacionales. El enfoque inicial para las actividades de medición está a nivel de proyecto. Sin embargo, una capacidad de medición puede demostrar utilidad para orientarse a las necesidades de información de toda la organización.

Juega un papel fundamental para llevar a cabo la evaluación del producto software, mediante la recopilación de datos que servirán de medida para la aplicación posterior de las métricas. La medición del software brinda una visión cuantitativa de cómo se ha ido desarrollando el proceso de desarrollo y si hay deficiencias en el mismo, dando la posibilidad de detectarlas y corregirlas a tiempo. La medición nos permite tener una visión profunda proporcionando un mecanismo para la evaluación objetiva.

A continuación se describen las etapas que se deben seguir para el proceso de medición:



Primera etapa: Especificar medición.

1. Identificar las mediciones candidatas basadas en los OM documentados.

Los OM son refinados en las mediciones específicas. Las mediciones candidatas identificadas se categorizan y especifican por el nombre y unidad de medida.

2. Identificar mediciones existentes que ya se orientan a los OM.

Las especificaciones de medición ya pueden existir, quizás establecidas para otro propósito con anterioridad o en otra parte en la organización, estas deben ser identificadas para ser categorizadas y especificadas por el nombre y unidad de medida.

3. Especificación de mediciones bases y derivadas.

Las medidas pueden ser "base" o "derivadas." Los datos para las mediciones base son obtenidos por la medición directa. Los datos para las mediciones derivadas vienen de otros datos, típicamente combinando dos o más medidas base. Las mediciones derivadas expresan típicamente proporciones, índices compuestos u otras medidas de resumen de agregado. Son más cuantitativas y significativas interpretables que las medidas base usadas generadas.

4. Especificar las definiciones operacionales para las mediciones.

Se declaran las definiciones operacionales y componentes en condiciones precisas e inequívocas.

Estas actividades son realizadas por el operador de medición que es el encargado de completar en la planilla "Descripción de OM" en la sección indicada para la "Especificación de Medición" (Ver anexo1).

Segunda etapa: Procedimientos de recolección y almacenamiento de datos.

1. Especificar cómo coleccionar y guardar los datos para cada OM.

Las especificaciones técnicas explícitas son hechas de cómo, dónde, y cuándo los datos se re-coleccionarán. Los procedimientos para coleccionar los datos válidos se especifican. Los datos se guardan de una manera accesible para el futuro análisis y se

determina si ellos se salvarán para posible re-análisis o propósitos de documentación. Se debe considerar la frecuencia de colección y los puntos en el proceso dónde se harán las mediciones que han sido determinadas, además establecer la línea de tiempo que se exige para mover los resultados de medición desde los puntos de colección a lugar de almacenamiento, otras bases de datos o usuarios finales establecidos. Los proyectos pueden escogerse para guardar datos y resultados en un almacén de proyecto específico. Cuando los datos son más ampliamente compartidos por los proyectos, los datos pueden residir en el almacén de medición de la organización.

El responsable para obtener, almacenar, recuperar y mantener la seguridad de los datos es el Operador de medición que es el encargado de completar en la planilla “Descripción de OM” en la sección indicada para el “Procedimiento de recolección y almacenamiento de datos”. (Ver anexo1).

## 2. Priorizar, revisar y actualizar las medidas.

Los procedimientos propuestos se revisan para su adecuación y viabilidad con aquéllos quienes son responsables por proporcionar, recolectar y guardar los datos. Ellos también pueden tener visiones útiles sobre cómo mejorar los procesos existentes o puede sugerir en otras mediciones o futuros análisis útiles.

## 3. Actualizar mediciones y OM cuando sea necesario.

Las prioridades pueden necesitar ser restablecidas basado en lo siguiente:

- La importancia de las mediciones.
- La cantidad de esfuerzo exigido para obtener los datos.

Las consideraciones incluyen si se exigieran nuevas formas o entrenamiento para obtener los datos.

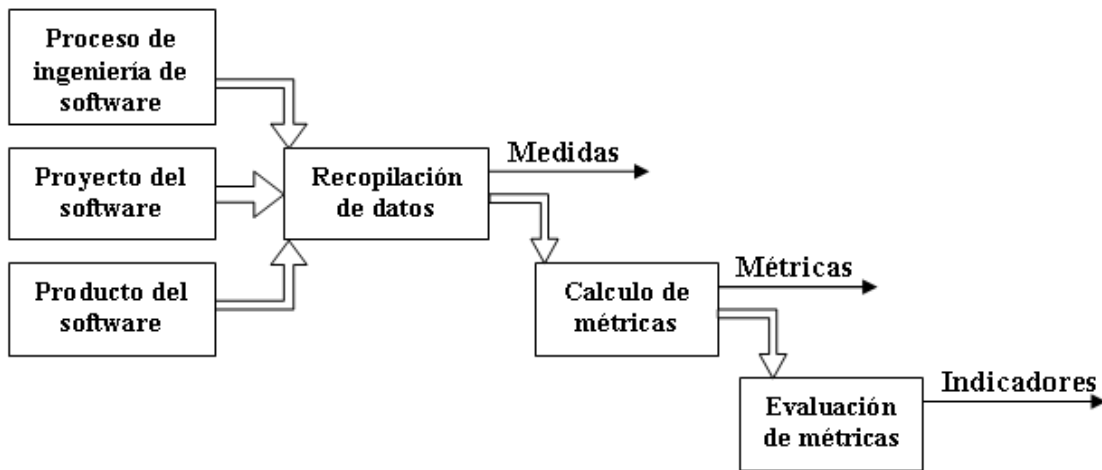


Figura 15 Proceso de medición

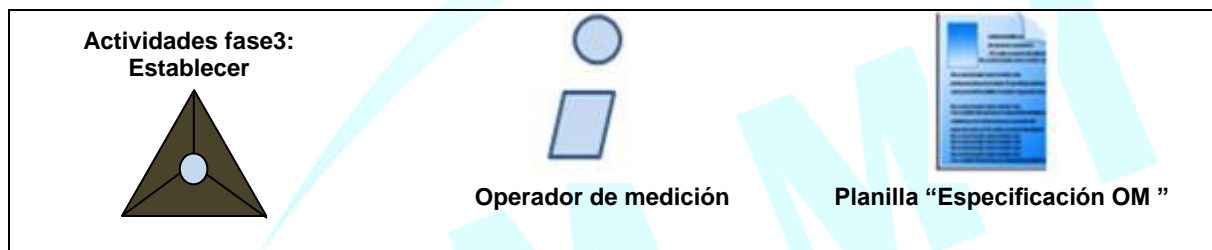


Figura 16 Actividades, roles y artefactos de la Fase 3: Establecer

#### Fase 4: Actuar.

Después de todo el proceso de medición realizado en la fase anterior es necesario actuar con respecto a las mediciones obtenidas, analizando cada una de ellas especificando los procedimientos para asegurar de antemano el análisis apropiado que será conducente e informará para orientar los OM documentados.

Debe prestarse la atención temprana a los análisis que serán conducidos y a la manera en que los resultados se informarán, el responsable es el analista de información que es el encargado de completar en la planilla "Descripción de OM" en la sección indicada para el "Proceso de análisis". Este acápite debe encontrar el criterio siguiente:

- Los análisis orientarán explícitamente los OM documentados.
- La presentación de los resultados debe ser claramente entendible por los públicos a quienes se dirigen.

- Las prioridades que pueden tener para ser puestas dentro de los recursos disponibles.

Para darle procedimiento a los criterios anteriores se debe seleccionar los métodos apropiados de análisis de datos.

Los problemas por considerar típicamente incluyen:

1. La opción de despliegue visual y otras técnicas de presentación (por ejemplo, gráficos pastel, diagramas de barras, histogramas, diagramas de radar, diagramas de línea, diagramas de dispersión o tablas)
2. La opción de estadísticas descriptivas apropiadas (por ejemplo, media aritmética, mediana o moda)

La estadística descriptiva es típicamente usada en el análisis de datos para:

- Examinar las distribuciones en las mediciones especificadas (por ejemplo, tendencia central, magnitud de variación, variación inusual exhibida en los datos).
  - Examinar las interrelaciones entre las mediciones especificadas (por ejemplo, comparaciones de defectos por fase del ciclo de vida del producto o por componente de producto).
  - Desplegar cambios con el tiempo.
3. Decisiones sobre el criterio de muestro estadístico cuando es imposible o innecesario examinar cada elemento de los datos.
  4. Decisiones sobre cómo ocuparse del análisis en la presencia de elementos de los datos perdidos.



Figura 17 Actividades, roles y artefactos de la Fase 4: Actuar.

### Fase 5: Aprender.

En esta última fase se deben facilitar los resultados de la medición ya que esta es la razón primaria para hacer Medición y Análisis. Los resultados de medición basados en evidencias objetivas pueden ayudar a supervisar rendimiento, llenar obligaciones contractuales, hacer gestión, ayudar en la toma de decisiones informadas y habilitar acciones correctivas.

Luego de culminar el proceso de análisis la dirección de la facultad y el proyecto deben contar con estrategias para minimizar o mitigar los problemas existentes llevando hacia adelante un proceso de mejora continua que influya positivamente en el proceso de desarrollo de software del proyecto. Como parte de esta estrategia de mitigación se debe en primer lugar realizar un análisis de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) que es una herramienta sencilla que permite obtener un diagnóstico rápido de la situación del proyecto después de haber realizado un eficiente análisis de los resultados de la medición.

**Fortalezas:** todas aquellas actividades que se realizan con un alto grado de eficiencia.

**Debilidades:** Todas aquellas actividades que se realizan con bajo grado de eficiencia.

**Amenazas:** todos aquellos factores del medio externo que de presentarse, complicarían o evitarían el logro de los objetivos del proyecto.

**Oportunidades:** todos aquellos eventos del medio externo que de presentarse, facilitarían el logro de los objetivos del proyecto.

El líder del equipo implementador es el responsable de realizar esta actividad concluyendo la misma plasmando los resultados en el documento "DAFO". A partir de los resultados obtenidos es llevado a cabo un "Programa de mejoras" por parte de la dirección del proyecto.

### Gestión de la documentación.

El control de la documentación es uno de los aspectos importantes de un proyecto de desarrollo de software. En todos proyectos de desarrollo de software es común que los documentos vayan de un lado para otro, aparecen y desaparecen como por arte de magia. De ahí la importancia de la gestión de la documentación, una documentación actualizada, correctamente distribuida y disponible cuando se necesite es un punto clave en el éxito de todo proyecto de desarrollo de software.

Debido a la cantidad de información que es manejada en el proceso definido para la mejora es necesario establecer los métodos de almacenamiento de datos que se tendrán en cuenta en el proyecto. Existen diferentes dispositivos de almacenamiento entre los que se encuentran por su mayor uso y accesibilidad:

- *Disquetes o disco flexible:* este tipo de dispositivo de almacenamiento tiene gran utilidad para transportar archivos de pequeño tamaño.
- *CD-R & CD-RW:* se han convertido en el medio estándar tanto para distribuir programas como para hacer copias de seguridad, debido a su capacidad relativamente alta y sobre todo a su bajo coste. Es el medio idóneo para difundir programas y datos que no queramos que se alteren, ya que una vez cerrada su grabación, esta no se puede alterar, salvo en los cds del tipo regrabable, que nos permiten borrarlos para volver a utilizar.
- *DVD:* Por su mayor capacidad y calidad en la grabación, es el medio ideal para copias de seguridad de gran volumen de información. Al igual que ocurre con los cds, una vez cerrada su grabación, esta no se puede alterar aunque también existen DVDs regrabables pero de menos utilización.
- *Memoria flash:* Actualmente quizás sea la forma más cómoda y compatible de transportar datos. Puede tener diferentes formas y tamaños, por lo que es bastante fácil de llevar, son bastante seguros, con capacidades de hasta 4 Gb en los formatos más habituales, aunque en continuo crecimiento, y al ir conectadas por puerto USB y reconocerse como unidad de almacenamiento masivo, en los

ordenadores con SO actuales no necesita drivers especiales, por lo que se puede conectar a cualquier ordenador sin problemas.

Es además necesario tener un sitio centralizado donde se almacene y mantenga la información disponible para su uso, el mismo debe estar protegido y necesitar de una autenticación previa, preparado para nutrirse de la red informática interna de la universidad o un medio físico de almacenamiento, el lugar ideal es un repositorio que estaría enmarcado en la PC servidor del proyecto. El repositorio permite ahorrar espacio de almacenamiento, evitando guardar por duplicado elementos comunes a varias versiones o configuraciones, facilita el almacenar información de la evolución del sistema y no sólo de los componentes en sí. La estructura que debe tener es la siguiente:

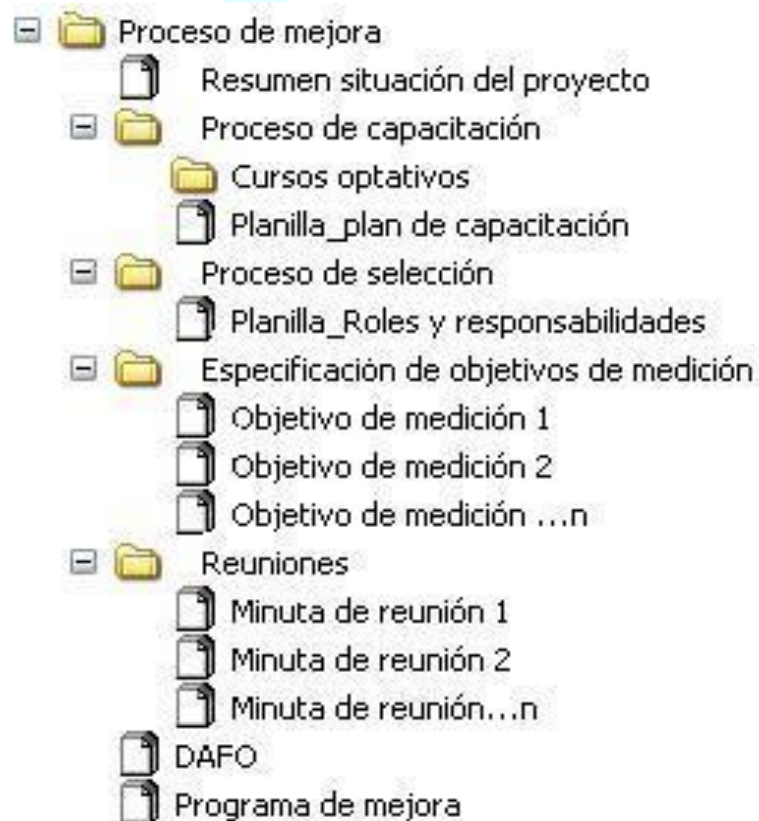


Figura 18 Esquema del repositorio para el proceso de implementación

### 2.5 Conclusiones parciales.

El procedimiento propuesto para el Área de Medición y Análisis una vez implantado en los proyectos productivos de la facultad puede ser utilizado en la toma de decisiones y posteriormente aplicar las medidas correctivas apropiadas para lograr alcanzar las metas propuestas. Con él la gerencia podrá definir un plan de mejoras mediante el cual podrá reformar cada uno de los procesos medidos, en aras de mejorar las deficiencias encontradas, ayudando de esta forma al proceso de desarrollo de software de la universidad.

CMMi



## **Capítulo 3. Validación de la propuesta.**

### **3.1 Introducción.**

Para realizar la validación de la propuesta de implementación del modelo CMMI en el AP de MA se utilizó un método estructurado a partir de la aceptación de la intuición como una comprensión sinóptica de la realidad y basado en la experiencia y conocimiento de un grupo de personas consideradas expertos en la materia. Este método subjetivo es conocido como métodos de consulta o evaluación de expertos.

### **3.2 Procedimiento de aplicación del método de criterio de expertos**

En los siguientes acápite se detallará el procedimiento de aplicación del método de criterio de expertos en la evaluación de los resultados teóricos obtenidos en la investigación científica realizada para mejorar la calidad de los proyectos productivos de la facultad 9 en el AP de MA a través de una propuesta de implementación del modelo CMMI.

#### **3.2.1 Formulación del Objetivo de la Evaluación.**

“Valorar la Propuesta de Implementación del AP de MA del modelo de gestión de la calidad CMMI, tanto en la calidad que presenta su concepción teórica y metodológica, como la efectividad que se espera alcanzar con su aplicación en la práctica en los proyectos productivos de la facultad 9.”

#### **3.2.2 Selección de los expertos.**

En el proceso de selección de expertos primeramente se debe mencionar: ¿qué se entiende por experto? No es más que aquel individuo en sí como a un grupo de personas u organizaciones capaces de ofrecer valoraciones conclusivas de un problema en cuestión y hacer recomendaciones respecto a sus momentos fundamentales con un máximo de competencia. (URIZARRI, 2005) El lema de la evaluación de expertos (según V. Zatsiorski, 1989) es: “DOS CABEZAS PIENSAN MAS QUE UNA”.

Se tuvo en cuenta a la hora de seleccionar a los expertos entre sus cualidades la disposición de participar en la encuesta como una característica importante a tener

presente para que influya de manera positiva en la solución exitosa del problema tratado, por cuanto esta posibilita conocer si se incluye o no en la realización de la misma; la capacidad de análisis y de pensamiento; la propiedad de colectivismo y; su espíritu autocrítico se observó en la valoración de su grado de competencia, así como en la toma de decisión en el análisis del problema.

Se conformó un panel integrado por especialistas de la Dirección de Calidad de Software de la Universidad, especialistas del área productiva con experiencia en temas relacionados con la investigación, así como directivos con un alto nivel de conocimiento en temas de calidad de software.

Los expertos se seleccionaron según las características:

- Conocimientos acerca de los contenidos que sustentan la propuesta de implementación.
  - ✓ Calidad de Software.
  - ✓ Modelo de gestión de calidad CMMI.
  - ✓ Proceso de MA.
  - ✓ Proceso de Desarrollo de Software.
  - ✓ PSP (Proceso Personal de Software)
  - ✓ TSP (Proceso de Software en Equipo)
- Años de experiencia trabajando los temas que se señalaron anteriormente.
- Prestigio en el colectivo de trabajo.
- Capacidad de análisis y pensamiento lógico.
- Integración a las actividades productivas.

Elegir los expertos atendiendo a las características mencionadas propició obtener resultados con calidad, junto a otras cualidades propias de estos como fueron: la seriedad, la honestidad, la sinceridad, la responsabilidad y otras en este sentido, que

hicieron que las opiniones brindadas fueran confiables y válidas para el objetivo propuesto.

Una vez confeccionado el panel se invitó cada experto de manera personal para que participaran en el proceso de validación y aceptación de la propuesta.

### 3.2.3 Elaboración del cuestionario.

En el cuestionario elaborado se hizo énfasis en las preguntas de tipo cerradas, pero en la totalidad de ellas se incluyó la posibilidad de que el experto emitiera su criterio sobre el tema tratado, algo característico de las preguntas abiertas. Esta forma de relacionar ambos tipos (abiertas y cerradas) permitió hacer en estos casos análisis cuantitativos y cualitativos sobre la misma pregunta. El siguiente cuadro detalla los objetivos que se persiguieron con cada tipo de pregunta:

**Tabla 4 Objetivos de los tipos de preguntas.**

Objetivos	Tipo de pregunta
Búsqueda de concordancia entre los expertos	Cerrada
Búsqueda de elementos comunes y esenciales en las valoraciones de los expertos	Abierta

La guía elaborada consta de siete preguntas o aspectos, la escala de valoración está compuesta de 10 categorías y se incluyen ítem de selección sobre los criterios, puntos de vista y argumentos, de cada aspecto del resultado, que a consideración de los expertos deben ser modificados. (Ver anexo 4).

Las preguntas estuvieron enfocadas a darle cumplimiento a cuatro criterios fundamentales: implantación (pregunta 1); generalización (preguntas 2 y 3); impacto (preguntas 4 y 5) y el mérito científico (preguntas 6 y 7).

#### 3.2.4 Elección de la metodología a seguir.

El método de expertos que se utilizó fue el de la **Metodología de la Preferencia** que es la más empleada, por su exactitud, objetividad y rapidez.

Esta metodología permitió superar las limitaciones, relacionadas con la complejidad de su aplicación y del procesamiento de los datos y alcanzó una imagen integral y más amplia de la posible evolución del resultado científico sometido a valoración, reflejando las valoraciones individuales de los expertos, las cuales estuvieron fundamentadas, tanto en un análisis estrictamente lógico como en su experiencia intuitiva y a la vez facilitó el correspondiente análisis estadístico.

Al emplear este método los expertos ubicarán los aspectos evaluados, según la encuesta elaborada, por rangos, en orden decreciente de calidad, es decir, el lugar que ocupó cada uno de los aspectos de la guía, según el nivel de calidad que reflejó y manifestó el resultado de la investigación objeto de análisis. Este lugar estuvo determinado por la cantidad de puntos acumulados, mientras mayor (menor) fue el total de puntos, más alto (más bajo) fue el lugar ocupado, es decir, fue mayor o menor la calidad del resultado evaluado.

#### 3.2.5 Ejecución de la metodología.

Los expertos que conformaron el panel recibieron un resumen de la propuesta de solución como documentación primaria para responder los temas encuestados, además del cuestionario con un total de siete preguntas con las características explicadas anteriormente.

#### 3.2.6 Procesamiento de la información.

En la tabla aparecen los resultados del ordenamiento realizado por cada uno de los expertos a los diferentes aspectos de la guía para realizar la evaluación de la propuesta de implementación del AP de MA del modelo de gestión de la calidad CMMI.

**Expertos 1 al 4:** Especialistas de la Dirección de Calidad pertenecientes al grupo de métricas de la Universidad de las Ciencias Informáticas, Ingenieros en Ciencias

Informáticas, con reconocida experiencia en su ejercicio profesional y resultados satisfactorios en su trabajo.

**Experto 5:** Especialista de la Dirección de Calidad perteneciente al grupo del proceso de mejoras basado en el modelo de gestión de procesos CMMI de la Universidad de las Ciencias Informáticas, Ingeniero en Ciencias Informáticas, con reconocida experiencia en su ejercicio profesional y resultados satisfactorios en su trabajo.

**Expertos 6 y 7:** Líderes de proyectos de la facultad con vastos conocimientos en el proceso de desarrollo de software, Ingeniero en Ciencias Informáticas, con reconocida experiencia en su ejercicio profesional y resultados satisfactorios en su trabajo.

La información obtenida se recolectó, agrupó, ordenó, codificó y clasificó según las categorías predeterminadas y posteriormente fue ubicada en la tabla siguiente:

**Tabla 5. Ordenamiento realizado por cada uno de los expertos a los aspectos de la guía.**

Expertos	Aspectos						
	1	2	3	4	5	6	7
1	9	9	9	8	9	9	8
2	9	9	8	8	8	9	8
3	9	9	8	7	8	9	9
4	9	9	9	9	8	9	8
5	10	8	9	10	10	10	7
6	9	10	9	10	8	9	9
7	9	9	8	7	8	9	9

A partir de aquí se crea la tabla de los rangos de puntajes ligados de la siguiente manera:

**Tabla 6. Ordenamiento de los rangos de puntajes ligados a cada uno de los aspectos de la guía.**

	Aspectos						
Expertos	1	2	3	4	5	6	7
1	5	5	5	1.5	5	5	1.5
2	6	6	2.5	2.5	2.5	6	2.5
3	5.5	5.5	2.5	1	2.5	5.5	5.5
4	5	5	5	5	1.5	5	1.5
5	5.5	2	3	5.5	5.5	5.5	1
6	3.5	6.5	3.5	6.5	1	3.5	3.5
7	5.5	5.5	2.5	1	2.5	5.5	5.5

Con los resultados obtenidos en la tabla de rangos se sumaron todos los  $R_j$ , suma que proporcionó el valor de  $S_j$ , el cual fue dividido entre la cantidad de aspectos tratados obteniendo como resultado el valor medio de la suma de los rangos.

$$S_j = \sum_{i=1}^m R_{ij}$$

Valores de  $S_j$ : 36, 35.5, 24, 23, 20.5, 36 y 21

$$\bar{S} = \frac{\sum_{j=1}^n S_j}{n} = \frac{196}{7} = 28$$

Media de los Rangos

Donde:

m: cantidad de expertos.

n: cantidad de preguntas o aspectos.

$$S = \sum_{j=1}^n (\bar{S} - S_j)^2 = 330.5$$

Suma de cuadrados de las desviaciones de sumas de los Rangos.

Luego se calcula el Factor de Correlación mediante la fórmula:

$$T_i = \frac{\sum_{i=1}^r (t^3 - t)}{12} \quad \text{(Factor de Corrección)}$$

Donde  $t$  son las veces que se repiten los números en la tabla de rangos de derecha a izquierda. Los valores que no se repiten no se tienen en cuenta.

$$T_i = 49.5$$

### COEFICIENTE DE CONCORDANCIA DE KENDALL

$$W = \frac{12 S}{m^2 (n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i} = \frac{3966}{16117.5} = 0.24$$

### PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN PARA W

$$\chi^2 = m(n - 1) W = 7 * 6 * 0.24 = 10.08$$

Se cálculo la diferencia y se busca en la tabla de probabilidad, quedando:

$$df = n - 1 = 6 \quad ; \quad \chi^2_{(6;0.001)} = 22.46$$

Se puede determinar entonces que si existe concordancia en el trabajo de los expertos dado que se cumple:

$$X^2_{\text{real}} < X^2_{(\alpha, c-1)} \quad 10.08 < 22.46$$

### Del análisis realizado por los expertos se pudo determinar:

- Existe una alta necesidad del empleo de la propuesta de implementación del AP de MA del modelo de gestión de la calidad CMMI en los proyectos productivos de la facultad 9 quedando este criterio de evaluación en una escala de 10 con un valor de 9.14.

- Los criterios de evaluación facilidad de comprensión y de uso de la propuesta de implementación del AP de MA del modelo de gestión de la calidad CMMI en los proyectos productivos de la facultad 9 alcanzaron una significación de 9 y 8.57 respectivamente según la puntuación emitida por los expertos.
- Se determinó una alta contribución al proceso de desarrollo de software de la propuesta de implementación del AP de MA del modelo de gestión de la calidad CMMI en los proyectos productivos de la facultad 9 dado el valor de 8.42 emitido por los expertos en una escala de 10.
- La posibilidad de aplicación de la propuesta de implementación del AP de MA del modelo de gestión de la calidad CMMI en los proyectos productivos de la facultad 9 alcanzó un valor de 8.43.
- Por el criterio de los expertos se determinó que la calidad de la investigación realizada en la propuesta de implementación del AP de MA del modelo de gestión de la calidad CMMI en los proyectos productivos de la facultad 9 alcanzó un valor significativo de 9.14.
- El trabajo realizado en la propuesta de implementación del AP de MA del modelo de gestión de la calidad CMMI en los proyectos productivos de la facultad 9 alcanzó un alto aporte científico según la evaluación realizada por los expertos, quedando el criterio de evaluación con el valor de 8.28.



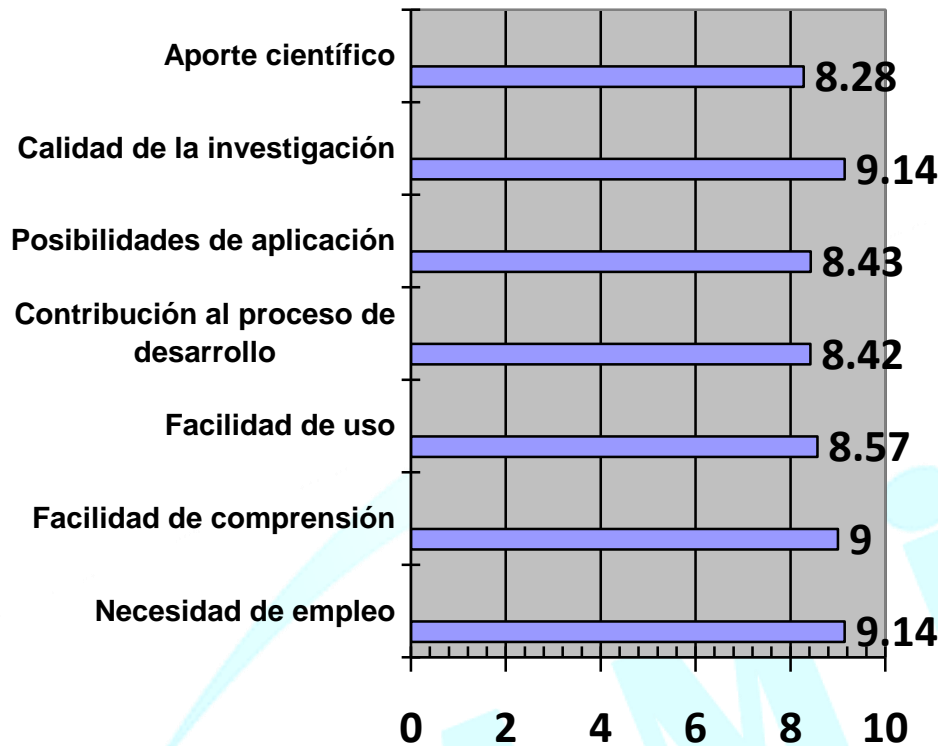


Figura 19 Puntuación que obtuvo cada criterio de evaluación según el criterio de los expertos.

### 3.3 Conclusiones parciales.

Los criterios de expertos resultaron significativos en la evaluación de la propuesta de implementación del modelo CMMI en el AP de MA en los proyectos productivos de la facultad 9; estos se tuvieron en cuenta para el perfeccionamiento, ajuste e implementación del programa de mejora. Llamó la atención la opinión de los especialistas del área productiva y los directivos de proyectos que aún sin ser especialistas en la materia tratada, tuvieron un acertado enfoque hacia los beneficios de la aplicación del programa de mejoras y los resultados objetivos que pudieran obtenerse de la misma.

### Conclusiones Generales

Con el desarrollo de la investigación se cumplieron los objetivos propuestos satisfactoriamente:

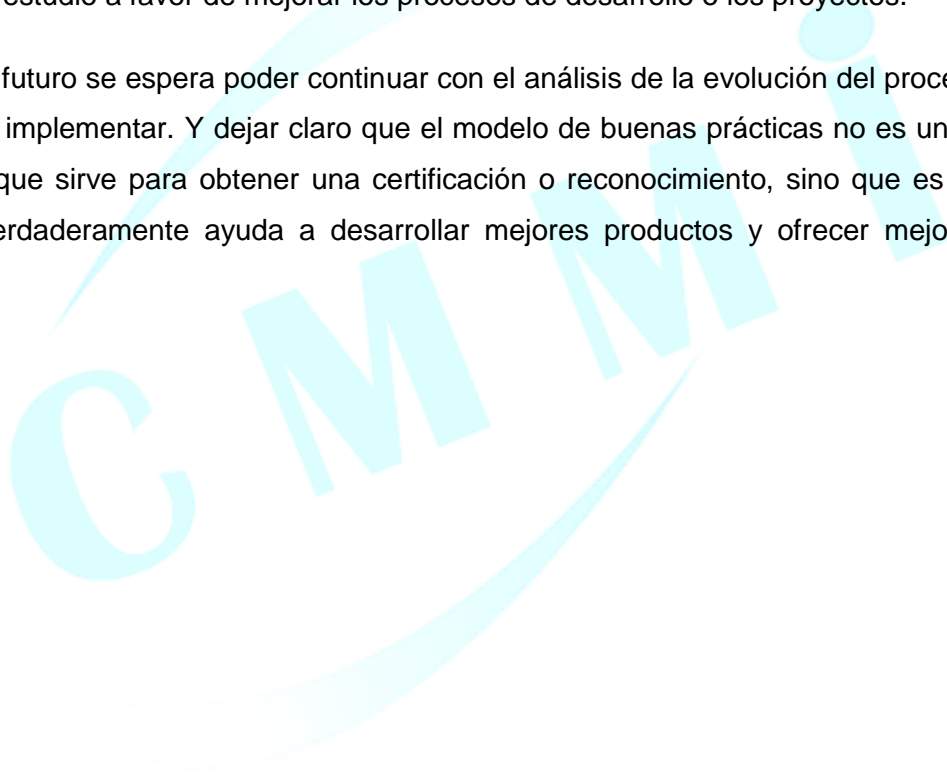
- Se describieron los antecedentes del modelo CMMI y en especial el área de proceso de medición y análisis de dicho modelo.
- Se caracterizó el modelo CMMI y su área de proceso: medición y análisis.
- Se identificaron problemas del área de proceso de medición y análisis en los proyectos productivos de la facultad 9.
- Se desarrolló la propuesta de implementación del modelo CMMI en el área de proceso de medición y análisis en los proyectos productivos de la facultad 9.
- Se validó la propuesta de implementación del modelo CMMI en el área de proceso de medición y análisis en los proyectos productivos de la facultad 9.

## **Recomendaciones**

Se recomienda a la facultad que planea iniciar el proceso de adopción del modelo CMMI en el AP de MA como estrategia de mejoramiento, que comience cuanto antes la implementación de un modelo de medición e indicadores de proceso que permita generar métricas de desempeño, a partir de las que, posteriormente, pueda evaluarse cuantitativamente la mejora alcanzada en el área en cuestión.

Realizar a partir de los resultados obtenidos en el proceso, registros históricos relevantes que permitan efectuar estimaciones para planificaciones futuras, análisis de avances o cualquier otro estudio a favor de mejorar los procesos de desarrollo o los proyectos.

Como trabajo futuro se espera poder continuar con el análisis de la evolución del proceso que se desea implementar. Y dejar claro que el modelo de buenas prácticas no es un fin en sí mismo que sirve para obtener una certificación o reconocimiento, sino que es un medio que verdaderamente ayuda a desarrollar mejores productos y ofrecer mejores servicios.



## Bibliografía

**De La Villa, Manuel. 2004.** *Modelos de Evaluación y Mejora de Procesos: Análisis Comparativo Universidad de Cádiz.* Cádiz : s.n., 2004.

**DirecciónCalidad. 2008.** Diagnóstico 2008. Resultados de las Revisiones UCI. Dirección Calidad UCI . Habana : UCI, 2008.

**Dpto.Gestión\_Software\_UCI. 2009.** Introducción al Proceso de Software en Equipo (TSP). Habana : UCI, 2009.

**Gracia, J. 2005.** CMM - CMMI, IngenieroSoftware. [En línea] 14 de agosto de 2005. [Citado el: 15 de febrero de 2009.] <http://www.ingenierosoftware.com/calidad/cmm-cmmi.php>.

**Gracia, J. 2003.** CMM - CMMI, IngenieroSoftware. *CMM - CMMI, IngenieroSoftware.* [En línea] 2003. [Citado el: 15 de febrero de 2009.] <http://www.ingenierosoftware.com/calidad/cmm-cmmi-nivel-2.php>.

**Hernández Parro, Casimiro. 2007.** *Uso de la representación continua de CMMI para la mejora de negocio.* s.l. : ESI, 2007.

**Howard, Michael y Lipner, Steve. 2005.** *El ciclo de vida de desarrollo de seguridad de Trustworthy .* s.l. : Unidad tecnológica y empresarial de seguridad Microsoft Corporation, 2005.

**López Pérez, Yusnay y Bauta Pacheco, Yuraimy. 2007.** *Propuesta para aplicar el Modelo CMMI en el proceso productivo de la UCI.* Cuba : s.n., 2007.

**2008.** Mi Carrera Laboral en Informática & Tecnología. *Mi Carrera Laboral en Informática & Tecnología.* [En línea] 19 de mayo de 2008. [Citado el: 14 de febrero de 2009.] <http://micarrerallaboralenit.wordpress.com/2008/05/19/argentina-cmmi/>.

**2008.** Modelos de Gestion de la Calidad del Software . *Modelos de Gestion de la Calidad del Software .* [En línea] 12 de enero de 2008. [Citado el: 12 de febrero de 2009.] <http://modelosdegestiondelacalidad.blogspot.com/>.

**Mora, Beatriz y Garcia, Felix. 2008.** *Marco de Trabajo basado en MDA para la Medición Genérica del software.* s.l. : Universidad Politécnica de Valencia, 2008.

**Pressman, Roger S. 2005.** *Ingeniería de software. Un enfoque práctico.* s.l. : McGraw-Hill, 2005. Vol. Quinta edición.

**Quiñones, Ernesto.** Modelos de Calidad de Software y Software Libre. APESOL. [En línea] [Citado el: 13 de febrero de 2009.] [http://www.eqsoft.net/presentas/modelos\\_de\\_calidad\\_y\\_software\\_libre.pdf..](http://www.eqsoft.net/presentas/modelos_de_calidad_y_software_libre.pdf..)

**Serrano, Miguel A. 2007.** *Lecciones Aprendidas en la Mejora de Procesos.* s.l. : spisolutions, 2007.

**Software, Gestión de. 2008.** *Mediciones de Software. Mediciones Prácticas de Software (PSM).* C.Habana : UCI, 2008.

**Tecnalia. 2008.** *Industria del Software en Colombia.* 2008.

**UCI, Calidad -. 2009.** Dirección de Calidad de Software. *Dirección de Calidad de Software.* [En línea] 2009. [Citado el: 14 de febrero de 2009.] [http://calidadsoft.prod.uci.cu/.](http://calidadsoft.prod.uci.cu/)

## Referencias Bibliográficas

**Calidad, Comisión de. 2006.** *CMMI: su aplicación en Empresas en general y en PyMES, Beneficios y Cuestionamientos*. Argentina : CESSI (Cámara de Empresas de Tecnología de Información Argentina), 2006.

**CCI, C. D. C. I. 2006.** *El significado de la «calidad»*. s.l. : La revista del Centro de Comercio Internacional, 2006.

**CCTI. 2005.** *El Modelo IDEAL para implementar CMMI*. 2005.

**De La Villa, Manuel. 2004.** *Modelos de Evaluación y Mejora de Procesos: Análisis Comparativo* Universidad de Cádiz. Cádiz : s.n., 2004.

**DirecciónCalidad. 2008.** *Diagnóstico 2008. Resultados de las Revisiones UCI*. Dirección Calidad UCI . Habana : UCI, 2008.

**Dpto.Gestión\_Software\_UCI. 2009.** *Introducción al Proceso de Software en Equipo (TSP)*. Habana : UCI, 2009.

**Gracia, J. 2005.** *CMM - CMMI, IngenieroSoftware*. [En línea] 14 de agosto de 2005. [Citado el: 15 de febrero de 2009.] <http://www.ingenierosoftware.com/calidad/cmm-cmmi.php>.

**Gracia, J. 2003.** *CMM - CMMI, IngenieroSoftware*. *CMM - CMMI, IngenieroSoftware*. [En línea] 2003. [Citado el: 15 de febrero de 2009.] <http://www.ingenierosoftware.com/calidad/cmm-cmmi-nivel-2.php>.

**Hoyle, D. 1998.** *Manual de valoración del sistema de calidad ISO 9000*. Madrid : Paraninfo, 1998.

**Howard, Michael y Lipner, Steve. 2005.** *El ciclo de vida de desarrollo de seguridad de Trustworthy* . s.l. : Unidad tecnológica y empresarial de seguridad Microsoft Corporation, 2005.

**Huacoto, N E. 2005.** *Propuesta para implantar CMMI en una empresa con múltiples unidades desarrolladoras de software*. Lima-Perú : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2005.

- Humphrey, W. 2000.** *The Personal Software Process (PSP)*, Software Engineering Institute. s.l. : Carnegie Mellon University, 2000. CMU/SEI-2000-TR-022.
- . **2000.** *The Team Software Process (TSP)*, Software Engineering Institute,. s.l. : Carnegie Mellon University, 2000. CMU/SEI-2000-TR-023.
- ISHIKAWA, K. 1994.** *Autores de la gestión de la calidad*. 1994.
- ISO/IEC-TR-15504-1. 1998.** *Information Technology – Software Process Assesment. Concepts and Introductory Guide*. 1998. Parte 1.
- Juran, J M. 1900.** *¿Quién es el doctor Juran?* 1900.
- López Pérez, Yusnay y Bauta Pacheco, Yuraimy. 2007.** *Propuesta para aplicar el Modelo CMMI en el proceso productivo de la UCI*. Cuba : s.n., 2007.
- 2008.** *Mi Carrera Laboral en Informática & Tecnología. Mi Carrera Laboral en Informática & Tecnología*. [En línea] 19 de mayo de 2008. [Citado el: 14 de febrero de 2009.] <http://micarrerlaboralenit.wordpress.com/2008/05/19/argentina-cmmi/>.
- 2008.** *Modelos de Gestion de la Calidad del Software . Modelos de Gestion de la Calidad del Software .* [En línea] 12 de enero de 2008. [Citado el: 12 de febrero de 2009.] <http://modelosdegestiondelacalidad.blogspot.com/>.
- Mora, Beatriz y Garcia, Felix. 2008.** *Marco de Trabajo basado en MDA para la Medición Genérica del software*. s.l. : Universidad Politécnica de Valencia, 2008.
- 2008.** *Noticias.Info. Noticias.Info*. [En línea] 10 de marzo de 2008. [Citado el: 14 de febrero de 2009.] <http://www.noticias.info/>. noticia n° 344.389.
- Notiexport. 2005.** *PROEXPORT*. [En línea] 21 de agosto de 2005. [Citado el: 13 de 2 de 2009.] <http://www.proexport.com.co/vbecontent/home.asp?idcompany=16>. 25
- Pressman, Roger S. 2005.** *Ingeniería de software. Un enfoque práctico*. s.l. : McGraw-Hill, 2005. Vol. Quinta edición.
- Quiñones, Ernesto.** *Modelos de Calidad de Software y Software Libre. APESOL*. [En línea] [Citado el: 13 de febrero de 2009.] [http://www.eqsoft.net/presentas/modelos\\_de\\_calidad\\_y\\_software\\_libre.pdf](http://www.eqsoft.net/presentas/modelos_de_calidad_y_software_libre.pdf).

- SEI.** Capability Maturity Model for Software. *Capability Maturity Model for Software*. [En línea] [Citado el: 15 de febrero de 2009.] <http://www.sei.cmu.edu/cmm/>.
- . **2006.** CMMI® for Development. *CMMI® for Development*. [En línea] 2006. [http://www.sei.cmu.edu/cmmi/models/CMMI-DEV-v1.2.doc#\\_Toc143059339](http://www.sei.cmu.edu/cmmi/models/CMMI-DEV-v1.2.doc#_Toc143059339). Version 1.2.
- . **2007.** SEI. [En línea] The Team Software Process (TSP) and the Personal Software Process (PSP), 2007. [Citado el: 16 de febrero de 2009.] <http://www.sei.cmu.edu/tsp/>.
- . **1996.** IDEAL: A User's Guide for Software Process Improvement. *IDEAL: A User's Guide for Software Process Improvement*. [En línea] 1996. <http://www.sei.cmu.edu/pub/documents/96.reports/pdf/hb001.96.pdf>.
- Serrano, Miguel A. 2007.** *Lecciones Aprendidas en la Mejora de Procesos*. s.l.: spisolutions, 2007.
- Tecnalía. 2008.** *Industria del Software en Colombia*. 2008.
- Software, Gestión de. 2008.** *Mediciones de Software. Mediciones Prácticas de Software (PSM)*. C.Habana : UCI, 2008.
- UCI, Calidad -. 2009.** Dirección de Calidad de Software. *Dirección de Calidad de Software*. [En línea] 2009. [Citado el: 14 de febrero de 2009.] <http://calidadsoft.prod.uci.cu/>.
- URIZARRI. 2005.** *Algunas consideraciones acerca del método de evaluación utilizando el criterio de expertos*. 2005.
- ZATSIORSKI., V. 1989.** *Metrología Deportiva*. . La Habana : Editorial Pueblo y Educación, 1989.



## Anexos

### Anexo 1. Documento de especificación de Objetivos de Medición.

Proyecto &lt;...&gt;

Versión &lt;...&gt;

#### Reglas de Confidencialidad

**Clasificación:** <alta, media, baja>

Este documento contiene información propietaria de <...> y es emitido confidencialmente para un propósito específico.

El que recibe el documento asume la custodia y control, comprometiéndose a no reproducir, divulgar, difundir o de cualquier manera hacer de conocimientos público su contenido, excepto para cumplir el propósito para el cual se ha generado.

Estas reglas son aplicables a las <...> páginas de este documento.

#### Revisiones Históricas

Fecha	Versión	Descripción	Autor

#### Tabla de contenidos

**Introducción.**

**Alcance.**

**Definiciones, Acrónimos y Abreviaturas.**

**Referencias.**

**Descripción del Objetivo de Medición.**

<b>Objetivo de Medición</b>	
<b>Resumen:</b>	
<b>OM asociados:</b>	
<b>Precondiciones:</b>	



Sección "Proceso de análisis"	
<b>Método de análisis:</b>	
<b>Procedimientos administrativos</b>	
<b>Prioridades:</b>	
<b>Interesados consultados</b>	
<b>Pos condiciones:</b>	

**Valoración de proceso:**

<...>

**Conclusiones**

<...>

**Anexo 2. Encuesta para estudiantes.**

Estimado estudiante:

Necesitamos de su colaboración para obtener información sobre el estado de los proyectos, con el fin de utilizarla en una tesis de pregrado.

Para la realización de esta encuesta es necesario la mayor seriedad y sinceridad en las respuestas.

**1. Año que cursa:**

1ero \_\_\_\_ 2do \_\_\_\_ 3er \_\_\_\_ 4to \_\_\_\_ 5to \_\_\_\_

**2. ¿A qué polo pertenece?****3. ¿Qué rol juega?****4. De los modelos para la gestión de la calidad del software que a continuación se presentan ¿Cuál usted conoce?**

Métricas 3 \_\_\_\_ CMMI \_\_\_\_ ISO 15504 \_\_\_\_

**5. ¿Cree que sea importante la aplicación de modelos para la gestión de la calidad de software en los proyectos productivos de la facultad?**

Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_

**6. ¿Usted mide y/o lleva a cabo un registro de sus resultados personales y/o su avance en el trabajo?**

Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_ Depende si me lo piden \_\_\_\_

**7. ¿Qué implicaciones puede tener para usted que se registren sus resultados y avance en el trabajo? Seleccione solo un elemento.**

\_\_\_\_ Retrasos innecesarios en el cronograma.

\_\_\_\_ Me sentiría controlado.

- Puede colaborar en el desarrollo del trabajo del equipo de proyecto y la retroalimentación de los líderes.
- No considero necesario que se registren mis datos.
- Me sentiría comparado.
- Me ayudaría a mejorar el sentirme controlado.

### 8. ¿Aplica métricas en su proyecto?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ En ocasiones \_\_\_\_\_ No conozco el término \_\_\_\_\_

### 9. ¿Qué opinión tiene del uso de las métricas? Seleccione solo un elemento.

- Solo genera más trabajo para el equipo de desarrollo.
- Realmente no me han aportado ningún resultado.
- No son necesarias.
- No puedo opinar al respecto.
- No existen las condiciones necesarias para utilizarlas.
- Las considero muy útiles, me han aportado muy buenos resultados.

### 10. En el desarrollo de Proyectos de Software existen una serie de factores que deben ser tomados en cuenta, de los siguientes mencionados enumere por grado de importancia dando valores del 1 al 5. Tenga en cuenta que el 1 es el más importante y el 5 el menos importante.

- Ofrecer Soporte a los Ejecutivos
- Realizar una Planificación Adecuada
- Crear Expectativas Realistas
- Definir Proyectos Pequeños
- Poseer una Visión y Objetivos claros

### 11. ¿Qué problemas cree usted que enfrenta su proyecto?

- Los planes se hacen, pero no necesariamente se siguen.
- No se hace el seguimiento al trabajo real contra plan. Los planes no son revisados.
- Los estimados son muy irreales, su incumplimiento es común.
- Cuando no se puede cumplir con los plazos, surge una atmósfera de crisis.

- El éxito depende de acciones heroicas de individuos competentes.
- La consistencia en la ejecución es cuestionable.

**12. Para detectar que algo en su trabajo está fallando o mejorando, se apoya en:  
(Seleccione solo un elemento)**

- La comparación de sus resultados con los de otros compañeros en tareas similares.
- El análisis de sus resultados obtenidos con los esperados o planificados por usted mismo o su jefe superior.
- El análisis de sus resultados históricos en esa área.
- No lo noto, alguien me lo tiene que hacer.
- Otro elemento no considerado entre los anteriores.

Especifique cual \_\_\_\_\_

**Anexo 3. Encuesta para profesores.****Estimado profesor:**

Necesitamos de su colaboración para obtener información sobre el estado de los proyectos, con el fin de utilizarla en una tesis de pregrado.

Para la realización de esta encuesta es necesario la mayor seriedad y sinceridad en las respuestas.

**1. ¿A qué polo pertenece el proyecto al cual está vinculado?****2. De los modelos para la gestión de la calidad del software que a continuación se presentan ¿Cuál usted conoce? Marque con una X.**

Métricas 3\_\_\_ CMMI\_\_\_ ISO 15504\_\_\_

**4. ¿Le atribuye usted importancia a medir elementos de su proceso de desarrollo, proyecto y producto obtenido, para mejorar la calidad de los mismos?**

Si\_\_\_ No\_\_\_

**5. ¿Posee su proyecto algún mecanismo para obtener datos estadísticos del mismo?**

Si \_\_\_ No \_\_\_

En caso afirmativo ¿Cuál?\_\_\_\_\_

¿Cree que aporta suficiente? Si \_\_\_ No \_\_\_

**6. ¿Se poseen registros históricos de mediciones relevantes de los proyectos que permitan realizar estimaciones para planificaciones futuras, análisis de avances o cualquier otro estudio a favor de mejorar los procesos de desarrollo o los proyectos?**

Si \_\_\_ No \_\_\_ No se\_\_\_

**7. En caso de considerar que no se hacen mediciones. ¿A qué se debe?**

- Son poco factible.
- Falta de orientación y control.
- Difíciles de registrar los datos.
- Poco conocimiento de por parte de los líderes.

**8. Según su opinión ¿para que usted utilizaría las mediciones en su proyecto?**

- Para indicar la calidad del producto.
- Para evaluar la productividad de las personas.
- Para evaluar los beneficios derivados del uso de nuevos métodos y herramientas.
- Para establecer una línea de base para la estimación.
- Para justificar el uso de nuevas herramientas y la necesidad de formación.

**9. ¿Aplica métricas en su proyecto?**

Si  No  En ocasiones

**10. ¿Qué opinión tiene del uso de las métricas?**

- Solo genera más trabajo para el equipo de desarrollo.
- Realmente no me han aportado ningún resultado.
- No son necesarias.
- No puedo opinar al respecto.
- No existen las condiciones necesarias para utilizarlas.
- Las considero muy útiles, me han aportado muy buenos resultados.

**11. De los siguientes objetivos seleccione los que usted considere que son más importantes para un buen funcionamiento de su proyecto.**

- Minimizar los tiempos de entrega al cliente.
- Contar con un mecanismo de control del proyecto que permita estar al tanto de su estado en cualquier momento.
- Lograr una planificación lo más real basada en estadísticas anteriores.
- Realizar un seguimiento del trabajo real contra plan.
- Contar con estimados lo más realista.
- Elaboración de un plan de desarrollo agresivo.



**12. ¿Qué problemas cree usted que enfrenta su proyecto?**

- Liderazgo no efectivo.
- Falta de compromiso o cooperación entre sus miembros
- Demora
- Baja Calidad
- Cambios frecuentes de roles.
- Evaluaciones colectivas no efectivas

**13. En caso de que la demora sea uno de los problemas que enfrenta su proyecto, usted cree que se debe a:**

- No se establecen fechas límites o metas.
- Las establecen pero no las cumplen.
- No chequean la ejecución.
- Fallan por no tomar decisiones en tiempo y forma.
- Liderazgo inexperto.
- Falta de metas claras.
- Falta de un proceso definido y de un plan.

**14. En el desarrollo de Proyectos de Software existen una serie de factores que deben ser tomados en cuenta, de los siguientes mencionados enumere del 1 al 5 según el grado de importancia que usted le atribuye. Tenga en cuenta que 1 es el más importante y 5 el menos importante.**

- Ofrecer Soporte a los Ejecutivos.
- Realizar una Planificación Adecuada.
- Crear Expectativas Realistas.
- Definir Proyectos Pequeños.
- Poseer una Visión y Objetivos claros.

**Anexo 4 Guía o Encuesta.**

**Aspectos a tener en cuenta por los expertos para realizar la evaluación de la propuesta de implementación del AP de MA del modelo de gestión de la calidad CMMI.**

Compañero(a):

Usted ha sido seleccionado, por su calificación científico técnica, sus años de experiencia y los resultados alcanzados en su labor profesional, como experto para evaluar los resultados teóricos de esta investigación, por lo que el autor le pide que ofrezca sus ideas y criterios sobre las bondades, deficiencias e insuficiencias que presenta la propuesta de implementación en su concepción teórica y que pudiera presentar al ser aplicada en los proyectos productivos de la facultad 9, a partir de valorar los aspectos que se relacionan a continuación ordenándolos de manera decreciente, asignando el número 10 al aspecto (o los aspectos) que usted considere que mejor se revelan o se manifiestan, el número 9 al siguiente y así sucesivamente hasta el número 1.

1. Valorar la necesidad del empleo de la propuesta de implementación del AP de MA del modelo de gestión de la calidad CMMI en los proyectos productivos de la facultad 9.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Marque cuál de los siguientes ítems usted considera que se pone de manifiesto en este aspecto:

( I )	( II )	( III )	( IV )
BIEN CONCEBIDO	HARIA CAMBIOS	HARIA ADICIONES	HARIA SUPRESIONES

Siempre que usted marque una de las columnas ( I ), ( II ) ó ( IV ) especifique el cambio, adición o supresión que usted haría.

2. Valorar la facilidad de comprensión de la propuesta de implementación del AP de MA del modelo de gestión de la calidad CMMI.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Marque cuál de los siguientes ítems usted considera que se pone de manifiesto en este aspecto:

( I )	( II )	( III )	( IV )
BIEN CONCEBIDO	HARIA CAMBIOS	HARIA ADICIONES	HARIA SUPRESIONES

Siempre que usted marque una de las columnas ( I ), ( II ) ó ( IV ) especifique el cambio, adición o supresión que usted haría.

3. Valorar la facilidad de uso de la propuesta de implementación del AP de MA del modelo de gestión de la calidad CMMI.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Marque cuál de los siguientes ítems usted considera que se pone de manifiesto en este aspecto:

( I )	( II )	( III )	( IV )
BIEN CONCEBIDO	HARIA CAMBIOS	HARIA ADICIONES	HARIA SUPRESIONES

Siempre que usted marque una de las columnas ( I ), ( II ) ó ( IV ) especifique el cambio, adición o supresión que usted haría.

4. Valorar la contribución al proceso de desarrollo de software de la propuesta de implementación del AP de MA del modelo de gestión de la calidad CMMI.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Marque cuál de los siguientes ítems usted considera que se pone de manifiesto en este aspecto:

( I )	( II )	( III )	( IV )
BIEN CONCEBIDO	HARIA CAMBIOS	HARIA ADICIONES	HARIA SUPRESIONES

Siempre que usted marque una de las columnas ( I ), ( II ) ó ( IV ) especifique el cambio, adición o supresión que usted haría.

5. Valorar las posibilidades de aplicación de la propuesta de implementación del AP de MA del modelo de gestión de la calidad CMMI.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Marque cuál de los siguientes ítems usted considera que se pone de manifiesto en este aspecto:

( I )	( II )	( III )	( IV )
BIEN CONCEBIDO	HARIA CAMBIOS	HARIA ADICIONES	HARIA SUPRESIONES

Siempre que usted marque una de las columnas ( I ), ( II ) ó ( IV ) especifique el cambio, adición o supresión que usted haría.

6. Valorar la calidad de la investigación de la propuesta de implementación del AP de MA del modelo de gestión de la calidad CMMI.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Marque cuál de los siguientes ítems usted considera que se pone de manifiesto en este aspecto:

( I )	( II )	( III )	( IV )
BIEN CONCEBIDO	HARIA CAMBIOS	HARIA ADICIONES	HARIA SUPRESIONES

Siempre que usted marque una de las columnas ( I ), ( II ) ó ( IV ) especifique el cambio, adición o supresión que usted haría.

7. Valorar el aporte científico de la propuesta de implementación del AP de MA del modelo de gestión de la calidad CMMI.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Marque cuál de los siguientes ítems usted considera que se pone de manifiesto en este aspecto:

( I )	( II )	( III )	( IV )
BIEN CONCEBIDO	HARIA CAMBIOS	HARIA ADICIONES	HARIA SUPRESIONES

Siempre que usted marque una de las columnas ( I ), ( II ) ó ( IV ) especifique el cambio, adición o supresión que usted haría.

Para finalizar, queremos expresarle que sus criterios y opiniones se manejarán de forma anónima, además le agradecemos por anticipado su valiosa colaboración y estamos seguros que sus sugerencias y señalamientos críticos contribuirán a perfeccionar la Propuesta, tanto en su concepción teórica como en su futura aplicación en los proyectos productivos de la facultad 9.

Muchas gracias por su cooperación y le pedimos disculpas por las molestias ocasionadas.