UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
VICERRECTORADO ACADÉMICO
DIRECCIÓN GENEAL DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
ÁREA DE INGENIERÍA
POSTGRADO EN SISTEMAS DE LA CALIDAD

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PLAN DE LA CALIDAD PARA LA MEJORA DEL DESARROLLO DE SOFTWARE

Presentado por
Díaz Correa, Carmen Cecilia

para optar al título de
Especialista en Sistemas de la Calidad

Asesor

López, Emmanuel

Caracas, julio de 2008.

UTD. Montalbán - La Vega - Apartado 29068
Teléfono: 407-42-68 y 407-42-69 Fax: 407-43-52
Estudios de Postgrado

ACTA DE EVALUACIÓN DE TRABAJO ESPECIAL DE GRADO INGENIERÍA

osotros, Profesores **Emmanuel López C.** (Asesor) y **María Esther Remedios** valuador), designados por el Consejo Área de **Ingeniería** el día **veintidos** de **Julio** **dos mil ocho**, para conocer y evaluar en nuestra condición de jurado el Trabajo pecial de Grado **"Plan de la Calidad para la mejora del desarrollo de ftware"**, presentado por ***Carmen Cecilia Díaz Correa***, C.I. N°. **11.321.196** para tar al título de *Especialista en* ***Sistemas de la Calidad.***
eclaramos que:
emos leído el ejemplar del Trabajo Especial de Grado que nos fue entregado con terioridad por la Dirección del Programa.
unidos el día **25** de **Julio** de **dos mil ocho** en la sede de los Estudios de Postgrado la Universidad Católica Andrés Bello, previa lectura y estudio del mencionado bajo, hemos decidido **convocar a la estudiante con el fin de responder las eguntas que le formule el jurado. Hechas por nuestra parte las preguntas y laratorias correspondientes, se consideró** formalizar el siguiente dictamen:

APROBADO

mos acordado calificar el Trabajo Especial de Grado de Carmen Cecilia Díaz rrea con **Veinte (20)** puntos.

fe de lo cual, nosotros los miembros del jurado designado, firmamos la presente a en Caracas, a los **veinticinco** días del mes de **Julio** de **dos mil ocho.**

bre y firmas del jurado evaluador:

Emmanuel López C.
C.I.: 3.189.576

María Esther Remedios
C.I.: 5.530.488

Secretaría Ejecutiva: 1ª. emisión de cuatro ejemplares de un mismo tenor.

DEDICATORIA

Esta tesis es parte de mi vida y comienzo de otras nuevas etapas por esto y más se la dedico a Dios, ya que sin Él nada podemos hacer.

Dios es quien nos concede el privilegio de la vida y nos ofrece lo necesario para lograr nuestras metas. Señor Jesús, GRACIAS, Gracias de todo corazón por permitirme estar aquí, por las pruebas que me hacen crecer como persona y ser humano y me permiten dar lo mejor de mí, pero lo mejor de todo, me acercan más a ti, ya que todo en este mundo es perecedero y solamente lo que viene de ti es verdadero y es eterno.

AGRADECIMIENTO

A Dios y a la Santísima Virgen María en la advocación de La Milagrosa, por estar cada día en mi vida presente llenándome de fortaleza y aliento para seguir adelante en todo lo que he emprendido.

A ti mi gordito por estar allí demostrándome que planificar y la calidad deben estar presente en todo lo que hacemos a lo largo de nuestro existir, por enseñarme la felicidad, y el sonreír del día a día. A ti mi amigo, mi compañero, mi hermano y mi gran amor por los bellos momentos que hemos compartido y por hacerme muy feliz.

A mis hermanas Blanca, Francelina, Ana y Yelitza por estar siempre a mi lado apoyándome a pesar de mis errores y aciertos.

Al Profesor Emmanuel López, por su orientación, recomendaciones y valioso aporte, en el desarrollo de este Trabajo de Grado de Especialista, sin lo cual no hubiera sido posible el logro de este objetivo.

A mi gran amiga Carmen Victoria Martínez, cariñosamente mi AMI y a su bella familia Tomas su esposo, sus pichurritas Sofía Victoria y Ana Victoria, y a su gran Mamá Maria Martínez por estar en este momento tan difícil de mi vida que es donde se demuestran las verdaderas amistades.

A todos aquellos que una u otra manera influyeron positivamente en la culminación de este trabajo especial de grado.

A todos ellos mil gracias.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA iii

AGRADECIMIENTO iv

ÍNDICE GENERAL v

ÍNDICE DE TABLAS viii

ÍNDICE DE FIGURAS ix

RESUMEN x

INTRODUCCIÓN 1

1. CAPITULO I EL PROBLEMA 5

1.1. Planteamiento del Problema 5
1.2. Objetivos de la Investigación 6
1.2.1. Objetivo General 6
1.2.2. Objetivos Específicos 6
1.3. Justificación de la Investigación 7
1.4. Alcance de la Investigación 8

2. CAPITULO II MARCO TEÓRICO 9

2.1. Antecedentes de la Investigación 9
2.2. Bases Teóricas 13
2.2.1. Sistemas 12
2.2.2. Sistemas de Información 12
2.2.3. Proceso 12
2.2.4. Ingeniería de Sistemas 12
2.2.5. Ingeniería de Software 13
2.2.6. Proceso de Software 13
2.3. Conceptos de Calidad 13
2.3.1. Calidad 13
2.3.2. Sistema de Calidad 15
2.3.3. Calidad Total 15
2.3.4. Plan de la calidad 16
2.3.5. Gestión de la calidad 16
2.3.6. Sistema de Gestión de la Calidad 18
2.3.7. CMMI 18
2.4. Etapas del Ciclo de Vida de Sistemas de Información 19
2.4.1. Ciclo de Vida Clásico del Desarrollo de Sistemas 19

2.4.2. Método de Desarrollo por Análisis Estructurado 20
2.4.3. Método del Prototipo de Sistemas 21

3. CAPITULO III MARCO METODOLÓGICO 22

3.1. Diseño de la Investigación 22
3.2. Tipo de Investigación 23
3.3. Área de Investigación 24
3.4. Población y Muestra 24
3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos 25
3.6. Técnicas para el Procesamiento y Análisis de Datos 26
3.7. Metodología Utilizada 27
3.8. Operacionalización de los Objetivos 28
3.9. Cronograma de Trabajo 30

4. CAPITULO IV PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS 34

5. CAPITULO V LA PROPUESTA 37

5.1. Justificación 37
5.2. Objetivo de la Propuesta 37
5.3. Alcance 38
5.4. Descripción del Modelo CMM 38
5.4.1. ¿Qué es el CMM? 38
5.4.2. ¿Cómo determinar si la Organización necesita CMMI? 40
5.4.3. ¿Qué es el CMMI? 41
5.4.4. Evolución de Madurez de los Procesos CMMI 42
5.4.5. Modelo CMMI Representaciones y Niveleles 45
5.4.6. Componentes del Modelo CMMI 47
5.4.6.1. Áreas de Proceso (PA) 47
5.4.6.2. Metas Genéricas (GG) 47
5.4.6.3. Metas Especificas (SG) 47
5.4.6.4. Características Comunes (KF) 47
5.4.6.5. Prácticas Genéricas (GP) 48
5.4.6.6. Prácticas Específicas (SP) 48
5.4.6.7. Subpráctica 48
5.4.7. Áreas de Procesos por Niveles 49
5.4.8. CMM vs. CMMI - Diferencias y Semejanzas 51
5.4.9 ¿Por qué se aplica el CMMI? 54
5.5. Descripción del Plan de la Calidad 55
5.5.1. Plan de la Calidad 55
5.5.2. Aspectos considerados en la Norma ISO 10005:2005, para el Desarrollo de un Plan de la Calidad. 56
5.5.2.1. Identificación de la Necesidad de un Plan de la Calidad. 56
5.5.2.2. Entradas para el Plan de la Calidad. 57
5.5.2.3. Alcance del Plan de la Calidad. 57

5.5.3. Preparación del Plan de la Calidad 58
5.5.3.1. Iniciación 58
5.5.3.2. Documentación del Plan de la Calidad 58
5.5.3.3. Responsabilidades 59
5.5.3.4. Coherencia y Compatibilidad 59
5.5.4. Presentación y Estructura 60
5.5.5. Revisión, aceptación, implementación y revisión del Plan de la Calidad 60
5.5.5.1. Revisión y Aceptación del Plan de la Calidad 60
5.5.6. Implementación del Plan de la Calidad 61
5.5.7. Revisión del Plan de la Calidad 62
5.5.8. Retroalimentación y Mejora 63
5.6. Estructura del Plan de la Calidad para la Mejora del desarrollo del Software, basado en el Modelo CMMI 63
5.7. Proceso de Implementación del Plan de Calidad para la mejora del desarrollo de Software 74
5.8. Barreras para una Implementación Exitosa 76
5.9. Factores Críticos de Éxito 76

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 78

6.1. CONCLUSIONES 78
6.2. RECOMENDACIONES 81

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 82

ANEXOS 85

ANEXO I 85
Descripción Detallada de PAs y Evidencias de Cumplimiento 85

ANEXO II 104
Modelo de Evaluación SCAMPI 104

ANEXO III 105
Glosario de Términos 105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Nº 1. Hechos importantes de CMMI [Dennis, 2003]. 12

Tabla Nº 2. Los ocho principios de gestión de la calidad. 17

Tabla Nº 3. Operacionalización de los Objetivos 29

Tabla Nº 4. Nivel de Madurez Según la Representación por Estados..... 40

Tabla Nº 5. Madurez Vs Inmadurez. 40

Tabla Nº 6. Diferencias y Semejanzas CMM Vs CMMI. 51

Tabla Nº 7. Diferencias y Semejanzas CMM Vs CMMI Nivel de Madurez 2. 52

Tabla Nº 8. Diferencias y Semejanzas CMM Vs CMMI Nivel de Madurez 3. 53

Tabla Nº 9. Diferencias y Semejanzas CMM Vs CMMI Nivel de Madurez 4. 54

Tabla Nº 10. Diferencias y Semejanzas CMM Vs CMMI Nivel de Madurez 5. ... 54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura Nº 1. Modelo CMMI 19

Figura Nº 2. Ciclo de Vida Clásico del Desarrollo de Sistemas..... 20

Figura Nº 3. Modelo de Desarrollo CMM. 39

Figura Nº 4. Modelo de Desarrollo CMMI 42

Figura Nº 5. Evolución del Proceso de Madurez..... 44

Figura Nº 6. Representaciones y Niveles..... 45

Figura Nº 7. Niveles de Capacidad Continua. 46

Figura Nº 8. Niveles de Madurez. 46

Figura Nº 9. Componentes del Modelo CMMI..... 49

Figura Nº 10. Áreas de Procesos por Nivel y Categorías..... 50

Figura Nº 11. Plan de la Calidad para la Mejora del desarrollo de Software. 65

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
VICERRECTORADO ACADÉMICO
DIRECCIÓN GENERAL DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
ÁREA DE INGENIERÍA
POSTGRADO EN SISTEMAS DE LA CALIDAD

PLAN DE LA CALIDAD PARA LA MEJORA DEL DESARROLLO DE SOFTWARE

Autor: Carmen Cecilia Díaz Correa

Tutor: Emmanuel López C., MSc

Fecha: Julio del 2008.

RESUMEN

La existencia de múltiples sistemas informáticos de uso libre como privados orientados a modelos Cliente/Servidor, a sistemas basados en modelos UML, sistemas de exploración de datos Web, la exploración de contenido y la exploración de estructura en Web, que requieren la integración articulada de estas herramientas son la motivación de este proyecto. En este contexto, este trabajo se propone estructurar un Plan de la Calidad para la Mejora del Desarrollo de Software a partir de la implementación de programas SPI *(Software Process Improvement)*, utilizando como referencia el modelo CMM/CMMI que demandan cambios organizacionales en varias dimensiones simultáneamente. Entre estos cambios se encuentran la planificación de proyectos y control de calidad en los procesos básicos de la organización, reestructuración de grupos de trabajo, cambios de roles y responsabilidades, y la gestión de nuevas capacidades y conocimiento tecnológico. Estos cambios inevitablemente generan tensiones y requieren de los líderes de la organización la capacidad para navegar períodos confusos y potencialmente conflictivos inherentes a la intervención representada por la implementación de SPI. Los desafíos de cambio generados por programas SPI tienen dos dimensiones. Primero, cada organización tiene sus propias peculiaridades que representan un punto de partida diferente para el programa SPI que condicionará los efectos de la intervención. Segundo, los modelos de CMM/CMMI tienen premisas acerca del buen funcionamiento y efectividad de la organización que a veces se contradicen. El diagnóstico y tratamiento de estos problemas se ve complicado aun más por la dificultad de la comunicación interdisciplinaria entre técnicos, administradores y especialistas en comportamiento social. La interacción de factores en los tres campos resulta difícil de comprender cuando la especialización determina las prioridades profesionales. En este trabajo se analizan estos problemas y se propone un Plan de la Calidad para la Mejora del Desarrollo de Software a través de la implementación del modelo CMMI.

Palabras Claves: *Software Process Improvement, Plan, Calidad, Modelos de Madurez, Capability Maturity Model, Capability Maturity Model Integration, Unified Mediling Language.*

INTRODUCCIÓN

Desde que en los años 50 surgieron los primeros computadores personales, el desarrollo de software ha constituido un arte más que una ciencia. Desde mediados de los 90's, con la explosión comercial de Internet, el software viene adquiriendo una importancia cada vez mayor en el seno de las organizaciones y el valor de sus negocios. Un error en un software puede suponer pérdidas millonarias e incluso humanas. Tal como dice [Zavala, p.13], "el software de una organización se convierte de facto en su activo más valioso y que sin embargo, normalmente no se considera como tal".

Con el enorme avance de las tecnologías de la información "TI" ,existen diversos puntos de vista sobre la manera en que debería efectuarse el procesamiento de datos (información), aunque la mayoría que opina, coincide en que nos encontramos en medio de un proceso de evolución que se prolongará todavía por algunos años y que cambiará la forma en que obtenemos y utilizamos la información almacenada electrónicamente. El principal motivo detrás de esta evolución es la necesidad que tienen las organizaciones (empresas o instituciones públicas o privadas), de realizar sus operaciones en forma más ágil y eficientemente, debido a la creciente presión competitiva a la que están sometidas, lo cual se traduce en la necesidad de que su personal sea más productivo, que se reduzcan los costos y gastos de operación, al mismo tiempo que se generan productos y servicios más rápidamente y con mejor calidad. Este constante desarrollo y progreso acelerado de la "TI", ha hecho que muchas organizaciones no hayan querido retrasarse a estos eventos, para lo cual implantaron e invirtieron gran parte de su tiempo y presupuesto en modernizar y mejorar su plataforma tecnológica pero al concentrarse en los avances tecnológicos pueden haber perdido de vista pilares como garantizar la seguridad e integridad de la información: las políticas y procedimientos del área de tecnología, relacionados con la administración y seguridad de la información, establecer infraestructuras y herramientas de procesamiento de información que cuente con los elementos requeridos para proveer información adecuada, exacta y oportuna en la toma de decisiones y para proporcionar un mejor servicio. Desde el punto de vista del

software, un objetivo básico de la normalización en gestión y aseguramiento de la calidad [González, 1989] es proporcionar la definición de los requisitos mínimos que han de cumplirse tanto en situaciones contractuales como las no contractuales. Esto conlleva a que durante el ciclo de vida de un producto de software, se deban realizar un conjunto de actividades debidamente organizadas que permitan ofrecer un suficiente nivel de confianza en las prestaciones y servicios esperados por el cliente (o el usuario en su caso). Sin embargo, sobre cualquier modelo que se trabaje, es indispensable encontrar un procedimiento de evaluación formal de evaluación y certificación del producto desarrollado; un proceso que esté certificado de tal manera que estemos seguros que el software producido es de buena calidad y cumple con las especificaciones respectivas. Sin embargo, no hay que ocultar que la producción de software es una actividad realmente compleja, en la que intervienen muchos factores internos y externos que dificultan la automatización del proceso, que conduce a que los resultados en los proyectos sean muchas veces impredecibles, y muy dependientes del equipo humano.

Al igual que la tecnología, los modelos de gestión empresarial han evolucionado de forma que aquéllos que permitieron el éxito a muchas empresas en el pasado, no garantizan una evolución estable en la actualidad. El futuro de una empresa se tiene que basar en su capacidad de adaptación al cambio y su habilidad para mejorar de forma continua. En la situación descrita, una organización sólo garantiza su estabilidad estando entre las mejores del sector. Para ello, la calidad se ha convertido en algo básico para estos nuevos modelos de gestión. Una mejora de la calidad, ya sea en productos, servicios o procesos de gestión, supone una mayor productividad y mejores resultados de negocio.

Todos estos argumentos hacen que la transformación de una empresa hacia la calidad centrada en el cliente sea una cuestión de supervivencia. Esta transformación exige construir un sistema de dirección totalmente centrado en el cliente, y, a la vez, crear una cultura que tenga como fuerza motora la satisfacción de las necesidades de los clientes desde la primera vez y en todo momento.

El incremento del uso de las series de las Normas Internacionales ISO 9000 que hacen referencia a la calidad de productos y servicios en las organizaciones presentando normativas y requisitos de estandarización en el sector industrial en todo ámbito, han hecho que muchas de las organizaciones de las ramas de TI comenzaran a preocuparse a invertir tiempo y recursos para generar tecnología de software de calidad como el conjunto de cualidades que lo caracterizan y que determinan su utilidad y existencia. "La calidad es sinónimo de eficiencia, flexibilidad, corrección, confiabilidad, mantenibilidad, portabilidad, usabilidad, seguridad e integridad" [Oscar M. Fernández Carrasco, Delba García León y Alfa Beltrán, 1995].

Sin embargo, en este proyecto se expone la utilización del Modelo CMMI[1] orientado a la mejora de los procesos relacionados con el desarrollo de software, para lo cual contempla las consideradas mejores prácticas de ingeniería de software y de management estudiando sus diferentes niveles de madurez para establecer un Plan de la Calidad para la Mejora del Desarrollo de Software.

En este trabajo se plantea como estructurar un Plan de la Calidad para la Mejora del Desarrollo de Software en un proceso de mejoras a partir de la utilización de un modelo como CMMI.

El Capítulo **I "EL PROBLEMA"** establece el planteamiento del problema, los objetivos de la investigación, la justificación y el alcance.

El Capítulo **II "MARCO TEÓRICO"** contiene lo referente al antecedente de la investigación y las bases teóricas que sustentarán el estudio de la propuesta. El Capítulo **III "MARCO METODOLÓGICO"** describe la metodología a emplear, el diseño de la investigación, el tipo de investigación, unidad de análisis, la población y muestra, las técnicas del estudio e instrumentos necesarios para la recolección de

[1] CMMI (Modelo Integrado de Madurez de la Capacidad), es un conjunto de herramientas que ayudan a la Organización a mejorar sus procesos de desarrollo de productos y servicios, adquisiciones y mantenimiento de software.

los datos, las técnicas para el procesamiento y análisis del mismo, y el cronograma de trabajo propuesto para el logro de los objetivos planteados.

El Capítulo **IV "PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS"** se presentan los datos obtenidos de la investigación y se analiza la información resultante, dando respuesta a los objetivos formulados del estudio.

El Capítulo **V "PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN"** se presenta el Plan de la Calidad para la Mejora del Desarrollo de Software.

Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas atinentes a la investigación.

CAPITULO I

1. EL PROBLEMA

En este capítulo se ofrece una descripción concreta del problema en estudio, partiendo de lo general y hasta lo particular, se explica el cuestionamiento y la problemática que dirige la investigación.

1.1. Planteamiento del Problema

La variedad de marcos de trabajo ó metodologías existentes para el desarrollo de software con calidad permiten inducir la necesidad de disponer de un marco de trabajo cuya finalidad sea la de mejorar los procesos de software, brindar pautas para efectuar evaluaciones de la unidad informática, determinar la potencialidad y la performance de sus procesos, y madurez de la organización. A pesar de esta variedad de trabajo ó metodologías el proceso de desarrollo de software a lo largo de los años ha adquirido un grado de profesionalidad digno y característico de la ingeniería. Gran parte de este profesionalismo se debe a la madurez adquirida por la Ingeniería de Software y la creciente complejidad de los sistemas de software que se vieron involucrados como elementos activos en tareas críticas de la industria, medicina, aeronavegación, ámbito empresarial, etc.

Consecuentemente con el crecimiento en la complejidad del software, se manifestaban entornos y clientes cada vez más exigentes en materia de calidad, cumplimiento de objetivos funcionales y económicos, así como el cumplimiento de los planes previamente pautados que guiarían el desarrollo del software. Esta exigencia de parte de los usuarios, junto con la complejidad del software, hace que el proceso utilizado para el desarrollo del mismo deba ser minuciosamente analizado, y rigurosamente estandarizado a efectos de asegurar un marco seguro y confiable que garanticen la calidad del producto final. Esta situación y la necesidad de contar con procesos seguros para el desarrollo del software hace necesario elaborar modelos bajo la premisa que la calidad de un producto o servicio está

altamente influenciada por la calidad de los procesos que los producen y los mantienen. Es por ello que la mejora continua de los procesos debiese ir paulatinamente incrementando el nivel de capacidad y madurez de una organización. Los procesos en conjunto transitan desde procesos no definidos, es decir, procesos cuya organización cuenta con poca capacidad y con inmadurez para realizarlos, a procesos disciplinados cuya organización cuenta con la capacidad y madurez suficiente para desarrollarlos con calidad probada.

En consecuencia una organización es capaz de definir su calidad total por medio del nivel de madurez de capacidades en que se encuentre de acuerdo a sus procesos que permiten garantizar la calidad del modelo empleado como directriz del proceso de desarrollo de software, siendo éste un conjunto de actividades, tareas, métodos y procedimientos que indican las pautas a conservarse y respetarse a efectos de generar un producto final de calidad.

1.2. Objetivos de la Investigación

1.2.1. Objetivo General

Proponer un Plan de la Calidad para la Mejora del Desarrollo de Software enfocado en la adecuada optimización de sus procesos y en el cumplimiento de los Niveles de Madurez del Modelo CMMI.

1.2.2. Objetivos Específicos

Para lograr el objetivo general es necesario cubrir diferentes fases, que en sí mismas, representan los objetivos específicos de la presente investigación:

- Describir los componentes, estructura y composición del modelo CMMI.
- Describir los elementos de un Plan de la Calidad de acuerdo a la Norma ISO 10005:2005. "Sistemas de gestión de la calidad – Directrices para los planes de la calidad".
- Estructurar un Plan de la Calidad para la mejora del desarrollo de software, de acuerdo a los Niveles de Madurez del Modelo CMMI, las

directrices de la Norma ISO 10005:2005 y requerimientos de los usuarios finales.

1.3. Justificación de la Investigación

Muchas empresas, en la búsqueda de ventajas competitivas, se centraron en la mejora de sus procesos operativos olvidándose que las verdaderas ventajas de una organización nacen del "encaje" entre todas y cada una de las actividades, y no de ventajas obtenidas en actividades aisladas. Si se describen las diversas actividades de las empresas, se llega a descubrir que todas están íntimamente interrelacionadas.

Sin embargo, la inclinación que hoy en día tienen las organizaciones pertenecientes a la industria de las tecnologías de información para aplicar las mejores prácticas en el ámbito del desarrollo del software, se han plasmado en la realización y publicación de una serie de modelos y normas; con la utilización y puesta en práctica en este sector de dichos modelos, han demostrado una visión más amplia de todas y cada una de las actividades de la organización.

El modelo CMMI está concebido para mejorar la capacidad de los procesos de las Organizaciones, al objeto de que éstas desarrollen productos de calidad de manera consistente y predecible. Se basa en el principio de que la calidad de un producto de software está determinada por la calidad del proceso que se utiliza para desarrollarlo y mantenerlo.

La implementación del Modelo CMM/CMMI, ha sido en definitiva el mejor marco de referencia y el más utilizado en la industria del software, no sólo en los Estados Unidos, sino en el mundo entero, por lo que representa el estándar para la industria del software. El modelo mide la capacidad del proceso para desarrollar un software con calidad, incrementando la predictibilidad para terminar los proyectos en costo, tiempo y con la calidad que el cliente espera.

1.4. Alcance de la Investigación

El alcance de esta investigación comprendió todo lo necesario para estructurar un Plan de la Calidad para la Mejora del Desarrollo de Software, basándose en el modelo CMMI orientado hacia la madurez de los procesos en el desarrollo de software lo que conlleva a mejora y optimización de los mismos, bajo el entendido de lograr una armonización de los procesos con la estructura organizativa y dentro de las realidades, lineamientos, normas y políticas generales de cualquier organización cuya dedicación principal es el desarrollo de software con calidad.

Para desarrollar la propuesta de estudio se tomaron en cuentan las siguientes premisas:

- Se aplicó el concepto de Gestión de la Calidad (SGC), en una organización dedicada al desarrollo de software.
- Se aplicó el concepto de Plan de la Calidad de acuerdo con las directrices descritas en ISO 10005:2005 (Sistemas de Gestión de la Calidad. Directrices para los Planes de la Calidad).
- Se aplicó el concepto de Capability Maturity Model Integration (CMMI), con la finalidad de garantizar la satisfacción de los estándares y especificaciones clave establecidas en dicho modelo.
- El diseño del Plan de la Calidad para la mejora del desarrollo de software se realizó de acuerdo con las directrices descritas de los niveles de madurez del modelo CMMI, para una organización dedicada al desarrollo de software.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

Este capítulo tiene el propósito de presentar los antecedentes teóricos de la investigación que llevan al planteamiento del problema y un conjunto de aportes teóricos adecuados a los términos utilizados en la investigación.

2.1. Antecedentes de la Investigación

Los antecedentes son todas aquellas investigaciones llevadas a cabo sobre el tema y que sirven para alcanzar, juzgar e interpretar los datos e información obtenida en la investigación. En tal sentido, por más de dos décadas el Departamento de Defensa de EEUU, debido a los múltiples problemas presentados con el software que encargaba a desarrollar a otras empresas, el incremento en los presupuestos y el retraso en las fechas para la entrega del software solicitado, decidió financiar numerosos estudios y apoyó la formación del SEI (Software Engineering Institute, Carnagie Mellow University en el año 1986/1997) para desarrollar modelos con ese objetivo. El modelo CMM (Capability Maturity Model) para el software fue concebido con esta intención y fue adoptado por la industria convirtiéndose en el estándar más utilizado. Con la aplicación del modelo CMM y la experiencia acumulada se detectó la necesidad de contar con un modelo más abarcativo que incluyera el concepto más amplio de sistema. Así surgió el modelo CMMI (Capability Maturity Model Integration) [M.C.Paulk, B. Curtis, 1991].

El modelo CMM ha servido como marco de referencia para la implementación de mejoras de procesos en organizaciones en muchas partes del mundo y se han gastado miles de millones de dólares en estas implementaciones. Sin embargo, no todos los resultados han sido alentadores. Algunos informes indican que la cantidad de fracasos es muy alta en la implementación de estos procesos, llegando al 70 % de las intervenciones. Varias investigaciones han mostrado que buena parte de este porcentaje se debe a que el modelo no contempla los aspectos sociales de las

organizaciones que intentan llevar a cabo un proceso de mejoras [Ojelanki Ngwenyama and Peter Axel Nielsen, 2003]. La conclusión de estos trabajos es que resulta necesario complementar este modelo con otros que contengan los aspectos mencionados. Los analistas coinciden en afirmar que el paradigma del modelo se basa en una visión racional y mecanicista de las organizaciones. El modelo CMM tiene como objetivo el logro de procesos óptimos repetibles en el desarrollo de software.

Esto implica un cambio en la forma de pensar y realizar el trabajo diario de los desarrolladores. Por esta razón es necesario incorporar en estos procesos aspectos de la cultura de la organización donde se implementará, basados en la idea de que "la cultura de una organización determina lo que se podrá y no se podrá realizar cuando se plantean cambios" [R. E. Quinn and M. R. McGrath, 1985]. Numerosos estudios señalan que los modelos estándar en general son muy restringidos pues no consideran la variedad de situaciones que se puede encontrar en organizaciones que desean implementar un proceso SPI[2] [T. Kasse and P. McQuaid, 1998]. La responsabilidad sobre estos detalles recae sobre los que implementan la intervención SPI. No puede exagerarse, entonces, que estos modelos no deben aplicarse en forma automática, como una serie de instrucciones completamente mecánicas. Los estudios mencionados recomiendan que su aplicación se complemente con un marco de análisis y gestión de cambio diseñado específicamente a partir de un diagnóstico de la organización en cuestión [F. Cattier, A. Fuggetta, and D. Sciuto, 2001].

La necesidad urgente de las organizaciones tecnológicas para comenzar un mejoramiento en la madurez de sus procesos, si deseaban aumentar su productividad y calidad de sus productos tomaron la iniciativa de adoptar dentro de sus organizaciones el modelo de madurez de capacidades de software CMM/CMMI, como guía para las prácticas fundamentales de los especialistas de computación consientes de la Calidad.

---

[2] SPI (Software Process Improvement)

Personas tales como Deming, Juran, Crosby entre otros nos han convencido de la necesidad para las compañías de ampliar un enfoque de calidad global. Desde entonces se ha escuchado la expresión "Calidad Total" y cualquiera que nunca la haya oído podría decirse que probablemente vive en otro planeta. Toda organización respetable tiene su Plan de la Calidad. Cuando las iniciativas de Calidad comienzan en el departamento de computación, gerentes y profesionales se preguntaban a menudo como aplicar la filosofía de Calidad Total en su área específica de especialización. En otras palabras, se aceptaba sin dificultad la filosofía de Calidad Total y sus principios implícitos pero querían tener puntos de referencia para verificar si el departamento de computación ha alcanzado o no con los objetivos de Calidad Total. El modelo CMM/CMMI, es el colaborador de las comunidades de la computación y satisface la necesidad de aplicar los principios de Calidad Total específicamente al desarrollo del software, por consiguiente, el CMM/CMMI sirve como guía para el mejoramiento del desarrollo y mantenimiento en las prácticas de Software. Consiste en prácticas claves que expresan métodos óptimos para producir software de calidad, con aumento de productividad, con un presupuesto y fechas previstas. Estas prácticas claves se identificaron al cabo de una amplia consulta con la comunidad de software, basándose en los éxitos y fracasos experimentados en miles de proyectos pasados y presentes. Reunidas en un manual lógicamente estructurado, estas prácticas constituyen una excelente base de referencia para evaluar el estado de los procesos de una organización para alcanzar este objetivo.

La interpretación de las prácticas del CMM/CMMI depende de la necesidad de cada organización con respecto a su propia situación. Sin embargo el SEI (Software Engineering Institute, Carnagie Mellow University) sugiere varios posibles usos para el CMM/CMMI. Puede usarse ciertamente como una referencia formal para las auditorias de proveedores, como un medio de evaluar su habilidad de llevar a cabo un determinado proyecto computacional. También puede ser usado por una organización para su propia auditoría interna de la madurez del proceso con el objeto de desarrollar un plan de mejoramiento. Puesto que el CMM/CMMI es un

manual altamente de buenas prácticas, también proporciona muchas ideas a cualquiera que desee definir un plan de mejoramiento.

En la siguiente tabla se muestra en resumen la historia de las versiones y eventos importantes en la concepción del CMMI.

Tabla N ° 1. Hechos importantes de CMMI [Dennis, 2003].

1997	CMMI iniciado por el departamento de la Defensa de USA y NDIA[3]
1998	Se llevó a cabo la primera junta de equipo de trabajo
1999	Fue lanzado el concepto de las operaciones
	Se completó el primer piloto
2000	Se completaron pilotos adicionales
	CMMI/SW versión 1.0 publicado para uso inicial
	CMMI/SW/IPDD[4] versión 1.0 publicado para uso inicial
	CMMI/SW/IPDD/SS[5] versión 1.0 publicado para uso inicial
2002	CMMI/SW versión 1.1 publicación
	CMMI/SW/IPDD versión 1.1 publicación
	CMMI/SW/IPDD/SS versión 1.1 publicación
	CMMI versión 1.1 publicación

2.2. Bases Teóricas

A continuación se presentan una serie de conceptos principales, expresiones o variables involucradas en el problema formulado.

---

[3] NDIA (Departamento de Defensa de la India)
[4] IPDD (Desarrollo de Procesos y Productos Integrados)

2.2.1. Sistemas

Es "un conjunto de elementos organizados que interactúan entre sí y con su ambiente, para lograr objetivos comunes, operando sobre información, sobre energía o materia u organismos para producir como salida información o energía o materia u organismos". [Teodoro Ventura J.C., 1999].

2.2.2. Sistemas de Información

"Es un conjunto de elementos que interactúan entre sí con el fin de apoyar las actividades de una empresa o negocio. Cuya tarea consiste en procesar la entrada, mantener archivos de datos en relación con la empresa y producir información informes y otras salidas. Los sistemas de información están integrados por subsistemas que incluyen el hardware, software y almacenamiento de los datos para los archivos y bases de datos". [Pérez Decarolis, Walter, 1998].

2.2.3. Proceso

"Conjunto de recursos y actividades repetitivas relacionadas entre sí que transforman elementos de entrada en elementos de salida. También puede definirse como cualquier actividad o grupo de actividades que emplea un insumo agregándole valor, para suministrar un producto útil para el cliente interno o externo" [6].

2.2.4. Ingeniería de Sistemas

Según [El IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronic Terms], "es la aplicación de las ciencias matemáticas y físicas para desarrollar sistemas que utilicen económicamente los materiales y fuerzas de la naturaleza para el beneficio de la humanidad".

Una definición especialmente completa (y que data de 1974) nos la ofrece un estándar militar de las fuerzas aéreas estadounidenses sobre gestión de la ingeniería. "Ingeniería de Sistemas es la aplicación de esfuerzos científicos y de ingeniería para: (1) transformar una necesidad de operación en una descripción de parámetros de

---

[6] Boletín de la [SPIN/RMPS] Colombia, Ricardo Llamosa-Villalba .System Engineering, Telecommunications Ph.D., PMP by PMI, CSDP by IEEE. Fundador y Promotor de la [SPIN/ RPMS] Colombia, julio 29 del 2007.

rendimiento del sistema y una configuración del sistema a través del uso de un proceso iterativo de definición, síntesis, análisis, diseño, prueba y evaluación; (2) integrar parámetros técnicos relacionados para asegurar la compatibilidad de todos los interfaces de programa y funcionales de manera que optimice la definición y diseño del sistema total; (3) integrar factores de fiabilidad, mantenibilidad, seguridad, supervivencia, humanos y otros en el esfuerzo de ingeniería total a fin de cumplir los objetivos de coste, planificación y rendimiento técnico".

Como vemos, en la literatura se pueden encontrar tantas definiciones del término como autores se han ocupado del tema. A pesar de ello, podemos dar otra basada en las ideas de [Hall, Wymore y M'Pherson]:
"Ingeniería de Sistemas es un conjunto de metodologías para la resolución de problemas mediante el análisis, diseño y gestión de sistemas"

2.2.5. Ingeniería de Software

"Cubre el desarrollo de sistemas totales, en los que puede o no incluir software. Es donde los ingenieros en sistema se concentran en transformar las necesidades y expectativas de los clientes en productos". [Dennis, 2003].

2.2.6 Proceso de Software

"Es conjunto de actividades, métodos, prácticas y transformaciones que el personal usa para desarrollar y mantener el software, y los productos asociados (planificación de proyectos, diseño de documentos, códigos, caso de pruebas, manuales de usuario, entre otros)" [7].

2.3. Conceptos de Calidad

Conceptos de Calidad según algunos Pioneros de la Calidad:

2.3.1. Calidad

"Es cero defectos haciendo las cosas correctamente desde el principio". [Philip B. Crosby].

---

[7] Alejandro Bedini, G. Extracto del libro en formato digital "Calidad Tradicional y Calidad de Software", Unidad Técnica Federico Santa María, Chile.

"Calidad es actitud para el uso". [J.M.Jurán]
"Calidad es total liderazgo de la marca en sus resultados al satisfacer los requisitos del cliente haciendo la primera vez bien lo que haya que hacer". [Westhingouse].

La Norma ISO 9000:2005 (2005) define Calidad como "Conjunto de propiedades o características de un producto o servicio, que le confiere su aptitud para satisfacer necesidades expresadas o implícitas" (p. 7).

2.3.2. Sistema de Calidad

La Norma ISO 9000:2005 (ISO, 2005) define proceso como un "Integración de responsabilidades, estructura organizativa, procesos, procedimientos, instrucciones de trabajo y recursos que se establecen para llevar a cabo la gestión de la calidad".
(p. 9). También el sistema de la calidad debe ser adaptado al tipo de actividad que desarrolla cada organización. Un sistema de la calidad, tendrá dos aspectos interrelacionados:

- Las necesidades y expectativas del cliente: La confianza en que la empresa entregará la calidad deseada y la mantendrá.
- Las necesidades e intereses de la organización: La necesidad de alcanzar la calidad y mantenerla a un costo óptimo.

2.3.3. Calidad Total

La Norma ISO 9000:2000 (ISO, 2000) define Calidad Total "como el conjunto de condiciones que permiten asegurar la mejora continua de los procedimientos, procesos, actividades y manejo de recursos, con la finalidad de controlar, prevenir y eliminar cualquier tipo de deficiencia en la presentación o producción de los bienes y servicios que dan a sus clientes o usuarios, con el propósito de proporcionar la máxima satisfacción con la mayor eficacia y eficiencia". (p.7).
Para [K.Ishikawa] Calidad Total es "una filosofía, cultura, estrategia o estilo de gerencia de una empresa según la cual todas las personas en la misma estudian, practican, participan y fomentan la mejora continua de la calidad".

2.3.4. Plan de la calidad

La Norma ISO 10005:2005 (ISO, 2005) define el Plan de la Calidad como: "Un documento que especifica cuáles procesos, procedimientos y recursos asociados se aplicarán, por quién y cuándo, para cumplir los requisitos de un proyecto, producto, proceso o contrato específico. Esos procedimientos generalmente incluyen aquellos que hacen referencia a los procesos de gestión de la calidad y a los procesos de realización del producto. Un Plan de la Calidad a menudo hace referencia a partes del manual de la calidad o a documentos de procedimiento. Un Plan de la Calidad generalmente es uno de los resultados de la planificación de la calidad ". (p. 3).

2.3.5. Gestión de la calidad

Berrinches Cerezo A. (2002), la define como el conjunto de actividades encaminadas a planificar, organizar y controlar la función calidad en la empresa.

La Norma ISO 9000:2005 (ISO, 2005) define la Gestión de la Calidad como "Actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización en lo relativo a la calidad" (p. 9). El Sistema de Gestión de la Calidad se basa en los ocho principios que reflejan las mejores prácticas de gestión, describiéndose a continuación:

Tabla Nº 2. Los ocho principios de gestión de la calidad.

Principio 1 Organización orientada al cliente	Las organizaciones dependen de sus clientes y por lo tanto deberían comprender las necesidades actuales y futuras de los mismos, satisfacer sus requisitos y esforzarse en exceder sus expectativas.
Principio 2. Liderazgo	Los líderes establecen la unidad de propósito y la orientación de la dirección de la organización. Ellos deberían crear y mantener un ambiente interno, en el cual el personal pueda llegar a involucrarse totalmente en el logro de los objetivos de la organización.
Principio 3. Participación del personal	El personal, a todos los niveles, es la esencia de una organización y su total implicación posibilita que sus habilidades sean usadas para el beneficio de la organización
Principio 4. Enfoque basado en procesos	Un resultado deseado se alcanza más eficientemente cuando las actividades y los recursos relacionados se gestionan como un proceso.
Principio 5. Enfoque de sistema para la gestión	Identificar, entender y gestionar los procesos interrelacionados como un sistema, contribuye a la eficacia y eficiencia de una organización en el logro de sus objetivos.
Principio 6. Mejora continua	La mejora continua en el desempeño global de la organización debería ser un objetivo permanente de ésta.
Principio 7. Enfoque para la toma de decisiones basado en hechos.	Las decisiones eficaces se basan en el análisis de los datos y la información.
Principio 8. Relación mutuamente beneficiosa con el proveedor	Una organización y sus proveedores son interdependientes, y una relación mutuamente beneficiosa aumenta la capacidad de ambos para crear valor.

Fuente: Norma ISO 9000:2005

2.3.6. Sistema de Gestión de la Calidad

La Norma ISO 10005:2005 (ISO, 2005) define como: "un sistema de gestión para dirigir y controlar una organización con respecto a la calidad" y el objetivo de la calidad como "algo ambicionado, o pretendido, relacionado con la calidad. Los objetivos de la calidad generalmente se basan en la política de la calidad de la organización. Los objetivos de la calidad generalmente se especifican para los niveles y funciones pertinentes de la organización" (p.3).

Además, en la Norma COVENIN-ISO 9000:2005 (ISO, 2005) se establece el Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) como "conjunto de elementos mutuamente relacionados o que interactúan, para establecer la política y los objetivos y para lograr dichos objetivos, para dirigir y controlar una Organización con respecto a la calidad" (p. 9).

2.3.7. CMMI

El Modelo Integrado de Madurez de la Capacidad – CMMI es un conjunto de herramientas que ayudan a la Organización a mejorar sus procesos de desarrollo de productos y servicios, adquisiciones y mantenimiento de software. El modelo CMMI ha evolucionado el concepto del Modelo CMM establecido para la maduración de la capacidad de Software, aun nivel que permite el crecimiento continuado y expansión del concepto CMM para múltiples disciplinas, tales como: SW-CMM, EIA/IS 731(Electronic Industries Alliance Interim Standar), IPD-CMM (CMM para Desarrollo de productos Integrados) y otros modelos de mejora de procesos como ruta evolutiva de implementación de las mejores prácticas en los procesos organizacionales.

El modelo CMMI establece 5 niveles de madurez para clasificar a las organizaciones, en función de qué áreas de procesos consiguen sus objetivos y se gestionan con principios de ingeniería, estos niveles son:

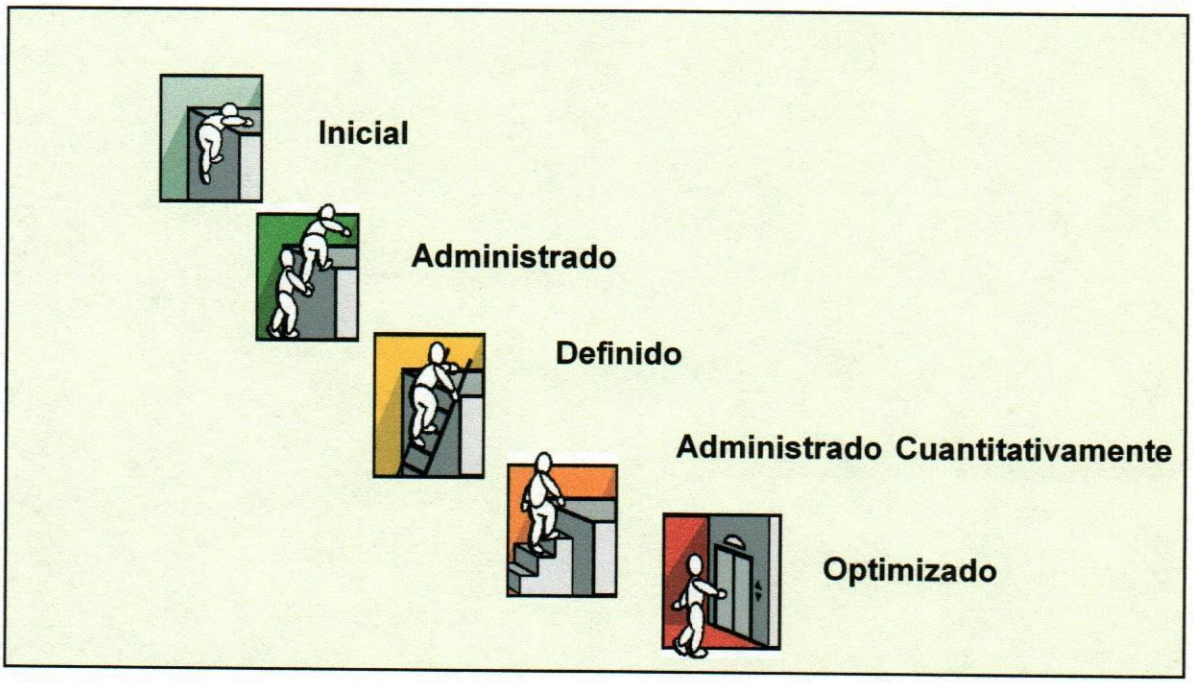


Figura Nº 1. Modelo CMMI.

Diseño: La Investigadora

2.4. Etapas del Ciclo de Vida de Sistemas de Información

El ciclo de vida de un sistema de información es un enfoque por fases del análisis y diseño que sostiene que los sistemas son desarrollados de mejor manera mediante el uso de un ciclo especifico de actividades del analista y del usuario.

Según [James Senn, 1992], existen tres estrategias para el desarrollo de sistemas: el método clásico del ciclo de vida de desarrollo de sistemas, el método de desarrollo por análisis estructurado y el método de construcción de prototipos de sistemas. Cada una de estas estrategias tiene un uso amplio en cada uno de los diversos tipos de empresas que existen, y resultan efectivas si son aplicadas de manera adecuada.

2.4.1. Ciclo de Vida Clásico del Desarrollo de Sistemas

El método de ciclo de vida para el desarrollo de sistemas es el conjunto de actividades que los analistas, diseñadores y usuarios realizan para desarrollar e implantar un

sistema de información. El método del ciclo de vida para el desarrollo de sistemas consta de 6 fases:

- Investigación Preliminar
- Determinación de los requerimientos del sistema
- Diseño del sistema
- Desarrollo del software
- Prueba de sistema
- Implantación y evaluación.

Figura Nº 2. Ciclo de Vida Clásico del Desarrollo de Sistemas

Fuente: James Senn

2.4.2. Método de Desarrollo por Análisis Estructurado

Muchos especialistas en sistemas de información reconocen la dificultad de comprender de manera completa sistemas grandes y complejos. El método de desarrollo del análisis estructurado tiene como finalidad superar esta dificultad por medio de:

- La división del sistema en componentes.
- La construcción de un modelo del sistema.

El análisis estructurado se concentra en especificar lo que se requiere que haga el sistema o la aplicación. Permite que las personas observen los elementos lógicos (lo que hará el sistema) separados de los componentes físicos (computadora, terminales, sistemas de almacenamiento, etc.). Después de esto se puede desarrollar un diseño físico eficiente para la situación donde será utilizado.

El análisis estructurado es un método para el análisis de sistemas manuales o automatizados, que conduce al desarrollo de especificaciones para sistemas nuevos o para efectuar modificaciones a los ya existentes. Éste análisis permite al analista conocer un sistema o proceso en una forma lógica y manejable al mismo tiempo que proporciona la base para asegurar que no se omite ningún detalle pertinente.

2.4.3. Método del Prototipo de Sistemas

La construcción de prototipos representa una estrategia de desarrollo utilizada principalmente, cuando no es posible determinar todos los requerimientos del usuario. Es por ello que incluye el desarrollo interactivo o en continua evolución, donde el usuario participa de forma directa en el proceso.

Este método contiene condiciones únicas de aplicación, en donde los encargados del desarrollo tienen poca experiencia o información, o donde los costos y riesgos de que se cometa un error pueden ser altos.

Así mismo este método resulta útil para probar la facilidad del sistema e identificar los requerimientos del usuario, evaluar el diseño de un sistema o examinar el uso de una aplicación. El método del prototipo de sistemas consta de 5 etapas:

1. Identificación de requerimientos conocidos.
2. Desarrollo de un modelo de trabajo.
3. Utilización del prototipo.
4. Revisión del prototipo.
5. Repetición del proceso las veces que sea necesarias.

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

Este capítulo está referido al contexto operativo de la investigación a través del cual se fijan los lineamientos, métodos, técnicas, procedimientos y herramientas que se emplearon en el proceso de recolección, presentación y análisis de los datos que se llevarán a cabo para dar respuesta a los objetivos en la investigación planteada.

3.1. Diseño de la Investigación

La modalidad del diseño de la investigación corresponde a una investigación documental, por lo que fue necesario elaborar un programa o plan que sirva como referencia en el proceso de recopilación de la información para el análisis de los datos y su entendimiento.

De acuerdo con [Cázares, Christen, Jaramillo, Villaseñor y Zamudio, 2000, p. 18],

> La investigación documental depende fundamentalmente de la información que se recoge o consulta en documentos, entendiéndose este término, en sentido amplio, como todo material de índole permanente, es decir, al que se puede acudir como fuente o referencia en cualquier momento o lugar, sin que se altere su naturaleza o sentido, para que aporte información o rinda cuentas de una realidad o acontecimiento. Las fuentes documentales pueden ser, entre otras: documento escritos, como libros, periódicos, revistas, actas notariales, tratados, encuestas y conferencias escritas; documentos fílmicos, como películas, diapositivas, fílmicas; documentos grabado, como discos, cintas y casetes, incluso documentos electrónicos como páginas Web.

Por su parte, la [Universidad Pedagógica Experimental Libertador, 2005, p.7] señala que los estudios documentales son:

1. Estudios de desarrollo teórico: presentación de nuevas teorías, conceptualizaciones o modelos interpretativos originales del autor, a partir de análisis crítico de información empírica y teorías existentes.

2. Revisiones críticas del estado del conocimiento: integración, organización y evaluación de la información teórica y empírica existente sobre un problema, focalizando ya sea en el progreso de la investigación actual y posibles vías para su solución, en el análisis de la consistencia interna y externa de las teorías y conceptualizaciones para señalar sus fallas o demostrar su superioridad de unas sobre otras, o en ambos aspectos.
3. Estudios de educación comparada: análisis de semejanzas, diferencias y tendencias sobre características o problemas de la educación en el contexto de realidades socioculturales, geográficas o históricas diversas, con fundamento en información publicada.
4. Estudios de investigación histórica, literaria, geográfica, matemática u otros propios de las especialidades de los subprogramas, que cumplan con las características señaladas en el numeral anterior.

3.2. Tipo de Investigación

La investigación consiste en estructurar un Plan de la Calidad para la Mejora del Desarrollo de Software, basado en modelo CMMI, por lo que el presente estudio es de tipo proyectiva, ya que la recolección de los datos se basa en las fuentes bibliográficas y documentales, en el análisis de textos, informes y otro materiales que ayudan a ampliar y profundizar los conocimientos con relación al tema en estudio, así como también de las experiencias de organizaciones tecnológicas que han implementado el modelo CMMI, para mejorar sus procesos de desarrollo de productos y servicios, adquisiciones y mantenimiento, acoplando este Modelo dentro del Sistema de Gestión de la Calidad de la Organización.

En cuanto al carácter informativo de una investigación, [Arias Fidias G, 2006, p.29]. Señala: "La Investigación informativa consiste básicamente en una panorámica acerca de la información relevante de diversas fuentes confiables sobre un tema específico, sin tratar de aprobar u objetar alguna idea o postura".

Adicionalmente, la investigación se basa en la experiencia personal como desarrolladora de software y líder de proyectos.

3.3. Área de Investigación

De acuerdo a lo que expresa [Sabino, 1996, p. 77], la selección del área temática consiste en:

> La definición y posterior delimitación del campo de conocimientos sobre el que se piensa trabajar. Escoger y delimitar un área temática indica simplemente que se ha definido un campo de trabajo, un terreno de estudio, sobre el cual podrá o no hacerse una investigación científica.

En concordancia con lo anteriormente planteado, se puede decir que la presente investigación se focalizó en el área del desarrollo organizacional, en el sector de la estructura organizacional, y en la línea de la optimización y creación de estructuras. Específicamente el estudio trató el establecimiento de un proceso estandarizado para la toma de decisiones por los oficiales superiores en la Fuerza Aérea de los Estados Unidos.

En la presente investigación el área de investigación correspondió a las áreas de procesos de los niveles de madurez del modelo CMMI de organizaciones dedicadas al desarrollo del software, la misma debe ser definida previamente a la selección de la muestra.

3.4. Población y Muestra

La población de estudio, estuvo conformada por las fuentes bibliográficas y documentales consultadas, en el análisis de textos, informes y otros materiales preliminares alineados a estructurar un Plan de la Calidad para la Mejora del Desarrollo de Software, basado en la utilización del modelo CMMI, la Norma Internacional ISO 10005:2005 "Sistema de Gestión de la Calidad. Directrices para los Planes de la Calidad".

La población o universo se refiere al conjunto para el cual serán válidas las conclusiones que se obtengan: a los elementos o unidades (personas, instituciones o cosas) involucradas en la investigación. [Morles, 1994, p. 17].

En cuanto a la muestra; la muestra es un "subconjunto representativo de un universo o población." [Morles, 1994, p. 54].

Sin embargo por el tipo de investigación documental informativa y en estudios de caso único, el universo equivale al tema de estudio.
Por otra parte, los estudios de caso se concentran en uno o pocos elementos que se asumen, no como un conjunto sino como una sola unidad.

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

[Sabino C, 2000, p. 149], define técnica como: "Conjunto de mecanismos, medios y sistemas de dirigir, recolectar, conservar, reelaborar y transmitir los datos".

Sobre estas definiciones podemos indicar que las técnicas están referidas a la manera de como se van a obtener los datos y los medios materiales serán los instrumentos para obtener los datos requeridos para la investigación, seguidamente señala que: "Un instrumento de recolección de datos es en principio cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información.... De este modo el instrumento sintetiza en si toda la labor previa de la investigación, resume los aportes del marco teórico al seleccionar datos que corresponden a los indicadores y, por lo tanto a las variables o conceptos utilizados" [Sabino C, 2000, p.150].

Los instrumentos de recolección de datos, utilizados en la presente investigación fueron: fuentes bibliográficas (libros, revistas, folletos, tesis de grado, etc.), fichas de autor, fichas textuales, fichas de títulos de libros y artículos, fuentes de medios electrónicos, fuentes citadas / fuentes consultadas, los mismas aportan datos de interés que condujeron por un lado a proporcionar al investigador los conocimientos tanto técnicos como operativos para estructurar un Plan de la Calidad, y por otro

lado, para recopilar información de los elementos y niveles de madurez que conforman el modelo CMMI, para así ensamblar un Plan de la Calidad para la mejora del desarrollo de software basado en el modelo de madurez CMMI en combinación con el Sistema de Gestión de la Calidad de organizaciones dedicadas al desarrollo de software, normas y tendencias más recientes sobre el tema de la calidad. Para ello, se realizó una lectura general de los textos y la búsqueda y observación de los hechos presentes en los documentos escritos consultados que fueron de interés para esta investigación.

3.6. Técnicas para el Procesamiento y Análisis de Datos

Los datos fueron clasificados, organizados, registrados, codificados y tabulados, utilizando las técnicas lógicas del análisis de recolección de datos primarios y secundarios, el cual permite resumir las observaciones encontradas en el estudio y proporciona las respuestas a las interrogantes de la investigación, lo cual se logra mediante la caracterización del proyecto.

Con respecto al propósito del análisis de los datos [Balestrini, 2006, p.169] destaca, que el mismo "implica el establecimiento de categorías, la ordenación y manipulación de los datos para resumirlos y poder sacar algunos resultados en función de las interrogantes de la investigación".

En cuanto al análisis de contenido, [Balestrini ,2006, p.170] lo plantea como una estrategia en donde los "datos, según sus partes constitutivas, se clasifican, agrupándolos, dividiéndolos y subdividiéndolos atendiendo a sus características y posibilidades, para posteriormente reunirlos y establecer la relación que existe entre ellos; a fin de dar respuestas a las preguntas de la investigación" . Por su parte, [Arias, 2006, p.77] lo refiere como "la técnica dirigida a la cuantificación y clasificación de las ideas de un texto, mediante categorías preestablecidas". En este orden de ideas, el análisis de contenido o cualitativo se refiere al tratamiento que se le va a dar a la información recabada de las fuentes, tanto primarias como secundarias, lo cual permitirá revisarla, relacionarla e interpretarla adecuadamente para llegar a las conclusiones pertinentes respecto al problema planteado.

Como se mencionó anteriormente, en el análisis de contenido utilizado en el presente estudio, se utilizó el método lógico de análisis-síntesis-inducción-deducción. En este orden de ideas, [Méndez, 2003, p.131], define el análisis como "el proceso de conocimiento que se inicia por la identificación de cada una de las partes que caracterizan una realidad" y la síntesis como "el proceso que procede de lo simple a lo complejo, de la causa a los efectos, de la parte al todo, de los principios a las consecuencias" (p. 132).

Las herramientas utilizadas para clasificar, organizar, registrar, codificar y tabular los datos manejados en la investigación fueron: tablas, cuadros, planillas y documentos varios elaborados en archivos electrónicos como Excel, Word y Project.

3.7. Metodología Utilizada

A continuación, se presenta la metodología utilizada en el desarrollo de la investigación, que condujo por una parte a la consecución de cada uno de los objetivos planteados en la misma y por la otra al diseño de la propuesta Plan de la Calidad para la Mejora del Desarrollo de Software.

Se recopiló información sobre el tema de la calidad, Plan de la Calidad, Sistemas de Gestión de la Calidad utilizando para ello textos, artículos de Internet y las Normas ISO, en especial: 9000:2000, 9001:2000, 10005:2005 y 10006:2003, además, se consultaron trabajos de investigación relacionados con la materia; todo esto se utilizó para desarrollar el antecedente de la investigación y las bases teóricas que sustentan este estudio. Del mismo modo se recopilo toda la información sobre el Modelo CMMI y sobre organizaciones tecnológicas que han implementado dicho Modelo enmarcado dentro del Sistema de Gestión de la Calidad de sus organizaciones, lo cual les ha permitido mejorar sus procesos de desarrollo de productos y servicios, adquisiciones y mantenimiento.

En base a estas directrices, se conformó la metodología de trabajo utilizada para recopilar la información necesaria para el desarrollo, contenido y presentación de

dicho plan y de esta forma darle respuesta a los objetivos específicos de la investigación.

3.8. Operacionalización de los Objetivos

Según [Sabino C, 2000, p.101], explica que "la operacionalización de los objetivos consiste en hacer operativos; es decir, manejables, posibles de trabajar con ellos los conceptos y elementos que intervienen en el problema a investigar." En este sentido, para su operacionalización se utilizaron los diversos tópicos que conforman el contenido del Plan de la Calidad propuesto por la Norma ISO 10005:2005, los cuales sirvieron de indicadores, tal y como se muestra en la siguiente tabla que sintetiza los elementos que constituyen los objetivos planteados en el capítulo 1, y que son las bases operativas para el desarrollo del estudio planteado.

Tabla Nº 3. Operacionalización de los Objetivos

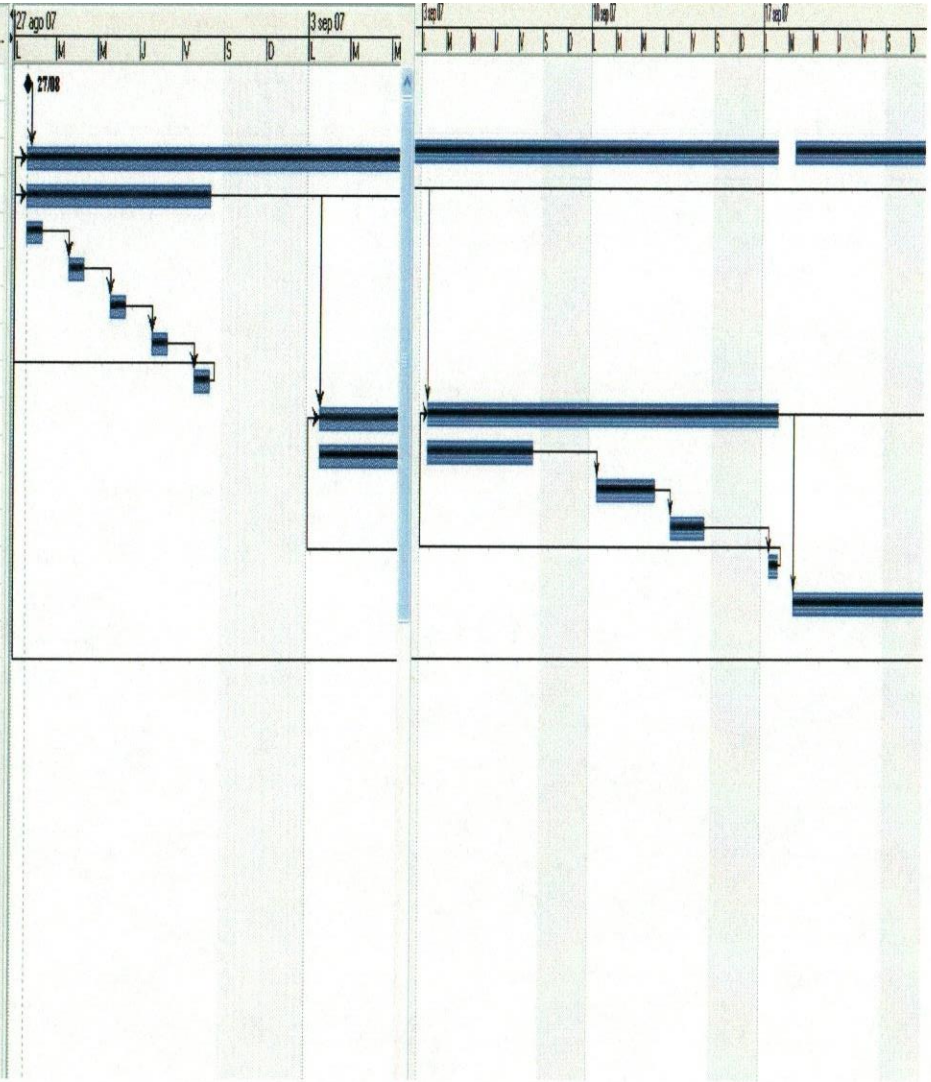
Definición Nominal Variable	Definición Real	Definición Operacional Indicadores
Describir los componentes, estructura y composición del modelo CMMI.	Modelo Integrado de Madurez de la Capacidad – CMMI es un conjunto de herramientas que ayudan a la Organización a mejorar sus procesos de desarrollo de productos y servicios, adquisiciones y mantenimiento.	▪ Niveles de Madurez ▪ Áreas de Procesos ▪ Objetivos Específicos ▪ Prácticas Especificas ▪ Objetivos Genéricos ▪ Características Comunes ▪ Prácticas Genéricas
Describir los elementos para desarrollar un Plan de la Calidad de acuerdo a la Norma ISO 10005:2005. Sistemas de gestión de la calidad – Directrices para los planes de la calidad.	Plan de la Calidad, según Norma ISO 10005:2005 (ISO, 2005). Documento que especifica cuáles procesos, procedimientos y recursos asociados se aplicarán, por quién y cuándo, para cumplir los requisitos de un proyecto, producto, proceso o contrato específico.	▪ Alcance ▪ Elementos de entrada del plan de la calidad ▪ Objetivos de la calidad ▪ Responsabilidades de la dirección ▪ Control de documentos y datos ▪ Control de los registros ▪ Recursos ▪ Requisitos ▪ Comunicación con el cliente ▪ Diseño y desarrollo ▪ Compras ▪ Producción y prestación del servicio ▪ Identificación y trazabilidad ▪ Propiedad del cliente ▪ Preservación del producto ▪ Control del producto no conforme ▪ Seguimiento y medición ▪ Auditoria
Estructurar un Plan de la Calidad para la Mejora del desarrollo de software, de acuerdo a los Niveles de Madurez del Modelo CMMI, las directrices de la Norma ISO 10005:2005, y requerimientos de los usuarios finales.	Documento que especifica la fase de inicio, fase de diseño, fase piloto y fase de implementación para desarrollar software, mediante los las áreas de procesos por niveles y categorías para mejorar el desarrollo de Software.	▪ Ingeniería ▪ Gestión de Proyecto ▪ Gestión de Proceso ▪ Soporte.

Diseño: La Investigadora (2007).

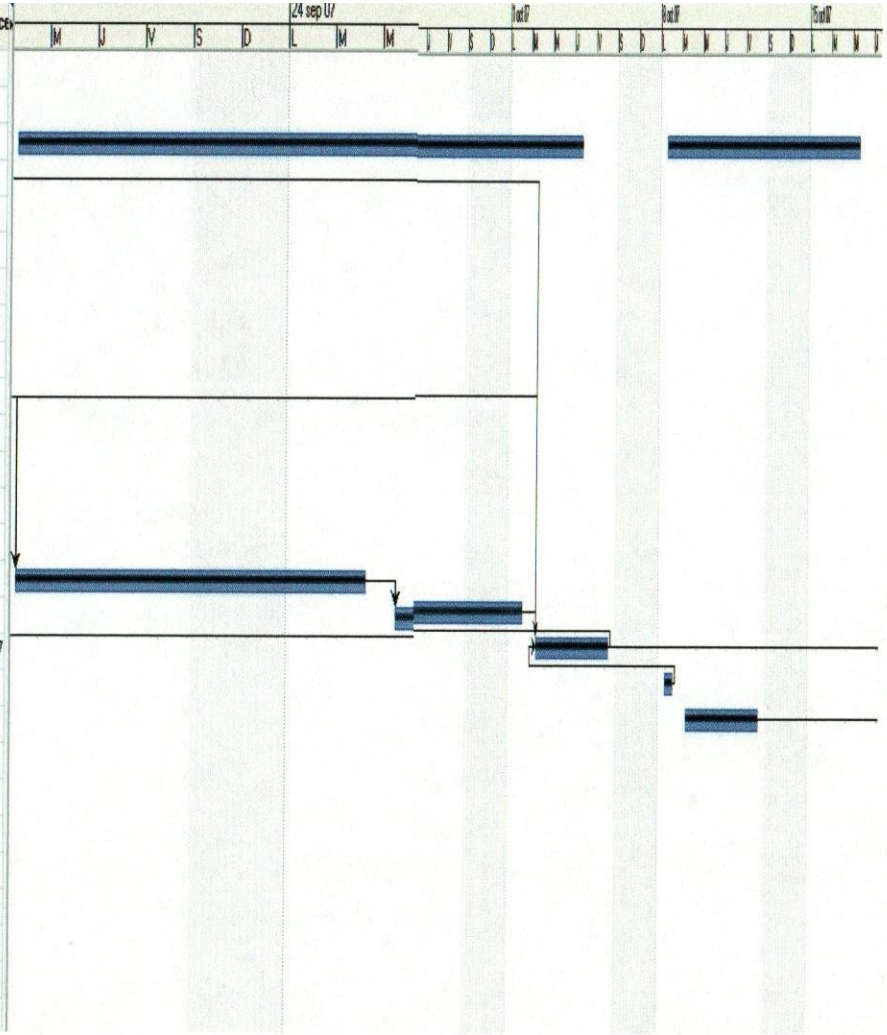
3.9. Cronograma de Trabajo

A continuación se presenta el cronograma de trabajo establecido para el desarrollo de los objetivos de la investigación.

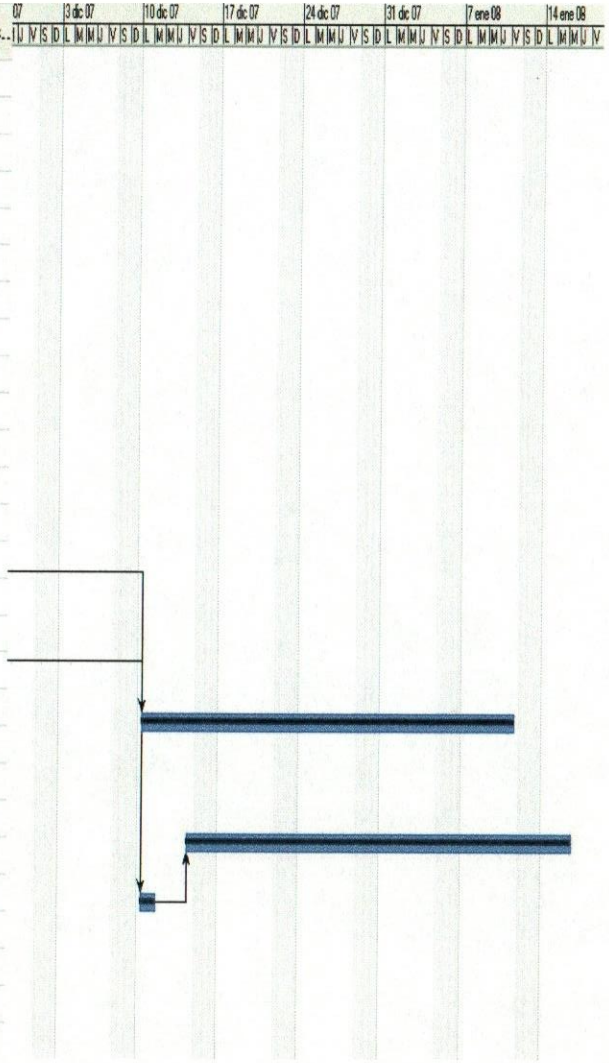
	Name	Duration	Start	Finish	Predeces...
	CRONOGRAMA DE TRABAJO PLAN DE LA CALIDAD PARA MEJORAR EL	0 days	27/08/07 ...	27/08/07 ...	
✓	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN -CMM/CMMI	37,05 days?	27/08/07 ...	17/10/07 ...	1;16
✓	2.1 Visitas a Bibliotecas Públicas	5 days?	27/08/07 ...	31/08/07 ...	8
✓	2.1.1 Biblioteca Horta	1 day?	27/08/07 ...	27/08/07 ...	
✓	2.1.2 Biblioteca Francesc Candel	1 day?	28/08/07 ...	28/08/07 ...	4
✓	2.1.3 Biblioteca Nou Barris	1 day?	29/08/07 ...	29/08/07 ...	5
✓	2.1.4 Biblioteca Nacional de Catalunya	1 day?	30/08/07 ...	30/08/07 ...	6
✓	2.1.5 Biblioteca Clará	1 day?	31/08/07 ...	31/08/07 ...	7
✓	2.2 Visitas a Bibliotecas Universitarias	11 days?	3/09/07 8...	17/09/07 ...	13;3
✓	2.2.1 Universidad Autonoma de Barcelona (UAB)	5 days?	3/09/07 8...	7/09/07 1...	
✓	2.2.2 Universidad Pompeu Fabre	3 days?	10/09/07 ...	12/09/07 ...	10
✓	2.2.3 Universidad Politecnica de Catalunya	2 days?	13/09/07 ...	14/09/07 ...	11
✓	2.2.4 Universidad de la Salle	1 day?	17/09/07 ...	17/09/07 ...	12
✓	2.3 Investigación Digital CMM/CMMI	6 days?	18/09/07 ...	25/09/07 ...	9
✓	2.4 Investigación Digital SGC,Plan de la Calidad y Calidad	4 days?	26/09/07 ...	1/10/07 1...	14
✓	2.5 Clasificación, Análisis y Evaluación de la Información Recopilada	4 days?	2/10/07 8...	5/10/07 1...	3;9;15;17
✓	2.6 Entrevista con el Gerente de Sistemas - India	1 day?	8/10/07 8...	8/10/07 1...	
✓	2.6 Planificación de Documentación	4 days?	9/10/07 8...	12/10/07 ...	
✓	REVISIÓN DEL ANTEPROYECTO PLAN DE LA CALIDAD PARA MEJORAR	24,875 days?	10/12/07 ...	11/01/08 ...	18
✓	2.7 Entrega del anteproyecto para la revisión	1,875 days?	10/12/07 ...	11/12/07 ...	16
✓	2.8 Modificaciones del Anteproyecto	23,875 days?	14/12/07 ...	16/01/08 ...	20
	ESTRUCTURA DEL PLAN DE LA CALIDAD PARA MEJORAR EL DESARR(	20,875 days?	15/02/08 ...	14/03/08 ...	
	2.9 Estructura del Plan de la Calidad para Mejorara el Desarrollo de Software	20,875 days?	18/02/08 ...	17/03/08 ...	



		Name	Duration	Start	Finish	Predeces
1		CRONOGRAMA DE TRABAJO PLAN DE LA CALIDAD PARA MEJORAR EL	0 days	27/08/07 ...	27/08/07 ...	
2	✓	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN -CMM/CMMI	37,05 days?	27/08/07 ...	17/10/07 ...	1;16
3	✓	2.1 Visitas a Bibliotecas Públicas	5 days?	27/08/07 ...	31/08/07 ...	8
4	✓	2.1.1 Bilbioteca Horta	1 day?	27/08/07 ...	27/08/07 ...	
5	✓	2.1.2 Biblioteca Francesc Cendel	1 day?	28/08/07 ...	28/08/07 ...	4
6	✓	2.1.3 Biblioteca Nou Barris	1 day?	29/08/07 ...	29/08/07 ...	5
7	✓	2.1.4 Biblioteca Nacional de Catalunya	1 day?	30/08/07 ...	30/08/07 ...	6
8	✓	2.1.5 Biblioteca Clará	1 day?	31/08/07 ...	31/08/07 ...	7
9	✓	2.2 Visitas a Bibliotecas Universitarias	11 days?	3/09/07 8...	17/09/07 ...	13;3
10	✓	2.2.1 Universidad Autonoma de Barcelona (UAB)	5 days?	3/09/07 8...	7/09/07 1...	
11	✓	2.2.2 Universidad Pompeu Fabre	3 days?	10/09/07 ...	12/09/07 ...	10
12	✓	2.2.3 Universidad Politecnica de Catalunya	2 days?	13/09/07 ...	14/09/07 ...	11
13	✓	2.2.4 Universidad de la Salle	1 day?	17/09/07 ...	17/09/07 ...	12
14	✓	2.3 Investigación Digital CMM/CMMI	6 days?	18/09/07 ...	25/09/07 ...	9
15	✓	2.4 Investigación Digital SGC,Plan de la Calidad y Calidad	4 days?	26/09/07 ...	1/10/07 1...	14
16	✓	2.5 Clasificación, Análisis y Evaluación de la Información Recopilada	4 days?	2/10/07 8...	5/10/07 1...	3;9;15;17
17	✓	2.6 Entrevista con el Gerente de Sistemas - Indra	1 day?	8/10/07 8...	8/10/07 1...	
18	✓	2.6 Planificación de Documentación	4 days?	9/10/07 8...	12/10/07 ...	
19	✓	REVISIÓN DEL ANTEPROYECTO PLAN DE LA CALIDAD PARA MEJORAR	24,875 days?	10/12/07 ...	11/01/08 ...	18
20	✓	2.7 Entrega del anteproyecto para la revisión	1,875 days?	10/12/07 ...	11/12/07 ...	16
21	✓	2.8 Modificaciones del Anteproyecto	23,875 days?	14/12/07 ...	16/01/08 ...	20
22		ESTRUCTURA DEL PLAN DE LA CALIDAD PARA MEJORAR EL DESARRO	20,875 days?	15/02/08 ...	14/03/08 ...	
23		2.9 Estructura del Plan de la Calidad para Mejorara el Desarrollo de Software	20,875 days?	18/02/08 ...	17/03/08 ...	



	Name	Duration	Start	Finish	Predeces...
	CRONOGRAMA DE TRABAJO PLAN DE LA CALIDAD PARA MEJORAR EL	0 days	27/08/07 ...	27/08/07 ...	
✓	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN -CMM/CMMI	37,05 days?	27/08/07 ...	17/10/07 ...	1;16
✓	2.1 Visitas a Bibliotecas Públicas	5 days?	27/08/07 ...	31/08/07 ...	8
✓	2.1.1 Bilibioteca Horta	1 day?	27/08/07 ...	27/08/07 ...	
✓	2.1.2 Biblioteca Francesc Cendel	1 day?	28/08/07 ...	28/08/07 ...	4
✓	2.1.3 Biblioteca Nou Barris	1 day?	29/08/07 ...	29/08/07 ...	5
✓	2.1.4 Biblioteca Nacional de Catalunya	1 day?	30/08/07 ...	30/08/07 ...	6
✓	2.1.5 Biblioteca Clará	1 day?	31/08/07 ...	31/08/07 ...	7
✓	2.2 Visitas a Bibliotecas Universitarias	11 days?	3/09/07 8...	17/09/07 ...	13;3
✓	2.2.1 Universidad Autonoma de Barcelona (UAB)	5 days?	3/09/07 8...	7/09/07 1...	
✓	2.2.2 Universidad Pompeu Fabre	3 days?	10/09/07 ...	12/09/07 ...	10
✓	2.2.3 Universidad Politecnica de Catalunya	2 days?	13/09/07 ...	14/09/07 ...	11
✓	2.2.4 Universidad de la Salle	1 day?	17/09/07 ...	17/09/07 ...	12
✓	2.3 Investigación Digital CMM/CMMI	6 days?	18/09/07 ...	25/09/07 ...	9
✓	2.4 Investigación Digital SGC,Plan de la Calidad y Calidad	4 days?	26/09/07 ...	1/10/07 1...	14
✓	2.5 Clasificación, Análisis y Evaluación de la Información Recopilada	4 days?	2/10/07 8...	5/10/07 1...	3;9;15;17
✓	2.6 Entrevista con el Gerente de Sistemas - Indra	1 day?	8/10/07 8...	8/10/07 1...	
✓	2.6 Planificación de Documentación	4 days?	9/10/07 8...	12/10/07 ...	
✓	REVISIÓN DEL ANTEPROYECTO PLAN DE LA CALIDAD PARA MEJORAR	24,875 days?	10/12/07 ...	11/01/08 ...	18
✓	2.7 Entrega del anteproyecto para la revisión	1,875 days?	10/12/07 ...	11/12/07 ...	16
✓	2.8 Modificaciones del Anteproyecto	23,875 days?	14/12/07 ...	16/01/08 ...	20
	ESTRUCTURA DEL PLAN DE LA CALIDAD PARA MEJORAR EL DESARR(	20,875 days?	15/02/08 ...	14/03/08 ...	
	2.9 Estructura del Plan de la Calidad para Mejorara el Desarrollo de Software	20,875 days?	18/02/08 ...	17/03/08 ...	



CAPITULO IV

4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Finalizada la fase de recolección de datos, se deben organizar y aplicar un tipo de análisis detallado, que permita llegar a las conclusiones en función de los objetivos planteados al inicio de la investigación, con la fin de dar respuesta a las interrogantes iníciales.

[Seltiz, Jahoda, Deutsch y Cook, 1976], citados por [Balestrini ,2002], explican que "El propósito del análisis es resumir las observaciones llevadas a cabo de forma tal que proporcionen respuestas a las interrogantes de la investigación".

En el mismo orden de ideas [Balestrini, p. 169] señala que:
"El análisis implica el establecimiento de categorías, la ordenación y manipulación de los datos para resumirlos y poder sacar algunos resultados en función a las interrogantes de la investigación". El proceso tiene como fin último, el de reducir los datos de una manera comprensible, para poder interpretarlos, y poner a prueba algunas relaciones de los problemas estudiados.

Adicionalmente complementa indicando que "los datos, según sus partes constitutivas, se clasifican, agrupándolos, dividiéndolos y subdividiéndolos, atendiendo a sus características y posibilidades, para posteriormente reunirlos y establecer la relación que existe entre ellos".

De acuerdo a lo expuesto, y con el fin de dar repuestas a los objetivos planteados de esta investigación, a continuación se presenta el análisis de datos.

Objetivo 1. Describir los componentes, estructura y composición del modelo CMMI.

Para dar respuesta al objetivo 1, es necesario tomar en consideración el Modelo CMMI – Modelo Integrado de Madurez de la Capacidad, a fin de analizar las bases teóricas del modelo y conocer de antemano los posibles problemas que se presentan en la ejecución del mismo, y las necesidades de mejora que sean necesarias para el logro de los objetivos.

En términos generales, para aplicar el modelo CMMI dentro de una empresa cuyo objetivo central es el desarrollo de software, es requerido que se revise el marco teórico del modelo según lo establecido por el Instituto de Ingeniería de Software de la Universidad Carnegie y Mellon, definir un modelo integrado de procesos y diseñar procedimientos, guías, formatos, herramientas, etc.; que correspondan a la metodología del modelo CMMI.

Dentro de empresas dedicadas al desarrollo de Software, la diversidad de procesos duplica esfuerzos y dificulta o imposibilita la realización de tareas comunes.

Algunos problemas que se presentan en estas organizaciones son:

1. Cada unidad de desarrollo de software tiene su propia política con relación a los procesos de desarrollo de software.
2. El procedimiento de atención de requerimientos no contribuye a una gestión adecuada de los requerimientos.
3. Demasiado esfuerzo en elaboración de un producto. Cada vez que se desarrolla un nuevo producto se tienen que realizar todas las actividades. No hay cultura de reuso, ni uso de experiencias exitosas.
4. Los tiempos para la construcción de software son mayores que los planeados.
5. Los productos elaborados por una unidad de desarrollo de software no pueden ser utilizados por otra de desarrollo de software por cuanto los estándares, procedimientos, procesos, hardware y software son diferentes.
6. Las unidades de negocio no tienen visión compartida sobre el desarrollo de software.

En atención a lo expuesto, surgen necesidades de mejoras en estas organizaciones las cuales se basarán en la utilización del modelo CMMI para elaborar un Plan de la Calidad que permita mejorar el desarrollo de software y así:

1. Ayudar a establecer objetivos y prioridades en mejoras de procesos.
2. Ayudar a asegurar procesos estables, maduros y con la capacidad requerida.
3. Como guía para la mejora de procesos a nivel de proyecto y a nivel de la organización.
4. Como una metodología de evaluación para diagnosticar el estado de los esfuerzos de mejora.

Es necesario aplicar los componentes, estructura y composición del modelo CMMI, para dar respuestas a los problemas planteados anteriormente.

Objetivo 2. Describir los elementos para desarrollar un Plan de la Calidad de acuerdo a la Norma ISO 10005:2005. Sistemas de gestión de la Calidad – directrices para los Planes de la Calidad.

Para dar respuesta al objetivo 2, es necesario tomar en consideración La Norma ISO 10005:2005 (ISO, 2005) que define el Plan de la Calidad.

Objetivo 3. Estructurar un Plan de la Calidad para la mejora del desarrollo de software, de acuerdo a los Niveles de Madurez del Modelo CMMI, las directrices de la Norma ISO 10005:2005 y requerimientos de los usuarios finales.

Para dar repuesta al objetivo 3, es necesario engranar el modelo CMMI en el Plan de la Calidad para la mejora del desarrollo de software bajo el Sistema de Gestión de la Calidad de la organización. Por lo cual es importante considerar las implementaciones prácticas que existen del modelo CMMI, acoplando estás implementaciones del modelo CMMI en un Plan de la Calidad de acuerdo a la Norma ISO 10005:2005, enmarcado dentro del Sistema de Gestión de la Calidad de acuerdo a La Norma ISO 9001:2000.

CAPITULO V

5. LA PROPUESTA

En este capítulo se desarrolla la propuesta de un Plan de la Calidad para la mejora del desarrollo de Software, alineado con los principios del Plan de la Calidad que se definen en la Norma ISO 10005:2005 (ISO, 2005) y enmarcado dentro del Sistema de Gestión de la Calidad de acuerdo a La Norma ISO 9001:2000 y el Modelo de Madurez CMMI, para dar respuesta al objetivo de este estudio.

5.1. Justificación

La propuesta "Un Plan de la Calidad para la Mejora del Desarrollo de Software" basado en el Modelo CMMI de acuerdo a los principios que se definen en la Norma ISO 10005:2005 (ISO, 2005) Plan de la Calidad, y alineado al Sistema de Gestión de la Calidad de la Norma ISO 9001:2000, servirá para dar solución a los problemas planteados y como herramienta que permita disminuir costos a las unidades de negocio y a la organización en general por economía de escala, uniformidad de procesos, facilitar la comunicación y entendimiento entre el personal de la unidades de desarrollo de software, reducción del tiempo de desarrollo, reducción de riesgos, ayuda en la estimación del software y sobre todo a aumentar la calidad del software desarrollado.

5.2. Objetivo de la Propuesta

Determinar las acciones y procedimientos a seguir que garanticen la ejecución de desarrollos de software exitosos y con calidad, de acuerdo con los objetivos estratégicos de la organización, con base en el uso de conceptos y las mejores prácticas del modelo CMMI. Obteniendo con esto un modelo que proporciona una vista estructurada de mejora de proceso y puede ayudar entre otras cosas a establecer procesos para la mejora de metas y de prioridades, proveer una guía para la calidad de los procesos, y a proporcionar un criterio para valorar las

prácticas actuales que se llevan a cabo en el desarrollo de software dentro de las organizaciones dedicadas a la tecnología de información.

5.3. Alcance

El alcance de esta propuesta comprende la elaboración de un Plan de la Calidad para la Mejora del desarrollo de software, de acuerdo a los lineamientos establecidos en la Norma ISO 10005:2005, del Modelo CMMI enmarcado en el Sistema de Gestión de Calidad según lo establecido en la Norma ISO 9001:2000. La propuesta se emitirá en versión preliminar y no se estudiará implementar el Plan de la Calidad para la Mejora del desarrollo de software en las organizaciones dedicadas al desarrollo de Software, así como tampoco es objetivo del presente estudio la construcción de los procedimientos, guías, formatos, herramientas, etc.; que soporten el modelo definido para elaborar el Plan de la Calidad para la Mejora del desarrollo de software.

5.4. Descripción del Modelo CMM

5.4.1. ¿Qué es el CMM?

CMM- Modelo de Madurez de la Capacidad es un modelo desarrollado por el Instituto de Ingeniería de Software - SEI de la Universidad Carnegie Mellon, basado en las mejores prácticas actuales de desarrollo de software. CMM es un marco para la mejora de procesos de software y para la evaluación de la madurez de las capacidades.

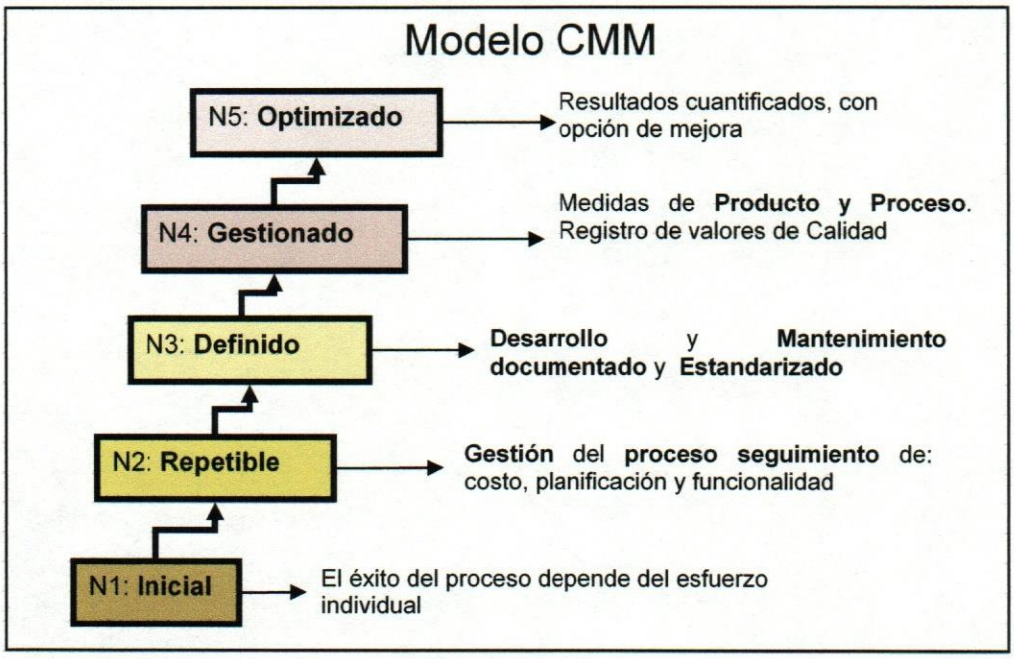


Figura Nº 3. Modelo de Desarrollo CMM.

Diseño: La Investigadora.

El modelo CMM aplica conceptos de gerencia de procesos, mejora de la calidad al desarrollo y mantenimiento de software, y describe los estados a través de los cuales las organizaciones de software evolucionan a medida en que definen, implementan, miden, controlan y mejoran sus procesos de software.

Dentro de la representación por estados, el modelo CMM aplica a la organización niveles de madurez mediante los cuales se mide el avance de los procesos de la organización.

Tabla Nº 4 Nivel de Madurez Según la Representación por Estados.

Nivel de Madurez	Estados
1	Inicial 1
2	Administrado
3	Definido
4	Administrado Cuantitativamente
5	Optimizado

Tabla Nº 5 Madurez Vs. Inmadurez.

Organizaciones con procesos inmaduros	Organizaciones con procesos maduros
Procesos improvisados por los gerentes y desarrolladores	Procesos documentados
Cada uno posee sus propios procesos	Procesos seguidos consistentemente
Procesos comprometidos en orden a cumplir los costos y las fechas acordadas	El rendimiento de los procesos es medido, seguido y entendido
Calidad difícil de predecir	La Calidad es predecible por que los procesos están bajo control
Los procesos "viven" mientras viven los desarrolladores	Los procesos "viven" por sí solos y son mejorados continuamente
Las nuevas tecnologías corren riesgos en caer en desuso.	Las nuevas tecnologías son incorporadas de una manera disciplinada.

5.4.2. ¿Cómo determinar si la Organización necesita CMMI?

A continuación algunos síntomas que ayudarán a determinar si la organización necesita implementar el Modelo CMMI, estos síntomas son tomados de la presentación "CMMI Overview for Executives", de la Universidad Carnegie Mellon.

1. Los planes se hacen, pero no necesariamente se siguen.

2. No se realiza seguimiento del trabajo real vs. el plan. Los planes no son revisados.
3. Los requerimientos no son consistentes, los cambios no son manejados.
4. Los estimados son muy irreales, su incumplimiento es común.
5. Cuando no se puede cumplir con los plazos, surge una atmósfera de crisis.
6. Los defectos se encuentran en la fase de pruebas, o peor aún los encuentra el cliente.
7. El éxito depende de acciones heroicas de individuos competentes.
8. La consistencia en la ejecución es cuestionable.

5.4.3. ¿Qué es el CMMI?

El Modelo Integrado de Madurez de la Capacidad – CMMI es un conjunto de herramientas que ayudan a la organización a mejorar sus procesos de desarrollo de productos y servicios, adquisiciones y mantenimiento de software. El modelo CMMI ha evolucionado el concepto del Modelo CMM establecido para la maduración de la capacidad de software, aun nivel que permite el crecimiento continuado y expansión del concepto CMM para múltiples disciplinas, tales como: SW-CMM, EIA/IS 731(Electronic Industries Alliance Interim Standar), IPD-CMM (CMM para Desarrollo de productos Integrados) y otros modelos de mejora de procesos.

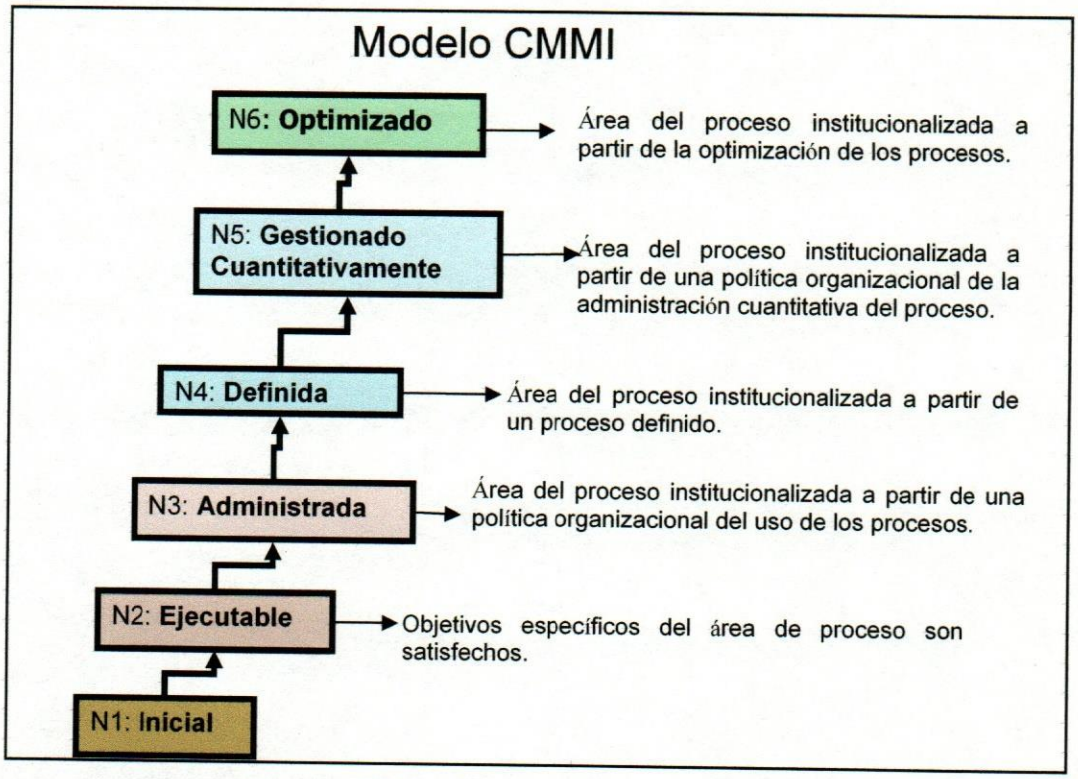


Figura Nº 4. Modelo de Desarrollo CMMI

Diseño: La Investigadora.

5.4.4. Evolución de Madurez de los Procesos CMMI

Las organizaciones en el camino hacia lograr la madurez de los procesos pasan por 5 niveles de maduración:

Nivel 1: Inicial. Procesos impredecibles, pobremente controlados y reactivos.
El proceso de software se caracteriza como ad hoc y ocasionalmente caótico. 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, mecanismos de administración para asegurar que los procedimientos se siguen

Nivel 2: Administrado. 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.

Las áreas de proceso del nivel 2 son:

1. Administración de Requerimientos (RM)
2. Planeamiento de Proyectos (PP)
3. Monitoreo y Control de Proyectos (PMC)
4. Administración de acuerdos con Proveedores (SAM)
5. Aseguramiento de la Calidad de Productos y Procesos (PPQA)
6. Administración de la Configuración (CM)
7. Medición y Análisis (MA)

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.

Las áreas de proceso del nivel 3 son:

1. Focos en los Procesos Organizacionales (OPD)
2. Entrenamiento Organizacional (OT)
3. Desarrollo de Requerimientos (RD)
4. Solución Técnica (TS)
5. Integración de Productos (PI)
6. Verificación (VER)
7. Validación (VAL)
8. Administración del Proyecto Integrado (IPM)
9. Administración del Proyecto Riesgos (RiskM)
10. Equipo Integrado (IT)
11. Ambiente Organizacional (OE)
12. Análisis de Decisión y Resolución (DAR)

Nivel 4: Administrado 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.

Las áreas de proceso del nivel 4 son:

1. Administración Cuantitativa de Proyectos (QMP)
2. Performance de los Procesos Organizacionales (OPP)

Nivel 5: Optimizado. Enfoque continuo en la mejora de procesos.

Existe una mejora continua de las actividades, las que se logran a través de un feedback con estas 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 riguroso de causas y prevención de defectos.

Las áreas de proceso del nivel 5 son:

1. Análisis de Causas y Resolución (CAR)
2. Innovación Organizacional (OI)

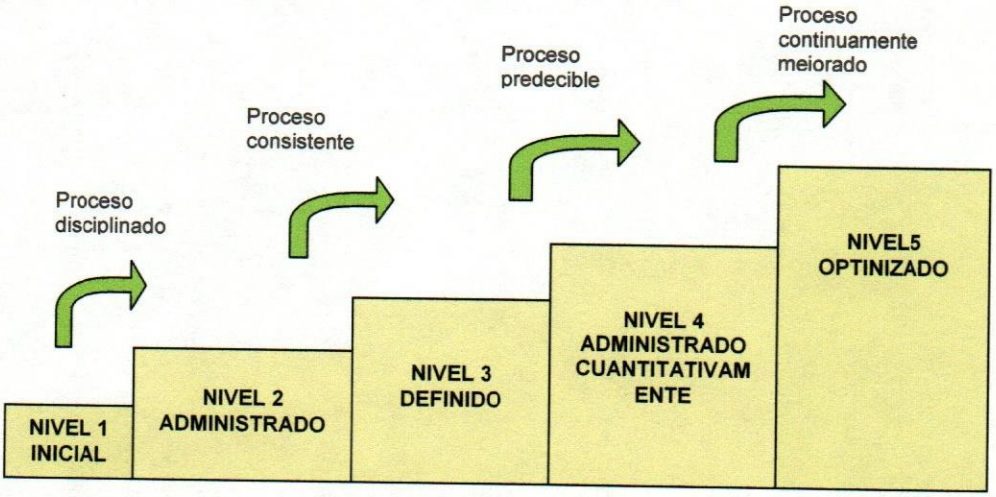


Figura Nº 5. Evolución del Proceso de Madurez.

Diseño: La Investigadora.

La descripción de las áreas de procesos ver el Anexo I

5.4.5. Modelo CMMI Representaciones y Niveles

Figura Nº 6. Representaciones y Niveles.

Fuente: AEC (Asociación Española para la Calidad).

Continua

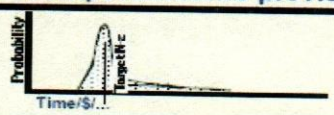
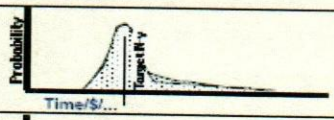
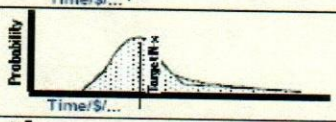
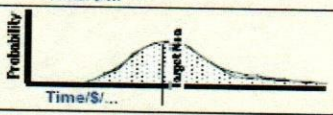
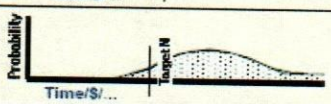
Nivel	Características del proceso	Comportamiento previsto
5 En Optimización	La mejora de procesos está institucionalizada	
4 Gestionado Cuantitativa.	Productos y procesos controlados cuantitativamente	
3 Definido	Procesos de ingeniería y de gestión definidos e integrados	
2 Gestionado	Sistema de gestión de proyectos está presente Comportamiento predecible	
1 Realizado	Proceso informal e impredecible	

Figura Nº 7. Niveles de Capacidad Continua.

Fuente: AEC (Asociación Española para la Calidad).

Escalonada

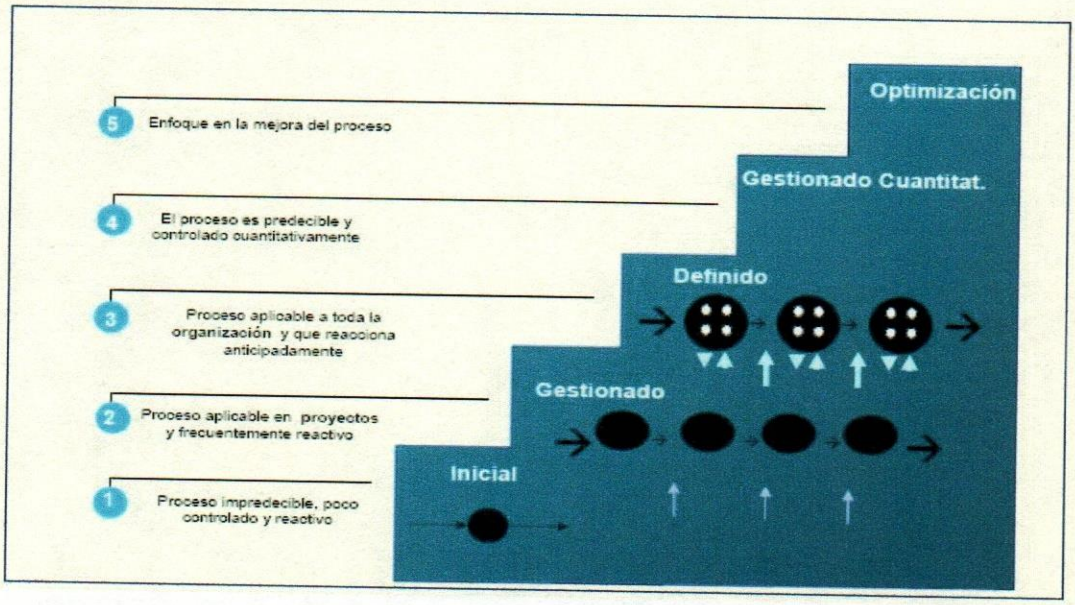


Figura Nº 8. Niveles de Madurez.

Fuente: AEC (Asociación Española para la Calidad).

5.4.6. Componentes del Modelo CMMI

Se denomina componente a cualquiera de los elementos principales de la arquitectura que componen un modelo CMMI.

Los componentes del Modelo CMMI son áreas de procesos, metas genéricas, metas específicas, prácticas genéricas, prácticas específicas y subprácticas.

Las prácticas genéricas se agrupan según las siguientes características comunes:

1. Compromiso para ejecutar.
2. Habilidad para ejecutar.
3. Dirección de Implementación.
4. Verificación de la Implementación.

A continuación se define cada uno de los elementos del CMMI de acuerdo a lo establecido por el Instituto de Ingeniería de Software de la Universidad Carnegie y Mellon:

5.4.6.1. Áreas de Proceso (PA)

Un área de proceso es un "Conjunto" de prácticas relacionadas, que ejecutadas colectivamente satisface un conjunto de metas consideradas importantes para hacer mejoras significativas en esa área.

5.4.6.2. Metas Genéricas (GG)

Son llamadas "genéricas" porque la misma descripción aparece en múltiples áreas de procesos.

5.4.6.3. Metas Especificas (SG)

Las metas específicas aplican a áreas de procesos y direccional a características únicas que describen lo que debe ser implementado para satisfacer el área de proceso.

5.4.6.4. Características Comunes (KF)

Organizan las prácticas genéricas de cada área de proceso. Están agrupadas para proveer una manera de presentar las prácticas genéricas:

1. Compromiso para ejecutar.
2. Habilidad para ejecutar.
3. Dirección de Implementación.
4. Verificación de la Implementación.

5.4.6.5. Prácticas Genéricas (GP)

Las prácticas genéricas proveen institucionalización para asegurar que el proceso asociado con el área de proceso debe ser repetible y duradero. Son categorizadas por metas genéricas y características comunes.

5.4.6.6. Prácticas Específicas (SP)

Una práctica específica es una actividad que se considera importante en la meta específica asociada. Describe las actividades esperadas para conseguir las metas específicas de un área de proceso.

5.4.6.7. Subprácticas

Son descripciones detalladas que proveen guías para interpretar prácticas específicas o genéricas.

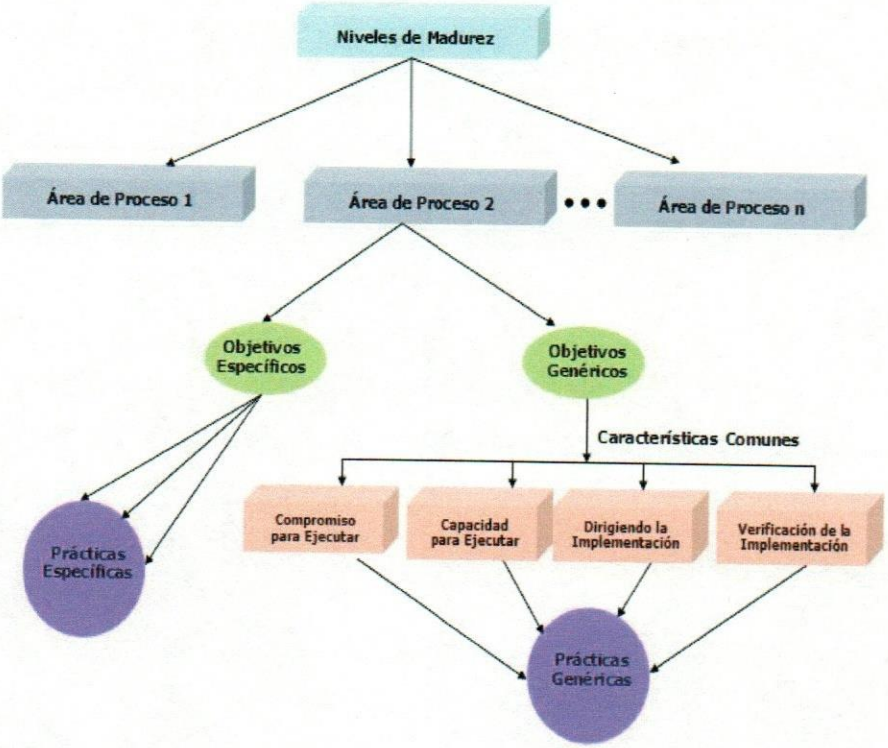


Figura Nº 9. Componentes del Modelo CMMI

Fuente: [Domínguez, 2002] basada en [Chrissis, 2002].

5.4.7. Áreas de Procesos por Niveles

Las áreas de proceso se clasifican en 4 categorías:

1. Ingeniería: da soporte a las actividades del ciclo de vida de desarrollo del producto, desde el desarrollo inicial de requisitos a la transición al uso operacional.
2. Gestión de Proyectos: cubre las actividades relacionadas con la planificación, seguimiento y control del proyecto. Proporcionan mecanismos para establecer, mantener y monitorizar acuerdos con clientes y proveedores, igualmente proporciona mecanismos para establecer y mantener un entorno de colaboración entre equipos. Así mismo proporciona un método común para gestionar el proyecto cuantitativamente y anticipándose a los problemas.

3. Gestión de Procesos: contiene prácticas relacionadas con la implementación de un programa de mejora de procesos. Proporciona la capacidad para documentar y compartir las mejores prácticas, los activos de proceso y aprendizaje. Igualmente proporciona capacidad de conseguir objetivos cuantitativos de calidad y rendimiento del proceso.
4. Soporte: Proporciona los procesos esenciales para soportar el desarrollo y mantenimiento del producto. Soporta el establecimiento y mantenimiento de un entorno de trabajo que estimula la integración y gestiona al personal para permitir y premiar comportamientos integradores. Proporciona funciones de soporte usadas por todas las áreas de proceso durante el desarrollo del producto.

Nivel	Ingeniería	Gestión de Proyecto	Gestión de proceso	Soporte
5			Innovación y despliegue organizativo	Análisis Causal Innovación y despliegue organizativo
4		Gestión Cuantitativa de Proyecto	Rendimiento de Proceso Organizativo	
3	Validación Verificación Integración de Producto Solución Técnica Desarrollo de requisitos	Gestión del riesgo Gestión de proyecto integrada Gestión de proveedores integrada Equipos integrados	Formación organizativa Definición de proceso organizativo Enfoque en el proceso organizativo	Análisis de decisiones y soluciones
2	Gestión de requisitos	Gestión de Acuerdos con Proveedores Seguimiento y control de proyecto Planificación de proyecto		Gestión de la configuración Aseguramiento de la calidad del proceso y del producto Medición y análisis

Figura Nº 10. Áreas de Procesos por Nivel y Categorías

Fuente: AEC (Asociación Española para la Calidad).

El desarrollo de proyectos de acuerdo con el estándar CMMI, favorece una importante reducción de los errores, permitiendo su temprana detección en el desarrollo del producto o en la prestación del servicio. CMMI también permite un mayor control de los proyectos, posibilitando su conocimiento en todo momento en cuanto a esfuerzo, costos y plazos. Además, el desempeño de actividades de acuerdo con este Modelo, pondrá a disposición de la organización un importante caudal de datos susceptibles de ser analizados y explotados para la optimización de sus procesos internos y sus proyectos para clientes.

5.4.8. CMM vs. CMMI - Diferencias y Semejanzas

Tabla Nº 6. Diferencias y Semejanzas CMM Vs. CMMI.

CMM	CMMI
5 Niveles de madurez	5 Niveles de madurez
18 Áreas claves de proceso	18 Áreas de proceso
Orientado al software	Integrado: SW ,EIA/IS, IPD

Tabla Nº 7. Diferencias y Semejanzas CMM Vs. CMMI Nivel de Madurez 2.

CMM	**CMMI**
RM – Administración de Requerimientos	RM – Administración de Requerimientos
SPP – Planeamiento de Proyectos de Software	PP – Planeamiento de Proyectos
SPTO – Seguimiento del Proyecto de Software. SSM – Administración de Subcontratos de Software	PMC – Monitoreo y Control de Proyectos. SAM – Administración de Acuerdos con Proveedores.
SQA – Aseguramiento de la Calidad del Software.	CM – Administración de la Configuración.
SCM – Administración de la Configuración del Software.	MA – Métricas y Análisis.

Tabla Nº 8. Diferencias y Semejanzas CMM Vs. CMMI Nivel de Madurez 3.

CMM	CMMI
OPF – Foco en los Procesos Organizacionales.	OPF – Foco en los Procesos Organizacionales.
OPD – Definición de Procesos Organizacionales.	OPD – Definición de Procesos Organizacionales.
PT – Programa de Entrenamiento.	OT – Entrenamiento Organizacional.
SPE – Software Product Engineering. →	RD- Desarrollo de Requerimientos.
	TS – Solución Técnica.
→	PI – Integración de Productos.
PR – Revisión por Pares. →	VER – Verificación.
	VAL – Validación.
ISM – Administración del Software Integrado. →	IPM – Administración de Proyecto Integrado.
IC – Coordinación Entre Grupos. ↗	
	RiskM – Administración de Riesgos.
	IT – Equipo Integrado.
	OE – Ambiente Organizacional.
	DAR – Análisis de Decisión y Resolución.

Tabla Nº 9. Diferencias y Semejanzas CMM Vs. CMMI Nivel de Madurez 4.

CMM	CMMI
QPM – Administración Cuantitativa de Procesos	QPM – Administración Cuantitativa de Proyectos.
SQM – Administración de la Calidad del Software.	OPP – Performance de los Procesos Organizacionales.

Tabla Nº 10. Diferencias y Semejanzas CMM Vs. CMMI Nivel de Madurez 5.

CMM	CMMI
DP- Prevención de Defectos.	CAR – Análisis de Causas y Resolución.
TCM – Administración de Cambios Tecnológicos.	OID – Innovación Organizacional y Entrega.
PCM – Administración de Cambio de Procesos.	

5.4.9. ¿Por qué se aplica el CMMI?

Se aplica el CMMI porque:

1. Es un modelo que aplica estándares de calidad.
2. Suministra un enfoque más efectivo e integrado a Ingeniería de Sistemas y de Software.
3. Permite identificar las necesidades, objetivos y factores críticos de éxito.
4. Permite definir las misiones, funciones y tareas
5. Suministra un enlace o relación más explícita entre Gestión y la Ingeniería con los objetivos de las organizaciones.
6. Provee mayor visibilidad del ciclo de vida del sistema; y las actividades de reingeniería de los procesos ayuda a asegurar que el sistema y servicio satisfacen las expectativas de los clientes (usuarios).

7. Identifica las fortalezas y debilidades.
8. Incluye funciones organizacionales que son críticas para los sistemas y servicios.
9. Soporta combinación futura con otros modelos. CMMI de disciplinas específicas.
10. Permite mejorar y evaluar los procesos de desarrollo y mantenimiento de sistemas y productos de software.
11. Muestra el camino a seguir en la gestión de proyectos, integrado de una manera ordenada los procesos y los productos.
12. Definición de los objetivos del Área de QA y/o Administración de contratos de software.
13. Provee la identificación y puesta en marcha de iniciativas tempranas.
14. Provee la identificación de procesos y "work products" a controlar.
15. Suministra la estimación de costos y beneficios y priorización de las iniciativas.

5.5. Descripción del Plan de la Calidad

5.5.1. Plan de la Calidad

La Norma ISO 10005:2005 (ISO, 2005) define el Plan de la Calidad como:

"Un documento que especifica cuáles procesos, procedimientos y recursos asociados se aplicarán, por quién y cuándo, para cumplir los requisitos de un proyecto, producto, proceso o contrato específico" (p. 3). Esos procedimientos generalmente incluyen aquellos que hacen referencia a los procesos de gestión de la calidad y a los procesos de realización del producto. Un Plan de la Calidad a menudo hace referencia a partes del manual de la calidad o a documentos de procedimiento. Un Plan de la Calidad generalmente es uno de los resultados de la planificación de la calidad.

5.5.2. Aspectos considerados en la Norma ISO 10005:2005, para el desarrollo de un Plan de la Calidad.

A continuación se describen los diferentes elementos que considera la Norma ISO 10005:2005, para el desarrollo de un Plan de la Calidad, la cual se utilizó como fundamento para elaborar el Plan de la Calidad para la mejora del desarrollo de software, objeto de este estudio.

5.5.2.1. Identificación de la Necesidad de un Plan de la Calidad.

La organización debería identificar qué necesidades podría tener de planes de la calidad. Hay varias situaciones en que los planes de la calidad pueden ser útiles o necesarios, por ejemplo:

1. mostrar cómo el sistema de gestión de la calidad de la organización se aplica a un caso específico;
2. cumplir con los requisitos legales, reglamentarios o del cliente;
3. en el desarrollo y validación de nuevos productos o procesos;
4. demostrar, interna y/o externamente, cómo se cumplirá con los requisitos de calidad;
5. organizar y gestionar actividades para cumplir los requisitos de calidad y objetivos de la calidad;
6. optimizar el uso de recursos para el cumplimiento de los objetivos de la calidad;
7. minimizar el riesgo de no cumplir los requisitos de calidad;
8. utilizarlos como base para dar seguimiento y evaluar el cumplimiento de los requisitos para la calidad;
9. en ausencia de un sistema de la gestión de calidad documentado.

NOTA: Puede haber necesidad, o no, de preparar un Plan de la Calidad para un caso específico. Una organización con un sistema de gestión de calidad establecido puede ser capaz de satisfacer todas sus necesidades de planes de la calidad bajo su sistema existente; la organización puede decidir entonces que no es necesario preparar planes de la calidad por separado.

5.5.2.2. Entradas para el Plan de la Calidad.

Una vez que la organización ha decidido desarrollar un Plan de la Calidad, la organización debería identificar las entradas para la preparación del plan de la calidad, por ejemplo:

a) los requisitos para el caso específico;
b) los requisitos para el Plan de la Calidad, incluyendo aquellos en especificaciones del cliente, legales, reglamentarias y de la industria;
c) los requisitos del sistema de gestión de la calidad de la organización;
d) la evaluación de riesgos para el caso específico;
e) los requisitos y disponibilidad de recursos;
f) información sobre las necesidades de aquellos que tienen el compromiso de llevar a cabo actividades cubiertas por el plan de la calidad;
g) información sobre las necesidades de otras partes interesadas que utilizarán el plan de la calidad;
h) otros planes de la calidad pertinentes;
i) otros planes relevantes, tales como otros planes de proyecto, planes ambientales, de salud y seguridad, de protección y de gestión de la información.

5.5.2.3. Alcance del Plan de la Calidad.

La organización debería determinar qué será cubierto por el Plan de la Calidad y qué está o será cubierto por otros documentos. Debería evitarse la duplicación innecesaria.

El alcance del Plan de la Calidad dependerá de varios factores, incluyendo los siguientes:

a) los procesos y características de calidad que son particulares al caso específico, y por lo tanto necesitarán ser incluidos;

b) los requisitos de los clientes u otras partes interesadas (internas o externas) para la inclusión de procesos no particulares al caso específico, pero necesarios para que ellos tengan confianza en que sus requisitos serán cumplidos;

c) el grado en el cual el está apoyado por un sistema de gestión de calidad documentado.

Donde no hayan sido establecidos procedimientos de gestión de la calidad, pudiera ser necesario que sean desarrollados para apoyar al plan de la calidad. Puede haber beneficios por la revisión del alcance del Plan de la Calidad con el cliente u otra parte interesada, por ejemplo para facilitar su uso del Plan de la Calidad para el seguimiento y medición.

5.5.3. Preparación del Plan de la Calidad

5.5.3.1. Iniciación

La persona responsable de la preparación del Plan de la Calidad debería ser claramente identificada. El Plan de la Calidad debería ser preparado con la participación del personal involucrado en el caso específico, tanto de dentro de la organización como, conforme sea apropiado, de partes externas.

Cuando se prepare un Plan de la Calidad, las actividades de gestión de la calidad aplicables al caso específico deberían estar definidas y, donde sea necesario, documentadas.

5.5.3.2. Documentación del Plan de la Calidad

El Plan de la Calidad debería indicar cómo van a llevarse a cabo las actividades requeridas, ya sea directamente o por referencia a los procedimientos documentados apropiados u otros documentos (por ejemplo planes de proyecto, instrucciones de trabajo, listas de verificación, aplicaciones informáticas). Donde un requisito dé como resultado una desviación de los sistemas de gestión de la organización, esta desviación debería ser justificada y autorizada.

Gran parte de la documentación genérica necesaria puede ya estar contenida en la documentación del sistema de gestión de la calidad, incluyendo su manual de la calidad y los procedimientos documentados. Puede ser necesario que esta documentación sea seleccionada, adaptada y/o complementada. El Plan de la Calidad debería mostrar cómo se aplican los procedimientos documentados genéricos de la organización o, en su defecto, cómo se modifican o sustituyen por procedimientos del plan de la calidad.

Un Plan de la Calidad puede estar incluido como una parte de otro documento o documentos, por ejemplo, los planes de la calidad de proyectos a menudo están incluidos en los planes de gestión de proyectos (véase la Norma ISO 10006).

5.5.3.3. Responsabilidades

Al preparar el Plan de la Calidad, la organización debería acordar y definir las funciones, responsabilidades y obligaciones respectivas tanto en el interior de la organización como con el cliente, las autoridades reglamentarias u otras partes interesadas. Quienes administran el Plan de la Calidad deberían asegurarse de que las personas a las que hace referencia son conscientes de los objetivos de la calidad y de cualesquiera asuntos de calidad o controles específicos requeridos por el plan de la calidad.

5.5.3.4. Coherencia y Compatibilidad

El contenido y formato del Plan de la Calidad debería ser coherente con el alcance del plan de la calidad, los elementos de entrada del plan y las necesidades de los usuarios previstos. El nivel de detalle en el Plan de la Calidad debería ser coherente con cualquier requisito acordado con el cliente, el método de operación de la organización y la complejidad de las actividades a ser desempeñadas. La necesidad de compatibilidad con otros planes también debería ser considerada.

5.5.4. Presentación y Estructura

La presentación del Plan de la Calidad puede tener diversas formas, por ejemplo una simple descripción textual, una tabla, una matriz de documentos, un mapa de procesos, un diagrama de flujo de trabajo o un manual. Cualquiera de ellas puede presentarse en formatos electrónicos o en papel.

El Plan de la Calidad puede dividirse en varios documentos, cada uno de los cuales representa un plan para un aspecto distinto. El control de las interfaces entre los diferentes documentos necesita estar claramente definido. Los ejemplos de estos aspectos incluyen el diseño, las compras, la producción, el control del proceso, o las actividades particulares (tales como el ensayo/prueba de aceptación). Una organización puede desear preparar un Plan de la Calidad que sea conforme a los requisitos aplicables de la Norma ISO 9001.

Luego de haber desarrollado el Plan de la Calidad correspondiente, el mismo debe ser revisado, aceptado e implementado, de acuerdo con las directrices establecidas en esta norma, las cuales se describen a continuación.

5.5.5. Revisión, aceptación, implementación y revisión del Plan de la Calidad

5.5.5.1. Revisión y Aceptación del Plan de la Calidad

El Plan de la Calidad debería ser revisado respecto a su adecuación y eficacia, y ser formalmente aprobado por una persona autorizada o por un grupo que incluya representantes de las funciones pertinentes dentro de la organización.

En situaciones contractuales, puede ser necesario que la organización presente el Plan de la Calidad al cliente para su revisión y aceptación, ya sea como parte de un proceso de consulta previo al contrato o después de que el contrato sea adjudicado. Una vez que se adjudica el contrato, el Plan de la Calidad debería ser revisado y, donde sea apropiado, revisado para reflejar cualquier cambio en los requisitos que pudiera haber ocurrido como resultado de la consulta previa al contrato.

Cuando un proyecto o contrato se lleve a cabo en etapas, puede esperarse que la organización presente al cliente un Plan de la Calidad para cada etapa, previamente al inicio de esa etapa.

5.5.6. Implementación del Plan de la Calidad

En la implementación del Plan de la Calidad, la organización debería considerar los siguientes asuntos:

a) Distribución del Plan de la Calidad

El Plan de la Calidad debería distribuirse a todo el personal pertinente. Se debería tener cuidado para distinguir entre copias que se distribuyen bajo las provisiones del control de los documentos (a ser actualizadas conforme sea apropiado), y aquellas que se proporcionan sólo para información.

b) Formación en el uso de los planes de la calidad

En algunas organizaciones, por ejemplo en aquellas comprometidas con la gestión de proyectos, los planes de la calidad pueden utilizarse como una parte rutinaria del sistema de gestión de la calidad. Sin embargo en otras, los planes de la calidad podrían utilizarse sólo ocasionalmente. En este caso, podría ser necesaria una formación especial para ayudar a los usuarios a aplicar el Plan de la Calidad correctamente.

c) Dar seguimiento a la conformidad con los planes de la calidad.

La organización es responsable de dar seguimiento a la conformidad con cada Plan de la Calidad que realice. Esto puede incluir: la supervisión operativa de los acuerdos planificados. La revisión de los hitos, y auditorias.

Cuando se utilizan muchos planes de la calidad a corto plazo, las auditorias generalmente se efectúan sobre una base de muestreo.

Cuando los planes de la calidad se presentan a los clientes u otras partes externas, estas partes podrían establecer disposiciones para dar seguimiento a la conformidad con los planes de la calidad.

Se lleve a cabo por partes internas o externas, dicho seguimiento puede ayudar a:

1. evaluar el compromiso de la organización respecto a la implementación eficaz del plan de la calidad,
2. evaluar la implementación práctica del plan de la calidad,
3. determinar dónde pueden surgir riesgos en relación con los requisitos del caso específico,
4. tomar acciones correctivas o preventivas conforme sea apropiado, y
5. identificar oportunidades para la mejora en el Plan de la Calidad y las actividades asociadas.

5.5.7. Revisión del Plan de la Calidad

La organización debería revisar el plan de la calidad:

a) Para reflejar cualquier cambio a los elementos de entrada del Plan de la Calidad, incluyendo: El caso específico para el cual se ha establecido el plan de la calidad. Los procesos para la realización del producto. El sistema de gestión de la calidad de la organización, y los requisitos legales y reglamentarios,
b) Para incorporar al Plan de la Calidad las mejoras acordadas.

Una o varias personas autorizadas deberían revisar los cambios al Plan de la Calidad con respecto a su impacto, adecuación y eficacia. Las revisiones al Plan de la Calidad deberían ponerse en conocimiento de todos los involucrados en su uso. Conforme sea necesario, deberían revisarse cualesquiera documentos que estén afectados por los cambios en el plan de la calidad.

La organización debería considerar cómo y bajo qué circunstancias la organización autorizaría una desviación del plan de la calidad, incluyendo: Quién tendrá la autoridad para solicitar dichas desviaciones. Cómo se hará tal solicitud. Qué información se va a proporcionar y en qué forma, y a quién se identificará como que tiene la responsabilidad y autoridad para aceptar o rechazar tales desviaciones.

Un Plan de la Calidad debería tratarse como un elemento de la configuración, y debería estar sujeto a la gestión de la configuración.

5.5.8. Retroalimentación y Mejora

Donde sea apropiado, la experiencia obtenida de la aplicación de un Plan de la Calidad debería revisarse y la información se debería utilizar para mejorar planes futuros o el propio sistema de gestión de la calidad.

5.6. Estructura del Plan de la Calidad para la mejora del desarrollo del software, basado en el Modelo CMMI

Para estructurar el Plan de la Calidad que permita mejorar el desarrollo de Software basado en el Modelo CMMI y cumpliendo con los lineamientos de la Norma ISO 10005:2005, enmarcado en un Sistema de Gestión de Calidad de acuerdo a lo establecido en la Norma ISO 9001:2000, se debe contar con un equipo conformado por personal experto en procesos CMMI y personal de la organización con roles y responsabilidades claramente definidos dentro del Plan de la Calidad enmarcado dentro del Sistema de Gestión de la Calidad de la organización. El número de personas que participen en el Proyecto dependerá de la definición del alcance del proyecto, es decir, si se va a realizar una implementación por niveles o implementación total.

Se debe definir una estrategia que tome en cuenta lo siguiente:

1. Identificar la metodología de transformación a utilizar.
2. Incluir dentro del equipo al personal experto en CMMI.
3. Capacitar al equipo de implementación en la metodología de identificación, transformación e implementación.
4. Capacitar al equipo de implementación de la organización que participa en el proyecto en CMMI.
5. Obtener el compromiso del personal de la organización para apoyar las actividades de CMI.
6. Explicar a todo el personal de la organización que participa en el proyecto las razones de la implementación y como ayudará en los objetivos de calidad.

7. Involucrar a un grupo del personal que forma parte del proyecto en el proyecto de implementación.
8. Usar como base los procedimientos, formatos y herramientas que se están utilizando en la organización y que cumpla con los requisitos del CMMI y solicitar la aprobación de los expertos.
9. Utilizar herramientas que ayuden a agilizar el trabajo y que permitan generar métricas.
10. Para aquellos procesos inexistentes y/o procesos que no cumplan con el CMMI usar procedimientos definidos por la organización.
11. No duplicar esfuerzos registrando base de datos adicionales. Se debe usar las bases de datos existentes las cuales es posible que se requiera modificaciones al SW para generar métricas, pero lo cual es más óptimo y minimiza el tiempo de reproceso.
12. Reducir el impacto en la atención de usuario.
13. La implementación de los procesos organizacionales se debería realizar a nivel de Empresa.

Luego de definir la estrategia de implementación y antes de dar inicio al proyecto, se debe identificar las actividades y asignar los responsables de elaborar el plan de implementación.

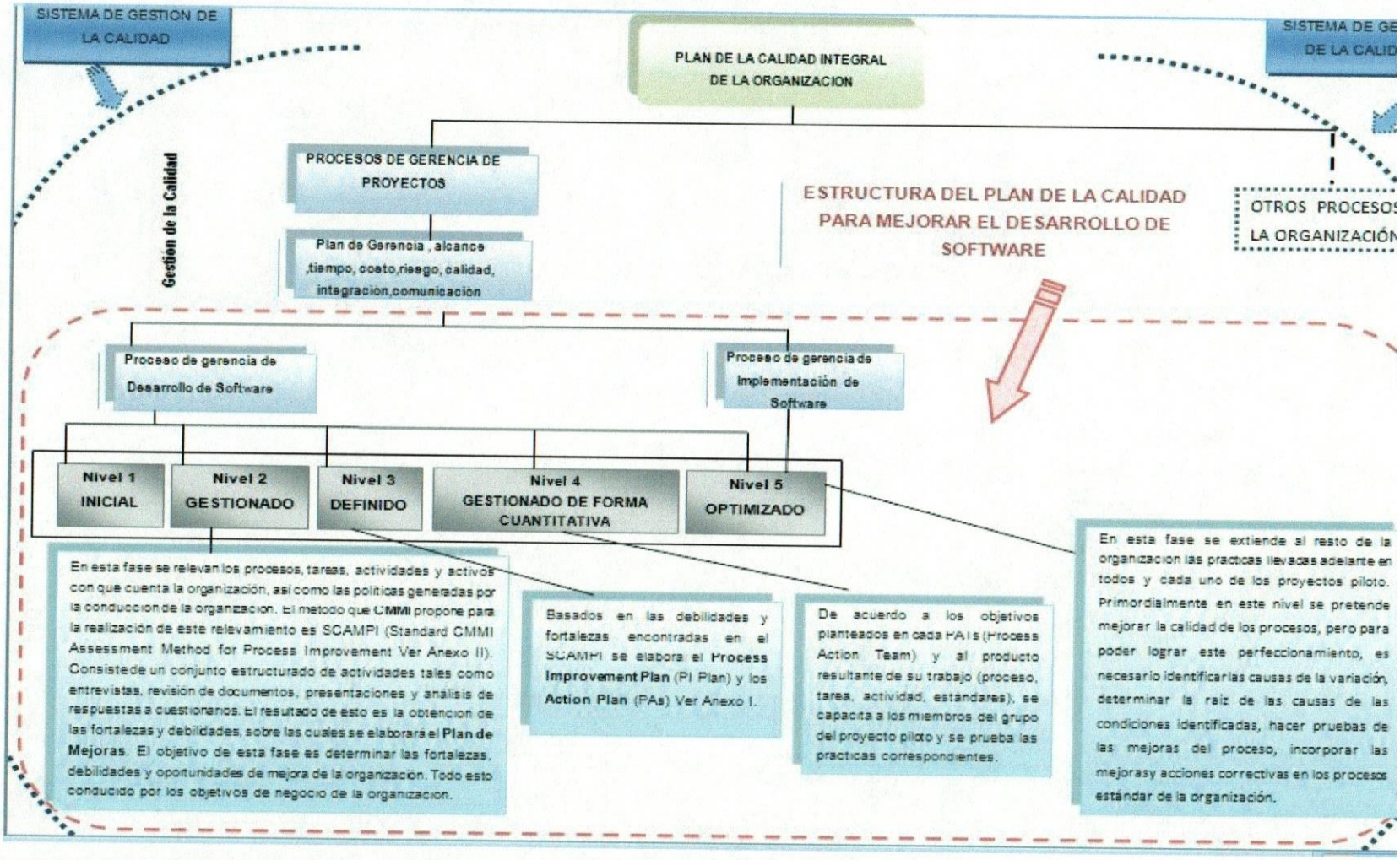


Figura Nº 11. Plan de la Calidad para la Mejora del desarrollo de Software Diseño: La Investigadora

La representación gráfica desglosa claramente dos procesos que requieren de una metodología distinta de trabajo para elaborar la propuesta del plan de la calidad para la mejora del desarrollo de software, una se refiere a los procesos de la gerencia de desarrollo de software, en donde se llevarán a cabo acciones de Gestión básica de proyecto (Nivel 1), procesos estandarizados (Nivel 2) y procedimientos analizados y medidos (Nivel 3), para garantizar el cumplimiento de cada plan gerencial, utilizando para ello el concepto de la gestión de la calidad, y la otra relacionada con los procesos de implementación de software, para lo cual se llevarán acciones para garantizar la mejora continuas de los procesos (Nivel 4) y la optimización de los procesos (Nivel 5); todo esto de acuerdo con las premisas descritas anteriormente y el basamento teórico que sustenta este estudio.

En concordancia con el objetivo y alcance de esta investigación, la propuesta desarrollada abarcó solamente el componente Plan de la Calidad para la mejora del desarrollo de software, por consiguiente y apegado a lo descrito anteriormente, su diseño se basó la metodología del Modelo CMMI, que a su vez forma parte del Plan de la Calidad Integral, alineado al Sistema de gestión de la Calidad de la organización.

A continuación se describe la metodología CMMI que utilizará el plan de la calidad para la mejora del desarrollo de software, a través del proceso de la gerencia desarrollo de software (nivel 1 al nivel 5) y el proceso de gerencia de implementación de software (nivel 5).

Nivel 2:

Este nivel básicamente está conformado por 7 áreas de proceso que contribuirán a proyectar la eficacia de la gestión.

Las 7 áreas que conforman este Nivel son:

1. Gestionar los requisitos.
2. Planificación del proyecto.
3. Supervisión y control del proyecto.

4. Gestión de los acuerdos con el proveedor.
5. Medición y análisis.
6. Asegurar la calidad del proceso y del producto.
7. Gestión de la configuración.

Gestionar los Requerimientos

La gestión de requisitos es obtener, comprender, aprobar los requisitos, así como gestionar los cambios y mantener la trazabilidad bidireccional identificando las inconsistencias entre el trabajo real que se va a llevar a cabo y los requisitos. Básicamente identificar inconsistencias entre los requisitos y los planes de proyecto.

Planificación del Proyecto

En la planificación del proyecto, debemos de seguir tres puntos, como primer punto debemos definir el alcance del proyecto, así como establecer las tareas y productos de trabajo definiendo claro, el ciclo de vida del proyecto definir por medio de estimaciones el tiempo y el costo. En el segundo punto tenemos y debemos establecer un plan de proyecto en el que se establezca el presupuesto y el cronograma, así como la identificación de los riesgos del proyecto y un plan para la gestión de los datos del proyecto, de los recursos, de las habilidades y conocimientos que sean necesarios para el proyecto y un plan para involucrara todos los participantes. Como tercer punto tenemos que se debe de realizar una revisión de los planes que afecten al proyecto, reconciliar el trabajo y el nivel de recurso y obtener un compromiso sobre el plan.

Supervisión y control de proyecto

Se debe de realizar un control del proyecto para la supervisión de los parámetros y la supervisión de los compromisos, la gestión de los datos, la implicación de los participantes así como un control para supervisar los riesgos del proyecto y el progreso del mismo y gestionar la acción correctiva, analizando los problemas.

Gestión de los acuerdos con el proveedor

Aquí debemos de establecer los acuerdos con el proveedor, determinando el tipo de selección, la adquisición de los proveedores, y principalmente satisfacer los acuerdos establecidos con el proveedor.

Medición y análisis

Establecer los objetivos de la medición, medidas específicas, y una colección especifica de los datos y procedimientos de almacenamiento y finalmente proporcionar los resultados de la medición, analizándolos y guardándolos.

Asegurar la calidad del proceso y del producto

Evaluar los procesos y productos de trabajo objetivamente y de igual forma proporcionar una visión objetivamente.

Gestión de la configuración

Identificar los elementos de la configuración.

Establecer un sistema de gestión de configuración.

Construcción y provisión de las líneas base rastreando y controlando los cambios dejando huella de las peticiones de cambio. Controlar los elementos de la configuración: establecer la integridad de los archivos de gestión de la configuración y realizar las auditorias de la configuración.

Nivel 3

Este nivel se caracteriza por su organización, pues es la organización entera la que participa en el proceso eficiente del proyecto de software, estos procesos se encuentran estandarizados y documentados de una manera más rigurosa.

Entre estos procesos estandarizados encontramos el proceso de desarrollo de software que está integrado por todo lo que son los procesos de ingeniería de

software y la gerencia de proyectos de software, de esta manera la organización obtiene las bases para futuros progresos continuos.
El proceso definido es cualitativo es decir, existen pocos datos que indiquen cuanto se produce y cuan efectivo es el proceso en sí, esto por no contar con una norma que fije directamente los pasos a seguir y los elementos que se deben medir en la realización de un proyecto.

Este nivel cuenta con las denominadas áreas clave, que son la ingeniería, la administración de proceso, la administración de proyecto y el soporte.

En la ingeniería encontramos el desarrollo de los requisitos: del cliente, producto y componente del producto, las soluciones técnicas: diseño, desarrollo y su puesta en práctica y finalmente la integración del producto: asegurar la integración del producto, su verificación y validación

En la Administración de Proceso, tenemos un enfoque de procesos en organización: enfoque a la organización hacia la gestión de los procesos; una definición de procesos en organización: correcta definición de los procesos de la organización; y un entrenamiento y formación: educación y entrenamiento para mejorar la eficacia y la eficiencia.

En la Administración de Proyectos, encontramos una gestión integrada de los proyectos = (proceso + productos), la denominada gestión de riesgos y la gestión integrada de proveedores, contando con un equipo para desarrollo integrado.

En el Soporte, se debe llevar a cabo un análisis y resolución de las decisiones: análisis sistemático y puesta en práctica de las decisiones acordadas en un ambiente organizativo adecuado para el desarrollo integrado del producto y del proceso.

Nivel 4

En este nivel, se gestionan los proyectos, se toman las decisiones organizacionales y se hace una medición de los procesos, de los servicios y de la calidad del producto. Lo que se hace principalmente en este nivel es llevará cabo:

1. Proceso organizacional del desarrollo.
2. Gestión de proyectos cuantitativa.

Proceso organizacional del desarrollo

Se realiza un entendimiento cuantitativo de la ejecución de los procesos de la organización.

Proporcionando los datos de ejecución de procesos, las líneas base (resultados históricos logrados siguiendo un proceso, son para comparar ejecución real vs. ejecución esperada de procesos.) y los modelos para la gestión cuantitativa de proyectos.

SG1: Establecer líneas base y modelos de ejecución.

a) SP1.1: Seleccionar procesos.
b) SP1.2: Establecer medidas de ejecución de procesos.
c) SP1.3: Establecer objetivos de calidad y ejecución de procesos.
d) SP1 4: Establecer líneas base de ejecución de procesos.
e) SP1.5: Establecer modelos de ejecución de procesos

Además seguir con las medidas de proceso y de producto.

Medidas:

De proceso:

a) Esfuerzo, tamaño, costo, planificación...

b) Revisando la productividad en las fases del cv.

De producto:

a) Fiabilidad, densidad de defectos.
b) Rangos vs. datos puntuales.
c) Indican áreas de debilidad a reforzar.

Gestión de proyectos cuantitativa

Gestionar cuantitativamente los procesos para lograr los objetivos de calidad y ejecución del proceso establecido por el proyecto (SP 1.3).

SG1: Gestionar el proyecto cuantitativamente

a) SP1.1: Establecer los objetivos del proyecto.
b) SP1.2: Componer los procesos definidos.
c) SP1.3: Elegir los subprocesos que serán gestionados estadísticamente.
d) SP1.4: Gestionar la ejecución de proyectos

SG2: Gestionar estadísticamente la ejecución de subprocesos.

a) SP 2.1: Elegir las medidas y técnicas analíticas.
b) SP 2.2: Aplicar los métodos estadísticos para comprender la variación.
c) SP 2.3: Monitorizar la ejecución de los subprocesos elegidos.
d) SP 2.4: Archivar los datos de gestión estadística.

En este nivel es muy importante el uso de herramientas automatizadas para el manejo de la información y contar con experiencia en la recogida de los datos. Es necesaria también la participación comprometida de la alta dirección, contar con grado de experiencia, un personal numeroso y un refinamiento sucesivo, obteniendo así con la conjunción de lo antes mencionado, el paso al nivel 4,que no es nada fácil y en muchas ocasiones no se obtienen los resultados esperados.

Nivel 5

Primordialmente en este nivel se pretende mejorar la calidad de los procesos de la organización, pero para poder lograr este perfeccionamiento, es necesario identificar las causas de la variación, determinar la raíz de las causas de las condiciones identificadas, hacer pruebas de las mejoras del proceso, incorporar las mejoras y acciones correctivas en los procesos estándar de la organización.

Este nivel cuenta con dos áreas que para poder satisfacerlas se debió previamente haber satisfecho todos los objetivos de los niveles 2,3, y 4, estas áreas son:

a) Innovación y Despliegue Organizacional.
b) Análisis y Resolución de las Causas.

Innovación y despliegue organizacional

Su objetivo es la selección y despliegue de las mejoras incrementales e innovadoras que mejoren los procesos y tecnologías de la organización.

Específicamente:

SG1: Selección de mejoras.

a) SP1.1: Reunir y analizar propuestas de mejoras.
b) SP1.2: Identificar y analizar innovaciones.
c) SP1.3: Pruebas de las mejoras.
d) SP1.4: Seleccionar mejoras para desplegarlas.

SG2: Desplegar mejoras.

a) SP2.1: Plan de despliegue.
b) SP2.2: Gestión de despliegue.
c) SP2.3: Medida de los efectos de mejora.

Y se deben de realizar los siguientes pasos:

a) Presentar las propuestas de mejora.
b) Revisar y analizar las propuestas.
c) Prueba piloto de las propuestas.
d) Medir las mejoras para ver si son efectivas en las pruebas.
e) Planear el despliegue de las mejoras.
f) Desplegar las mejoras.
g) Medir la eficacia de las mejoras a través de la organización o proyecto.

Análisis y resolución de las causas

Aquí se debe de identificar las causas de los defectos y otros problemas, y tomar acciones preventivas para evitar que sucedan en un futuro.

Específicamente:

SG1: Determinar las causas de los defectos.

a) SP1.1: Seleccionar los datos de los defectos para su análisis.
b) SP1.2: Analizar las causas.

SG2: Tratar las causas de los defectos.

a) SP2.1: Implementar las acciones propuestas.
b) SP2.2: Evaluar los efectos de los cambios.
c) SP2.3: Guardar los datos.

Y se deben de realizar los siguientes pasos:

a) Buscar los defectos y problemas en la organización.
b) Seleccionar los datos a analizar.
c) Analizar las causas.
d) Preparar propuestas para tratar los problemas.
e) Implementar las propuestas.
f) Evaluar los efectos de los cambios.

El implementar el modelo CMMI en una organización trae múltiples beneficios tanto para el producto ofrecido y la organización como tal. Y es recomendable responder estas preguntas:

¿Cuales son las metas de su negocio?

¿Cómo mide usted el progreso?

Y al aplicar el CMMI obtener como beneficios:

a) Aumentar la productividad.
b) Mejorar la calidad.
c) Lograr la satisfacción del cliente.
d) Aumentar la moral de los trabajadores.
e) Aumentar el rendimiento de la inversión.
f) Disminuir el costo de calidad.

5.7. Proceso de Implementación del Plan de la Calidad para la mejora del desarrollo de Software

El proceso de implementación que aquí se describe se basa en la investigación realizada para el desarrollo de este trabajo, dicho proceso va dirigido a compañías cuyo objetivo principal es el desarrollo de software.

La estructura de la organización, debe estar fortalecida con un organismo que oriente el desarrollo tecnológico de la organización, debe existir una unidad estratégica encargada de la investigación y desarrollo que garantice un desarrollo sostenible y acorde a los avances tecnológicos a nivel mundial. En necesario comenzar a pensar, que las empresas que desarrollan software y quieran estar al nivel de las grandes organizaciones del mundo, necesitan contar con un centro de investigación de forma permanente y recursos suficientes para desarrollar actividades de investigación de forma continua.

El proceso de implantación de un modelo de mejora de procesos como CMMI conlleva unas etapas, que se pueden resumir en:

a) Diagnóstico de la situación actual (DÓNDE ESTAMOS): Incluye todas las actividades encaminadas a lograr una visión clara de la situación actual, de forma que podamos determinar si realmente existe la necesidad de cambiar y, en caso de que así sea, hacia dónde deben orientarse los esfuerzos de cambio.

b) Determinación de la situación deseada (DÓNDE VAMOS): En esta etapa se compara la situación actual, a partir de los resultados del diagnóstico con la situación ideal para determinar una situación deseada, es decir a dónde vamos. En ocasiones ambas son idénticas (situación ideal y la deseada), pero muchas veces no. La diferencia entre ésta última y la ideal consiste en lo que podríamos llamar el factor de realismo, es decir, la situación deseada es la que podemos alcanzar, aunque no represente lo óptimo.

c) Determinación de los cauces de acción a seguir (CÓMO MEJORAMOS): En esta etapa se eligen y desarrollan los procedimientos apropiados para actuar sobre la situación que se desea cambiar, en base a los resultados del diagnóstico y la determinación de la situación deseada. Las actividades que habitualmente se llevan a cabo en esta fase del proceso son:

1. Desarrollo de Objetivos: Qué se espera lograr como consecuencia del cambio en términos de resultados observables y cuantificables.
2. Elaboración de Estrategias: Que conjunto de acciones se tienen que realizar para lograr los objetivos.
3. Elección de los Medios de Acción:
   - 3.1. Identificación de los elementos humanos involucrados en las acciones.
   - 3.2. Establecimiento de un plan de acción.
   - 3.3. Desarrollo de los instrumentos de control y evaluación.

d) Ejecución de las acciones: La puesta en práctica de la estrategia conducente al cambio, por lo también deben preverse los mecanismos de control que permitan verificar periódicamente si el plan se realiza de acuerdo a lo establecido o no, y si la experiencia adquirida indica si se marcha por buen camino hacia el logro de los objetivos o es necesario realizar ajustes al plan.

e) Evaluación de los resultados: Analizar los resultados obtenidos para confrontarlos con los objetivos establecidos, a fin de medir el grado de éxito alcanzado y determinar qué factores o influencias explican esos resultados.

5.8. Barreras para una Implementación Exitosa

Generalmente cuando las organizaciones tecnológicas deciden realizar cambios que afectan la forman de trabajar del día a día de su personal y adquirir nuevas técnicas que permiten mejorar el trabajo diario se suele encontrar barreras que originan riesgos en el proyecto, por lo que es necesario tomar acciones para superarlas. A continuación mencionare algunas de estas barreras.

- Cultura del Usuario: Los usuarios requieren que sus requerimientos sean atendidos de inmediato, lo cual origina conflicto en los desarrolladores entre la atención al usuario el cumplimiento de las evidencias del CMMI, eligiendo la atención del cliente.
- A los desarrolladores no les gusta documentar ni alimentar las bases de datos, por lo cual generalmente inician la atención de un siguiente requerimiento antes de haber culminado la documentación del anterior.

5.9. Factores Críticos de Éxito

A continuación se describe los factores que se consideran críticos para alcanzar el éxito de la transformación:

1. Es necesario que el promotor del proyecto sea de un cargo muy alto dentro de la organización
2. Es importante involucrar a todos los stakeholders definiendo y divulgando sus roles y responsabilidades, manteniendo una comunicación permanente simple y muy estrecha.
3. Es determinante seguir una metodología que marque la ruta a seguir durante el proceso de transformación.
4. Es necesario tener los objetivos claros y medibles al inicio del proyecto, y efectuar mediciones que indiquen si se logró el objetivo.

5. Para la aplicación de la presente metodología se requiere contar con personal experto en las prácticas de CMMI, compromiso del personal que implanta y del personal que ejecuta.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- En resumen el Modelo CMMI contribuye a convertir a las organizaciones en un nivel de madurez superior, cuyo éxito no depende de las personas de forma individualizada sino de la propia capacidad de producir software que tienen las organizaciones. **La madurez de procesos** es un indicador del potencial de crecimiento en capacidad de procesos de una organización, **rendimiento** es el actual alcanzado por el proceso, y **capacidad** es el rango esperado a ser alcanzado por los procesos, es decir si conocemos el rendimiento de nuestra organización, podremos predecir su capacidad de proceso.
- El Modelo CMMI es una herramienta útil para el mejoramiento de procesos orientado a ingeniería de soluciones que incluyen software, incluye prácticas de Ingeniería, Gerencia de Proyectos, Gestión de Procesos y Apoyo a Proyectos.
- El Modelo CMMI ayuda a desarrollar la madurez de las organizaciones de desarrollo de software en forma progresiva nivel a nivel. Cuando una organización pasa de un nivel al inmediato superior debe implementar un conjunto de prácticas claves que aumentan su capacidad de dar respuesta a los desafíos cada vez más exigentes del negocio de desarrollo y mantenimiento de aplicaciones. La opción por el CMMI significa reconocer que el único camino para la supervivencia en una economía de largo plazo es ejecutar mejor, más rápido y más barato. Esta elección está alineada con la tendencia de las empresas de servicio insertadas en un mercado globalizado, de implementar un método internacional reconocido por la industria del software, para certificar la calidad que brindan a sus clientes.
- La implementación de procesos de mejora CMMI puede demandar cambios organizacionales en varias dimensiones simultáneamente como la planificación de proyectos y control de calidad en los procesos básicos de la organización, reestructuración de grupos de trabajo, cambios de roles y

responsabilidades, y la gestión de nuevas capacidades y conocimiento tecnológico.

- Sin un análisis objetivo y anticipado de lo que involucran estos procesos de cambio, se pueden originar serias dificultades de gestión en la organización que serán atribuidas a fallas personales o intereses no profesionales con consecuencias negativas para el futuro de la organización. Los cambios que la adopción de nuevos procesos tecnológicos puede generar en una organización pueden ser muy sutiles y manifestarse en forma no uniforme y fuera del campo de percepción correspondiente a quienes tienen capacidad de decisión. Anticipar estos procesos, aun en casos de cambio no radical, puede tener un impacto multiplicador muy alto en la productividad y posibilidades de éxito futuro de la empresa.
- Permite la mejora en la detección anticipada de errores, el proceso de ingeniería de software contempla revisiones tras cada paso del proceso que ayudan a detectar errores en los pasos iníciales del mismo, disminuyendo los errores producidos en tareas finales del proceso.
- Reducción de errores posteriores a la entrega del producto, como consecuencia de la detección anticipada de errores, se reducen sensiblemente el número de errores producidos con posterioridad a la entrega del producto, lo que redundada en un incremento de la satisfacción de los clientes.
- El modelo CMMI, ayuda a las organizaciones dedicadas al desarrollo del software y soporte de software a tomar decisiones, a nivel de áreas de desarrollo en la resolución de problemas en distintas actividades de la ingeniería de software, como la gestión estratégica del desarrollo, la investigación, en la mejora de procesos o la formación en gestión de proyectos.
- Incremento de la productividad, la productividad media de los proyectos se incrementan especialmente debido al aprovechamiento de sinergias entre proyectos, promovido por los grupos de mejora continua, depositarios de las mejores prácticas de las compañías, así como a los esfuerzos de los equipos

de I+D dirigidos al desarrollo de herramientas de incremento de la productividad y reutilización de componentes.

- Cumplimiento de las fechas comprometidas, los procesos de planificación, estimación y gestión de requerimientos, junto con el proceso de coordinación entre grupos, han sido fundamentales en la consecución de los hitos intermedios de los proyectos y fechas de entrega de productos finales.

6.2. RECOMENDACIONES

- Es necesario que el uso de los modelos CMMI sea política de empresa. De esta forma se asegura que los procedimientos y estándares se mantengan vivos y no caigan en desuso.
- Es de vital importancia que el personal de la organización conozca el modelo CMMI, su estructura, nomenclatura, filosofía y las mejores prácticas asociadas con cada una de las áreas de procesos de ingeniería de software.
- Es recomendable que el personal que intervienen en la implementación del proyecto de mejora de CMMI, así como todo el personal de la organización este informado del avance del mismo.
- Tomar acciones correctivas que permitan superar las barreras y riesgos encontrados que afecten el éxito de implementación de la mejora del Modelo CMMI.
- Es necesario involucrar a los usuarios Stakeholders en los procesos CMMI.
- Es importante que la empresa mantenga un área que monitoree permanentemente los procesos CMMI y que vigile su cumplimiento.
- Establecer y definir claramente los roles y responsabilidades del personal implantador de proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Ojelanki Ngwenyama and Peter Axel Nielsen, "Competing Values in Software Process Improvement: An Assumption Analysis of CMM from an Organizational Culture Perspective", IEEE Transactions on Engineering Management, vol. 50, no. 1, February 2003.

[2] M.C.Paulk, B. Curtis, et al, "Capability Maturity Model for Software", Software Engineering Institute, CMU/SEI-91-TR-24, ADA240603, Carnegie Mellon, 1991.

[3] CMMI Product Team, "CMMI for Systems Engineering and Software Engineering", Software Engineering Institute, (CMMI-SE/SW, V1.1), Carnegie Mellon, December 2001.

[4] R. E. Quinn and M. R. McGrath, "The transformation of organizational cultures: A competing values perspective," in Organizational Culture, P. J. Frost, L. F. Moorre, M. R. Louise, C. C. Lundberg, and J. Martin, Eds. Newbury Park, CA: Sage, 1985, pp. 315–334.

[6] T. Kasse and P. McQuaid, "Entry Strategies into the Process Improvement Initiative," Software Process: Improvement and Practice, vol. 4, no. 1, pp. 73-88, 1998.

[7] D. Stelzer and W. Mellis, "Success Factors of Organizational Change in Software Process Improvement," Softw. Process Improve. Pract. vol. 4, no. 3, pp. 227-250, 1998.

[8] D. Moitra, "Managing Change for Software Process Initiatives: A Practical Experience based Approach," Softw. Process Improve. Pract. Vol. 4, no. 3, 199-207, 1998.

[9] C. Laporte and S. Trudel, "Addressing the People Issues of Process Improvement Activities at Oerlikon Aerospace," Softw. Process Improve. Pract. Vol. 4, no. 3, 187-198, 1998.

[10] F. Cattier, A. Fuggetta, and D. Sciuto, "Pursuing Coherence in Software Process Assessment and Improvement," Softw. Process, Improve. Pract. Vol. 6, no. 1, 3-22, 2001.

[11] B. Boehm, D. Port, and Victor Basilica, "Realizing the Benefits of the CMMI with the CeBASE Method," Systems Engineering, vol. 5, no. 1, pp. 73-89, 2002. [12] SENN, James A. (1992) Análisis y Diseño de Sistemas de Información. Segunda Edición. Editorial McGrawHill. México .

[13] Zavala Ruiz, J. "¿Por qué fracasan los Proyectos de Software? Un Enfoque Organizacional". 2004

[14] Alejandro Bedini, G. Extracto del libro en formato digital "Calidad Tradicional y Calidad de Software", Unidad Técnica Federico Santa María, Chile.

[15] Boletín de la [SPIN/RMPS] Colombia, Ricardo Llamosa-Villalba .System Engineering, Telecommunications Ph.D., PMP by PMI, CSDP by IEEE. Fundador y Promotor de la [SPIN/ RPMS] Colombia, julio 29 del 2007.

[16] Basque, Richard. Artículo de la federación informática de Québec. 2005.

Ministerio de Administraciones Públicas de España. Página Web: http://www.csi.map.es/csi/metrica3/psiproc.pdf, página vigente al 18/08/ 2007.

[17] Ernesto Ema. Jefe de Proyectos de Tecnologías de la Información NOVOTEC (Grupo SOLUZIONA). Página Web:

http://www.soluziona.com/htdocs/areas/cyma/de_interes/articulos/gestion_convencional.shtml, página vigente al 11/12/2007.

[18] Software Engineering Institute (SEI) Universidad Carnegie Mellon. Página Web: http://www.sei.cmu.edu/cmmi, página vigente al 12/01/ 2008.

Página Web: http://www.calidaddelsoftware.com, página vigente al 27/08/2007.

[19] Página Web http://www.daedalus.es/inteligencia-de-negocio/sistemas-complejos/ingenieria-de-sistemas/que-es-la-ingenieria-de-sistemas/, página vigente al 15/01/2008.

[20] Capability Maturity Models. Disponibles en http://www.sei.cmu.edu/cmm/cmms/cmms.html, página vigente al 16/09/2003.

[21] Software Engineering Institute. Disponible en http: //www.sei.cmu.edu, página vigente al 16/09/2003.

[20] Esp. Ing. Hernán Merlino, Tesis de Magíster en Ingeniería del Software (Ambiente de Integración de Herramientas para Exploración de Datos Centrados en la Web), Noviembre 2005.

[22] Ing. Mario Peralta, Tesis de Magíster en Ingeniería del Software (Asistente para la Evaluación de CMMI-SW), Julio 2003.

[23] Ph.D. Edgar Henry, Caballero Rúa, Resumen del Trabajo Tutelado (Mejora de la Calidad del Software en el entorno de Microempresas TI), Universidad Politécnica de Madrid 2006-2007.

[24] Sabino, C. (1996). El Proceso de Investigación Científica. Caracas. Editorial Panapo.

ANEXOS

ANEXO I

Descripción Detallada de PAs y Evidencias de Cumplimiento

Prácticas Generales

Todas las áreas de Procesos (PAs) deben cumplir un conjunto de prácticas generales, cuyas evidencias de cumplimiento deben almacenarse en un requerimiento del Proyecto. A continuación se describen las prácticas generales:

- **Políticas**

  Se cumple con esta práctica si existe una política definida que describe los objetivos, visión, misión y los estándares de la empresa, y que el personal involucrado haya leído la política y confirmado su adherencia a la política notificado su lectura de la política. Esta notificación debe almacenarse en la base de datos del proyecto.

  Ejemplo de cumplimiento: Políticas y notas de confirmación de lecturas almacenadas en un repositorio.

- **Planes**

  Se cumple con esta práctica si se tiene planes de trabajo tanto para los proyectos como para atender la operativa, considerando todas las tareas relacionadas con todas las PAs, y si estos planes están dentro de un Gantt general. Existe un responsable para su creación, revisión y mantenimiento.

  Ejemplos de cumplimiento: Plan de Proyecto, Plan de Administración de la Configuración, Gantt General, Plan Operativo, Plan de Administración de riesgos, Plan de Aseguramiento de la Calidad, Plan de la Calidad para la Mejora del desarrollo de Software, etc.

- **Recursos**

  Se Cumple con esta Práctica si todo proyecto define los recursos necesarios (herramientas, infraestructura, personas) para la ejecución de lo planeado, y existe responsable para su definición y su asignación.

Ejemplos de cumplimiento: Recursos asignados (de HW, de SW, de infraestructura y de personal) estén identificados en el Plan de la Calidad para la Mejora del desarrollo de Software, Plan de Proyecto, Plan de Administración de la Configuración, etc.

- **Responsabilidad**

  Se Cumple con esta Práctica si cada tarea definida en el proyecto tiene asignada una persona responsable.

  Ejemplos de cumplimiento: Responsables de ejecutar las tareas, identificada en el Plan de la Calidad para la Mejora del Desarrollo de Software, Plan de Proyecto, Plan de Administración de la Configuración, etc.

- **Entrenamiento**

  Se Cumple con esta Práctica si todo proyecto identifica las necesidades de entrenamiento para la ejecución del mismos. Existe un responsable para la definición y la ejecución.

  Ejemplos de cumplimiento: Responsables de ejecutar las tareas, identificada en el Plan de la Calidad para la Mejora del Desarrollo de Software, Plan de Proyecto, Plan de Administración de la Configuración, etc.

- **Administración de la Configuración**

  Se Cumple con esta Práctica si todo proyecto define en un Plan de los componentes que estarán bajo control de versiones.

  Ejemplos de cumplimiento: Requerimientos de entrenamiento definidos en el Plan de la Calidad para la mejora del desarrollo de software, y desarrollo de un control para monitoreo de cumplimiento de entrenamiento.

- **Stakeholders**

  Se Cumple con esta Práctica si todo proyecto identifica a los stakeholders (del proyecto, del cliente y/o externos) a los cuales se involucra conforme a lo planeado, los mismos que son involucrados conforme lo planeado.

  Ejemplos de cumplimiento: Plan de involucramiento de los stakeholders, minutas de reuniones con los stakeholders y copia de mails.

- **Monitoreo y Análisis de Métricas**

Se Cumple con esta Práctica si todo proyecto hace seguimiento periódico a lo planeado, toma las acciones correctivas a los desvíos y se analiza tendencias.

Ejemplos de cumplimiento: Definición de las métricas del Proyecto en un Plan de la Calidad, procedimiento para colectar las métricas, colección de las métricas y Análisis de las métricas.

- **Aseguramiento de la Calidad**

  Se Cumple con esta Práctica si todo proyecto realiza revisiones periódicas para asegurar la calidad, el mismo que cubre todas las PAs.

  Ejemplos de cumplimiento: Reporte de Aseguramiento de calidad, Lista de verificación de Aseguramiento de calidad.

- **Revisión de Alto Nivel**

  Se Cumple con esta Práctica si todo proyecto reporta a la gerencia superior periódicamente el estado del proyecto, el mismo que debe considerar mediciones para cada una de las Pas.

  Ejemplos de cumplimiento: Preparación de un resumen "Reporte de Estado" que se presenta periódicamente al nivel superior, para revisar nivel cumplimiento y analizar y tomar acciones sobre problemas y riesgos. Las mediciones en este reporte pueden ser Número de horas dedicadas a cada PA, Nro. de productos de trabajos atendidos, % de avance en el cumplimiento, etc.

- **Definición de Procesos para el Proyecto (PDP)**

  Todo proyecto define un Proceso General "Proceso de Definición de Proyecto" – PDP los cuales rigen el proyecto. En este mismo PDP se deben detallar las razones para su construcción. Existe un responsable para la definición, aprobación y mantenimiento del PDP.

  Ejemplos: Construcción de un proceso que contenga las políticas, procedimientos, procesos, herramientas y formatos utilizados en el proyecto.

- **Mejoras**

  Todo proyecto identifica activos y oportunidades de mejora para ser reutilizadas por la organización. Los activos y las oportunidades de mejora

deben almacenarse en archivos o bases de datos, de tal manera de explorar la información que ahí se almacenan.

Ejemplos de cumplimiento: Bases de Datos de "Mejoras", Bases de Datos de "Lecciones aprendidas".

Prácticas Específicas

Todas las Áreas de Procesos (PAs) deben cumplir un conjunto de prácticas que son específicas de cada una de ellas. A continuación se describe las prácticas específicas de las PAs, las cuales se han agrupado por tipo de PA.

1. NIVEL 2

Administración de Requerimientos (RM)

El propósito de "Administración de Requerimientos" es administrar los requerimientos del proyecto e identificar inconsistencias entre esos requerimientos y los planes de proyecto y productos de trabajo.

Se cumple con las prácticas específicas de "Administración de Requerimientos", si se cumple las siguientes metas específicas:

- **Administrar Requerimientos**

  Los requerimientos se administran y se identifican las inconsistencias con los planes del proyecto y productos de trabajo.

  1. Se entiende los requerimientos (comunicación con el cliente para entender los requerimientos).
  2. Se obtiene compromiso del personal involucrado en la atención del requerimiento.
  3. Se administra los cambios a los requerimientos (procedimiento de control de cambios).
  4. Se obtiene la trazabilidad bidireccional de los requerimientos (desde el requerimiento se identifica a todos los componentes involucrados en el cambio, y desde cualquier componente se identifica al requerimiento original).

5. Se identifica inconsistencia entre los trabajadores del proyecto y los requerimientos (ejemplo: Diseño no está de acuerdo con el requerimiento, etc.).

Ejemplos de cumplimiento: Plan operativo, documento de alcance, minuta de comunicación del plan, procedimiento de control de cambio, revisión de diseño por los pares, aplicativos para gestionar los requerimientos.

PA Planeamiento de Proyecto (PP)

El propósito de "Planeamiento de Proyecto" es establecer y mantener planes que definan el alcance y el ciclo de vida del proyecto; y establezcan el presupuesto y los cronogramas con las actividades del proyecto.

Se cumple con las prácticas específicas de Planeamiento de Proyecto, si se cumple las siguientes metas específicas:

- **Establecer Estimaciones**

  Las estimaciones de los parámetros se establecen y se mantienen según el plan del proyecto.

  1. Se estima el alcance del proyecto (WBS, relación de tareas).
  2. Se establece los atributos de estimación de los productos de trabajo y tareas (tamaño en puntos de función, líneas de código, etc.).
  3. Se define el ciclo de vida del proyecto (fases del proyecto, ej. propuesta y ejecución).
  4. Se determina los estimados de esfuerzos (horas).

Ejemplos de cumplimiento: Work Breakdown Structured (WBS), Gantt General, Plan General del Proyecto, Plan Operativo, Ciclo de Vida Proyectos.

- **Desarrollar el Plan del Proyecto**

  Se establece un Plan de Proyecto en el que se identifican los riesgos, se desarrollan los planes de administración de datos, de manejo de recursos, de involucramiento de los stakeholders y la administración de habilidades; y se mantiene como base para la administración del proyecto.

  1. Se establecen presupuestos y schelude.
  2. Se identifican los riesgos.

3. Se define un plan para administrar los datos.
4. Se define un plan para administrar los recursos.
5. Se define un plan para administrar el conocimiento y habilidades.
6. Se define un plan para involucrar a los stakeholders.
7. Se establece el plan general del proyecto (Debe integrar a todos los planes).

Ejemplos de cumplimiento: Plan del Proyecto, Gantt General, Plan Operativo, Evaluación de Riesgos, Plan de Administración de datos, Plan de Involucramiento de stakeholders, Plan de Administración de Habilidades, Plan de la Calidad para la mejora del desarrollo de Software.

- **Obtener Compromiso para el Plan**

Se establece y mantienen compromisos con los involucrados en el proyecto con las actividades en el plan del proyecto.

1. Se revisan los planes que afectan al proyecto (con los involucrados).
2. Se reconcilia los trabajos con la disponibilidad de recursos.
3. Se obtiene el compromiso de los involucrados con el plan (minuta, mail, firmas, etc.)

Ejemplos de cumplimiento: Minutas de reunión de revisión de los planes con los involucrados internos y externos.

PA Control y Monitoreo del Proyecto (PMC)

El propósito de "del Proyecto" es proveer un entendimiento del progreso del proyecto para que se puedan tomar acciones correctivas cuando el desempeño del proyecto se desvía significativamente del plan.

Se cumple con las prácticas específicas de "Control y Monitoreo del Proyecto", si se cumple las siguientes metas específicas:

- **Monitorear el Proyecto a partir del Plan**

Se hace seguimiento del desempeño y el progreso actual del proyecto a partir del plan del proyecto.

1. Se monitorea los parámetros de planeamiento del proyecto (% de avance, fechas reales Vs. fechas estimadas, nro. de requerimientos atendidos Vs. el planeado, etc.).
2. Se monitorea los compromisos.
3. Se monitorea los riesgos.
4. Se monitorea el plan de administración de datos (que los datos existan y estén almacenados en el lugar correcto).
5. Se monitorea el involucramiento de los stakeholders.
6. Se conduce revisiones del progreso del proyecto (avance del proyecto).
7. Se conduce revisiones de los hilos del proyecto.

Ejemplos de cumplimiento: Reporte de estado del proyecto, plan operativo, reporte de seguimiento al plan de proyecto, seguimiento al plan administración de riesgos, seguimiento al plan de administración de datos, seguimiento al plan de involucramiento de los stakeholders, seguimiento al Plan de la Calidad para mejorar los desarrollos de software.

- **Administrar Acciones Correctivas a Tomar**

Se administran las acciones correctivas a tomar cuando el desempeño del proyecto, o los resultados se desvían significativamente del plan.

1. Se analizan los problemas.
2. Se toman las acciones correctivas.
3. Se administran las acciones correctivas.

Ejemplos de cumplimiento: Registro de problemas y acciones correctivas (Log).

PA Mediciones y Análisis (MA)

El propósito de "Mediciones y Análisis" es desarrollar y mantener la capacidad de tomar mediciones para responder a las necesidades de información requeridas para el gerenciamiento del proceso de software tanto a nivel de proyecto como a nivel de organización.

Se cumple con las prácticas específicas de "Mediciones y Análisis", si se cumple las siguientes metas específicas:

- **Alinear actividades de medición y análisis con los objetivos y las necesidades de información.**
  1. Se establecen objetivos de medición.
  2. Se especifican medidas (métricas básicas: nro. de requerimientos a atenderse, esfuerzo esperado de corrección de errores, etc.).
  3. Se establecen procedimientos de colección de datos y almacenamiento.
  4. Se establece el procedimiento de análisis.

Ejemplos de cumplimiento: Métricas básicas y calculadas, plan de la calidad, niveles de servicio, procedimiento para recolección y análisis de métricas.

- **Proveer Resultados de las Mediciones**

Se proveen los resultados de las mediciones asociados con los objetivos y las necesidades de información identificadas.

  1. Se colecciona las mediciones.
  2. Se analiza las mediciones (para ver si los datos obtenidos son los correctos)
  3. Se almacena los datos y resultados (métricas básicas y calculadas).
  4. Se comunica los resultados del proceso a los involucrados.

Ejemplos de cumplimiento: Reporte de estado del proyecto, análisis de congruencia de métricas, reporte de métricas calculadas, análisis de desvíos.

PA Administración de la Configuración (CM)

El propósito de "Administración de la Configuración" es establecer y mantener integridad de los productos de trabajo usando identificación de configuración, control de configuración, cuentas de estados de configuración, y auditorias de configuración.

Se cumple con las prácticas específicas de "Administración de la Configuración", si se cumple las siguientes metas específicas:

- **Establecer Líneas Base.**

Se establecen las líneas base de los productos de trabajo identificados.

  1. Se identifica los ítems de la configuración.

2. Se establece y mantiene un sistema de administración de la configuración.
3. Se crea o libera baselines (para uso interno o para entregar al cliente).

Ejemplos de cumplimiento: Plan de administración de la configuración, baselines del proyecto.

- **Seguir y Controlas Cambios.**

Se siguen y controlan los cambios de los productos de trabajos que están bajo control de configuración.

1. Se monitorea los requerimientos de cambio.
2. Se controla los cambios a los ítems de la configuración.

Ejemplos de cumplimiento: Baselines, registro de pases a producción, revisión mensual, composición de cambios.

- **Establecer integridad.**

Se establece y mantiene la integridad de las líneas base.

1. Se establece y mantiene registros describiendo los ítems de configuración
2. Se ejecuta auditorias a la configuración, para mantener integridad.

Ejemplos de cumplimiento: Registro de pases a producción, historias de versiones en producción, auditorias de administración de la configuración.

PA Aseguramiento de la Calidad de Productos y Procesos (PPQA)

El propósito de "Aseguramiento de la Calidad de Productos y Procesos" es proveer un stand y administración con el objetivo de aseguramiento que se hayan cumplidos con los procedimientos que soportan los procesos que aseguran la calidad.

Se cumple con las prácticas específicas de "Aseguramiento de la Calidad de Productos y Procesos", si se cumple las siguientes metas específicas:

- **Proveer Comunicación interna Objetiva.**

1. Se comunica las no conformidades y se asegura su resolución.
2. Se establece y mantiene registros de actividades de aseguramiento.

2. NIVEL 3

PA Desarrollo de Requerimientos (RD)

El propósito de "Desarrollo de Requerimientos" es producir y analizar requerimientos del cliente, del producto y de componentes del producto. Se cumple con las prácticas específicas de "Desarrollo de Requerimientos", si se cumple con las siguientes metas específicas:

- **Desarrollo de Requerimientos del Cliente.**

  Se recolectan las necesidades de los stakeholder, expectativas, limitaciones e interfaces, y se trasladan a los requerimientos del cliente.

  1. Se obtienen las necesidades de los stakeholders.
  2. Se desarrollan los requerimientos del cliente.

Ejemplos de cumplimiento: Memorándum de usuario, reporte de definición del proyecto, documento de alcance (de requerimientos).

- **Desarrollo de Requerimientos del Producto-**

  Se elaboran y refinan los requerimientos del cliente para desarrollar los requerimientos del producto y los componentes del producto.

  1. Se establecen los requerimientos de productos y de componentes de productos.
  2. Se asigna los requerimientos a cada componente de los productos.
  3. Se identifica los requerimientos de interfaces.

Ejemplos de cumplimiento: Reporte de definición, documento de alcance.

- **Analizar y Validar Requerimientos-**

  Se analizan y validan los requerimientos, y se desarrolla la definición de la funcionalidad requerida.

  1. Se establece y mantiene los conceptos operacionales y escenarios asociados.
  2. Se establece y mantiene una definición de la funcionalidad requerida.
  3. Se analizan los requerimientos para asegurar que son necesarios y suficientes.

4. Se analizan los requerimientos para balancear las necesidades de los stakeholders y las restricciones (usando modelos, prototipos, simulaciones, etc.).

Ejemplos de cumplimiento: Documento de alcance, reporte de definición del proyecto revisión por pares de requerimientos, evolución de riesgos técnicos, diseño externo, revisión de diseño externo por los pares.

PA Solución Técnica (TS)

El propósito de "Solución Técnica" es diseñar, desarrollar e implementar soluciones a los requerimientos. Las soluciones, diseños e implementaciones abarcan productos, componentes del producto, y ciclo de vida asociados al producto.

Se cumple con las prácticas específicas de "Solución Técnica", si se cumple con las siguientes metas específicas:

- **Seleccionar las Soluciones de los Componentes del Producto.**

  Se seleccionan las soluciones del producto o componente de producto desde soluciones alternativas.

  1. Se desarrollan alternativas de solución y criterios reselección (costos, rendimiento técnico, complejidad, limitaciones tecnológicas, riesgos, facilidad de uso, etc.).
  2. Se evoluciona conceptos operacionales escenarios y ambientes para describir las condiciones (modo de operación, estado de operación para cada componente).
  3. Se selecciona las soluciones de componente de producto que mejor satisface los criterios establecidos.

Ejemplos de cumplimiento: Registros de análisis de decisiones, diseño externo.

- **Desarrollar el Diseño.**

  Se desarrollan los diseños del producto y componente del producto.

  1. Se desarrolla un diseño por cada producto o componente de producto (arquitectura del producto, diseño detallado).
  2. Se establece un paquete de datos técnicos.

3. Se diseña las interfaces en términos de criterios establecidos y mantenidos.
4. Se evalúa si los componentes de los productos deben ser desarrollados, comprados o re-usados en base a criterios establecidos.

Ejemplos de cumplimiento: Diseño externo, documento de alcance, diseño interno.

PA Integración de Productos (PI)

El propósito de "Integración de Productos" es integrar el producto a partir de sus componentes, asegurar que el producto (como parte de la integración) funciona correctamente, y entregar el producto.

Se cumple con las prácticas específicas de "Integración de Productos", si se cumple con las siguientes metas específicas:

- **Prepara la Integración del Producto.**

  Se lleva a cabo la preparación del producto

Ejemplos de cumplimiento: Reporte de definición del proyecto, plan del proyecto, pruebas de integración, Plan de la Calidad para la mejora del desarrollo de software, registro de pase a producción.

- **Asegurar la Compatibilidad de Interfaces.**

  Se verifica que las interfaces de los componentes del producto, tanto internas como externas, son compatibles.

Ejemplos de cumplimiento: Revisión de diseño externo por los pares, diseño interno.

- **Integrar los componentes del proyecto y entregar el producto.**

  Se integran los componentes del producto verificados y se entrega el producto integrado, verificado y validado.

Ejemplos de cumplimiento: Pruebas unitarias, ensamblaje de componentes de productos, pruebas de integración, registros de pases a producción.

PA Verificación (VER)

El propósito de "Verificación" es asegurar que los productos de trabajo seleccionados respondan a los requerimientos especificados.

Se cumple con las prácticas específicas de "Verificación", si se cumple con las siguientes metas específicas:

- **Seleccionar los Productos a Verificar.**

Se seleccionan los productos que se van a verificar, los cuales deben estar definidos en los planes.

Ejemplos de cumplimiento: Plan de proyecto, Plan de la Calidad para mejorar el desarrollo, plan maestro de pruebas, casos de pruebas.

- **Preparar la Verificación, Realizar Versiones entre Colegas (Peer reviews).**

Se prepara la verificación de acuerdo a lo establecido en el PDP.

Ejemplos de cumplimiento: PDP, revisión de diseño externo entre colegas, revisión de requerimientos, revisión de documentación, revisión de código.

- **Preparar la Verificación, Verificar los entregables.**

Se verifica los entregables.

Ejemplos de cumplimiento: Pruebas unitarias, pruebas de integración.

PA Validación (VAL)

El propósito de "Validación" es demostrar que un producto o componente satisface su uso pretendido, en el ambiente operativo planeado.

Se cumple con las prácticas específicas de "Validación", si se cumple con las siguientes metas específicas:

- **Definir los productos a Validar, Preparar el ambiente de Validación y Criterios.**

Ejemplos de cumplimiento: Estrategias de validación, procedimiento de prueba de software.

- **Validar Productos o Componentes del Producto.**

Se validan los productos o componentes para asegurar que están listos para ser usados en su ambiente productivo.

Ejemplos de cumplimiento: Pruebas de Aceptación.

PA Administración de Proyecto Integrado (IPM)

El propósito de "Administración de Proyecto Integrado" es establecer y administrar el proyecto y la participación de los principales grupos involucrados de acuerdo a un

proceso definido e integrado que es adaptado a partir de los procesos estándar de la organización.

Se cumple con las prácticas específicas de "Administración de Proyecto Integrado", si se cumple con las siguientes metas específicas:

- **Usar el PDP (Procesos Definidos para el Proyecto).**

El proyecto se conduce usando un "Proceso Definido" que es adaptado a partir del conjunto de procesos estándar de la organización según los criterios de parametrización para el proyecto.

1. Se establece un "Proceso Definido" para el proyecto según los criterios de parametrización (ejemplos de parametrización pueden ser tamaño de proyecto, costo del proyecto, etc.).
2. Se usan los activos de la organización o según los criterios de parametrización para planear las actividades de proyecto (ejemplo: tiempo promedio estimado de revisión de documentación).
3. Se integran los planes (el plan general debe involucrar a los otros planes).
4. Se maneja el proyecto usando los planes integrados (el Gantt invoca los Gantt de los otros planes).
5. Se contribuye con los activos de la organización (mejoras a procesos, rutinas generales, etc.).

Ejemplos de cumplimiento: Repositorio para almacenar los proyectos, plan de proyecto, Gantt general, lecciones aprendidas y las mejoras de procesos.

- **Coordinar y Colaborar con los Principales Grupos Involucrados.**

Se lleva a cabo la coordinación y colaboración con los principales grupos involucrados.

1. Se administra el involucramiento de los stakeholders (tareas de los stakeholders en el proyecto y fechas de cumplimiento).
2. Se administra las dependencias (tareas cuya ejecución depende de la ejecución de una tarea del stakeholder, e impacto en el proyecto).
3. Se resuelve los problemas de coordinación.

Ejemplos de cumplimiento: Plan y seguimiento de stakeholders, seguimiento de las dependencias, registro de problemas (Log), reportes de seguimiento de proyectos, reporte de seguimiento del Plan de la Calidad de mejoras en el desarrollo.

PA Administración de Riesgos (RiskM)

El propósito de "Administración de Riesgos" es identificar potenciales problemas antes de que ocurran, de manera que las actividades de manejo de riesgos podrían ser planeadas cuando sea necesario a lo largo del ciclo de vida del proyecto para alivianar impactos adversos en los objetivos a alcanzar.

Se cumple con las prácticas específicas de "Administración de Riesgos", si se cumple con las siguientes metas específicas:

- **Preparar para el Manejo de Riesgos.**

  Se lleva a cabo la preparación del manejo de riesgos.

  1. Se determina las fuentes de riesgos y sus categorías (lista de posibles riesgos).
  2. Se define los parámetros de riesgos (impacto).
  3. Se establece las estrategias de administrar un riesgo (revisión periódica hasta que se mitigue o desaparezca).

Ejemplos de cumplimiento: Evaluación de riesgos, plan del proyecto que direcciona a la ejecución de evaluación de riesgos.

- **Identificar y Analizar los Riesgos.**

  Los riesgos son identificados y analizados para determinar su importancia relativa.

  1. Se identifica riesgos (de la lista de posibles riesgos).
  2. Se evalúa, categoriza y prioriza riesgos.

Ejemplos de cumplimiento: Evaluación de riesgos.

- **Disminuir los Riesgos.**

  Los riesgos se manejan y disminuyen para reducir impactos adversos en los objetivos a alcanzar.

  1. Se desarrolla planes de mitigación de riesgos.
  2. Se implementa planes de mitigación de riesgos.

Ejemplos de cumplimiento: Plan de administración de riesgos que incluyan plan de mitigación de riesgos.

PA Análisis de Decisión y Resolución (DAR)

El propósito de "Análisis de Decisión y Resolución" es analizar decisiones usando un proceso de evaluación formal, que evalúa las alternativas identificadas contra los criterios establecidos.

Se cumple con las prácticas específicas de "Análisis de Decisión y Resolución", si se cumple con las siguientes metas específicas:

- **Evaluar Alternativas.**

  Las decisiones se basan en la evaluación de alternativas usando criterios establecidos.

  1. Se establecen guías para análisis de decisiones.
  2. Se establecen criterios de evaluación.
  3. Se identifican alternativas de solución.
  4. Se seleccionan métodos de evaluación.
  5. Se evalúan alternativas.

Ejemplos de cumplimiento: Guía de registro y análisis de decisiones, registro de análisis de decisiones.

4. NIVEL 4

PA Administración Cuantitativa del Proyecto (QPM)

El propósito de "Administración Cuantitativa del Proyecto" es administrar cuantitativamente el conjunto de procesos definidos para el proyecto, a fin de alcanzar la calidad establecida para el proyecto y los objetivos de rendimiento de proceso. Se cumple con las prácticas específicas de "Administración Cuantitativa del Proyecto", si se cumple con las siguientes metas específicas:

- **Administrar Cuantitativamente el Proyecto.**

  El proyecto es cuantitativamente administrado teniendo en cuenta los objetivos de calidad y rendimiento del proceso.

1. Se establecen los objetivos del proyecto (cumplir con los niveles de servicio, satisfacción del cliente, calidad de productos, etc.).
2. Se define el criterio para establecer "Proceso definido" (menos impacto en el cliente, elevar nivel de satisfacción, etc.).
3. Se seleccionan los subprocesos que serán administrados cuantitativamente (estimaciones, planificaciones, pruebas, etc.).
4. Se administra el rendimiento del proyecto.

Ejemplos de cumplimiento: Plan de la Calidad, PDP, métricas básicas, reporte de métricas calculadas (predicciones).

- **Administrar Estadísticamente el Rendimiento de los subprocesos.**

El rendimiento de los subprocesos seleccionados desde PDP es administrado estadísticamente.

1. Se selecciona mediciones y técnicas analíticas (ejemplo: tasa de desvío en estimaciones menor que 8%, etc.).
2. Se aplican métodos estadísticos para obtener las variaciones.
3. Se monitorea el rendimiento de los subprocesos seleccionados (ejemplo: tasa de desvío en estimaciones del mes fue mayor que el esperado. 10% obtenido vs. el 8% esperado).
4. Se almacena la data manejada estadísticamente.

Ejemplos de cumplimiento: Métricas básicas, métricas calculadas, reporte estadístico, reporte de causas de desvíos, repositorio de datos históricos.

5. NIVEL 5

PA Análisis de Causas y Resolución (CAR)

El propósito de "Análisis de Causas y Resolución" es identificar las causas de defectos y otros problemas y tomar acción para prevenirlos de ocurrencias futuras. Se cumple con las prácticas específicas de "Análisis de Causas y Resolución", si se cumple con las siguientes metas específicas:

- **Determinar las Causas de los Defectos.**

1. Se selecciona la data defectuosa para análisis (ejemplos: defectos encontrados en las pruebas, en las revisiones entre pares, problemas de capacidad de procesos, problemas de telecomunicaciones, etc.).
2. Se analiza las causas raíces y se propone acciones.

- **Administrar las Causas Raíces de Defectos para prevenir su Ocurrencia Futura.**
  1. Se implementa las acciones propuestas.
  2. Se evalúa el efecto de los cambios.
  3. Se almacena un registro con el análisis de causas y resolución.

PA Innovación Organizacional y Entrega (OID)

El propósito de "Innovación Organizacional y Entrega" es seleccionar e implementar las mejoras innovadoras en forma incremental para optimizar las mediciones derivadas de las tecnologías y de los procesos de la Organización. Las mejoras se basan en los objetivos del Plan de la Calidad para las mejoras de desarrollo de Software y de rendimiento (performance) de los procesos, los cuales son derivados de los objetivos de la Organización.

Se cumple con las prácticas específicas de "Innovación Organizacional y Entrega", si se cumple con las siguientes metas específicas:

- **Seleccionar Mejoras.**

  Se seleccionan las mejoras de procesos y de tecnología que contribuyan a alcanzar los objetivos del Plan de la Calidad de mejoras de desarrollo de Software y performance de los procesos.
  1. Se recolectan y analizan propuestas de mejoras.
  2. Se identifican y analizan las mejoras innovadoras.
  3. Se realizan pilotos de las mejoras.
  4. Se seleccionan las mejoras a implementar.
- **Implementar Mejoras.**

  Se implementan y se miden en forma sistemática y continua, las mejoras a las tecnologías y a los procesos de la Organización.
  1. Se planifica la implementación.

2. Se administra la implementación.
3. Se mide los efectos de las mejoras.

ANEXO II

Modelo de Evaluación SCAMPI

Introducción a SCAMPI

SCAMPI está diseñado para proporcionar medidas de evaluación de la calidad en relación con los modelos de madurez "Capability Maturity Model Integration" (CMMI).

Dicho de otro modo, SCAMPI permite determinar el nivel de madurez de una organización en relación al modelo CMMI.

Es aplicable a un rango amplio de modos de uso de la evaluación, incluyendo la mejora del proceso interno y la determinación de la capacidad externa.

Generalmente el grupo evaluador está conformado por integrantes de la misma empresa que es evaluada.

Objetivos de SCAMPI

- Identificar los puntos fuertes y las debilidades de los procesos.
- Relacionar estos puntos fuertes y debilidades con el modelo CMMI.
- Centrarse en las mejoras (corregir las debilidades que generan riesgos) que son más beneficiosas a la organización dado su nivel general de madurez organizativa o capacidades de proceso.
- Obtener una valoración del nivel de madurez.
- Identificar los riesgos de desarrollo/adquisición relativos a las determinaciones de capacidad/madurez.
- Proporcionar un método de evaluación común e integrado, capaz de soportar evaluaciones en el contexto de la mejora de los procesos internos, selección de proveedores y supervisión de procesos.
- Proporcionar un método de evaluación eficiente, capaz de ser implementado con restricciones de ejecución razonables.