



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

MAESTRIA EN ADMINISTRACION DE EMPRESAS VERSION III

**“REINGENIERÍA DE PROCESOS Y CALIDAD EN LA
CONSTRUCCIÓN DE COMPONENTES DE SOFTWARE EN
UNA EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES ”**

**Trabajo de Graduación previo a la obtención del título de
Master en Administración de Empresas**

Autor: XAVIER ESPINOZA LUNA

Director: ING. FRANCISCO SALGADO ARTEAGA

Cuenca, Ecuador

Octubre 2009

DEDICATORIA

A mi esposa Thane, por su apoyo incondicional.

A mis hijos Camila Alejandra y Xavier Francisco, por ser la fuente de
inspiración.

AGRADECIMIENTO

Al Ingeniero Francisco Salgado Arteaga por su apoyo y aporte en la dirección de esta tesis.

Al Dr. Juan Pablo Carvallo Vega, cuyas valiosas ideas y conocimiento sirvieron de base para la ejecución del presente trabajo de graduación.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	1
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	5
INDICE DE TABLAS.....	7
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUCCION.....	10
Objetivos.....	12
CAPÍTULO I MODELOS DE PROCESOS DE DESARROLLO, MODELOS DE MEJORAMIENTO Y MADUREZ Y MEJORES PRÁCTICAS	14
1.1 Introducción.....	14
1.2 Modelos de Procesos de Desarrollo.....	14
1.3 Modelo Secuencial o Cascada.....	15
1.4 Modelos Orientados a Prototipos.....	17
1.5 Modelo Espiral.....	19
1.6 Modelo Incremental.....	21
1.7 Modelos Orientados a Objetos	23
1.8 Modelos Ágiles.....	23
1.9 Modelos de madurez de procesos y mejores prácticas.....	24
1.10 Modelo de Capacidad de Madurez de Procesos Integrado (CMMI).....	25
1.11 Modelo de evaluación de madurez de procesos norma ISO 15504.....	30

1.12 Conclusiones.....	34
CAPÍTULO II DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE DESARROLLO DE APLICACIONES.....	36
2.1 Introducción.....	36
2.2 Alcance y Metodología de evaluación.....	36
2.3 Resultados Obtenidos.....	40
Área de Proceso: Monitoreo y Control del Proyecto (PMC).....	45
Área de Proceso: Planificación del Proyecto (PP).....	46
Área de Proceso: Gestión de Proveedores (SAM).....	48
Área de Proceso: Gestión de Requerimientos.....	48
Área de Proceso: Gestión de la configuración (CM).....	49
Área de Proceso: Medición y Análisis (MA).....	50
Área de Proceso: Aseguramiento de Calidad de producto y proceso (PPQA).....	50
2.4 Conclusiones.....	51
CAPÍTULO III PROPUESTA DE IMPLEMENTACION	53
3.1 Introducción.....	53
3.2 Consideraciones Iniciales.....	54
3.2 Propuesta de Implementación	56
3.2.1 Recomendaciones de Mejora de Procesos para el Departamento de Investigación y Desarrollo.....	57
Área de Proceso: Monitoreo y Control del Proyecto (PMC).....	57
Área de Proceso: Planificación del Proyecto (PP).....	57
Área de Proceso: Gestión de Proveedores (SAM).....	58
Área de Proceso: Gestión de Requerimientos.....	59
Área de Proceso: Gestión de la configuración (CM).....	59
Área de Proceso: Medición y Análisis (MA).....	60
Área de Proceso: Aseguramiento de Calidad de producto y proceso (PPQA).....	61
3.3 Proceso de requerimientos y prácticas CMMI Nivel 2.....	61

3.3.1 Propuesta de implementación a partir de un requerimiento.....	62
3.3.2 Proceso de varios requerimientos.....	67
3.3 Conclusiones.....	69
CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
BIBLIOGRAFIA.....	75
APENDICE.....	77
Manual de Calidad.....	77
1.1 Introducción.....	77
1.2 Antecedentes.....	78
1.3 Alcance y campo de aplicación.....	78
1.4 Estructura de la documentación	79
1.5 Organización de este documento.....	79
2. Estructura del sistema de calidad.....	79
2.1. Políticas y objetivos de calidad.....	79
2.2 Metodología.....	80
2.3. Roles y responsables del sistema de calidad.....	84
2.4 Revisiones y mantenimiento del manual de calidad.....	86
3. Manual de procedimientos operativos.....	87
3.1 Propósito.....	87
3.2 Visión General del Documento.....	87
3.3 Proceso de Registro y Factibilidad de Requerimientos.....	88
3.4 Proceso de Planeación y Ejecución de Proyectos.....	91

3.5 Proceso de Establecer o modificar plan de proyecto.....	94
3.6 Proceso de Ejecución del Análisis y Diseño de Requerimientos.....	97
3.7 Proceso Desarrollo de la Solución.....	99
3.8 Proceso de Implementación y Puesta a producción	102
3.9 Proceso de Cierre de Proyecto.....	104

INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 EL MODELO SECUENCIAL O CASCADA [BOE88].....	16
ILUSTRACIÓN 2 MODELO ORIENTADO A PROTOTIPOS.....	18
ILUSTRACIÓN 3 MODELO ESPIRAL [BOE88].....	20
ILUSTRACIÓN 4 MODELO INCREMENTAL.....	22
ILUSTRACIÓN 5 PERSONAS, PROCEDIMIENTOS Y HERRAMIENTAS..	25
ILUSTRACIÓN 6 RELACIÓN DE LAS PARTES DEL ESTÁNDAR ISO 15504[ISO15504].....	31
ILUSTRACIÓN 7 PUNTAJE PROMEDIO DE PRÁCTICAS POR CATEGORÍA.....	42
ILUSTRACIÓN 8 RESULTADOS DE EVALUACIÓN DE OBJETIVO GENÉRICO.....	43
ILUSTRACIÓN 9 RESULTADOS DE EVALUACIÓN DE OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	45
ILUSTRACIÓN 10 DIAGRAMA DE ESTADOS DE PROCESO DE REQUERIMIENTOS.....	63
ILUSTRACIÓN 11 CADENA DE PRODUCCIÓN DE REQUERIMIENTOS.	67
ILUSTRACIÓN 12: IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE CALIDAD.....	80
ILUSTRACIÓN 13 MAPA DE PROCESOS.....	88

ILUSTRACIÓN 14: REGISTRO Y FACTIBILIDAD DE REQUERIMIENTOS	90
ILUSTRACIÓN 15: PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS.....	92
ILUSTRACIÓN 16: ESTABLECER O MODIFICAR PLAN DE PROYECTO	95
ILUSTRACIÓN 17: EJECUCIÓN DE ANÁLISIS Y DISEÑO.....	98
ILUSTRACIÓN 18: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN.....	100
ILUSTRACIÓN 19: IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN PRODUCCIÓN..	103
ILUSTRACIÓN 20: CERRAR EL PROYECTO.....	105

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 NIVELES DE MADUREZ Y CAPACIDAD DE PROCESO CMMI	28
TABLA 2 ÁREAS DE PROCESO DEL MODELO CMMI.....	29
TABLA 3 CATEGORÍAS DE PROCESOS NORMA ISO 15504.....	33
TABLA 4 NIVELES DE MADUREZ DE PROCESO NORMA ISO 15504....	34
TABLA 5 PROYECTOS BASE EVALUADOS.....	37
TABLA 6 CATEGORÍAS DE ÁREAS DE PROCESO CMMI NIVEL 2 [CMMI06].....	37
TABLA 7 ÁREAS DE PROCESO, OBJETIVOS Y PRÁCTICAS CMMI NIVEL 2 [CMMI06].....	39
TABLA 8 OBJETIVO GENÉRICO Y PRÁCTICAS CMMI NIVEL 2 [CMMI06]	39
TABLA 9 ESTADOS DE UN REQUERIMIENTO.....	65
TABLA 10 ESTADOS DE REQUERIMIENTO Y PRÁCTICAS CMMI.....	67
TABLA 11 ÁREAS DE PROCESO, OBJETIVOS Y PRÁCTICAS CMMI NIVEL 2 [CMMI06].....	84

RESUMEN

El presente trabajo expone una propuesta de reingeniería de procesos de desarrollo con miras a mejorar la calidad de los productos de software desarrollados en una empresa de telecomunicaciones. La tesis comienza con un análisis de los modelos de madurez y capacidad expuestos por la ISO y por el *Carnegie Mellon Software Engineering Institute*. Se documenta la evaluación de los procesos de desarrollo usados, verificándose la aplicación de las mejores prácticas establecidas por el Modelo CMMI. Basándose en la evaluación se establecen objetivos de mejora y una propuesta de implementación reflejada en el Manual de Calidad que forma parte del documento.

ABSTRACT

This paper presents a proposal of a development process reengineering, to improve the quality of software products developed inside a telecommunications services company. The thesis begins with a preliminary analysis of the capability maturity models proposed by the ISO and the Carnegie Mellon Software Engineering Institute. It describes the evaluation of the development process used by verifying the implementation of best practices established by the CMMI model. Finally, based on the evaluation, goals were defined for improvement and an implementation proposal is reflected in the Quality Manual as part of this paper.

INTRODUCCION

En un mercado competitivo las empresas enfrentan más que nunca el reto de entregar productos y servicios cada vez mejores e innovadores, en tiempos reducidos y a bajo costo. Al mismo tiempo, la complejidad de los mismos crece, por lo que las empresas acuden de forma frecuente a la tecnología para soportar todo el ciclo vida de un producto.

Bajo este contexto, existe un componente casi omnipresente sin el cual no se hubiera llegado al punto en el que nos encontramos actualmente, el software. A diario, utilizamos navegadores, servicios de red, sistemas operativos, procesadores de palabras, sistemas de gestión contable, servicios de mensajería, juegos, etc., constituyéndose las herramientas de acceso a la tecnología.

El software en si es una fuerza de cambio. Es la herramienta que permite a las empresas tomar decisiones. Sirve de base en la investigación científica y la resolución de problemas de ingeniería. Es el factor clave de diferenciación en productos y servicios. Está incluido en sistemas de diversos tipos: de transportación, medicina, telecomunicaciones, militar, procesos industriales, entretenimiento, productos de oficina, etc.

No obstante a pesar de ser un producto intangible, también es diseñado, producido y consumido como un bien asequible. En el se plasman las ideas, mediante esfuerzo y dedicación de sus creadores, adicionalmente como cualquier producto se lo desarrolla bajo un costo, esta sujeto a fallos, control de calidad, mantenimiento e indudablemente al deterioro y obsolescencia con el transcurso del tiempo.

A diferencia de un proceso de manufactura en el sentido tradicional, al ser una actividad netamente de creación intelectual en la construcción de software se tienen otros elementos que lo hacen distinto y por ende debe ser manejado de diferente forma. Por ejemplo, en el diseño de un componente electrónico puede presentar una tasa de fallos alta debido a defectos de fabricación, que una vez corregidos hacen que este funcione sin interrupciones hasta que los componentes presenten un desgaste considerable. Debido a la flexibilidad de cambio, en un producto de software el corregir errores o incluir características nuevas puede inducir a que se

presenten otros fallos, haciéndose que con el transcurso del tiempo este no se desgaste si no se deteriore ^[PRES01].

Adicionalmente, el incluir más unidades de producción no necesariamente implica que el producto se vaya a terminar más rápido, por cuanto en la construcción de software existen otros factores críticos como la comunicación, el conocimiento y la experiencia en el producto ^[BRO95].

La manufactura tradicional de productos en las últimas décadas ha sido influenciada por varias corrientes o mejores prácticas (ISO 9000, TQM, TOC, Six Sigma, etc.) con el objetivo de generar productos en mejor calidad optimizando recursos y tiempos. En la industria el software la preocupación por la calidad se ha extendido no solamente por la fuerza del mercado, si no por la cantidad de recursos perdidos en proyectos fallidos a nivel gubernamental y privado en los países del primer mundo ^[CHA05].

La calidad vista desde dos perspectivas diferentes, la satisfacción de los clientes como validación de la calidad de un producto y adherencia a los requisitos del mismo por parte del fabricante para alcanzar calidad, ha influenciado en la definición de dos niveles de calidad, la “q pequeña” relacionada a la reducción de defectos y a la fiabilidad del producto, y la “Q grande” relacionada a la calidad del proceso de fabricación, satisfacción del cliente y a la calidad del producto en sí.

En el software “la q pequeña” se relaciona a la reducción de *bugs* o defectos en los productos, los cuales pueden ser un error de programación o el no cumplimiento de las especificaciones. Esto último es muy importante en la industria del software por cuanto el no cumplimiento de los requerimientos de un cliente es un factor decisivo en el deterioro de la calidad de un producto ^[KAN06].

A nivel de proceso de producción, desde la captura de requerimientos hasta la entrega del producto final, el desarrollo de software es complejo con una serie de etapas relacionadas entre sí, donde cada una genera entregables o productos para la siguiente. Desde esta perspectiva, una falla no detectada en un producto intermedio, produce resultados no deseables en las siguientes etapas y por ende un error generado etapas tempranas y detectado en etapas terminales, es muy difícil y costoso de corregir. En el transcurso del tiempo varios modelos de proceso de

construcción de software se han formulado inspirados en la experiencia de múltiples proyectos e influenciados en captura y estabilidad de requerimientos (Cascada, Espiral, Prototipos), reutilización de componentes y facilidad de mantenimiento (Orientado a Objetos) y generación de productos en corto tiempo (Programación Extrema, SCRUM).

Sin importar el tipo de proceso utilizado en la producción de software, el éxito y la calidad en la construcción del mismo depende enormemente en el grado de madurez y rigurosidad en la aplicación del mismo y en la retroalimentación futura que pueda generarse para proyectos futuros. Para ello se han formulado marcos de referencia para clasificar y mejorar la madurez en el proceso de construcción de software, entre los que se pueden mencionar el Modelo de Capacidad de Madurez de Procesos (CMMI) , los estándares ISO 9000 y 15504 y SPICE (Software Process Improvement and Capability Determination).

Objetivos

Según lo expuesto anteriormente y como aplicación de lo aprendido en la maestría de administración de empresas en el presente estudio de tesis se ha planteado los siguientes objetivos:

- Formalización y reingeniería de procesos de desarrollo con miras a mejorar la calidad de los productos de software desarrollados en una realidad específica en el Departamento de Investigación y Desarrollo de una empresa de servicios de telecomunicaciones.

Para cumplir con dicho objetivo principal se han planteado los siguientes objetivos específicos:

- Investigar en bibliografía y en información presente en Internet, las tendencias, mejores prácticas y marcos de referencia relacionados con la gestión, control de la producción y calidad de software.
- Realizar un diagnóstico inicial de los procesos de desarrollo de sistemas del Departamento de Investigación y Desarrollo para establecer un objetivo inicial de mejora.

- Proponer un marco de referencia para la mejora de la madurez de procesos y calidad en el desarrollo de software considerando la realidad del Departamento de Investigación y Desarrollo de una empresa de servicios de telecomunicaciones.
- Elaborar un manual de calidad y procesos conforme a la propuesta del marco de referencia de mejora de procesos.

CAPÍTULO I MODELOS DE PROCESOS DE DESARROLLO, MODELOS DE MEJORAMIENTO Y MADUREZ Y MEJORES PRÁCTICAS

1.1 Introducción

En el transcurso del tiempo en la ingeniería de software se han documentado o publicado varios procesos enfocados principalmente a establecer una organización sistemática de las actividades necesarias para desarrollar software basadas en la experiencia muchas de ellas y orientadas a cumplir las expectativas en cuanto a recursos empleados y producto terminado.

No solamente la adopción de un proceso de software es suficiente para mejorar la calidad del mismo. La rigurosidad de la aplicación de uno o más procesos de desarrollo dentro de una organización, denota su madurez que ha adquirido en el transcurso del tiempo. Para valorar la madurez alcanzada o establecer mecanismos de mejora de los procesos orientados a la construcción de software se han generado varios modelos o estándares que han sido incorporados dentro de la Ingeniería de Software.

Orientándonos a los objetivos del presente trabajo de graduación, en el presente capítulo se hará un recuento y resumen de los principales procesos de software en vigencia actualmente e importantes en el contexto de esta tesis y se expondrá una introducción a los modelos de madurez, estándares y mejores prácticas asociadas a la mejora del proceso de software. Finalmente, en base a la información recopilada se establecerá un conjunto de conclusiones y recomendaciones a ser empleadas en el mejoramiento del proceso de desarrollo de software del Departamento de Investigación y Desarrollo de la empresa de Telecomunicaciones.

1.2 Modelos de Procesos de Desarrollo

El software como producto manufacturado esta sujeto a un proceso de construcción o ciclo vida del mismo. Desde una concepción y creación informal de un producto hasta el más estructurado de los procesos, pueden distinguirse 4 fases claramente definidas en la producción de software: status quo o estado actual, definición del problema, desarrollo técnico e integración de la solución ^[PRESS01].

El proceso más básico de desarrollo de software y el primero en aparecer en el transcurso del tiempo es el denominado *code & fix* o codifique y arregle, esta basado en codificar inmediatamente los requerimientos conforme van apareciendo y modificar el comportamiento del software según lo solicitado por los usuarios del mismo. Bajo este proceso, el código tiende a ser pobremente estructurado y cada iteración o cambio es costoso. Finalmente, el software no necesariamente cumple con los requerimientos de los usuarios.

En los años 60 y 70, se dio gran importancia en aplicar conceptos de ingeniería como la planeación y “divide y conquistarás” (*divide and conquer*) en la creación de software. Nacen los procesos clásicos se caracterizan en la aplicación sistemática y formal de actividades en la construcción del software. Surgen a partir de la experiencia en grandes proyectos a nivel militar y gubernamental en los países del primer mundo y se caracterizan en una definición clara y concisa de procesos, en donde el software pasa por diferentes series de representaciones desde los requerimientos para el mismo hasta el código finalizado.

1.3 Modelo Secuencial o Cascada

El modelo lineal secuencial o cascada, establece una serie de actividades en orden lógico en donde inicialmente se define que va a realizar el software antes de ser construido, mediante la captura, definición y validación de los requerimientos de los usuarios. En cada fase se definen entregables intermedios que sirven de retroalimentación para las siguientes fases. En cada fase adicionalmente se verifica la calidad de la ejecución del proceso (ver Ilustración 1).

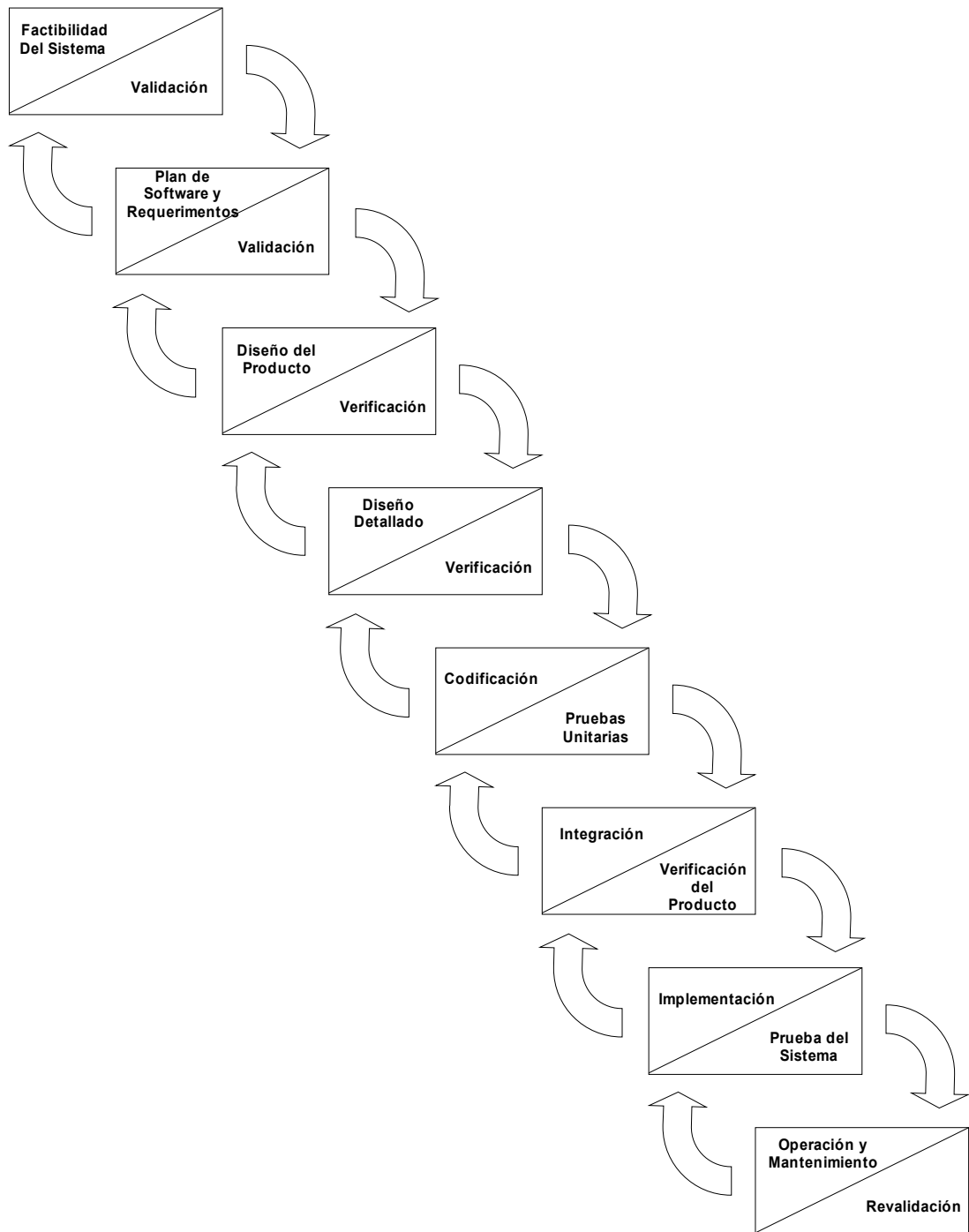


Ilustración 1 El modelo Secuencial o Cascada ^[BOE88]

La ventaja del modelo secuencial radica en que se establece una disciplina al momento de ejecutar cada fase. Adicionalmente, antes de empezar la siguiente fase existe un trabajo de control de calidad que permite establecer las falencias determinadas en una fase y resolverlas antes de pasar a la siguiente fase.

Adicionalmente, existe gran cantidad de documentación generada la cual constituyen herramientas esenciales en el mantenimiento del producto. Según varias estadísticas ^[SCH01] el 67% del tiempo de vida de un software está destinado al mantenimiento, por lo que la documentación del producto adquiere especial importancia al momento de cambiarlo.

La documentación puede ser una ventaja y también una desventaja. Esta puede reflejar los requerimientos de forma escrita pero no necesariamente es lo que el usuario final espera del sistema. Adicionalmente, la generación de documentación implica que no existirá un sistema funcionando hasta que estén bien avanzadas las fases, lo que puede dar una sensación de lentitud en el alcance de los objetivos de un proyecto.

Otro problema del proceso es que los requerimientos no estén completos o que simplemente pueden cambiar en el transcurso del tiempo en fases más avanzadas, lo que implica rehacer las fases anteriores con el consiguiente costo en recursos.

Si bien el modelo secuencial es el más extendido en su utilización y brinda una sistematización del desarrollo del software, es pobremente aplicable si existe volatilidad en los requerimientos.

1.4 Modelos Orientados a Prototipos

Para solucionar este tipo de detalles se han propuesto varios modelos de proceso basados en el paradigma del prototipo. Un prototipo es una versión parcial de un producto implementado o no, que permite retroalimentar lo que quiere el usuario en fases previas a que el desarrollo a gran escala comience. “Ver para creer” es lo que pretende alcanzar un prototipo. Con este enfoque los usuarios finales y el equipo de desarrollo pueden clarificar los requerimientos y su interpretación ^[KAN06] .

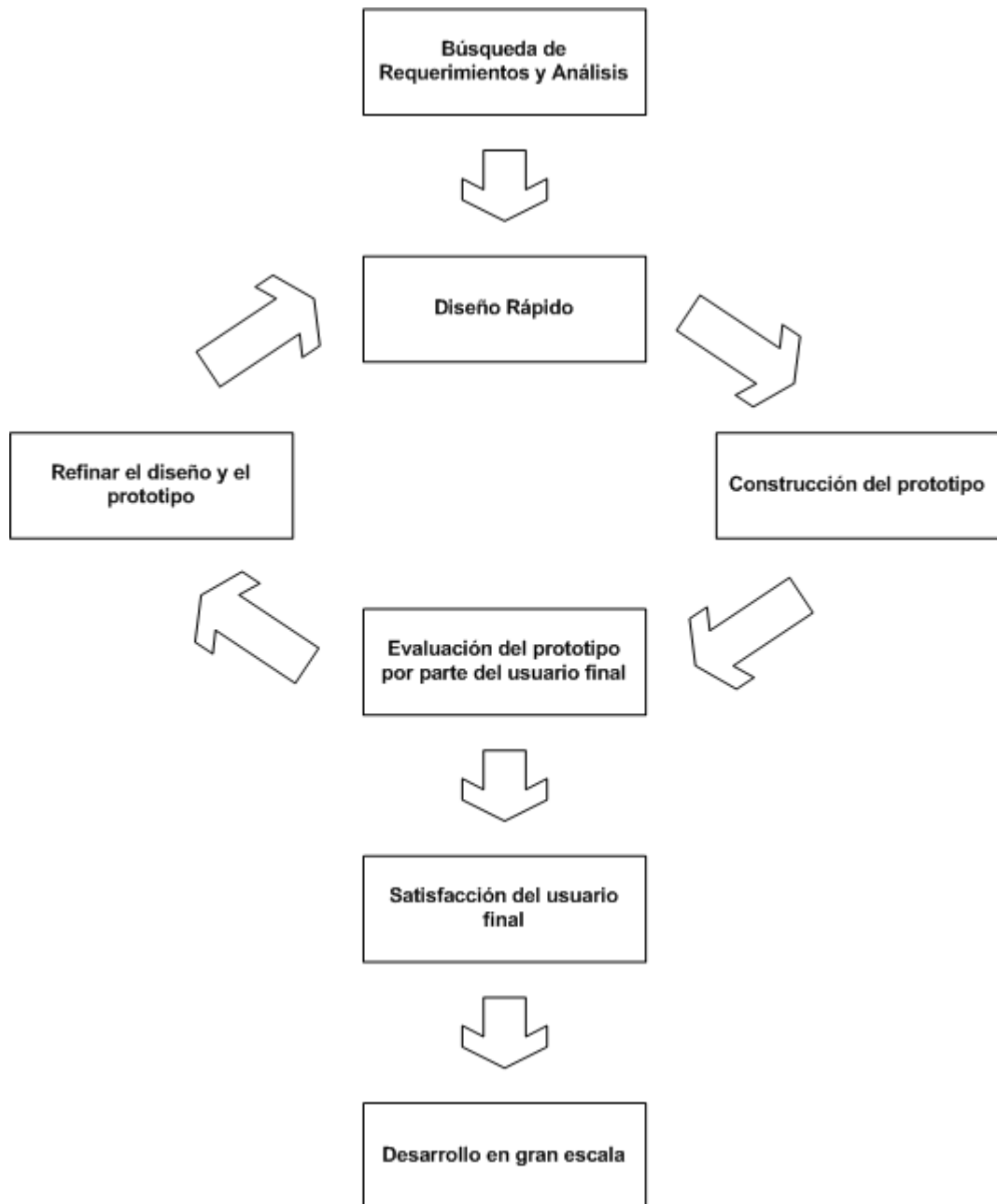


Ilustración 2 Modelo Orientado a Prototipos

Existen varias herramientas y tecnologías para la construcción de prototipos, desde elementos reusables, lenguajes formales de especificación (notación Z y el de Entrada y Salida –IORL), lenguajes y herramientas de programación 4GL. Los prototipos pueden ser de “Construir y Tirar”, que una vez construidos y utilizados para su cometido, la captura y validación de requerimientos, este modelo se deshecha, por cuanto no tiene los elementos necesarios para ser utilizados en producción.

Esto último puede considerarse en algunos casos un desgaste innecesario de recursos, por lo que en algunas metodologías de prototipos este puede ir evolucionando hasta tener un modelo de producción.

La construcción de prototipos es ideal para captura de requerimientos y modelar partes de un sistema, más no es aplicable para modelar un sistema completo. Adicionalmente, en algunos desarrollos no existe un límite de cuantas iteraciones se van a necesitar, por lo que puede alargarse un cronograma sin tener un modelo completamente terminado.

1.5 Modelo Espiral

Con base en su experiencia en proyectos del Departamento de Defensa en Estados Unidos, Barry Boehm propone en 1988 un método fundamentado en Prototipos y manejo de riesgo, el método Espiral ^[BOE88]. Dicho método es más flexible que el método secuencial por cuanto permite evaluar el implementar o no ciertas características según sea necesario mediante una evaluación continua de las mismas usando herramientas como prototipos, simulaciones y benchmarking.

Según puede observarse en la Ilustración 3, comenzando desde el centro de la espiral cada fase del ciclo de desarrollo se completa en cada ciclo de la espiral (concepto de operación, requerimientos de software, diseño del producto, diseño detallado e implementación).

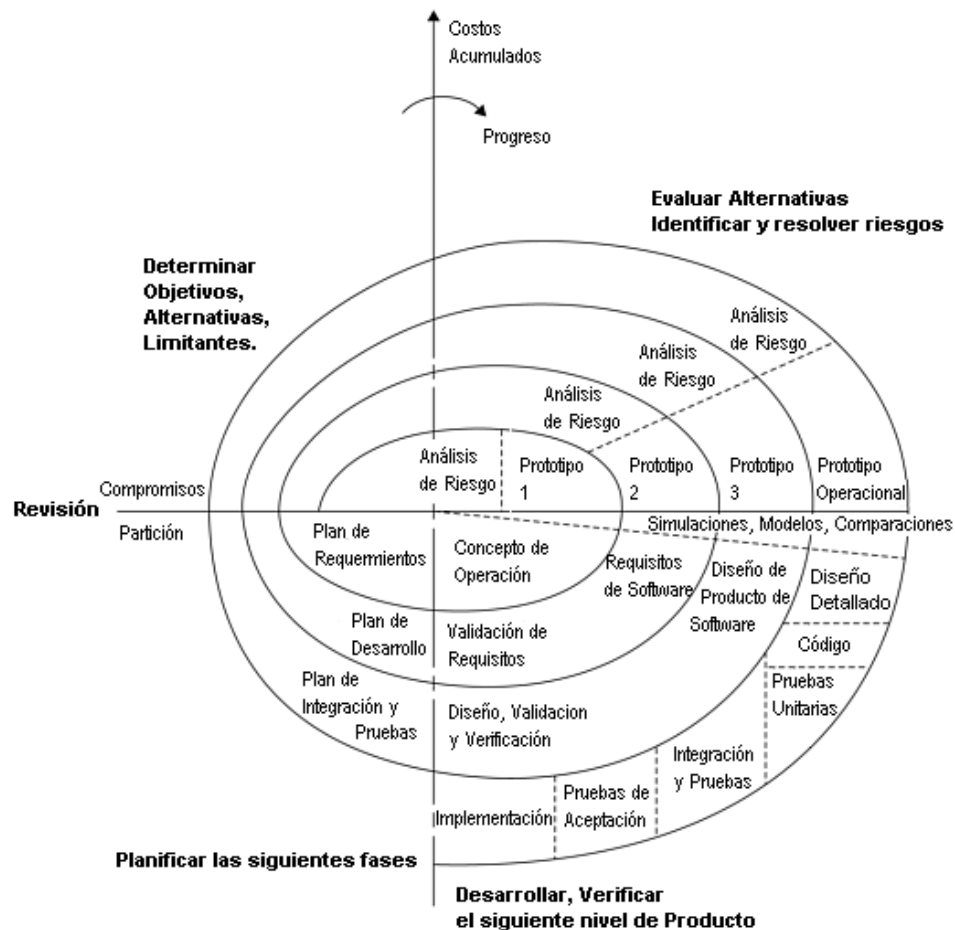


Ilustración 3 Modelo Espiral [BOE88].

El radio de la espiral indica el costo acumulado incurrido en la terminación de cada fase. La dimensión angular representa el progreso realizado al completarse cada ciclo de la espiral. El modelo considera que cada nivel de elaboración de un producto involucra la misma secuencia de pasos, lo cual puede observarse en cada cuadrante.

El primer paso de cada ciclo sirve para definir los objetivos de una porción del producto a elaborarse, las alternativas de dicha porción de producto y las limitaciones impuestas en la aplicación de las alternativas. El siguiente paso es evaluar las alternativas relativas a los objetivos y limitantes del producto, los riesgos asociados y como resolverlos. Este enfoque de riesgo es una característica clave del modelo espiral, en contraste al modelo secuencial caracterizado en un enfoque documental. El modelo también hace extensivo el uso de prototipos.

Entre las ventajas del modelo pueden destacarse la evaluación temprana de riesgos, reutilización de software y eliminación de errores y características no atractivos al producto. Entre las desventajas resaltadas por Boehm ^[BOE88] están, la flexibilidad del modelo a veces dificulta si aplicación al momento de delegar el trabajo a contratación por cuanto los requerimientos son volátiles y no claros y la dependencia en la evaluación de riesgos puede ser un obstáculo si no se cuenta con la experiencia suficiente.

1.6 Modelo Incremental

En el modelo incremental un grupo de requerimientos funcionales son construidos en un *build*, y varios *builds* son construidos en el transcurso del tiempo hasta que finalmente el producto se entrega. Este modelo implementa elementos del modelo lineal secuencial y la filosofía interactiva de la construcción de prototipos. En cada iteración se completa todo un ciclo de análisis, diseño, codificación y prueba. El siguiente ciclo comienza apenas se tenga completado un grupo pequeño de requerimientos completamente funcionales.

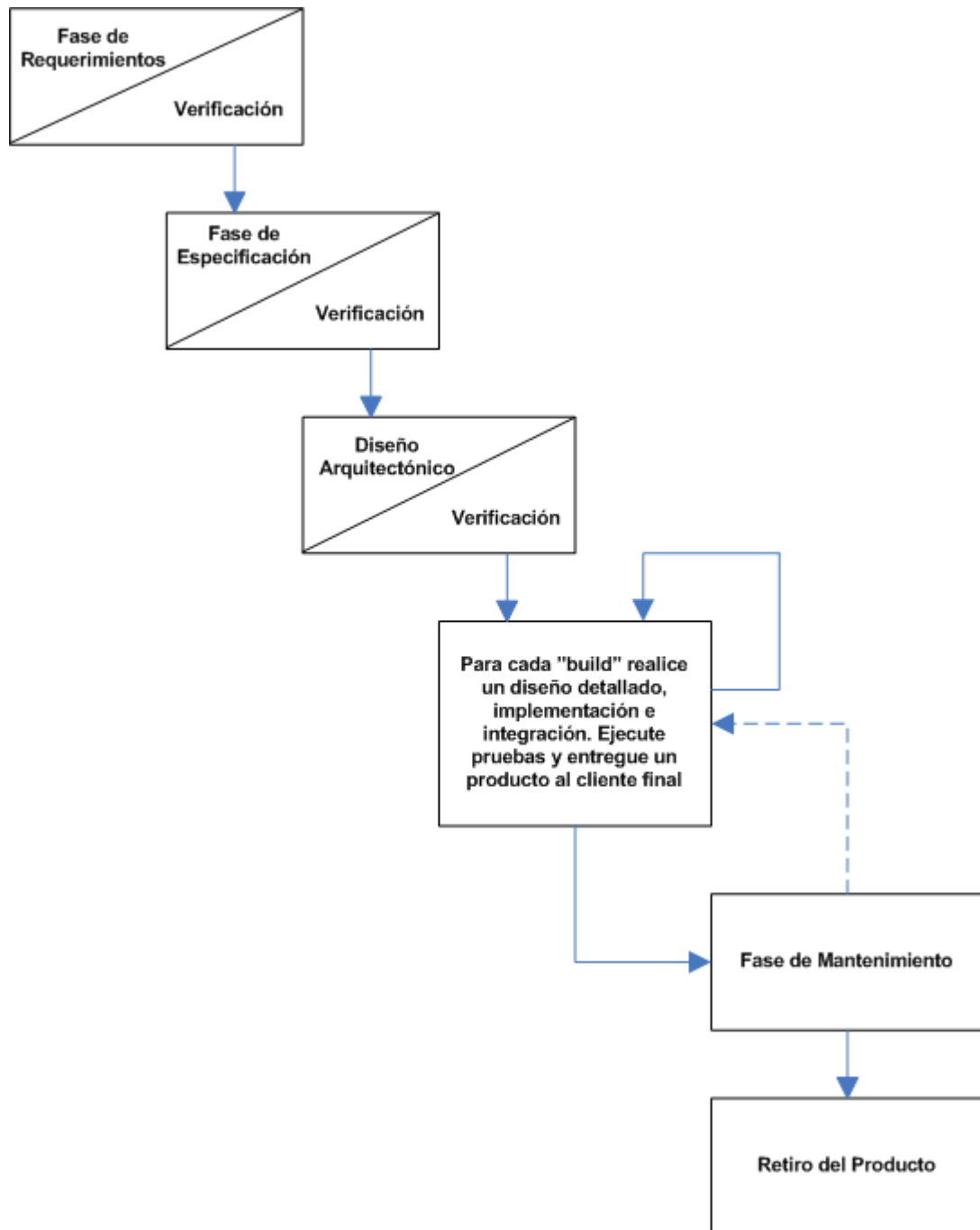


Ilustración 4 Modelo Incremental

La ventaja de este modelo radica en que se tiene un subconjunto de requerimientos terminados y funcionando mucho antes que todo el producto. Esto puede ser beneficioso para el cliente o usuario final y para el flujo de caja del proyecto. Adicionalmente, si los requerimientos cambian durante la fase de desarrollo, estos pueden ser reanalizados e incorporados en un nuevo *build* más fácilmente que con un modelo en cascada. Pero en ciertas ocasiones esto último puede ocasionar que el proyecto tienda a un modelo “codifique y arregle” en perjuicio del mismo.

1.7 Modelos Orientados a Objetos

El paradigma de orientación a objetos enfatiza la creación de clases que encapsulan tanto datos como algoritmos. Diferente a la programación tradicional en donde los datos y proceso están separados, en la programación orientada a objetos los procesos que transforman los datos están codificados junto a los datos. Este proceso se llama encapsulación. Otro componente del paradigma orientado a objetos es la herencia o polimorfismo que permite que una clase sea modificada para enfrentar una nueva situación sin la necesidad de eliminar métodos anteriores.

Las clases expresan objetos de la realidad dentro del paradigma orientado a objetos. Varias clases se agrupan en familias o paquetes los cuales pueden ser reutilizados una y otra vez. En la programación estructurada o tradicional, el software construido en sí es una única unidad. Esto dificulta el mantenimiento en proyectos grandes. Si el paradigma de orientación a objetos se ha aplicado de forma adecuada, cada objeto es una única unidad, por lo tanto se reduce la complejidad de la aplicación simplificándose el desarrollo y el mantenimiento.

La reutilización de componentes o clases es un objetivo principal de este paradigma. Sin embargo la reutilización no se alcanza de forma automática si esta no parte de un diseño adecuado, el cual puede ser costoso en tiempos y recursos. El “desarrollar con reutilización” es lo que siempre un proyecto orientado a objetos pretende, pero “desarrollar para reutilizar” es algo dificultoso de conseguir.

1.8 Modelos Ágiles

Los modelos ligeros o “ágiles” para el desarrollo de software aparecen en contraste con los modelos tradicionales en donde existe una planificación estricta y una serie de pasos a cumplirse y documentación en cada fase de análisis, diseño, construcción e implementación. El objetivo de los métodos ágiles es desarrollar software de valor con más rapidez, en ambientes de continuo cambio.

Los modelos ágiles han existido desde hace más de 20 años, pero últimamente con el nacimiento y la expansión de la Internet y las TI y el tiempo reducido para sacar productos o servicios al mercado, dichos modelos han adquirido notoriedad y en algunos proyectos han sido la salvación frente a modelos de proceso más estructurados y documentados.

En el 2001, 17 de los líderes en programación ágil elaboraron el “Manifiesto Ágil” [KOC05], para resumir los principios de este enfoque de desarrollo de software. Dicho manifiesto se resume de la siguiente manera:

- Interacciones e Individuos sobre procesos y herramientas.
- Software en funcionamiento sobre documentación comprensiva.
- Colaboración de los usuarios sobre negociación de contratos.
- Responder al cambio en vez de seguir un plan.

En los modelos ágiles mientras hay valor en los términos de la derecha, se valorarán más los ítems de la izquierda. En general un proceso ágil se realiza en pequeños ciclos iterativos, involucrando activamente a los usuarios del sistema para establecer, priorizar y verificar requerimientos, y depende en el conocimiento tácito dentro del equipo de trabajo y no en documentación.

Un proceso ágil tiene los siguientes atributos: iterativo (varios ciclos), incremental (no entrega de producto total de una sola vez), auto regulable (los equipos determinan la mejor forma de manejar el trabajo) y emergente (los procesos, principios, estructuras de trabajo son reconocidos durante el proyecto y no se determinan con anterioridad).

Si bien un proceso ágil está predestinado a enfrentar continuo cambio y obtener productos en corto tiempo, no ha sido tan exitoso en proyectos grandes. A cierto tamaño de proyecto (> 50 de personas) son necesarios recurrir a prácticas de documentación, control de requerimientos y requisitos, y actividades de los procesos más estructurados.

1.9 Modelos de madurez de procesos y mejores prácticas

Un proceso dentro de una organización es lo que permite orquestar a las personas, herramientas y a los procedimientos (Ilustración 5), es decir el coordinar los recursos con los que se cuenta para enfrentar los retos del negocio. Los procesos permiten manejar el crecimiento y proveer de una forma de incorporar el conocimiento de cómo hacer mejor las cosas.

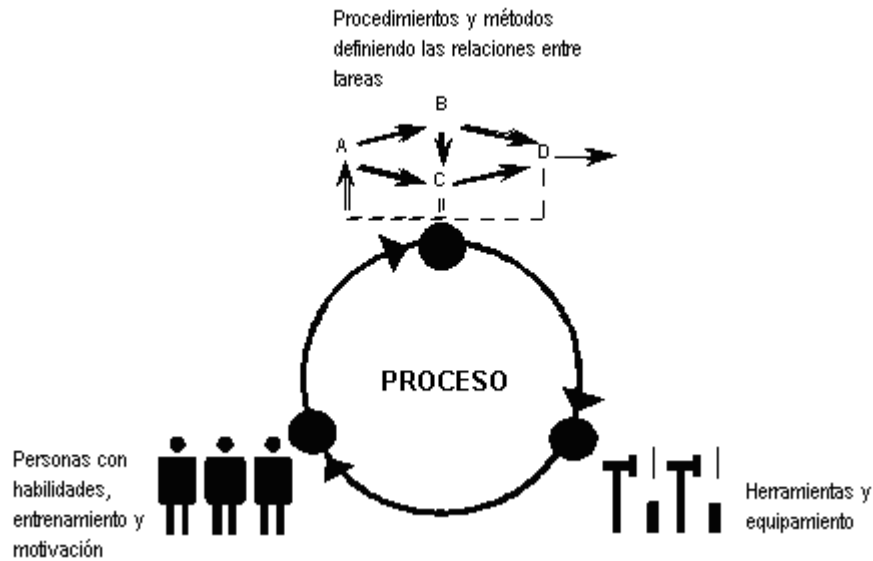


Ilustración 5 Personas, Procedimientos y Herramientas

Un modelo de mejora de procesos, es un marco estructurado de guía para el mejoramiento de procesos de una organización. La capacidad en los procesos es la habilidad inherente de un proceso para producir un resultado planeado. Cuando la capacidad de un proceso se incrementa, este se vuelve predecible y sujeto a medición y la mayoría de causas de baja calidad y productividad son controladas o eliminadas. Conforme la capacidad de un proceso mejora, se dice que una organización “madura” en sus procesos.

Con esto queremos afirmar que el éxito de un producto depende en gran parte en la madurez de la implementación de un proceso, antes que el modelo de proceso empleado ^[KAN06]. Con madurez nos referimos a la rigurosidad y disciplina en la aplicación del mismo y en el nivel de retroalimentación que pueda generarse a futuro. Lo expuesto también aplica a la ingeniería de software donde existen varios tipos de modelos de proceso empleados en la construcción de programas para computadora tal como vimos con anterioridad.

A continuación se hará una referencia de los marcos de referencia de mayor influencia en la disciplina de Ingeniería de Software.

1.10 Modelo de Capacidad de Madurez de Procesos Integrado (CMMI)

El modelo de Capacidad de Madurez de Procesos (CMMI) es el resultado de varios modelos de capacidad desarrollados por el Instituto de Ingeniería de Software de la

Universidad Carnegie Mellon (Pittsburg, Pennsylvania) y otras instituciones de Estados Unidos. Combina tres modelos desarrollados con anterioridad, el Modelo de Capacidad para software (SW-CMM) v2.0 [SEI 1997b], el Modelo de Capacidad de Ingeniería de Sistemas [EIA 1998] y el Modelo de Capacidad de Madurez en el Desarrollo de Productos Integrados (IPD-CMM) [SEI 1997a].

Cabe destacar que los modelos de capacidad están influenciados por el trabajo de Watts Humphrey, Ron Radice, y otros que extendieron los principios clásicos de mejora de procesos y calidad expuestos por Shewart (1931), Deming (1986), Crosby (1979) y Juran (1988), aplicándolos a la construcción de software durante su trabajo en IBM y en el SEI.

El modelo establece 22 áreas de proceso a ser implementadas y mejoradas [CMM106]. Cada área de proceso considera metas específicas y metas genéricas. Cada meta sugiere un grupo de prácticas a cumplirse para satisfacer las metas propuestas en cada área de proceso. Las metas y prácticas específicas están relacionadas con el área de proceso en cuestión, mientras que las metas y prácticas genéricas aplican de forma similar para varias áreas de proceso.

Para su aplicación en la mejora de procesos, el modelo tiene dos representaciones, la continua, orientada a mejorar un grupo de procesos más relacionados con los objetivos del negocio o que únicamente son el objetivo de mejora. La representación por etapas al contrario establece el mejoramiento de varios procesos a la vez, los cuales están alineados con el nivel de madurez que se desea alcanzar.

Una ventaja del modelo es que permite establecer una serie de niveles a los cuales una organización puede ir cumpliendo en su meta de mejorar sus procesos. Los niveles también son utilizados para efectuar una evaluación de los procesos que actualmente imperan en la organización. Estos son:

- Niveles de capacidad, los cuales aplican cuando una organización ha optado por la representación continua y aplican al alcance logrado en el mejoramiento de áreas de proceso individuales. El alcance de un determinado nivel establece una mejora incremental con respecto al nivel

anterior en los procesos correspondientes a un área de proceso específica. Existen 6 niveles de capacidad nombrados desde el 0 al 5.

- Niveles de madurez, los cuales aplican cuando una organización ha optado por una representación por etapas, es decir cuando se pretende mejorar varias áreas de proceso relacionadas a la vez. En esta representación el alcance de un determinado nivel denota que se han cumplido las metas con relación a varios procesos relacionados. Existen 5 niveles de madurez nombrados del 1 al 5.

La siguiente tabla (Tabla 1) compara los niveles de capacidad y madurez empleados en las 2 representaciones del modelo:

Nivel	Representación por etapas - Niveles de Madurez	Descripción del Nivel de Capacidad de Proceso	Representación continua - Niveles de Capacidad	Descripción del Nivel de Madurez de Proceso
0	N/A	Un proceso incompleto es un proceso que no se realiza o se realiza parcialmente. Uno o mas objetivos específicos del área de proceso no se satisfacen y no existen objetivos genéricos en este nivel por cuanto no existe la necesidad de institucionalizar un proceso realizado parcialmente.	Incompleto	
1	Inicial	Un proceso ejecutado es un proceso que satisface los objetivos específicos de un área de proceso. Existen mejoras comparadas con el nivel anterior pero pueden perderse si no existe institucionalización	Ejecutado	Los procesos a este nivel son caóticos. La organización no provee de un ambiente estable para soportar los procesos. El éxito depende en la competencia y heroicidad de la gente en la organización y no en procesos probados.
2	Administrado	Un proceso administrado posee una infraestructura básica que soporta el proceso. Este es planeado y ejecutado cumpliendo una política, empleando recursos especializados, produciendo productos o salidas controladas. Es monitoreado y evaluado continuamente. Adicionalmente al cumplirse los objetivos del nivel se asegura que la ejecución de las prácticas relacionadas al proceso se mantendrá inclusive en tiempos de estrés.	Administrado	En el nivel 2 los proyectos de una organización se aseguran que los procesos son planeados y ejecutados en acuerdo con una política, los proyectos emplean gente con las habilidades necesarias para producir productos controlados, se involucran a los usuarios finales, son controlados y monitoreados y los procesos son retenidos durante tiempos de estrés.
3	Definido	Un proceso definido es un proceso administrado con mucho más detalle en su definición. Adicionalmente, esta adaptado a las prácticas de procesos de una organización., es más consistente excepto por las diferencias en la adaptación. Los procesos son mucho mas rigurosos que en el nivel anterior. Los procesos son administrados de forma más proactiva utilizando la interrelación de las actividades y medidas detalladas del proceso, sus productos y sus servicios.	Definido	En el nivel 3 los procesos están bien caracterizados y entendidos, y están descritos en estándares, procedimientos, herramientas y métodos. El conjunto estándar de procesos, lo cual es la base del nivel 3, son establecidos e improvisados en el tiempo. Los procesos son descritos de forma más rigurosa que el nivel anterior.
4	Cuantitativamente Administrado	Un proceso nivel 4, es un proceso nivel 3 el cual es "administrado cuantitativamente". Se incluyen en este nivel técnicas estadísticas y cuantitativas para medir el rendimiento de un proceso administrado.	Cuantitativamente Administrado	En el nivel 4 los procesos establecen objetivos cuantitativos para medir el rendimiento de procesos y calidad, y se utilizan dichas medidas como criterio para el manejo de procesos. La diferencia con el nivel 3 es la predicción en el rendimiento del proceso. En el nivel 4 el rendimiento es controlado utilizando técnicas cuantitativas y estadísticas.
5	Optimizado	En el nivel 5 un proceso esta caracterizado por ser "optimizado". Un proceso optimizado, es un proceso cuantitativamente administrado (nivel 4) que es mejorado basado en el entendimiento de las causas comunes de variación inherentes al proceso de forma continua e incremental.	Optimizado	En el nivel 5, una organización continuamente mejora sus procesos, basados en un entendimiento cuantitativo de las causas comunes de variación inherentes un proceso.

Tabla 1 Niveles de Madurez y Capacidad de Proceso CMMI

Las 22 áreas de proceso en que se concentra el modelo se presentan a continuación, relacionadas con los niveles de madurez y capacidad:

Área de proceso	Categoría	Madurez				
Innovación Organizacional	Proceso	5				
Análisis de Causas y Resolución	Soporte	5				
Proceso Organizacional	Proceso	4				
Gestión Cuantitativa de Proyectos	Proyectos	4				
Desarrollo de Requerimientos	Ingeniería	3				
Integración de producto	Ingeniería	3				
Solución Técnica	Ingeniería	3				
Validación	Ingeniería	3				
Verificación	Ingeniería	3				
Definición organizacional de procesos, productos y procesos integrados	Proceso	3				
Enfoque organizacional de procesos	Proceso	3				
Entrenamiento Organizacional	Proceso	3				
Gestión de Riesgos	Proyectos	3				
Gestión integrada de proyectos, productos y procesos integrados	Proyectos	3				
Análisis de Decisiones y Resolución	Soporte	3				
Gestión de Requerimientos	Ingeniería	2				
Gestión de Proveedores	Proyectos	2				
Monitoreo y control de proyectos	Proyectos	2				
Planificación de proyectos	Proyectos	2				
Análisis y Medición	Soporte	2				
Aseguramiento de Calidad de producto y proceso	Soporte	2				
Gestión de la configuración	Soporte	2				
			2	3	4	5
			Nivel de Capacidad			

Tabla 2 Áreas de Proceso del Modelo CMMI

Adicionalmente, a las áreas de proceso, el modelo sugiere la implementación de prácticas comunes para alcanzar diferentes niveles de institucionalización del

proceso. Dichos niveles guardan relación con los niveles de madurez y de capacidad expresados en el modelo. Estas prácticas comunes se refieren a la institucionalización del proceso, es decir a acciones enfocadas a mantener la estructura de los procesos, al compromiso de cumplirlos y a la consistencia de los mismos, lo cual es una ventaja al momento de existir épocas de estrés.

El modelo CMMI esta destinado para realizar evaluaciones de procesos o *appraisals*. Una evaluación permite a una organización determinar su nivel de madurez en cuanto a procesos, con el objetivo de fijar metas de mejora o para obtener una certificación de sus procesos. La conducción de una evaluación se hace siguiendo los requerimientos definidos en un documento de requerimientos de evaluación para CMMI (ARC) ^[ARC06].

El modelo define 3 tipos de evaluaciones, basadas en complejidad y formalidad, la evaluación tipo A que es una evaluación completa y requiere de más especificaciones que cumplir, las evaluaciones B y C tienen menor grado de complejidad.

1.11 Modelo de evaluación de madurez de procesos norma ISO 15504

Basado en un estudio inicial de la ISO realizado en los años 1991 y 1992 sobre las necesidades y requerimientos de un modelo de evaluación de procesos de software y en el trabajo inicial de institutos como el SEI, en el año de 1993 al comité técnico de trabajo de la ISO destinada al campo de la tecnología e información, el ISO/IEC JTC 1, le fue encomendada la misión de desarrollar un estándar internacional para la evaluación de procesos de software. En junio del mismo año, se estableció el Proyecto SPICE, para asistir en la elaboración del estándar y en la preparación de los borradores iniciales.

Dos años después (1995) se obtiene el primer conjunto de borradores, y las primeras experiencias e organizaciones en emplear dicho estándar para la evaluación de procesos de desarrollo de software. En el año de 1998 aparece la primera edición del estándar ISO 15504.

El mencionado estándar consta de 9 partes o documentos ^[ISO15504] que se presentan a continuación:

- Parte 1: Conceptos y Guía de Introducción
- Parte 2: Modelo de referencia para procesos y capacidad de procesos
- Parte 3: Realización de evaluaciones
- Parte 4: Guía para realizar evaluaciones
- Parte 5: Un modelo de evaluación y guía de indicadores
- Parte 6: Guía para la competencia de evaluadores
- Parte 7: Guía de uso en el mejoramiento de procesos
- Parte 8: Guía de uso para determinar la capacidad de proceso
- Parte 9: Vocabulario

Las partes están relacionadas entre sí y cada una tiene una misión específica la cual puede verse en la siguiente Ilustración:

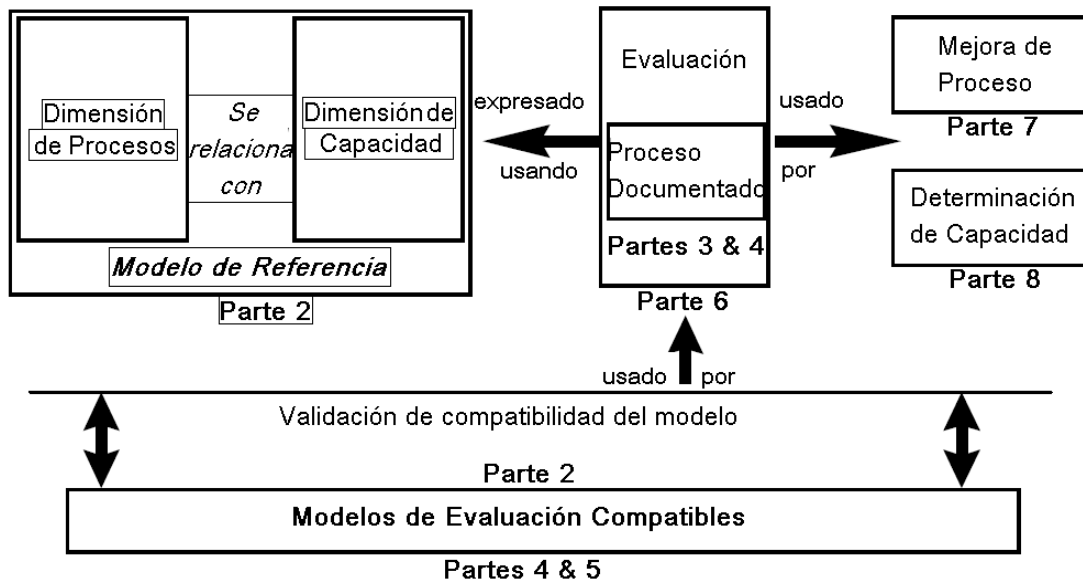


Ilustración 6 Relación de las partes del estándar ISO 15504^[ISO15504]

La parte 1 del estándar ofrece una introducción al mismo y como las restantes partes se relacionan entre si, adicionalmente provee una guía para su utilización. La parte 2 define un modelo de referencia de dos dimensiones (Procesos y Capacidad de Proceso), alineados directamente con el estándar ISO/IEC 12207:1995, Tecnología de Información — Procesos de ciclo de vida de Software ^[ISO12207].

La parte 3 define los requerimientos para realizar una evaluación de tal forma que los resultados de la misma sean repetibles, confiables y consistentes. La parte 4 provee una guía para realizar la evaluación del proceso de software interpretando

los requerimientos de las partes 2 y 3. Esta guía es lo suficientemente genérica para que se aplicable en cada situación.

La parte 5 provee un ejemplo de cómo realizar la evaluación de procesos que está basado y es compatible con el modelo de referencia expuesto en la parte 2. El modelo de evaluación extiende el modelo de referencia con la inclusión de un conjunto de indicadores.

La parte 6 del estándar describe la competencia, educación, entrenamiento y experiencia que los ejecutantes de la evaluación deben tener para conducir las evaluaciones de procesos. Esta parte describe mecanismos que pueden ser usados para demostrar competencia y validar los requisitos de un evaluador.

La parte 7 describe como definir las entradas y utilizar los resultados de una evaluación con el propósito de una mejora de procesos. Esta guía incluye ejemplos de aplicación de la mejora de procesos en una variedad de situaciones.

La parte 8 describe las entradas y la utilización de resultados de una evaluación para el propósito de determinar la capacidad del proceso evaluado. La parte 9 es un vocabulario consolidado de todos los términos empleados dentro del estándar.

El estándar ISO/IEC TR 15504 desde su concepción está relacionado con los siguientes estándares de la familia ISO 9000:

- ISO 9001:1994, Modelo para aseguramiento de calidad, en el diseño, desarrollo, producción, instalación y servicio.
- ISO 9000-3:1997, Administración de la calidad y estándares de aseguramiento de calidad - Parte 3: Guías para la aplicación de la norma ISO 9000:1994 en el diseño, desarrollo, producción, instalación y servicio de software para computadoras.
- ISO 9004-4:1993, Administración de la calidad y estándares de aseguramiento de calidad - Parte 3: Guías para el mejoramiento de la calidad.

El modelo de referencia expuesto por el estándar provee un enfoque de dos dimensiones para evaluar la capacidad de proceso, la primera dimensión define los procesos a ser evaluados y la otra define una escala de medida de capacidad. Los procesos a ser evaluados se agrupan en 5 categorías que se presentan a continuación:

Categoría	Descripción
Consumidor - Proveedor	Procesos que directamente impactan al cliente, como soporte y transición del software al cliente.
Ingeniería	Procesos relacionados con la especificación, implementación o mantenimiento del producto de software, su relación con el sistema establecido y la documentación del cliente. En circunstancias donde el sistema esta compuesto totalmente de software, los procesos de Ingeniería se relacionan únicamente con la construcción y mantenimiento de dicho software.
Soporte	Procesos que pueden ser empleados por cualquiera de los otros procesos en varios puntos del desarrollo de software incluidos otros procesos de soporte.
Administración	Procesos que contienen las prácticas genéricas que pueden ser usadas en la administración de cualquier tipo de proyecto o proceso dentro del ciclo de proceso de software.
Organización	Procesos que establecen los objetivos del negocio de la organización y el desarrollo de procesos, productos o recursos que usados por los proyectos de la organización, ayudan a que esta alcance sus objetivos.

Tabla 3 Categorías de Procesos Norma ISO 15504

La dimensión de escala de medida de capacidad define 5 niveles para determinar la madurez en la ejecución de los procesos. Dichos niveles se presentan a continuación:

Nivel	Descripción
Nivel 0: Incompleto	Existe una falla general en conseguir el propósito del proceso. Hay pocos o ningún producto o salidas del proceso.
Nivel 1: Ejecutado	El propósito del proceso generalmente se consigue. Dicho logro puede no ser rigurosamente planeado y registrado. Los responsables del proceso dentro de la organización reconocen que una acción debe ser realizada y hay un acuerdo general de que

	esta acción se ejecuta y cuando debe ejecutarse. Hay productos identificables para el proceso, que testifican el cumplimiento del propósito.
Nivel 2: Administrado	El proceso entrega productos de acuerdo a procedimientos especificados y bajo una planeación y registro. Los productos cumplen con los estándares especificados y los requisitos. La diferencia con el nivel anterior es que la ejecución del proceso ahora entrega productos que cumplen con requerimientos de calidad bajo escalas de tiempo definidas y necesidades de recursos.
Nivel 3: Establecido	El proceso es ejecutado y administrado usando un proceso definido basado en buenas practicas de ingeniería de software. Las implementaciones individuales del proceso utilizan versiones aprobadas y personalizadas de procesos estándares documentados para alcanzar los objetivos del mismo. Los recursos necesarios para establecer la definición del proceso también se encuentran presentes.
Nivel 4: Predecible	Los procesos definidos son ejecutados consistentemente bajo una práctica y límites de control con el fin de alcanzar los objetivos del proceso. Se capturan y se analizan indicadores de ejecución. Esto último conduce a un entendimiento cuantitativo de la capacidad del proceso y a la habilidad de predecir y administrar la ejecución del mismo.
Nivel 5: Optimizado	La ejecución de un proceso es optimizado para cumplir con las necesidades actuales y futuras del negocio. La efectividad cuantitativa del proceso y objetivos de eficiencia para la ejecución son establecidos, basados en los objetivos del negocio de la organización. Se realiza un monitoreo continuo del proceso para obtener retroalimentación cuantitativa para una futura mejora del proceso. Los procesos estándares cambian dinámicamente y se adaptan para efectivamente cumplir con las necesidades del negocio.

Tabla 4 Niveles de Madurez de Proceso Norma ISO 15504

1.12 Conclusiones

Como se ha visto existen varios procesos cuya utilización la dicta muchas veces el problema que se pretende resolver, la claridad de los requerimientos y el tiempo de

salida de un producto. Con esto se afirma también que un proceso establecido puede ser efectivo en algunos casos, pero ineficiente en otros.

La estructuración excesiva de un proceso de software utilizando los principios de ingeniería y calidad, puede ser perjudicial en ciertos proyectos que necesitan rapidez en la construcción de un producto. Adicionalmente, el exceso de agilidad puede ser contraproducente por cuanto el mantenimiento de un sistema o la volatilidad de los requerimientos pueden implicar costos que afecten al flujo de efectivo de un proyecto en su ejecución. Lo ideal se encuentra en la mitad, es decir utilizar lo mejor de la estructuración y formalización y la agilidad en la ejecución de un proyecto.

Los marcos de referencia de mejora de procesos presentados en el capítulo tienen principios comunes, es decir, sus objetivos en definitiva incrementar la calidad y el control sobre un proyecto de software. Si bien son enfoques diferentes de un mismo problema, pueden encontrarse elementos comunes e intercambiables entre sí.

Los marcos de referencia de mejora de procesos no sirven únicamente como camino o ruta de mejora si no para determinar un punto de partida. Estos modelos incluyen pautas definidas y recomendaciones a seguir para efectuar una evaluación de procesos de forma independiente si el objetivo final sea o no una mejora siguiendo los planteamientos del mismo.

Para el desarrollo del presente tema de tesis se evaluarán los procesos de desarrollo utilizando el marco de referencia CMMI a un nivel 2 representado por etapas. La selección de dicho modelo se realiza por cuanto establece una serie de requisitos a cumplirse en una fase específica. El cumplimiento de todos los niveles del modelo exige la consecución de objetivos que involucran a la organización y mayor cantidad de recursos de los disponibles, por lo que considero que el alcanzar los objetivos del nivel 2 es suficiente para regularizar los procesos actuales del Departamento de Investigación y Desarrollo

CAPÍTULO II DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE DESARROLLO DE APLICACIONES

2.1 Introducción

Los modelos de madurez expuestos en el capítulo anterior, no son únicamente modelos de referencia, sino modelos de evaluación de procesos. El modelo CMMI establece además un método de evaluación de procesos basado en las recomendaciones de dicho modelo contenidas en los documentos *Standard CMMI® Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPI) A, Version 1.2: Method Definition* [SCAMPI06] y *Appraisal Requirements for CMMI®, Version 1.2 (ARC, V1.2)* [ARC06].

Dicho método establece una serie de pasos a cumplirse para realizar la evaluación, tanto a nivel interno como es el presente caso, o a nivel externo si dicha evaluación aplica para una certificación externa por una institución certificadora. Cabe mencionar que el método de evaluación en si mismo aplica varias recomendaciones existentes en el modelo.

En el presente capítulo se expone la metodología de evaluación de procesos efectuada sobre el Departamento de Investigación y Desarrollo, que fue adaptada considerando a las necesidades puntuales del presente trabajo de graduación a partir del método estándar establecido por el Modelo CMMI. Finalmente a partir de dicha evaluación se presentan los resultados encontrados que servirán como diagnostico inicial en capítulos posteriores para reformular los procesos del Departamento.

2.2 Alcance y Metodología de evaluación

Para proceder a la evaluación de los procesos del Departamento de Investigación y Desarrollo, objetivo del presente trabajo de tesis, se ha tomado como referencia el Modelo CMMI para desarrollo en su representación por etapas o escalonada, que permite, verificar y alcanzar de forma paulatina objetivos de mejora de procesos.

La evaluación se realizó sobre los siguientes proyectos conducidos y ejecutados por el Departamento durante el año 2008 y que se presentan a continuación:

Proyecto	Objetivo
Proyecto Facturación Bajo Demanda	Migración de facturación manual de un sistema legado y nuevas funcionalidades.
Proyecto CRM y Ordenes de Trabajo	Generación de varias órdenes de trabajo coordinando acciones entre Gestión Comercial, Finanzas y Técnico (Mediación).
Proyecto Mediación y Planta Externa	Creación de componentes para la interacción y mediación de equipos de servicio
Proyecto Sistema de Recursos Humanos	Creación de funcionalidades adicionales como gestión de turnos y novedades

Tabla 5 Proyectos base evaluados

Como se pudo apreciar en el capítulo anterior, el modelo define 5 niveles de madurez de procesos. Haciendo un análisis de entorno del Departamento de Investigación y Desarrollo y el alcance de la aplicación de la evaluación, se consideró hacer una evaluación de la capacidad de madurez tomando como referencia el Nivel 2. A niveles superiores al propuesto, se consideran no solamente a procesos del área si no a procesos de la empresa como parte de la evaluación o mejora ^[CMMI06], lo cual va más allá del objetivo del presente trabajo de graduación.

A nivel 2 el modelo considera las siguientes categorías de áreas de proceso a ser evaluadas:

Categorías	Área de Proceso
Ingeniería	Gestión de Requerimientos (REQM)
Gestión de Proyectos	Gestión de Proveedores (SAM)
Gestión de Proyectos	Monitoreo y control de proyectos (PMC)
Gestión de Proyectos	Planificación de proyectos (PP)
Soporte	Análisis y Medición (MA)
Soporte	Aseguramiento de Calidad de producto y proceso (PPQA)
Soporte	Gestión de la configuración (CM)

Tabla 6 Categorías de áreas de proceso CMMI Nivel 2 ^[CMMI06]

Según el nivel especificado, en cada área de proceso se define una serie de objetivos específicos a ser alcanzados en el mencionado nivel. Para cada objetivo el modelo define una serie de prácticas específicas que deben cumplirse para alcanzar el objetivo específico, tal como puede apreciarse en la siguiente tabla:

Área de Proceso	Objetivos específicos	Prácticas
Gestión de la configuración (CM)	SG 1 Establecer líneas base	SP 1.1 Crear líneas de base o de versión
		SP 1.2 Establecer un Sistema de Gestión de Configuración
		SP 1.3 Identificar elementos de configuración
	SG 2 Establecer Integridad	SP 1.1 Establecer registros de gestión de configuración
		SP 1.2 Realizar auditorías de configuración
	SG 3 Registrar y Controlar los Cambios	SP 1.1 Control de elementos de configuración
SP 1.2 Registre las peticiones de cambio		
Medición y Análisis (MA)	SG 1 Alinear las Actividades de Medición y Análisis	SP 1.1 Establecer objetivos de medición
		SP 1.2 Especificar los procedimientos de análisis
		SP 1.3 Especificar los procedimientos de captura y almacenamiento de datos
		SP 1.4 Especificar medidas
	SG 2 Proporcionar resultados de las mediciones	SP 1.1 Analizar los datos de medición
		SP 1.2 Registrar los datos de medición
		SP 1.3 Comunicar los resultados
		SP 1.4 Almacenar los datos y resultados
Aseguramiento de Calidad de producto y proceso (PPQA)	SG 1 Evaluar objetivamente los procesos y productos	SP 1.1 Evaluar objetivamente los procesos
		SP 1.2 Evaluar objetivamente el trabajo realizado y los Productos y Servicios obtenidos
	SG 2 Proveer de intuición objetiva	SP 1.1 Comunicar y Asegurar la Resolución de Problemas o Incumplimientos
		SP 1.2 Establecer registros
Monitoreo y Control del Proyecto (PMC)	SG 1 Gestión de Acciones Correctivas hasta el cierre de proyecto	SP 1.1 Analizar temas pendientes
		SP 1.2 Gestionar las Acciones Correctivas
		SP 1.3 Tomar las medidas correctivas
	SG 2 Verificar el progreso del Proyecto contra el Plan	SP 1.1 Conducir revisiones de Hitos
		SP 1.2 Conducir revisiones de progreso
		SP 1.3 Verificar cumplimiento de los compromisos
		SP 1.4 Verificar la Gestión de Datos del proyecto
		SP 1.5 Verificar los parámetros de planeación del Proyecto
		SP 1.6 Verificar los riesgos del proyecto
		SP 1.7 Verificar la participación de las partes interesadas
Planificación del Proyecto (PP)	SG 1 Desarrollar un plan de proyecto	SP 1.1 Establecer el presupuesto y calendario del proyecto
		SP 1.2 Establecer el plan de proyecto
		SP 1.3 Identificar los riesgos del proyecto
		SP 1.4 Planificar la Gestión de Datos
		SP 1.5 Planificar el Conocimiento y Habilidades necesarias para el proyecto
		SP 1.6 Planificar los recursos del Proyecto
		SP 1.7 Planificar la participación de las partes interesadas
	SG 2 Establecer estimaciones	SP 1.1 Definir el ciclo de vida del proyecto
		SP 1.2 Estimar el costo y esfuerzo empleado en el proyecto
		SP 1.3 Establezca estimados de producto a obtenerse y los atributos de las tareas a cumplirse
		SP 1.4 Estimar el alcance del Proyecto
	SG 3 Obtener compromiso con el Plan	SP 1.1 Obtenga un plan de compromisos
		SP 1.2 Conciliar el trabajo y los niveles de los recursos
		SP 1.3 Revisar los planes que afectan al proyecto
	Gestión de Requerimientos (REQM)	SG 1 Gestionar los requerimientos
SP 1.2 Mantener la trazabilidad bidireccional de requerimientos		
SP 1.3 Administrar los cambios de los requerimientos		
SP 1.4 Obtener un entendimiento de los requerimientos		

		SP 1.5 Obtener compromiso con los requerimientos
Gestión de Proveedores (SAM)	SG 1 Establecer acuerdos con los proveedores	SP 1.1 Determinar el Tipo de Adquisición a ser empleado
		SP 1.2 Establecer acuerdos con proveedores
		SP 1.3 Seleccionar proveedores
	SG 2 Satisfacer los Acuerdos con los Proveedores	SP 1.1 Aceptar el producto adquirido
		SP 1.2 Evaluar los productos de los proveedores seleccionados
		SP 1.3 Ejecutar el Acuerdo de Proveedores
		SP 1.4 Verificar los Procesos de los Proveedores seleccionados
		SP 1.5 Efectuar una transición de los Productos adquiridos

Tabla 7 Áreas de proceso, Objetivos y Prácticas CMMI Nivel 2 [CMMI06]

Para cada área de proceso, se deber evaluar objetivos específicos y generales para determinar el nivel de institucionalización de los procesos. El nivel 2 del CMMI los procesos deben ser institucionalizados y deben cumplir con las siguientes prácticas genéricas:

Objetivo Genérico	Práctica Genérica
GG 2 Institucionalice un proceso administrado	GP 2.1 Establezca una política Organizacional
	GP 2.2 Planifique el proceso
	GP 2.3 Provea de recursos al proceso
	GP 2.4 Asigne la responsabilidad
	GP 2.5 Entrene al personal
	GP 2.6 Administre las configuraciones
	GP 2.7 Identifique e involucre a personal relevante
	GP 2.8 Verifique y Controle el Proceso
	GP 2.9 Objetivamente evalúe adherencia al proceso
	GP 2.10 Revise el estado del proceso con niveles superiores de administración

Tabla 8 Objetivo Genérico y Prácticas CMMI Nivel 2 [CMMI06]

El modelo define un documento de requerimientos a ser tomados en cuenta para efectuar una evaluación [SCAMP106] usando las características del mismo. Según el nivel de confianza de los resultados de la evaluación, el costo y duración de la evaluación y la generación de indicadores de la misma, la evaluación de procesos se clasifica en 3 tipos [ARC06]:

- Clase A, que satisfacen todos los requerimientos de la evaluación para CMMI, y cuyos resultados son susceptibles para comparación con otros procesos de evaluación y otros modelos de evaluación (ISO 15504).
- Clase B, satisfacen únicamente un subconjunto de requerimientos de evaluación del modelo. Los resultados de dicha evaluación no tratan de ser compatibles con el modelo ISO 15504.

- Clase C, satisfacen únicamente un subconjunto de requerimientos de evaluación de la Clase B, y se utiliza para realizar una evaluación rápida y periódica de los procesos. En la evaluación Clase A y Clase B, es importante la evidencia objetiva de cumplimiento del proceso, en la clase C dicha evidencia es opcional.

La evaluación consiste en una recopilación de hechos y evidencias en el cumplimiento de las prácticas establecidas para el nivel escogido. Las evidencias consisten en documentación, entrevistas o afirmaciones de los participantes que de forma directa o indirecta confirman el cumplimiento de la práctica.

Las evidencias se registran y se evalúan para confirmar el cumplimiento de las prácticas. Finalmente con la evaluación se puede verificar las debilidades y fortalezas del proceso aplicado comparado con el modelo de procesos.

En la evaluación de los procesos del Departamento de Investigación y Desarrollo, se ha optado por realizar una evaluación del tipo C, utilizando para ello la herramienta basada en software Appraisal Assistant creada por el Instituto de Calidad de Software de la Universidad Griffith en Brisbane – Australia (<http://www.sqi.gu.edu.au/AppraisalAssistant/about.html>).

La herramienta permite registrar las evidencias y organizarlas en función de las prácticas de los modelos CMMI o ISO 15504. Considera en el primer caso las representaciones Continuas y Escalonadas y permite transformar la información de evidencias de prácticas entre modelos CMMI a ISO (12507, 15504 y 9001).

Con la información registrada se puede calificar el cumplimiento de las prácticas. En el caso del modelo CMMI la herramienta permite especificar 3 grados de cumplimiento de la práctica (Rojo: Cumplimiento Bajo, Amarillo: Cumplimiento Medio y Verde: Cumplimiento Alto). Finalmente, la herramienta permite generar una serie de reportes y gráficos que soportan la evaluación realizada.

2.3 Resultados Obtenidos

Compilando toda la información obtenida en la evaluación efectuada en la herramienta de software, y teniendo en cuenta que el 100% indica que las

evidencias recopiladas dan cuenta del cumplimiento total de las prácticas recomendadas a nivel 2 del CMMI (Tablas 7 y 8), podemos ver en la Ilustración 7, el cumplimiento de las prácticas dentro del Departamento de Investigación y Desarrollo por Categorías de Procesos en los proyectos conducidos en el año 2008:

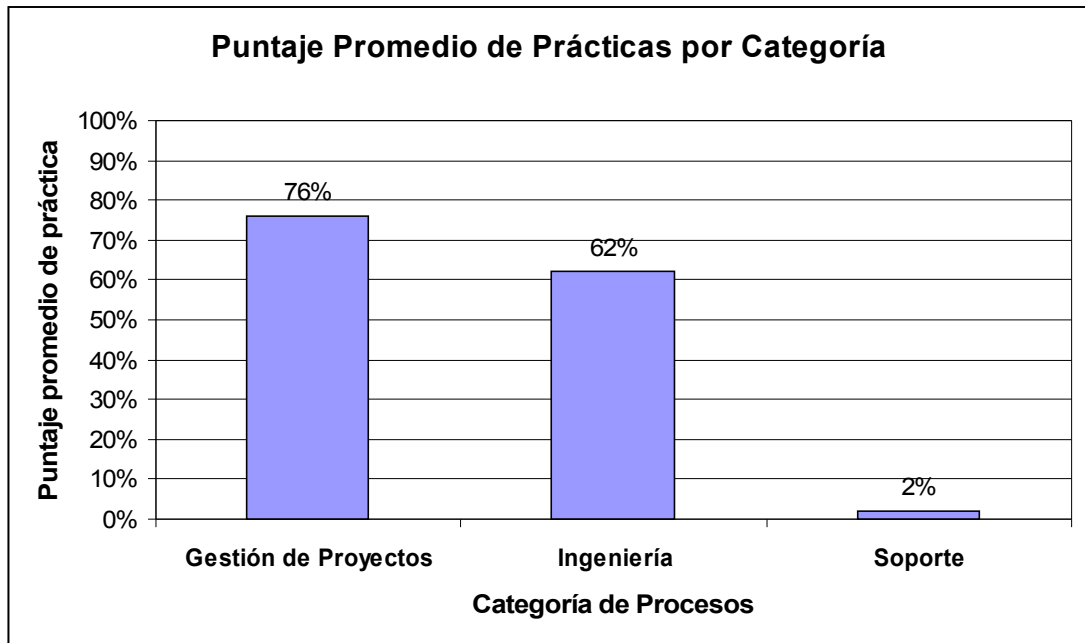


Ilustración 7 Puntaje Promedio de Prácticas por Categoría

Según lo expuesto, en la Gestión de Proyectos, que incluye para dicho nivel las áreas de procesos de Gestión de Proveedores (SAM), Monitoreo y control de proyectos (PMC) y Planificación de proyectos (PP), en los proyectos evaluados hay un porcentaje promedio de cumplimiento de 76% de las prácticas, seguido de un 62% a nivel de Ingeniería (Gestión de Requerimientos REQM) y finalmente un 2% de Soporte (Análisis y Medición MA, Aseguramiento de Calidad de producto y proceso PPQA y Gestión de la configuración CM).

Tomando en cuenta la calificación de la herramienta de software utilizada (ver en la página anterior), se presenta la siguiente ilustración (Ilustración 8) que denota el cumplimiento del objetivo genérico (GG): Institucionalice un proceso administrado, según la implementación de las prácticas expuestas en la Tabla 8 dentro del Departamento de Investigación y Desarrollo:

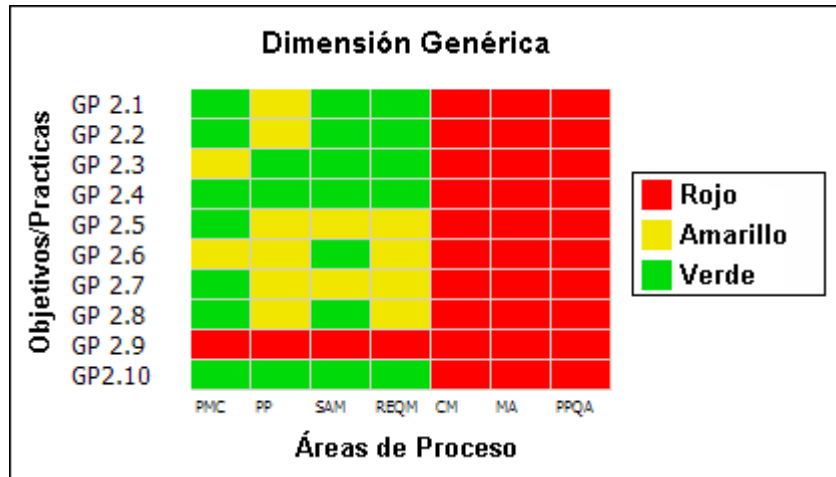


Ilustración 8 Resultados de Evaluación de Objetivo Genérico

En cuanto al cumplimiento del objetivo genérico, podemos ver las siguientes fortalezas y debilidades en la implementación de las prácticas:

Fortalezas

- Con respecto al desarrollo de sistemas existe una política establecida a nivel de procesos a seguirse y que se encuentran documentados en un manual de procesos de la empresa.
- Previo al desarrollo de un proyecto existe una planificación inicial de las fases a seguirse, estableciendo tiempos y recursos al respecto, y teniendo una estructura establecida.
- En cada emprendimiento se incluye a las personas claves para el desarrollo y definición de políticas.
- Los proyectos son controlados y monitoreados constantemente por parte de los entes de gestión de la Subgerencia Informática y otros entes de dirección de la empresa.

Debilidades

- Los proyectos se encontraron financiados en cuanto a las actividades de construcción. Existe el personal entrenado en las herramientas, pero hay

falencia de personal administrativo que permita llevar un mejor control y rigurosidad en la documentación de los proyectos. [\[PMC GP 2.3\]](#)

- Si bien existe en la organización herramientas que permiten el manejo de datos del proyecto (plantillas, correo electrónico, intranet) y un acuerdo tácito de los documentos a utilizarse en el proyecto, no existen políticas claras definidas de como manejar o registrar esa información o un plan de manejo de datos de los proyectos. [\[PMC GP 2.6\]](#)
- No se establece un seguimiento del cumplimiento de los procesos. Existe un acuerdo tácito en la ejecución de los proyectos y hay evidencia del cumplimiento de los mismos siguiendo los estándares impuestos, pero no existe el personal ni roles necesarios para verificar el cumplimiento estricto de los procesos. [\[PMC GP 2.9\]](#)

En la siguiente Ilustración, se presentan los resultados, que denotan el cumplimiento de los objetivos específicos de las áreas de proceso Gestión de Requerimientos (REQM), Gestión de Proveedores (SAM), Monitoreo y control de proyectos (PMC), Planificación de proyectos (PP), Análisis y Medición (MA), Aseguramiento de Calidad de producto y proceso (PPQA) y Gestión de la configuración (CM), según la implementación de las prácticas expuestas en la Tabla # dentro del Departamento de Investigación y Desarrollo:

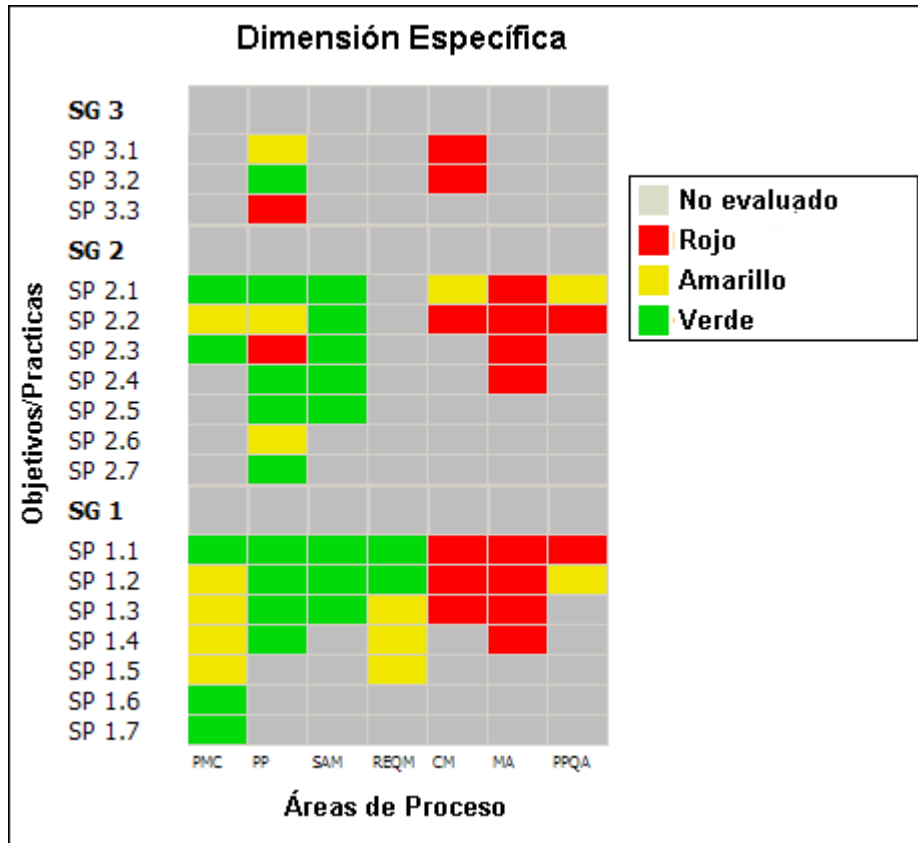


Ilustración 9 Resultados de Evaluación de Objetivos Específicos

En cuanto al cumplimiento de los objetivos específicos (Tabla 7) de las áreas de proceso del Nivel 2 del CMMI, podemos observar las siguientes fortalezas y debilidades en la implementación de las prácticas:

Área de Proceso: Monitoreo y Control del Proyecto (PMC)

Fortalezas

- Existe una serie de herramientas disponibles en la empresa para llevar el control y monitoreo de los proyectos las cuales son usadas extensiblemente por el Departamento de Investigación y Desarrollo.
- Como práctica común dentro del departamento, se realiza un seguimiento continuo de la planeación de los proyectos para determinar desviaciones y evaluar riesgos en el transcurso de la vida del mismo. Adicionalmente se verifica el cumplimiento de hitos fijados en el proyecto.

Debilidades

- No en todos los proyectos o desarrollos existen actas o memorandos que impliquen compromiso de los usuarios finales en cuanto a políticas, procedimientos. [\[PMC SP 1.2\]](#)
- Durante el transcurso de los proyectos se evalúan los riesgos y planes de mitigación de forma verbal. Debe establecerse un mecanismo de documentación y rastreo de riesgos asociados a los proyectos. [\[PMC SP 1.3\]](#)
- En la organización existen herramientas que permiten el manejo de datos del proyecto (plantillas, correo electrónico, intranet) y un acuerdo tácito de los documentos a utilizarse en el proyecto (Procesos) pero no existen políticas claras definidas de cómo manejar o registrar esa información o un plan de manejo y seguimiento de datos de los proyectos. Adicionalmente no existe un mecanismo de verificación de que la documentación se esta cumpliendo acorde las necesidades del proyecto. [\[PMC SP 1.4\]](#)
- Existe participación de los involucrados, pero esta no es tan exhaustiva como se espera. Esto se debe en parte a la práctica organizacional de la empresa. La definición de políticas o procesos debe ser mas clara, detallada y precisa para su implementación y automatización. La empresa debe fomentar las prácticas de la participación e involucramiento y estandarizar la forma en como establece políticas y procesos. [\[PMC SP 1.5\]](#)
- Si bien se toman las acciones correspondientes cuando se presentaron problemas y se documentan tales acciones, esta práctica no fue consistente en todos los proyectos. [\[PMC SP 2.2\]](#)

Área de Proceso: Planificación del Proyecto (PP)

Fortalezas

- En cada proyecto se define un alcance concreto, el cual está definido en los objetivos del mismo. Existe una fase de análisis previo que determina la cantidad de trabajo que se va a realizar mediante una técnica de estimación llamada puntos de casos de uso. A este nivel se reformulan y se negocian los objetivos del proyecto en función de las necesidades más urgentes,

recursos disponibles (personal y herramientas) y tiempo disponible para cumplir el proyecto.

- Los proyectos llevados a cabo dentro del Departamento contemplan el presupuesto y los recursos necesarios para ser llevados a cabo.

Debilidades

- No existe una documentación formal de los riesgos del proyecto. Los riesgos se mitigan mediante planes en el transcurso del proyecto pero estos no se documentan de forma establecida en el plan de proyecto. [\[PP SP 2.2\]](#)
- Dentro de los proyectos se ha manejado varias clases de documentos, pero no se ha determinado el nivel de acceso a dichos documentos. En la medida de lo posible y con los medios al alcance se ha establecido un repositorio común de datos, pero no se ha fijado la periodicidad de los documentos. Faltan por definir varios estándares de los documentos. [\[PP SP 2.3\]](#)
- Existe participación de los involucrados, pero esta no es tan exhaustiva como se espera. Esto se debe en parte a la práctica organizacional de la empresa. La definición de políticas o procesos debe ser mas clara, detallada y precisa para su implementación y automatización. La empresa debe fomentar la práctica de la participación e involucramiento y estandarizar la forma en cómo establece políticas y procesos. [\[PP SP 2.6\]](#)
- Dentro de los proyectos se toman decisiones conforme dificultades se fueron encontrando. En algunos casos tales decisiones fueron documentadas oficialmente, en otros casos se llegó a acuerdos entre los involucrados y los ejecutores del proyecto. No se lleva una documentación exhaustiva de los cambios. [\[PP SP 3.1\]](#)
- En los proyectos existe la colaboración de los involucrados en todos los aspectos. Falta un seguimiento más riguroso en el cumplimiento de compromisos. [\[PP SP 3.3\]](#)

Área de Proceso: Gestión de Proveedores (SAM)

Fortalezas

- La forma de selección de proveedores dentro de los proyectos en cuestión cumple a cabalidad con las recomendaciones del modelo CMMI a nivel 2. Existe una selección adecuada de proveedores, existen contratos firmados entre las partes, sesiones de aceptación de los elementos construidos y se exige que los proveedores se rijan al proceso establecido dentro del departamento. La reglamentación de la empresa a nivel legal y contractual exige cumplir una serie de pasos que pueden ser revisados en cualquier instante del tiempo por parte de organismos de control del estado, por lo que hay cierta rigurosidad al momento de seleccionar los proveedores.

Área de Proceso: Gestión de Requerimientos

Fortalezas

- En el inicio de los proyectos se establece un entendimiento de los requerimientos mediante la fase de análisis y se define un compromiso inicial de cumplimiento de los mismos.

Debilidades

- Durante el desarrollo de los proyectos existen cambios de los requerimientos. Tales cambios en algunos casos no se actualizaron en el plan de proyecto ni en los casos de uso. Falta establecer una rigurosidad en la documentación de los mismos. [\[REQM SP 1.3\]](#)
- A nivel de lo que se va a construir en los proyectos, existe una trazabilidad implícita de los requerimientos, pero no se lleva una documentación adecuada de su trazabilidad. [\[REQM SP 1.4\]](#)
- Durante el transcurso de los proyectos se evalúan las desviaciones del plan original y se establecen acciones para mitigar las mismas. Sin embargo, hay una falencia en llevar una documentación adecuada de las desviaciones encontradas. [\[REQM SP 1.5\]](#)

Área de Proceso: Gestión de la configuración (CM)

Debilidades

- Existen varios ítems para configuración en los proyectos, pero no se establece una política de identificación y control de los mismos durante el transcurso de los proyectos. [\[CM SP 1.1\]](#)
- Se definen para los proyectos unas convenciones en cuanto a la documentación utilizada, pero no existe un sistema de gestión de configuración dentro de los proyectos como tal. [\[CM SP 1.2\]](#)
- Se crean líneas base a nivel de cronograma de proyecto o en las versiones de los sistemas construidos. No se determina en que ítems de configuración debe llevarse líneas base, ni un mecanismo de cómo proceder en todos los ítems. [\[CM SP 1.3\]](#)
- Peticiones de cambio existen durante toda la vida de los proyectos, sobre todo a nivel de comportamiento de los sistemas. Tales cambios se fueron incorporando en los mismos, evaluando y coordinando el impacto en otras partes de los sistemas, pero no se lleva un control documentado de los peticiones de cambio. [\[CM SP 2.1\]](#)
- En elementos de los programas construidos existe un control de los cambios realizados con el fin de consolidarlos en un solo producto final, más no por el hecho de documentar dichos cambios. Falta por definir una política al respecto. [\[CM SP 2.2\]](#)
- No se lleva en los proyectos un registro adecuado de los cambios efectuados en los ítems de configuración. A nivel de componentes construidos, las versiones anteriores de los sistemas fueron respaldadas con el fin de precautelar la funcionalidad anterior o simplemente como práctica para regresar a una versión anterior y la nueva fallara. [\[CM SP 3.1\]](#)

- Se efectúa revisiones en los sistemas contra los requerimientos contratados o desarrollados internamente en las diferentes versiones del sistema. Esta práctica esta ligada a un control de avance del proyecto más no a una gestión de la configuración. [\[CM SP 3.2\]](#)

Área de Proceso: Medición y Análisis (MA)

Debilidades

- No se establecen políticas ni objetivos de recolección de datos de los proyectos. [\[MA SP 1.1\]](#)
- No se establecen medidas o indicadores en los proyectos, si no únicamente los indicadores básicos de desviación de los proyectos y para tomar acciones correctivas. [\[MA SP 1.2\]](#)
- No existe una política de recolección de datos. [\[MA SP 1.3\]](#)
- No se establece una política de análisis de datos. [\[MA SP 1.4\]](#)
- No se establece una política de medición dentro de los proyectos. [\[MA SP 2.2\]](#)

Área de Proceso: Aseguramiento de Calidad de producto y proceso (PPQA)

Debilidades

- No se realiza una evaluación del cumplimiento de los procesos de forma objetiva. Debe plantearse mecanismos de evaluación de los procesos a ser aplicados en forma continua. [\[PPQA SP 1.1\]](#)
- Se evalúan de forma objetiva los productos construidos, con el fin de corregir errores o desviaciones en funcionalidad antes del proceso de puesta en producción, y se establece una política de documentación al

respecto. Falta por definir políticas de como evaluar todos los ítems de un proyecto. [PPQA SP 1.2]

- A nivel de pruebas de los sistemas existe un mecanismo de comunicación de los errores encontrados y las pruebas realizadas. Falta por establecer una evaluación continua de la ejecución de los procesos para definir acciones de control de calidad. [PPQA SP 2.1]
- No se lleva registro de acciones de control de calidad. [PPQA SP 2.2]

2.4 Conclusiones

En el presente capítulo se ha expuesto la aplicación de la metodología de evaluación de procesos y madurez siguiendo las recomendaciones del Modelo CMMI en el Nivel 2 en los procesos del Departamento de Investigación y Desarrollo. Adicionalmente, se han presentado los resultados obtenidos de dicha evaluación utilizando para ello ilustraciones y exponiendo las fortalezas y debilidades en el cumplimiento o no de los objetivos expuestos en el modelo.

En general, el cumplimiento de todas las prácticas establecidas en el modelo CMMI, si bien implican varias ventajas en la gestión de los proyectos y en el producto obtenido, tienen costos asociados, sobre todo a nivel de generación de documentación, que en el modelo es utilizada como herramienta de gestión y como evidencia en el cumplimiento de lo recomendado.

Hay que tener en cuenta que los modelos como CMMI establecen que es lo que se debería tomar el cuenta para mejorar los procesos, no establecen un cómo se deberían ejecutar los mismos.

De la metodología de evaluación, cabe mencionar que en la documentación revisada, el modelo establece los lineamientos específicos para realizar una evaluación consistente y ordenada, incorporando a su vez sobre la misma, practicas documentadas en el modelo, como la división en fases del trabajo a realizarse, la planificación y gestión del proyecto de evaluación y gestión de compromisos y documentación.

Para reducir la carga de trabajo, en la aplicación de las prácticas del modelo, es recomendable utilizar herramientas de gestión. En el caso puntual de la evaluación, la utilización de la herramienta de software Appraisal Assistant, permitió a la vez de alivianar las actividades realizadas, llevar un registro de las evidencias encontradas, mantener un orden y obtener los resultados de mejor forma, que si se hubiera realizado de forma manual.

Con respecto a la evaluación en sí, es evidente que varias prácticas relacionadas con las áreas de proceso de Análisis y Medición (MA), Aseguramiento de Calidad de producto y proceso (PPQA) y Gestión de la configuración (CM) no se han implementado. A futuro se deberían incorporar tales prácticas dentro de los procesos del Departamento, si el objetivo final es alcanzar el nivel 2 del Modelo CMMI.

Con respecto a las otras áreas de proceso, las prácticas se cumplen, pero deben ser aplicadas de forma más consistente y rigurosa en todos los desarrollos futuros. Deben considerarse además recursos adicionales a nivel de personas y herramientas que permitan un mejor control en la gestión de los proyectos y en los entregables o productos generados en los procesos y debe establecerse una disciplina entre los miembros participantes en los proyectos para las recomendaciones del modelo sean aplicables.

CAPÍTULO III PROPUESTA DE IMPLEMENTACION

3.1 Introducción

Como se expreso en los capítulos anteriores los modelos de madurez de proceso como el CMMI, no expresan el cómo implementar los procesos, pero si brindan los preceptos generales de lo que se debería considerar para poder trabajar con mayor control y calidad sobre los proyectos de software.

En el capítulo 2 se ha hecho una evaluación de los procesos dentro del Departamento de Investigación y Desarrollo con miras a establecer recomendaciones de mejora. Claramente puede observarse que respecto a la evaluación en sí, es evidente que varias prácticas relacionadas con las áreas de proceso de Análisis y Medición (MA), Aseguramiento de Calidad de producto y proceso (PPQA) y Gestión de la configuración (CM) no se han implementado aun. Otras prácticas se están llevando a cabo pero faltan por mejorar en algunos aspectos.

Tomando en consideración lo obtenido hasta el momento, y tratando de establecer unas bases de cómo re formular los procesos del Departamento, en el presente capítulo se establecen recomendaciones o políticas de mejoramiento basándonos en la evaluación efectuada en el capítulo anterior. Las recomendaciones aquí expuestas guardan relación con las recomendaciones del modelo CMMI Nivel 2 y servirán como base de las políticas a ser incluidas en el manual de calidad.

Luego, habituándonos en la realidad del departamento, se propone el “como”, implementar el proceso de requerimientos acogiendo las prácticas y subprácticas del modelo CMMI Nivel 2. Partiendo de una unidad básica de trabajo el “requerimiento” , se establecerá una serie de transformaciones hasta obtener el “requerimiento” solucionado o producto final, considerando en cada transformación las prácticas a ser aplicadas .

Finalmente se expondrá como varios requerimientos conforman un proyecto específico y como lo construido en dicho proyecto dan forma una o más versiones de productos. Dicha propuesta servirá de base para la definición de procedimientos del área a ser expresados en el manual de calidad.

3.2 Consideraciones Iniciales

Según Boehm ^[BOE04], un elemento esencial a ser considerado en cualquier intento de mejora de procesos, es la disciplina de la organización en el cumplimiento de lo propuesto; la disciplina en la vida real, hace que los atletas entrenen todos los días para ser campeones olímpicos, los artesanos practiquen y perfeccionen las técnicas para obtener mejores productos, y en el caso de la ingeniería, el aplicar procesos de forma consistente para ejecutar trabajo y enfrentar de forma más efectiva las situaciones inesperadas.

La disciplina en efectuar las cosas se logra mediante el compromiso personal de cada individuo involucrado dentro del proceso, así como en el establecer y cumplir políticas y estándares que permitan la creación de una práctica ¹ de “así hacemos las cosas aquí” que garanticen la consistencia y la reproducción de acciones similares dentro de cada proceso a futuro. El compromiso personal se ve reforzado con el apoyo y la inclusión de los entes de dirección en el proceso.

Otro elemento a considerarse es la cantidad de trabajo a ser empleado en el cumplimiento de las prácticas de mejora de procesos. Los modelos analizados y aplicados son ideales, es decir hacen recomendaciones sin considerar los entornos a los que se aplican. Si bien el aplicando las recomendaciones el desarrollo se vuelve menos caótico, en el caso de CMMI, hay un considerable trabajo en levantamiento de documentación, el cual si bien implica control, en ciertas ocasiones puede ser tan demasiado burocrático o lento que puede ir en desmedro de los proyectos en donde se aplica. En nuestras organizaciones, los recursos son limitados y existe gran cantidad de trabajo.

El cumplimiento de varias tareas a la vez va en desmedro de la calidad de servicio y resta visibilidad al departamento de desarrollo, pero, también es cierto que “la gran cantidad de trabajo”, se vuelve a veces una excusa para que la ejecución de las tareas se lo realice de forma caótica y sin control. El aplicar los principios de CMMI,

¹ Hemos preferido usar el término “práctica”, en lugar del de “cultura” – usado corrientemente en mucha literatura comercial – debido a que el concepto de cultura es mucho más amplio, e incluye aspectos como la lengua, la religión, y la tecnología (Salgado, 2009). La práctica tiene que ver con el conocimiento sobre el modo de hacer algo, el uso continuado, la costumbre o estilo propios de la organización.

si bien organiza el trabajo y dicta los lineamientos generales, implica el incluir más tareas de las encomendadas y estas deben hacerse verificando su beneficio.

Al respecto, es factible totalmente recomendable el explorar técnicas de desarrollo rápido de sistemas, como por ejemplo la programación extrema ^[KOC05]. Los modelos de proceso como en este caso el CMMI están influenciados por organizaciones que realizan proyectos altamente estructurados, cuyas realidades no necesariamente son las de la organización en donde se aplican los modelos.

De la documentación revisada ^[BOE04] existe mucha discusión y enfrentamiento entre los métodos de desarrollo altamente estructurados y los métodos “ágiles” en auge en ciertas organizaciones, que los ponen en extremos opuestos. La clave está en la aplicación de los principios de ambos “mundos” que generen valor en la organización. El objetivo es ser lo suficientemente “ágiles” para realizar las labores de forma rápida y lo suficientemente “estructurados” para mantener el control, la consistencia y la predictibilidad de las labores.

Para el cumplimiento de las recomendaciones de los modelos de proceso, deben las organizaciones apoyarse mucho en la tecnología y no prescindir de ella. Existen herramientas especializadas para cada área de proceso que ayudan mucho a la gestión del trabajo realizado. En muchas ocasiones son herramientas gratuitas de código fuente abierto. Las herramientas aseguran la consistencia de las labores realizadas y permiten registrar datos, que son la base para el análisis de gestión y que a futuro servirán para establecer y mejorar la predictibilidad en otros proyectos.

Muchas de las veces las políticas y convenciones inicialmente se aplican, pero sino existe seguimiento al respecto, estas quedan como un buen intento registrado en papel. Los sistemas y herramientas ayudan a aplicar las políticas y en si mismo son un mecanismo de seguimiento.

En cada intento de mejora de procesos, no existe la “bala de plata” en cuanto a la formulación y aplicación de procesos. Por lo tanto el apasionamiento sobre tal o cual modelo, o herramienta, si bien ayuda muchas veces a la consecución de objetivos, no necesariamente es la mejor forma de cumplirlos. Siempre existirá otra forma de hacer las cosas y debe tomarse en cuenta todas las alternativas.

Finalmente, cada organización es tan diferente como diferencias existen entre las personas, por lo tanto cada organización debe establecer su forma de trabajar orientándose, a los recursos que posee y al ambiente que enfrenta, y por supuesto, la adopción de cualquier estándar, recomendación o prácticas, se garantiza, cuando haya voluntad de cambio por parte de todos los participantes.

Enfocándonos en la realidad del Departamento de Investigación y Desarrollo, consideramos que las recomendaciones del modelo CMMI en cuanto a prácticas y subprácticas son completamente aplicables y según la evaluación efectuada, algunas de ellas ya se estarían cumpliendo. Pero de lo que hemos hablado en párrafos anteriores, se debe tener en cuenta la realidad en cuanto a personal, recursos y herramientas disponibles y los resultados que se desean obtener. Sobre todo, es recomendable adoptar prácticas que generen valor al ciclo de desarrollo de productos dentro del Departamento.

3.2 Propuesta de Implementación

La presente propuesta de implementación de mejora de procesos del Departamento de Investigación y Desarrollo parte de la evaluación realizada en el capítulo anterior que verifica el cumplimiento de las prácticas CMMI Nivel 2 haciendo uso de la metodología explicada anteriormente.

Como pudo observarse, en la evaluación hemos destacado las fortalezas y las debilidades en la aplicación de las prácticas establecidas en el modelo. En base a la información encontrada, en la presente propuesta, se han establecido recomendaciones de mejora que son aplicables a los procesos que actualmente aplica el departamento.

Las recomendaciones de mejora encontradas se convertirán en políticas a ser cumplidas junto con las prácticas del modelo y parten de una realidad específica del Departamento.

3.2.1 Recomendaciones de Mejora de Procesos para el Departamento de Investigación y Desarrollo

Tomando en cuenta las fortalezas y debilidades en cuanto a la adopción de prácticas CMMI Nivel 2 en los proyectos ejecutados por el Departamento de Investigación y Desarrollo en el año 2008, se han establecido las siguientes recomendaciones por cada área de proceso a ser considerados en la propuesta de implementación:

Área de Proceso: Monitoreo y Control del Proyecto (PMC)

- Emplear extensamente y difundir el uso de herramientas informáticas disponibles en la empresa para efectuar el control y monitoreo de proyectos.
- Realizar el seguimiento continuo del proyecto en cuestión, verificando las actividades e hitos planificados con anterioridad y el control de la ejecución.
- Documentar de forma rigurosa los acuerdos con los actores del proyecto en cuanto a políticas y procedimientos, estableciendo responsabilidades y compromisos a cumplirse. Lo documentado debe convertirse en ley en el proyecto.
- Actualizar de forma continua los riesgos asociados al proyecto y los planes de mitigación los cuales deben ser comunicados y convenidos entre los actores del proyecto.. Ejecutar los planes de mitigación conforme al plan y documentar las desviaciones.
- Difundir de forma continua entre los actores del proyecto, el estado, el alcance y los objetivos del mismo, para elevar la conciencia y la responsabilidad en la toma de decisiones y ejecución de actividades dentro del proyecto.

Área de Proceso: Planificación del Proyecto (PP)

- Establecer un alcance y objetivos concretos del proyecto, dividiendo el trabajo a ser realizado en actividades y tareas agrupadas en fases, hitos de cumplimiento y entregables en cada una de ellas.
- El tiempo de cumplimiento de las actividades debe estar en función del número de recursos y en las características u objetivos a alcanzar con el proyecto. Tiempo, recursos y características del producto deben ser negociados como parte de la planificación inicial del proyecto.
- Establecer con anterioridad de inicio del proyecto, mecanismos rigurosos de control, difusión, versiones, responsabilidades o control de compromisos y convención de uso de documentación entre los actores del proyecto apoyándose en la utilización las herramientas disponibles dentro de la empresa como lo es el correo electrónico, los portales de la Intranet, etc.
- Difundir entre los actores del proyecto el alcance y los objetivos del mismo, para elevar la conciencia y la responsabilidad en la toma de decisiones y ejecución de actividades dentro del proyecto.
- Documentar con anterioridad los riesgos asociados al proyecto y los planes de mitigación lo cuales deben ser comunicados y convenidos entre los actores del proyecto.
- Socializar el proyecto entre todos los actores del mismo con el fin de elevar el compromiso, la participación y la proactividad en el cumplimiento actividades y en la definición de políticas que acompañen a los desarrollos de Departamento de Investigación.

Área de Proceso: Gestión de Proveedores (SAM)

- Si el proyecto contempla proveedores externos, debe establecerse mecanismos claros de selección de proveedores.

- Las actividades a ser realizadas por recursos fuera del Departamento de Investigación y Desarrollo deben ser concretas, entendibles, limitadas y negociadas en un contrato entre las partes.
- La aceptación en el cumplimiento de actividades y entregables a ser realizados por proveedores debe estar estipulado con anterioridad y especificado claramente en el contrato inicial. La aceptación debe cumplirse según lo establecido.

Área de Proceso: Gestión de Requerimientos

- Establecer un entendimiento de los requerimientos solicitados al Departamento mediante un análisis inicial que establezca con certeza lo que desea el usuario final. El análisis inicial debe terminar con un acuerdo o compromiso entre la parte solicitante y personal del Departamento de Investigación y Desarrollo sobre lo que se va a realizar.
- Los requerimientos dictan las características del producto o entregable a ser construido en el proyecto, en un tiempo específico y con recursos destinados a la ejecución del proyecto.
- Los requerimientos son factibles de cambio y su variación debe impactar en la ejecución del proyecto en cuestión de tiempos o alcance del mismo. Por lo tanto todo cambio debe ser documentado en el plan de proyecto creado en la planificación del proyecto, negociado y difundido entre los actores del mismo.
- Los requerimientos guardan relación entre sí, por lo tanto es necesario llevar una trazabilidad documentada de los mismos con el fin de obtener consistencia en el producto realizado dentro del proyecto.

Área de Proceso: Gestión de la configuración (CM)

- Al inicio del proyecto se debe establecer una política de identificación y control de items proclives a llevar un control de versiones. Los items van

desde documentos oficiales del proyecto hasta entregables a nivel de software.

- Para llevar el control de versiones en la documentación creada en el proyecto debe utilizarse las características de las herramientas tecnológicas disponibles en la empresa como Intranet o los sistemas de gestión de requisitos (Requisite Pro).
- Los cambios dentro del proyecto deben documentarse mediante un mecanismo de control de cambios. El mencionado control de cambios debe dejar por sentado entre las partes de que existió un cambio que afecta al proyecto. Los cambios deben ser numerados y cada cambio implica cambios a nivel de proyecto.
- La documentación de los cambios realizados durante la vida del proyecto deben permitir realizar comparaciones para verificar la evolución del proyecto. Las comparaciones brindan además datos para retroalimentación futura en la ejecución de otros proyectos.
- Los hitos del proyecto, la documentación y los productos a ser obtenidos durante la vida del proyecto deben tener números de versión que identifiquen los cambios realizados sobre los mismos.

Área de Proceso: Medición y Análisis (MA)

- Hacer uso de un mecanismo de recolección de datos de los proyectos, registrando la información de requerimientos, actividades y recursos en un sistemas de captura de datos por ejemplo Microsoft Project Server o la Intranet.
- Definir un sistema de recolección de datos que deba ser utilizado por todos los involucrados en el proyecto para registrar el avance de actividades haciendo uso de las herramientas disponibles en el Departamento.

- Los datos registrados sirven para información de avance del proyecto. Los criterios de procesamiento de la mencionada información deben definirse de forma estándar para todos los proyectos.
- La información y datos generados sirven a futuro para predecir como se va a comportar un proyecto y calibrar las estimaciones en el cumplimiento de actividades, rendimiento en cuanto a recursos y tiempos empleados.

Área de Proceso: Aseguramiento de Calidad de producto y proceso (PPQA)

- El cumplimiento de los procedimientos establecidos en el proyecto deben ser evaluados de forma constante, para mejorar la consistencia del proyecto y salvaguardar la integridad en cuanto documentación y prácticas en el proyecto.
- La evaluación del cumplimiento de los procedimientos establecidos deben retroalimentar mejoras a realizarse futuro o la adopción de otras prácticas. De esta forma se cumplen los lineamientos del mejoramiento continuo de procesos.
- Los productos construidos dentro de un proyecto deben guardar uniformidad tanto a nivel de documentación como a nivel de sistemas desarrollados. Con esto se facilita el mantenimiento de los mismos y se garantiza la consistencia en los productos construidos.
- La verificación de defectos en los productos construidos deben ser documentadas. Deben establecerse listas de revisión de cada producto, incluyendo la documentación. La verificación de cada lista debe hacerse de forma rigurosa para establecer las posibles desviaciones a lo establecido y en el caso de sistemas detectar errores.

3.3 Proceso de requerimientos y prácticas CMMI Nivel 2

Establecidas las recomendaciones de mejora en la sección anterior, en la presente formularemos una propuesta de proceso de requerimientos basada en la realidad del Departamento, aplicando los prácticas establecidas CMMI Nivel 2.

Partiremos del proceso de una unidad básica de tarea que internamente la llamamos requerimiento. Se establecerán varios estados de proceso del requerimiento, en los cuales se aplicarán las practicas CMMI.

Establecido el proceso de un requerimiento se relacionará la propuesta a varios requerimientos. Lo establecido en la presente sección servirá más adelante como base para la formulación de un manual de procedimientos considerando las prácticas del Modelo CMMI Nivel 2.

3.3.1 Propuesta de implementación a partir de un requerimiento

Para la propuesta partimos de una unidad básica de solicitud de trabajo por parte de las áreas de la empresa hacia el Departamento de Investigación y Desarrollo, el requerimiento. Un requerimiento tiene una “cadena de producción” y pasa por varios estados de transformación antes de su finalización o descarte, tal como puede observarse en la siguiente ilustración (Ilustración 10):

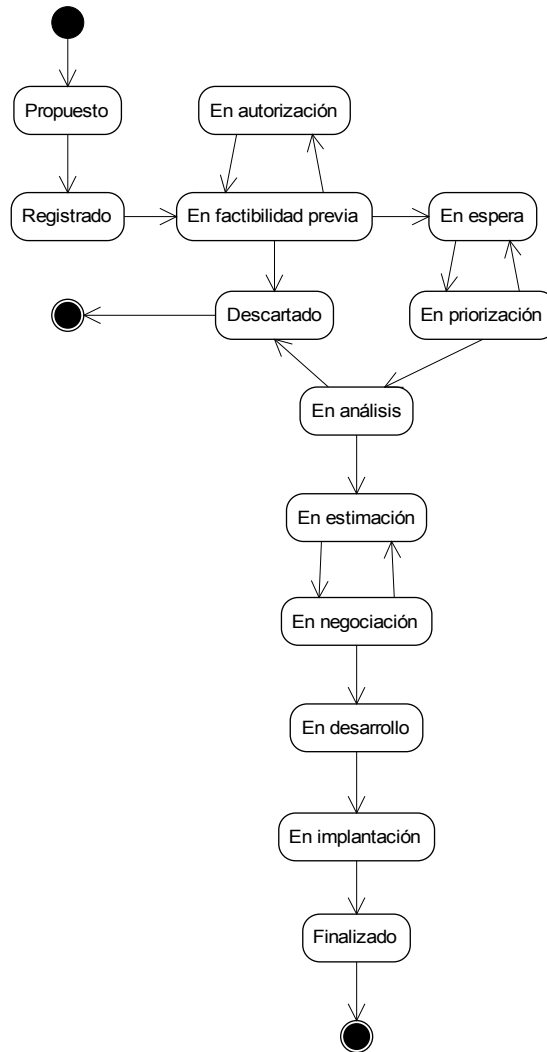


Ilustración 10 Diagrama de Estados de Proceso de Requerimientos

Los estados del requerimiento denotan transformación como en una línea de producción o montaje. En cada estado se hacen uso de recursos humanos y herramientas en la transformación al siguiente estado posible. A diferencia de un producto en fase de elaboración, el requerimiento es una solución a un problema determinado. A continuación se explica cada estado del requerimiento

Estado	Descripción
Propuesto	Un requerimiento es propuesto por parte de un área requirente a través de varios mecanismos como memorandos, correo electrónico, conversaciones telefónicas o simplemente como consecuencia de una mejora o corrección a un sistema específico.
Registrado	Una vez propuesto, el requerimiento es registrado en algún

	mecanismo de seguimiento. Lo importante es que se encuentre absolutamente toda petición registrada, considerando la fecha de registro, quien lo hace, quien hace la petición de registro, etc.
En factibilidad previa	En este estado se establecen actividades, tiempo y recursos para establecer una factibilidad previa del requerimiento solicitado. La duración de las actividades esta en función de la complejidad del requerimiento.
En autorización	En este estado el requerimiento cuando es necesario una fase de autorizaciones o definiciones de políticas previas a la ejecución posterior del requerimiento.
Descartado	El requerimiento es descartado luego de comprobarse su imposibilidad de ejecución o cumplimiento.
En espera	Determinada la factibilidad previa del requerimiento, este ingresa a la espera de liberación de recursos para su cumplimiento.
En priorización	Al liberarse recursos para ejecutar el requerimiento, este o varios entran en una fase de priorización, es decir cual se ejecutará primero, cual después, etc. En esta fase varios requerimientos podrán establecerse como un proyecto concreto.
En análisis	En este estado un requerimiento entra a un análisis más profundo. En este estado se establecen actividades, recursos y tiempo para esclarecer aun más el requerimiento y definir unas especificaciones concretas del mismo, como por ejemplo, un documento de especificaciones de software.
En estimación	En este estado la fase de análisis ha concluido y se estima la cantidad de tiempo y recursos necesarios para cumplir el requerimiento. En el caso de software se pueden utilizar técnicas como estimación de puntos de caso de uso, de función, etc.
En negociación	Estimado el trabajo, se entra en una fase de negociación del cumplimiento del requerimiento. En la negociación entran en juego la cantidad de características a cumplirse, con los recursos destinados y el tiempo de entrega.
En desarrollo	En este estado, se efectúa la creación y pruebas de la solución al requerimiento a partir de las especificaciones iniciales y la negociación de características.

En implantación	En este estado la solución se implementa en producción. Una o más soluciones a requerimientos pueden ejecutarse simultáneamente.
Finalizado	En este estado el requerimiento ha finalizado exitosamente.

Tabla 9 Estados de un requerimiento

A diferencia de una línea de montaje, en donde el producto se va transformando, en este caso, en cada estado existen varios productos que dan cuenta de la búsqueda de una solución a un requerimiento específico. Los productos creados son básicamente documentos o artefactos de software, los cuales tienen un formato digital.

Al hablar de una propuesta de estados para un requerimiento, sentamos las bases para cumplir con las prácticas de la gestión de requerimientos para el nivel 2 de CMMI como son la administración de cambios en los requerimientos, entendimiento de los mismos y la trazabilidad.

En cada estado o estación de transformación, existen elementos de trabajo, tiempo y recursos, en los cuales deben aplicarse las prácticas establecidas para la planeación y manejo de proyectos del nivel 2 del CMMI, como son el establecimiento de un plan, los compromisos hacia el mismo, el monitoreo del plan, y la estimación de esfuerzos. En ciertos casos un requerimiento establece la adquisición de herramientas o servicios, sobre los cuales deben tomarse en cuenta las recomendaciones sobre la Gestión de Proveedores.

Los productos resultados de cada estado, son proclives a una catalogación, categorización y control de versiones, basados en las prácticas de la gestión de la configuración del nivel 2 del CMMI. Por ejemplo, los documentos de especificaciones de software, tendrían varias versiones en el transcurso del tiempo, o existirían varios documentos de casos de uso con diferentes versiones, denotando los cambios en los requerimientos, o podría establecerse que el cumplimiento de varios requerimientos podría significar el cambio a una versión superior de un producto.

Puede deducirse que la “cadena de producción” arroja una serie de métricas, pero debido a la cantidad de interacciones sobre requisitos y sus estados, sería

necesario el planteamiento de un sistema de información de requisitos y de captura de información como base para el cumplimiento de las recomendaciones de las áreas de proceso de Análisis de Datos y el Aseguramiento de la Calidad del nivel 2 del CMMI.

En la siguiente tabla se puede apreciar la aplicación de las recomendaciones del modelo CMMI Nivel 2 sobre cada estado del requerimiento.

Área de Proceso	Objetivos	Estado del Requerimiento												
		Propuesto	Registrado	En factibilidad previa	En autorización	Descartado	En espera	En priorización	En análisis	En estimación	En negociación	En desarrollo	En implantación	Finalizado
Gestión de la Configuración (CM)	SG 1 Establecer líneas base		X	X					X		X			
	SG 2 Establecer Integridad		X	X				X	X	X	X	X	X	
	SG 3 Registrar y Controlar los Cambios		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mediación y Análisis (MA)	SG 1 Alinear las Actividades de Medición y Análisis			X					X	X		X	X	
	SG 2 Proporcionar resultados de las mediciones							X	X	X	X	X	X	X
Aseguramiento de Calidad de Producto y Proceso (PPQA)	SG 1 Evaluar objetivamente los procesos y productos		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	SG 2 Proveer de intuición objetiva		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Monitoreo y Control del Proyecto (PMC)	SG 1 Gestión de Acciones Correctivas al Cierre			X					X	X		X	X	
	SG 2 Verificar el progreso del Proyecto contra el Plan			X					X	X	X	X	X	
Planificación del Proyecto (PP)	SG 1 Desarrollar un plan de proyecto			X				X			X			
	SG 2 Establecer estimaciones			X				X			X			
	SG 3 Obtener compromiso con el Plan			X				X			X			

Gestión de Requerimientos (REQM)	SG 1 Gestionar los requerimientos		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Gestión de Proveedores (SAM)	SG 1 Establecer acuerdos con los proveedores							X	X		X			
	SG 2 Satisfacer los Acuerdos con los Proveedores								X			X		

Tabla 10 Estados de requerimiento y prácticas CMMI

3.3.2 Proceso de varios requerimientos

Siendo la unidad básica el requerimiento y sabiendo que los principios de madurez de proceso son aplicables a dicha unidad básica, podemos hablar ahora de la ejecución de varios requerimientos a la vez. En este caso la “cadena de producción” es totalmente aplicable, pero sería necesario la coordinación y orquestación de la ejecución en conjunto de varios requerimientos tomando muy en cuenta el nivel de ocupación de los recursos, los tiempos y la priorización de ejecución de las tareas.

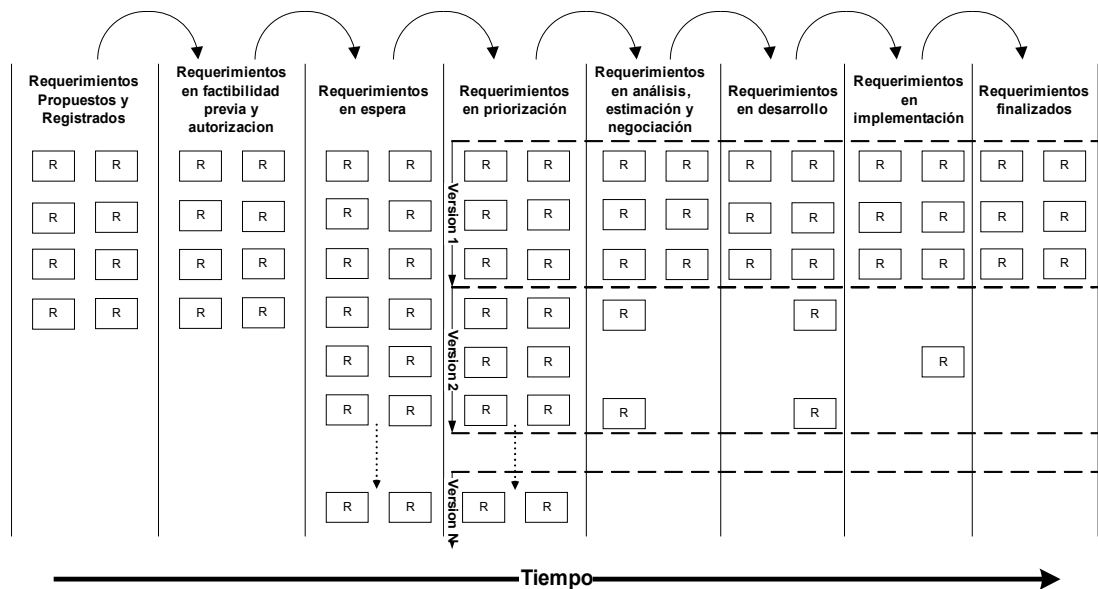


Ilustración 11 Cadena de producción de requerimientos

Se establecería una serie de requerimientos que están a la espera, pasen a priorización y formar parte de un proyecto de ejecución, según un análisis previo y la cantidad de recursos disponibles en ese instante. El cumplimiento de dicho “lote” de requerimientos puede establecer una versión a futuro de un sistema en el caso de un desarrollo puntual, y únicamente dichos requerimientos siguen todo el flujo de estados hasta la finalización total de los mismos.

La ejecución únicamente de un grupo identificado de requerimientos asegura que todo esfuerzo y tiempo de los recursos se dedica exclusivamente a la consecución de unos objetivos planteados y negociados. Esto sin duda alguna facilita y da sentido a la gestión y el monitoreo de proyectos. Sin la orquestación de requerimientos, no existe un plan concreto de ejecución ni una distribución correcta de los recursos y por ende el control de actividades y trabajo se esfuma.

La finalización de los requerimientos dentro del lote sería de forma asincrónica, es decir, que no se espera que todos los requerimientos estén listos para liberar la versión o culminar el trabajo. Si no tienen relación entre sí, cada requerimiento seguirá el flujo establecido de proceso y se pondrán en producción de forma independiente. Conforme se vayan terminando los requerimientos, los recursos quedan disponibles para culminar el trabajo pendiente o para iniciar nuevamente el ciclo con otros requerimientos a ser completados en otra versión.

Sin embargo, siendo los recursos escasos y existiendo requerimientos emergentes que no pueden quedar a la espera, los objetivos planteados cambian, y es allí donde la gestión de proyectos debe entrar en acción. Es importante entonces un proceso de negociación de tiempos, recursos y características de los requerimientos ya planteados y los que entran de forma emergente. Se exige entonces un control de cambios minucioso, que refleje el nivel anterior de ocupación de recursos y el nuevo nivel de ocupación, para tomar decisiones que incidan sobre proyectos futuros.

En el caso de existir con frecuencia requerimientos emergentes, es recomendable entonces reducir el conjunto de requerimientos a ejecutarse en cada ciclo, o a reducir el tiempo de ejecución de cada ciclo. De esta forma los requerimientos emergentes pueden ser ejecutados a la par de los requerimientos de cada ciclo.

Con respecto a los ciclos de desarrollo en el caso de creación de software, el esquema propuesto deja libre al tipo de desarrollo a realizarse (ágil o estructurado), pero considerando que los requerimientos estos deben entrar siempre a la cadena de producción propuesta considerando tiempos, recursos y características.

Finalmente, la documentación en los proyectos expresan que el trabajo se ha cumplido a cabalidad, pero posiblemente no agreguen ningún otro valor en determinadas situaciones. Es importante entonces determinar los productos que realmente son valiosos en el contexto de ejecución de un proyecto, considerando nuevamente los tiempos y recursos con los que se disponga. Por ejemplo en ciertos casos es preferible tener una documentación clara a nivel de fuentes de programas que una serie de casos de uso.

3.3 Conclusiones

En el presente capítulo se ha expuesto una propuesta base para la implementación de procesos dentro del Departamento de Investigación y Desarrollo. Se ha utilizado el paradigma de cadena de producción de un requerimiento como punto inicial de partida para la definición de procesos. Sobre cada estado de proceso de un requerimiento, son aplicables varias recomendaciones del modelo de madurez CMMI. Por ejemplo el análisis del requerimiento aplica recomendaciones de gestión de proyectos, gestión de requerimientos y control de versiones.

Luego a partir del proceso de un requerimiento, se agrupan varios requerimientos para su ejecución. La solución de los requerimientos agrupados conforman los objetivos de un proyecto, los cuales deben cumplirse considerando los recursos disponibles y el tiempo convenido. Las recomendaciones del modelo CMMI entonces se aplican al conjunto de actividades de solución de los requerimientos, aplicándose por ende al proyecto de construcción.

Partimos entonces de algo específico o mínimo, para luego relacionarlo con las prácticas del modelo, y finalmente extenderlo y hacerlo general para las actividades de desarrollo. Consideramos que el hacerlo así, facilita la comprensión de las tareas y su relación con el modelo de madurez CMMI.

La propuesta de implementación sienta las bases para una definición posterior de los procesos del Departamento aplicando los principios del modelo CMMI Nivel 2. Tales principios se ven expuestos en el manual de calidad y procesos producto del presente trabajo de graduación.

Finalmente, se hacen recomendaciones al respecto de lo aconsejado por el modelo de madurez de proceso CMMI. Sobre todo al momento de aplicarlo, se debe

considerar que existirá una cantidad considerable de trabajo adicional, por lo que se debe evaluar correctamente la necesidad o no de establecer ciertos controles o documentos, que denotan el cumplimiento de las recomendaciones. Un análisis de costo beneficio siempre es necesario al momento de establecer actividades.

Finalmente, el marco de referencia expuesto permite dar flexibilidad al ciclo de desarrollo a utilizarse, dando libertad para aplicar conceptos de la programación extrema, pero bajo control estricto y estructurado basado en las prácticas del modelo CMMI.

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como se ha visto existen varios procesos cuya utilización la dicta muchas veces el problema que se pretende resolver, la claridad de los requerimientos y el tiempo de salida de un producto. Con esto se afirma también que un proceso establecido puede ser efectivo en algunos casos, pero ineficiente en otros.

La estructuración excesiva de un proceso de software utilizando los principios de ingeniería y calidad, puede ser perjudicial en ciertos proyectos que necesitan rapidez en la construcción de un producto. Adicionalmente, el exceso de agilidad puede ser contraproducente por cuanto el mantenimiento de un sistema o la volatilidad de los requerimientos pueden implicar costos que afecten al flujo de efectivo de un proyecto en su ejecución. Lo ideal se encuentra en la mitad, es decir utilizar lo mejor de la estructuración y formalización y la agilidad en la ejecución de un proyecto.

Los marcos de referencia de mejora de procesos presentados tienen principios comunes, es decir, sus objetivos en definitiva son el incrementar la calidad y el control sobre un proyecto de software. Si bien son enfoques diferentes de un mismo problema, pueden encontrarse elementos comunes e intercambiables entre sí.

Los marcos de referencia de mejora de procesos no sirven únicamente como camino o ruta de mejora si no para determinar un punto de partida. Estos modelos incluyen pautas definidas y recomendaciones a seguir para efectuar una evaluación de procesos de forma independiente si el objetivo final sea o no una mejora siguiendo los planteamientos del mismo.

Para el desarrollo del presente tema de tesis se evaluaron los procesos de desarrollo utilizando el marco de referencia CMMI a un nivel 2 representado por etapas. La selección de dicho modelo se realiza por cuanto estableció una serie de requisitos a cumplirse en una fase específica. El cumplimiento de todos los niveles del modelo exige la consecución de objetivos que involucran a la organización y mayor cantidad de recursos de los disponibles, por lo que considero que el alcanzar

los objetivos del nivel 2 es suficiente para regularizar los procesos actuales del Departamento de Investigación y Desarrollo

A partir de lo establecido, se aplicó una metodología de evaluación de procesos y madurez siguiendo las recomendaciones del Modelo CMMI en el Nivel 2 en los procesos del Departamento de Investigación y Desarrollo. Se obtuvieron resultados de la evaluación exponiendo las fortalezas y debilidades en el cumplimiento o no de los objetivos expuestos en el modelo.

En general, el cumplimiento de todas las prácticas establecidas en el modelo CMMI, si bien implican varias ventajas en la gestión de los proyectos y en el producto obtenido, tienen costos asociados, sobre todo a nivel de generación de documentación, que en el modelo es utilizada como herramienta de gestión y como evidencia en el cumplimiento de lo recomendado.

Hay que tener en cuenta que los modelos como CMMI establecen que es lo que se debería tomar en cuenta para mejorar los procesos, no establecen un cómo se deberían ejecutar los mismos.

De la metodología de evaluación, cabe mencionar que en la documentación revisada, el modelo establece los lineamientos específicos para realizar una evaluación consistente y ordenada, incorporando a su vez sobre la misma, prácticas documentadas en el modelo, como la división en fases del trabajo a realizarse, la planificación y gestión del proyecto de evaluación y gestión de compromisos y documentación.

Para reducir la carga de trabajo, en la aplicación de las prácticas del modelo, es recomendable utilizar herramientas de gestión. En el caso puntual de la evaluación, la utilización de la herramienta de software Appraisal Assistant, permitió a la vez de aliviar las actividades realizadas, llevar un registro de las evidencias encontradas, mantener un orden y obtener los resultados de mejor forma, que si se hubiera realizado de forma manual.

Con respecto a la evaluación en sí, es evidente que varias prácticas relacionadas con las áreas de proceso de Análisis y Medición (MA), Aseguramiento de Calidad

de producto y proceso (PPQA) y Gestión de la configuración (CM) no se han implementado. A futuro se deberían incorporar tales prácticas dentro de los procesos del Departamento, si el objetivo final es alcanzar el nivel 2 del Modelo CMMI.

Con respecto a las otras áreas de proceso, las prácticas se cumplen, pero deben ser aplicadas de forma más consistente y rigurosa en todos los desarrollos futuros. Deben considerarse además recursos adicionales a nivel de personas y herramientas que permitan un mejor control en la gestión de los proyectos y en los entregables o productos generados en los procesos y debe establecerse una disciplina entre los miembros participantes en los proyectos para las recomendaciones del modelo sean aplicables.

Se expuso finalmente una propuesta base para la implementación de procesos dentro del Departamento de Investigación y Desarrollo. Se ha utilizado el paradigma de cadena de producción de un requerimiento como punto inicial de partida para la definición de procesos. Sobre cada estado de proceso de un requerimiento, son aplicables varias recomendaciones del modelo de madurez CMMI.

Luego a partir del proceso de un requerimiento, se agrupan varios requerimientos para su ejecución. La solución de los requerimientos agrupados conforman los objetivos de un proyecto, los cuales deben cumplirse considerando los recursos disponibles y el tiempo convenido. Las recomendaciones del modelo CMMI entonces se aplican al conjunto de actividades de solución de los requerimientos, aplicándose por ende al proyecto de construcción.

Partimos entonces de algo específico o mínimo, para luego relacionarlo con las prácticas del modelo, y finalmente extenderlo y hacerlo general para las actividades de desarrollo. Consideramos que el hacerlo así, facilita la comprensión de las tareas y su relación con el modelo de madurez CMMI.

La propuesta de implementación sienta las bases para una definición posterior de los procesos del Departamento aplicando los principios del modelo CMMI Nivel 2. Finalmente se hacen recomendaciones al respecto de lo aconsejado por el modelo

de madurez de proceso CMMI. Sobre todo al momento de aplicarlo, se debe considerar que existirá una cantidad considerable de trabajo adicional, por lo que se debe evaluar correctamente la necesidad o no de establecer ciertos controles o documentos, que denotan el cumplimiento de las recomendaciones. Un análisis de costo beneficio siempre es necesario al momento de establecer actividades.

El marco de referencia o propuesta de implementación expuesto permite dar flexibilidad al ciclo de desarrollo a utilizarse, dando libertad para aplicar conceptos de la programación extrema, pero bajo control estricto y estructurado basado en las prácticas del modelo CMMI.

BIBLIOGRAFIA

- [ARC06] SCAMPI Upgrade Team, Appraisal Requirements for CMMI®, Version 1.2 (ARC, V1.2), Carnegie Mellon University, 2006, 51 p.
- [BOE04] Boehm W. Barry, Richard Turner, Balancing Agility and Discipline: A Guide for the Perplexed, Pearson Education, Inc., 2004, 191p
- [BOE88] Boehm W. Barry, A Spiral Model of Software Development and Enhancement, IEEE Computer, , 61 - 72p
- [BRO95] Frederick P. Brooks, Jr, The Mythical Man-Month Essays on Software Engineering Anniversary Edition, Addison Wesley, 1995, 322p
- [CHA05] Charrete, Robert N., IEEE Spectrum Septiembre 2005 *Why Software Fails*, , 2005, p
- [CMMI06] CMMI Product Team, CMMI® for Development, Version 1.2, Carnegie Mellon University, 2006, 573p
- [CROS79] Crosby, P. B., Quality Is Free, McGraw-Hill, 1979, p
- [DEM86] Deming, W. Edwards, Out of the Crisis, MIT Center for Advanced Engineering, 1986, p
- [DEN08] Dennis M. Ahern; Aaron Clouse; Richard Turner, CMMI® Distilled: A Practical Introduction to Integrated Process Improvement, Pearson Education, Inc, 2008, 288p
- [ISO12207] International Organization for Standardization, ISO/IEC 12207: Information Technology - Software life cycle processes, ISO/IEC, 1998, 87p
- [ISO15504] International Organization for Standardization, ISO/IEC 15504: Information Technology - Software process assesment - Partes 1 al 9, ISO/IEC, 2003, p
- [JUR88] Juran, J. M., Juran on Planning for Quality, MacMillan, 1988, p
- [KAN06] Kan Stephen H, Metrics and Models in Software Quality Engineering, Addison Wesley, 2006, 560p
- [KOC05] Koch, Alan S., Agile Software Development - Evaluating the Methods for Your Organization, ARTECH HOUSE, INC., 2005, 303p
- [MCC96] Steve McConnell, Rapid Development, , 1996, p

[PRES01] Pressman Roger, INGENIERÍA DEL SOFTWARE. Un enfoque práctico, McGRAW-HILL INTERAMERICANA DE ESPANA, S . A., 2001, 589p

[SCAMPI06] SCAMPI Upgrade Team, Standard CMMI® Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPI) A, Version 1.2: Method Definition, Carnegie Mellon University, 2006, 246 p.

[SCH01] Schach, Stephen R., Object Oriented and Classical Software Engineering, , , p

APENDICE

Manual de Calidad

1.1 Introducción

El presente manual de calidad provee los procedimientos estándares para la gestión y entrega de Sistemas de Tecnología de Información por parte del Departamento de Investigación y Desarrollo de ETAPATELECOM, a la vez que:

- Es una propuesta estándar para la gestión, y entrega de sistemas que es:
 - Consistente con las mejores prácticas estipuladas en el Modelo de Madurez de Capacidad Integrado del Instituto de Ingeniería de Software (CMMI) Nivel 2.
 - Consistente con Estándares IEEE de Especificación de Requerimientos y Planificación de de Proyectos en el desarrollo, soporte y mantenimiento de software.
- Un manual de referencia que puede:
 - Introducir a los nuevos empleados en prácticas estándar a ser aplicados dentro del Departamento.
 - Una lista de revisión de procedimientos por parte de personal ya existente en el Departamento.
- Una sola fuente de procedimientos estándares que permitirán al Departamento de Informática a:
 - Eliminar la perdida causada por el uso de múltiples herramientas y técnicas.
 - Eliminar la incertidumbre asociada con la falta de procedimientos claros.
 - Producir entregables de alto nivel de calidad.
 - Alcanzar mejoras en la productividad

- Entregar soluciones de una manera más eficiente (reducción de tiempo)
- Encontrar y Exceder las expectativas de los usuarios.
- Una Línea Base Documentada para:
 - Aseguramiento de Calidad
 - Validación auditable del cumplimiento de la practica de estándares.
 - Un programa de mejora continua de la metodología, procedimientos y practicas

1.2 Antecedentes

ETAPATELECOM es una sociedad anónima cuyo único accionista es la Empresa de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado de Cuenca (ETAPA). En Ecuador de En el Ecuador, se constituye como una nueva operadora de telecomunicaciones, cuyo portafolio de productos a nivel nacional consta de Servicios de Telefonía Local, Nacional e Internacional, Servicios Especiales, Servicios Portadores, Servicios de Valor Agregado a través de la red de Internet y Servicios de Telefonía Móvil, los que en su clasificación dentro de su Unidad Estratégica de Negocios incluyen: Enlaces Corporativos, Hosting, Dial Up, Tarjeta Prepago, Banda Ancha Satelital.

Para esto, la empresa busca contar con Sistemas Informáticos que permitan cumplir a cabalidad con estos objetivos y permitan brindar la mejor Atención al Cliente, buscando siempre mejorar y agilizar los servicios que brinda la Empresa.

El presente documento establece mecanismos estándar y políticas de calidad para el alcance de dicho objetivo en la adquisición o desarrollo de sistemas informáticos, aplicando las prácticas establecidas en el Modelo CMMI Nivel 2 en los procesos del Departamento de Investigación y Desarrollo.

1.3 Alcance y campo de aplicación

El Sistema de Calidad descrito aquí se aplica a la gestión y entrega de Soluciones y Sistemas de Tecnología de Información por parte del Departamento de Investigación y Desarrollo, cubriendo todo el Proceso de Desarrollo de las aplicaciones de software.

1.4 Estructura de la documentación

El presente manual de calidad esta compuesto de los siguientes elementos:

- El manual de calidad en si que documenta los estándares y la política de calidad en cuanto a la entrega de soluciones y sistemas de tecnología de Información por parte del Departamento de Investigación y Desarrollo.
- El manual de procedimientos operativos que documenta los procesos a seguirse en el desarrollo y entrega de aplicaciones de software.
- Anexos como plantillas a ser utilizadas o documentación adicional de soporte.

1.5 Organización de este documento

2. Estructura del sistema de calidad

2.1. Políticas y objetivos de calidad

- El Departamento de Investigación y Desarrollo asume el Compromiso de Calidad de Software, entendida como el resultado de la correcta Gestión de Requisitos, Planificación y Gestión de Proyectos Informáticos, Gestión de Contratistas, Aseguramiento de Calidad y Gestión de Configuración aplicando las prácticas establecidas en el Modelo CMMI Nivel 2.
- Los principales objetivos de nuestra Política de Calidad de Software son los siguientes:
 - Satisfacer las necesidades de los usuarios cumpliendo sus requerimientos, con mínimos errores, en el tiempo adecuado y con los recursos disponibles.

- Cumplir con todos los requisitos legales, técnicos, normativos y especificaciones del usuario que afecten a la calidad de los Sistemas Informáticos.
- Garantizar una evolución ordenada y controlada a nuevas versiones de los productos de software en producción.
- Mejorar continuamente el proceso de desarrollo mediante controles de calidad estrictos, captura de información del mismo y estadísticas

2.2 Metodología

La metodología de implantación del sistema de calidad se basa en las siguientes fases:

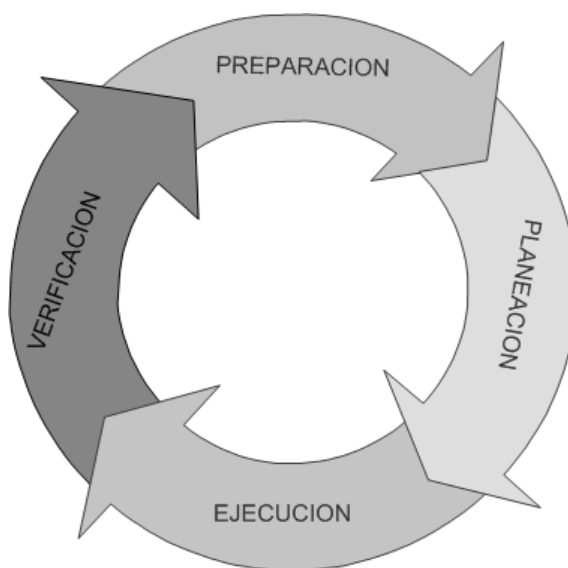


Ilustración 12: Implantación del Sistema de Calidad

- Preparación, en esta fase se concientiza al personal del Departamento en la necesidad de cambio y mejora continua de los procesos internos y el compromiso de calidad.
- Planeación, en la que se define el objetivo futuro a alcanzar con miras a mejorar los procesos del Departamento conforme las necesidades de la

organización, calidad de servicio, recursos disponibles y evaluación del estado actual.

- Ejecución, en la que se realiza e implementa el cambio planeado sobre todo el sistema de calidad, incluyendo documentación, procesos, documentos, etc. En esta fase se realiza el entrenamiento de los involucrados, el afinamiento de herramientas y procesos.
- Verificación, en la que se realiza una evaluación del sistema de calidad implementado, los datos capturados y si se han cumplido o no los objetivos de mejora.

El sistema de calidad propuesto se fundamenta en la aplicación de las mejores prácticas del Modelo CMMI para Desarrollo. En general el modelo establece 22 áreas de proceso a ser implementadas y mejoradas ^[CMMI06]. Cada área de proceso considera metas específicas y metas genéricas. Cada meta sugiere un grupo de prácticas a cumplirse para satisfacer las metas propuestas en cada área de proceso. Las metas y prácticas específicas están relacionadas con el área de proceso en cuestión, mientras que las metas y prácticas genéricas aplican de forma similar para varias áreas de proceso.

Una ventaja del modelo es que permite establecer una serie de niveles a los cuales una organización puede ir cumpliendo en su meta de mejorar sus procesos. Los niveles también son utilizados para efectuar una evaluación de los procesos que actualmente imperan en la organización. Estos son:

- Niveles de capacidad, los cuales aplican cuando una organización ha optado por la representación continua y aplican al alcance logrado en el mejoramiento de áreas de proceso individuales. El alcance de un determinado nivel establece una mejora incremental con respecto al nivel anterior en los procesos correspondientes a un área de proceso específica. Existen 6 niveles de capacidad nombrados desde el 0 al 5.
- Niveles de madurez, los cuales aplican cuando una organización ha optado por una representación por etapas, es decir cuando se pretende mejorar

varias áreas de proceso relacionadas a la vez. En esta representación el alcance de un determinado nivel denota que se han cumplido las metas con relación a varios procesos relacionados. Existen 5 niveles de madurez nombrados del 1 al 5.

Para el efecto, en el presente sistema de calidad, utilizaremos la representación por etapas, definiendo objetivos de mejora conforme se vaya avanzando en cada etapa. Actualmente nos hemos concentrado en alcanzar el nivel 2 del modelo en cuestión, que contempla las siguientes áreas de proceso, objetivos y prácticas:

Área de Proceso	Objetivos específicos	Prácticas
Gestión de la configuración (CM)	SG 1 Establecer líneas base	SP 1.1 Crear líneas de base o de versión
		SP 1.2 Establecer un Sistema de Gestión de Configuración
		SP 1.3 Identificar elementos de configuración
	SG 2 Establecer Integridad	SP 1.1 Establecer registros de gestión de configuración
		SP 1.2 Realizar auditorías de configuración
	SG 3 Registrar y Controlar los Cambios	SP 1.1 Control de elementos de configuración
SP 1.2 Registre las peticiones de cambio		
Medición y Análisis (MA)	SG 1 Alinear las Actividades de Medición y Análisis	SP 1.1 Establecer objetivos de medición
		SP 1.2 Especificar los procedimientos de análisis
		SP 1.3 Especificar los procedimientos de captura y almacenamiento de datos
		SP 1.4 Especificar medidas
	SG 2 Proporcionar resultados de las mediciones	SP 1.1 Analizar los datos de medición
		SP 1.2 Registrar los datos de medición
		SP 1.3 Comunicar los resultados
		SP 1.4 Almacenar los datos y resultados
Aseguramiento de Calidad de producto y proceso (PPQA)	SG 1 Evaluar objetivamente los procesos y productos	SP 1.1 Evaluar objetivamente los procesos
		SP 1.2 Evaluar objetivamente el trabajo realizado y los Productos y Servicios obtenidos
	SG 2 Proveer de intuición objetiva	SP 1.1 Comunicar y Asegurar la Resolución de Problemas o Incumplimientos
		SP 1.2 Establecer registros
Monitoreo y Control del Proyecto (PMC)	SG 1 Gestión de Acciones Correctivas hasta el cierre de proyecto	SP 1.1 Analizar temas pendientes
		SP 1.2 Gestionar las Acciones Correctivas
		SP 1.3 Tomar las medidas correctivas
	SG 2 Verificar el progreso del Proyecto contra el Plan	SP 1.1 Conducir revisiones de Hitos
		SP 1.2 Conducir revisiones de progreso
		SP 1.3 Verificar cumplimiento de los compromisos
		SP 1.4 Verificar la Gestión de Datos del proyecto
		SP 1.5 Verificar los parámetros de planeación del Proyecto
		SP 1.6 Verificar los riesgos del proyecto
		SP 1.7 Verificar la participación de las partes interesadas
Planificación del Proyecto (PP)	SG 1 Desarrollar un plan de proyecto	SP 1.1 Establecer el presupuesto y calendario del proyecto
		SP 1.2 Establecer el plan de proyecto
		SP 1.3 Identificar los riesgos del proyecto
		SP 1.4 Planificar la Gestión de Datos
		SP 1.5 Planificar el Conocimiento y Habilidades necesarias para el proyecto
		SP 1.6 Planificar los recursos del Proyecto
		SP 1.7 Planificar la participación de las partes interesadas
	SG 2 Establecer estimaciones	SP 1.1 Definir el ciclo de vida del proyecto
		SP 1.2 Estimar el costo y esfuerzo empleado en el proyecto
		SP 1.3 Establezca estimados de producto a obtenerse y los atributos de las tareas a cumplirse
		SP 1.4 Estimar el alcance del Proyecto
	SG 3 Obtener compromiso con el Plan	SP 1.1 Obtenga un plan de compromisos
		SP 1.2 Conciliar el trabajo y los niveles de los recursos
		SP 1.3 Revisar los planes que afectan al proyecto
	Gestión de Requerimientos (REQM)	SG 1 Gestionar los requerimientos
SP 1.2 Mantener la trazabilidad bidireccional de requerimientos		
SP 1.3 Administrar los cambios de los requerimientos		
SP 1.4 Obtener un entendimiento de los requerimientos		

		SP 1.5 Obtener compromiso con los requerimientos
Gestión de Proveedores (SAM)	SG 1 Establecer acuerdos con los proveedores	SP 1.1 Determinar el Tipo de Adquisición a ser empleado
		SP 1.2 Establecer acuerdos con proveedores
		SP 1.3 Seleccionar proveedores
	SG 2 Satisfacer los Acuerdos con los Proveedores	SP 1.1 Aceptar el producto adquirido
		SP 1.2 Evaluar los productos de los proveedores seleccionados
		SP 1.3 Ejecutar el Acuerdo de Proveedores
		SP 1.4 Verificar los Procesos de los Proveedores seleccionados
		SP 1.5 Efectuar una transición de los Productos adquiridos

Tabla 11 Áreas de proceso, Objetivos y Prácticas CMMI Nivel 2 [CMMI06]

2.3. Roles y responsables del sistema de calidad

Comité del Sistema de Calidad

Las funciones de supervisión y control del Sistema de Calidad de Software se delegan a un Comité de Calidad de Software. El Comité de Calidad de Software establece los objetivos particulares y en la fase de revisión del sistema revisa el grado de consecución de dichos objetivos.

Rol de Responsable de calidad

El rol de Responsable de Calidad tiene como función principal la de documentar, implantar y vigilar el cumplimiento del Sistema de calidad, detectar y documentar las desviaciones cuando las hubiera, recomendar soluciones, verificar su puesta en práctica y fecha de cierre. Para todo ello posee la autoridad e independencia necesarias, delegadas expresamente por el Subgerente Informático. El rol será rotativo entre los miembros del Departamento.

El mencionado rol vigila que la difusión del Sistema, Política y Objetivos de Calidad involucren a todo el personal, por medio de:

- La distribución controlada de la documentación del Sistema.
- La formación continuada para todos los empleados de Informática.
- La planificación y dirección de Auditorías Internas de Calidad.

Responsabilidades

- Asegurar la implantación y mantenimiento del Sistema de Calidad de Software.
- Informar al Director del Proyecto Informático el estado del Sistema.
- Preparar los Objetivos de Calidad y realizar su seguimiento junto al Comité de Calidad de Software.
- Preparar la Planificación de la Calidad (Planes de auditorías, planificación de la formación y de otras actividades que surjan), para su aprobación en reunión del Comité de Calidad de Software.
- Revisar el Manual de Calidad de Software y controlar su distribución.
- Revisar los Procedimientos e Instrucciones.
- Controlar los documentos recibidos del exterior que afectan a la Calidad de Software, aplicables a su área.
- Evaluar junto con los responsables de las áreas afectadas las solicitudes de Cambios y definir la Gestión de Cambios a los Sistemas.
- Efectuar el control y cierre de los Cambios.
- Identificar las necesidades de formación del personal en cuanto a calidad.
- Archivar los Registros de Calidad correspondientes bajo su responsabilidad.
- Realizar las calibraciones internas y supervisar las externas.

Jefe de Investigación y Desarrollo

- Dentro del Sistema de Calidad de Software son sus responsabilidades específicas:
- Definir la Política de Calidad.
- Designar el rol del responsable de calidad.
- Definir y establecer la organización de los proyectos de desarrollo.
- Aprobar el Manual de Calidad.
- Aprobar los Objetivos de Calidad.
- Realizar las Revisiones del Sistema de Calidad para verificar su eficacia.

- Revisar las Solicitudes de Usuarios.
- Archivar los Registros de Calidad correspondientes bajo su responsabilidad.
- Aprobar la documentación designada bajo su responsabilidad.

2.4 Revisiones y mantenimiento del manual de calidad

El presente manual es mantenido internamente por el personal del Departamento de Investigación y Desarrollo y sus cambios y adecuaciones responderan a las siguientes circunstancias:

- Revisiones planificadas del mencionado documento, a ser efectuado cada año.
- Acciones Correctivas y preventivas resultado de Auditorias constantes e informes de desviación o no conformidades
- Adecuaciones de políticas de la empresa que afecten al manual de calidad.

3. Manual de procedimientos operativos

3.1 Propósito

Se pretende mediante el presente documento contar con un Manual de los procedimientos a seguir de acuerdo al Manual de Calidad de Software.

3.2 Visión General del Documento

El documento abarca la descripción de los siguientes procesos utilizados para la creación u obtención de software dentro del Departamento de Investigación y Desarrollo:

- Proceso de Registro y Factibilidad de Requerimientos
- Proceso de Planeación y Ejecución de Proyectos
- Proceso de Establecimiento o Modificación del Plan de Proyecto
- Proceso de Ejecución de Análisis y Diseño
- Proceso de Desarrollo de la Solución
- Proceso de Implementación y Puesta en producción
- Proceso de Cierre de Proyecto

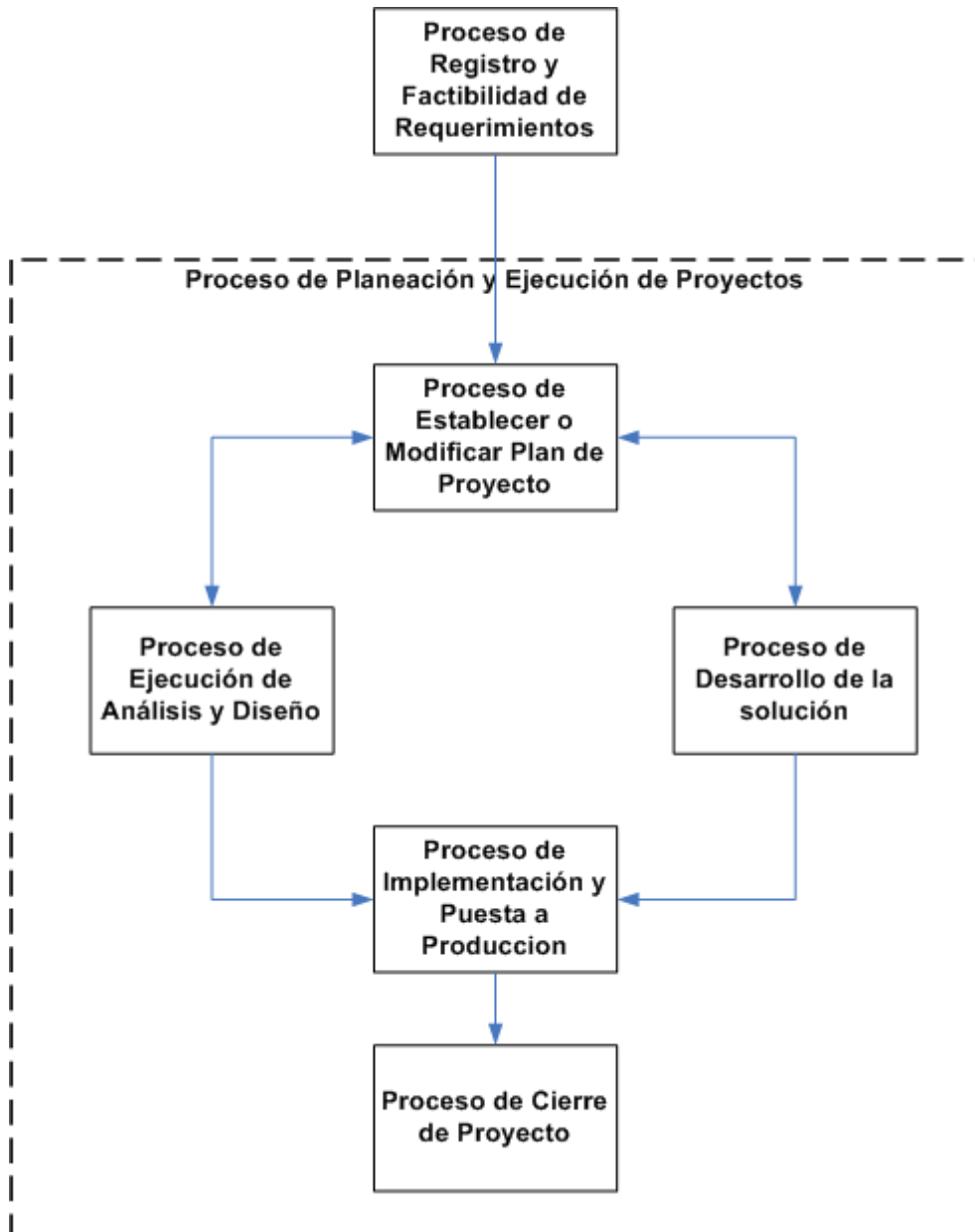


Ilustración 13 Mapa de Procesos

3.3 Proceso de Registro y Factibilidad de Requerimientos

Objeto y Alcance del Proceso

- El presente proceso describe los pasos necesarios para el registro de requerimientos por parte de las áreas a las cuales el Departamento de

Investigación y Desarrollo presta servicio. Del registro pasa a una primera fase de evaluación de factibilidad y distribución de actividades.

Políticas

- Todo requerimiento sin excepción será registrado en el Sistema de Solicitudes de Informática. Este sistema será el único enlace de comunicación entre los requerientes y los funcionarios del Departamento de Investigación y Desarrollo.
- Todos los requerimientos deberán estar respaldados y ser conformes con las políticas y procesos establecidos en la empresa.
- Los requerimientos que necesitan de aprobación por parte de algún ente directivo deberán ser coordinados y gestionados por las áreas requerientes.
- Todo requerimiento al ser procesado debe informar a todas las partes tanto a solicitantes como ejecutantes del requerimiento.
- La priorización de ejecución de un requerimiento debe realizarse considerando la carga de trabajo a la que ese encuentra sometido el funcionario o el Departamento, a la posibilidad o no de ejecutar el requerimiento y ala urgencia del mismo.

Entradas

- Requerimientos propuestos

Salidas

- Requerimientos con factibilidad previa y para ejecución.
- Requerimientos descartados.

Procedimiento

Registro y Factibilidad de Requerimientos

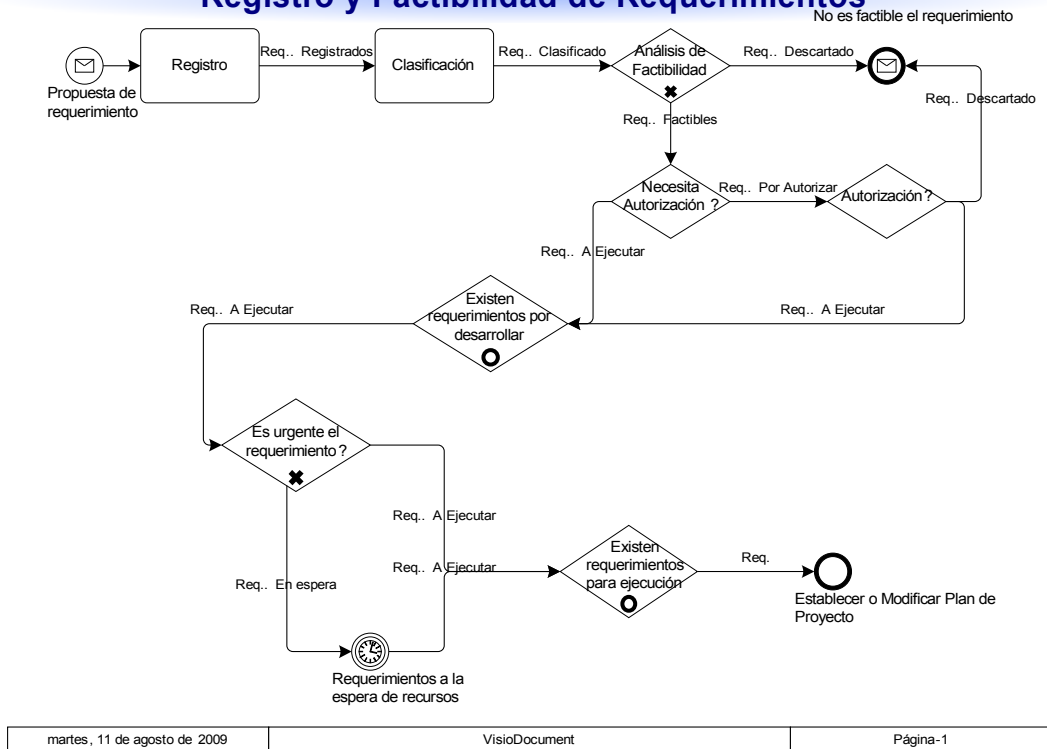


Ilustración 14: Registro y Factibilidad de Requerimientos

Actores

- Funcionarios de la empresa.
- Funcionarios de la Subgerencia Informática
- Jefe de Departamento de Investigación y Desarrollo

Descripción del procedimiento

- El proceso comienza con el registro de un requerimiento, el cual es informado al funcionario dependiente de la Subgerencia Informática o directamente ingresado en el Sistema de Solicitudes de Informática.
- A continuación se procede a realizar una clasificación inicial del requerimiento considerando su naturaleza y con el fin de direccionarlo a la persona adecuada.

- Se realiza un análisis de factibilidad inicial para determinar la posibilidad de ejecutar el requerimiento. En este paso se decide si es necesaria una autorización adicional para realizarse la ejecución.
- Establecido que el requerimiento se puede ejecutar, se decide si se lo hará inmediatamente, o entrará en la cola de espera de liberación de recursos.
- Los requerimientos listos para ejecutarse pasan a la fase de planificación de proyectos.

3.4 Proceso de Planeación y Ejecución de Proyectos

Objeto y alcance del proceso

- El proceso describe los pasos necesarios para la planeación y ejecución de proyectos dentro del Departamento de Investigación y Desarrollo. El proceso se divide en 4 etapas identificables, la primera, una fase de planeación, la segunda una fase de ejecución del requerimiento a nivel de análisis, una fase de ejecución del requerimiento a nivel de desarrollo y finalmente la puesta en producción de los requerimientos.

Políticas

- Toda labor de desarrollo dentro del departamento debe estar registrado como actividad dentro en un proyecto.
- Las tareas de mantenimiento o tareas adicionales al proyecto se manejarán con control de cambios en un proyecto en marcha y se negociará el alcance y el impacto al proyecto en curso con las áreas requerientes o con los jefes de proyecto. De esta forma se pretende reflejar el trabajo continuo del área y adicionalmente documentar el trabajo real empleado en los proyectos determinando así la utilización de los recursos y los desfases en cuanto a tiempos.

- Durante la ejecución de las fases del proyecto se realizará un seguimiento continuo para determinar el estado del mismo y gestionar las posibles desviaciones o problemas que surjan durante el ciclo de vida del proyecto.

Entradas

- Requerimientos con factibilidad previa y para ejecución.
- Requerimientos en conflicto
- Especificación de Requerimientos de Software
- Planes de proyecto por cambiar o negociar

Salidas

- Requerimientos en producción
- Plan de proyecto cerrado
- Estadísticas de rendimiento y ejecución

Procedimiento

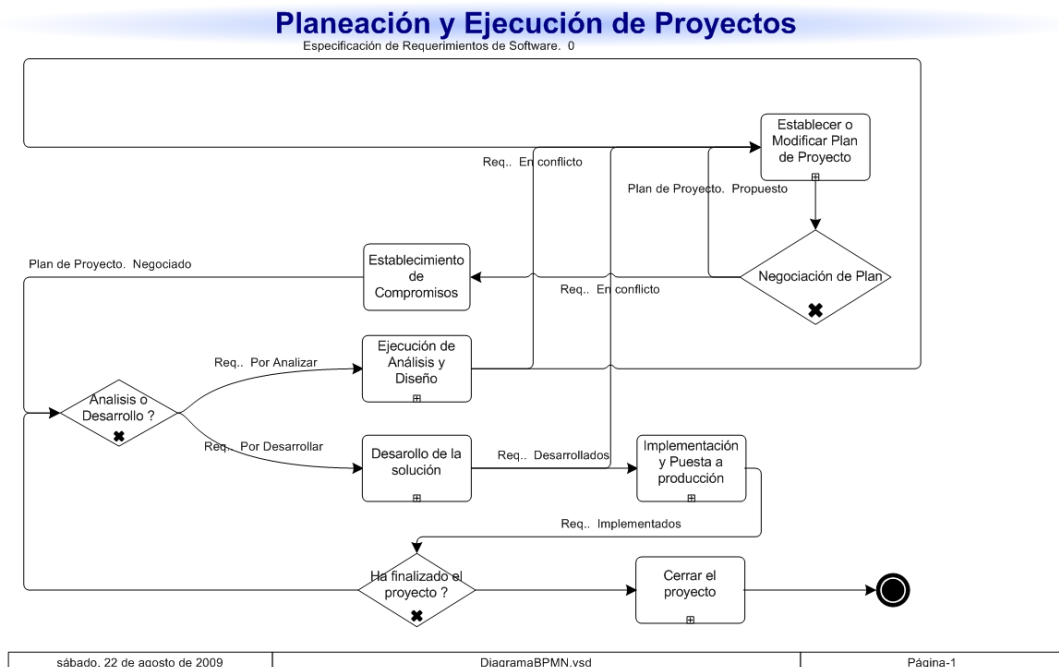


Ilustración 15: Planeación y Ejecución de Proyectos

Actores

- Gestor del Proyecto
- Involucrados de otras áreas de la empresa
- Implementadores de la solución (desarrolladores, instaladores, personal de apoyo, etc)
- Analistas de requerimientos
- Personal de Capacitación

Descripción del procedimiento

- Los requerimientos con factibilidad previa y ejecución entran a organizarse dentro de un plan de proyecto.
- El plan de proyecto que contiene el detalle de lo que se va a realizar, quien lo va a realizar, en que tiempo, con que recursos y bajo que control de calidad. En proyectos del Departamento se distinguen 2 fases, una de análisis y otra de desarrollo de la solución. En la primera fase se hace un análisis inicial de los requerimientos con el fin de estimar actividades en la segunda fase.
- Realizado el documento del plan de proyecto, este entra en fase de negociación, con el fin de clarificar los objetivos y alcances del proyecto en función de los recursos y tiempos destinados para ello. Si no existe una negociación favorable, el plan de proyecto se verifica y cambia varias veces.
- Negociado el plan de proyecto se establecen compromisos de entrega de productos del proyecto.
- Si el proyecto se encuentra en fase de análisis de requerimientos, se ejecuta dicho análisis y diseño, obteniéndose el documento de especificaciones de requerimientos de software, el cual sirve de base para la siguiente fase del proyecto. El documento de especificaciones de software pasa a replanificarse dentro del proyecto, estableciéndose nuevamente alcances y objetivos, tareas a realizarse y recursos destinados. Se repiten los pasos 3 y 4 del proceso.

- Si el proyecto se encuentra en fase de desarrollo, se ejecuta lo establecido en el plan de proyecto que en definitiva es lo establecido en la fase de análisis.
- Los requerimientos desarrollados pasan a una fase de Implementación y Puesta en producción. Luego de la mencionada fase se entregan los requerimientos desarrollados.
- En caso de no haberse cumplido los compromisos del paso 4, nuevamente se ingresa a una replanificación del proyecto es decir se regresa al paso 2.
- Si se han cumplido los objetivos del proyecto planteado se procede a entrar en una fase de Cierre de Proyecto.
- El proyecto finaliza.

3.5 Proceso de Establecer o modificar plan de proyecto

Objeto del proceso

- El proceso describe los pasos y las consideraciones necesarias para la planificación de proyectos. Considera las actividades a realizarse, así como también el tiempo empleado para cumplir las mismas, se determina el alcance del proyecto, y los recursos disponibles, riesgos, control de calidad, mecanismos de información, mecanismos de control y cambios, etc. El documento de plan de proyecto es un documento vivo que recoge todos los detalles del proyecto.

Políticas

- La planeación de proyectos debe ser en lo posible ajustada a la realidad, es decir los cronogramas deben tener un margen de certeza alto, así como también los recursos empleados deben ser los planificados y los resultados

deben cumplir los objetivos del proyecto. Los cambios en los proyectos son esperados, pero mientras más existan, el proyecto tiene menos certeza de cumplimiento y la planificación no es lo que se esperaba. En este caso el proyecto puede entrar en una espiral de costos, tiempo y recursos adicionales y el proyecto nunca acaba.

Entradas

- Requerimientos con factibilidad previa y para ejecución.
- Requerimientos en conflicto
- Especificación de Requerimientos de Software
- Planes de proyecto por cambiar o negociar

Salidas

- Documento de plan de proyecto conteniendo los detalles del proyecto.

Procedimiento

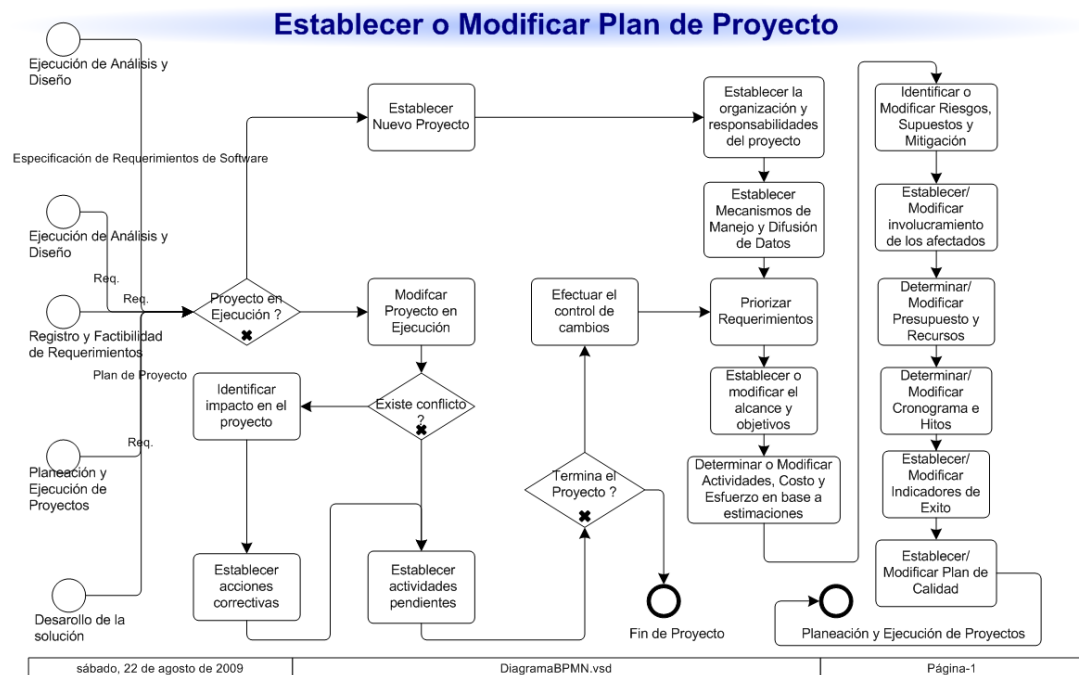


Ilustración 16: Establecer o Modificar Plan de Proyecto

Actores

- Gestor del proyecto
- Involucrados en el proyecto

Descripción del procedimiento

- Para efectuar las actividades necesarias para establecer o modificar el plan de proyecto, se verifica si existe o no en curso un proyecto.
- Al existir tareas por realizarse y al no existir un proyecto en ejecución se determina primero la organización del proyecto y los mecanismos de manejo y difusión de datos que serán generados por el proyecto.
- A continuación se determinan las fases del proyecto, la prioridad de ejecución de las tareas, el objetivo y el alcance del proyecto.
- Se determinan las actividades a ejecutarse, el costo y el esfuerzo en base a estimaciones y a trabajo realizado con anterioridad.
- Se identifican los riesgos y los planes de mitigación de los mismos.
- Se identifican los involucrados en el proyecto tanto a nivel de ejecución como de decisión.
- Se determina el presupuesto y los recursos empleados.
- Se determina un cronograma inicial con hitos
- El proyecto debe establecer indicadores de éxito a su término.
- Se establece un plan de calidad
- El documento de plan de proyecto esta completo y va para negociación o aprobación.

3.6 Proceso de Ejecución del Análisis y Diseño de Requerimientos

Objeto y alcance del proceso

- El proceso describe los pasos necesarios para la realización de análisis de requerimientos. Hace énfasis en el entendimiento y establecimiento de los elementos necesarios para cumplir los requerimientos a nivel de compromisos, acuerdos, productos, procesos, políticas y tecnología.

Políticas

- Las reuniones de análisis deben culminar con actas y compromisos en las mismas, de esta forma se asegura un entendimiento completo de lo tratado y convenido, denota responsabilidad en lo convenido y evita mal entendidos a futuro en el proyecto.
- Si bien la ejecución de proyectos tiene que ser lo suficientemente dinámica para permitir cambios, estos deben entenderse siempre como de alto costo en fases posteriores del proyecto. Se aplica entonces como norma el principio de que cualquier cambio posterior debe ser el mínimo posible, y que todas las definiciones o cambios se hagan en la fase de análisis.
- En esta fase deben identificarse las políticas y procesos que soportaran las nuevas funcionalidades a ser implementadas o construidas.

Entradas

- Requerimientos en ejecución por analizarse.

Salidas

- Documento de especificación de requerimientos de software.

Procedimiento

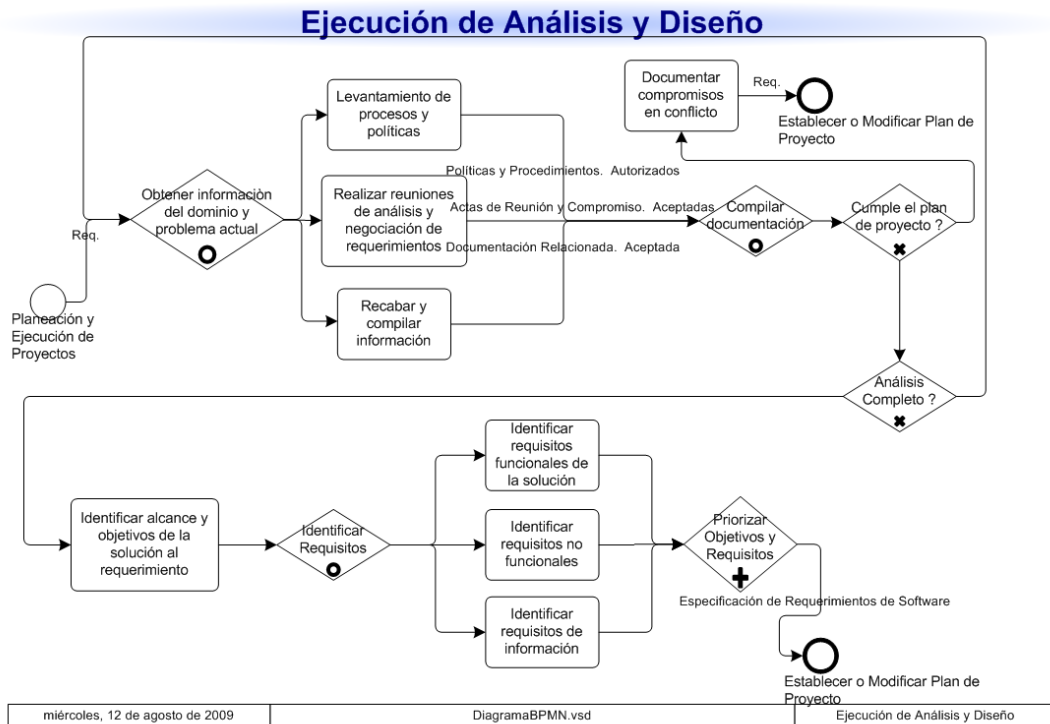


Ilustración 17: Ejecución de Análisis y Diseño

Actores

- Analistas de sistemas
- Involucrados

Descripción del procedimiento

- El proceso comienza con una obtención de la información del dominio de los requerimientos o problemas que se desean resolver. Se hacen acciones tanto a nivel de reuniones con los involucrados para el establecimiento y documentación de necesidades, así como el esbozo inicial de políticas y procesos que cubrirá a la solución propuesta en fases posteriores.
- Toda reunión debe quedar documentada con actas o compromisos.
- Toda la documentación generada servirá como base para las actividades en fases posteriores del proyecto.

- Las fases 1, 2, y 3 se repiten hasta que el análisis se complete para todos los requerimientos propuestos en el plan de proyecto. Al existir desviaciones con respecto a alcance, objetivos, tiempo o recursos estos deben documentarse y establecerse posiblemente un control de cambios al proyecto, lo cual se establece en el proceso.
- Si se han culminado el análisis de los requerimientos se establece los objetivos y alcance iniciales, los requisitos necesarios para suplir los requerimientos. Se identifican entonces los requisitos funcionales y no funcionales de la solución a ser implementada.
- Lo obtenido se documenta en el documento de Especificaciones de Requerimientos de Software.

3.7 Proceso Desarrollo de la Solución

Objeto y alcance del proceso

- El proceso documenta las actividades necesarias para llevar a cabo el desarrollo de la solución. Los requerimientos analizados y nuevamente negociados pasan a esa fase para su ejecución. Se adquieren los productos o servicios necesarios, o se desarrolla o instala lo necesario para suplir las necesidades estipuladas en los requerimientos.

Políticas

- Todo desarrollo de software debe cumplir estrictamente con los estándares establecidos para el efecto.
- Las pruebas de lo construido o instalado debe quedar lo suficientemente documentado para poder realizarlas cuantas veces sea necesario en el futuro para llevar registros de control de calidad y detectar errores en nuevas adecuaciones.

- La documentación de bases o pliegos de adquisición de software o componentes deben establecerse como referencia para futuras adquisiciones.

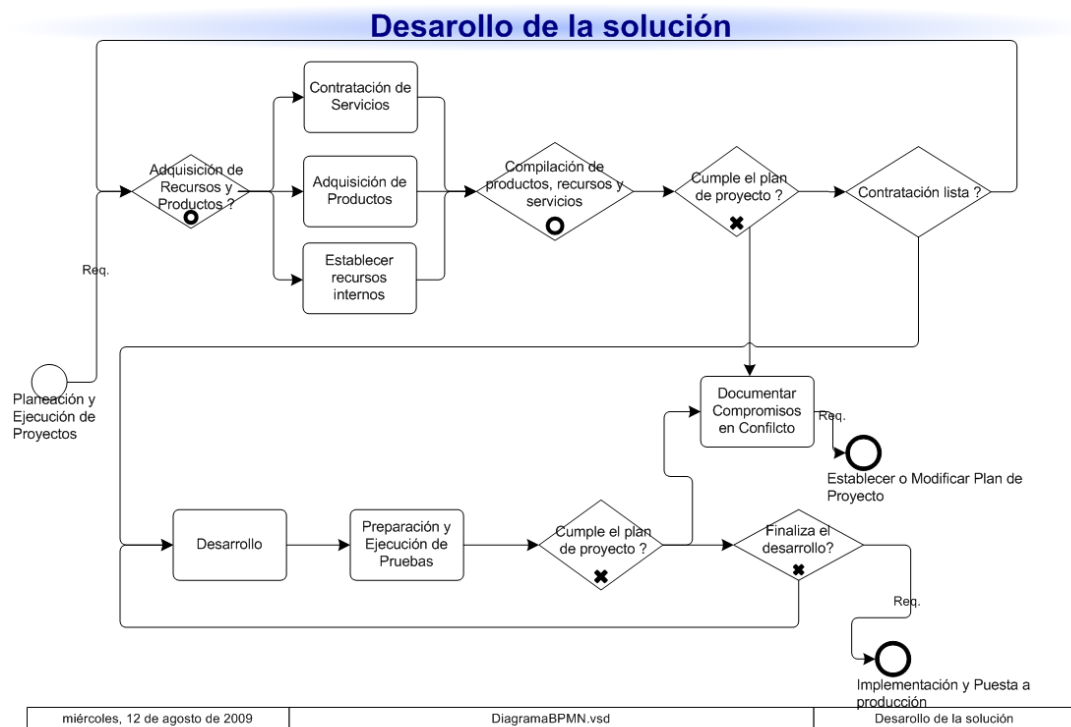
Entradas

- Plan de proyecto conteniendo las especificaciones de requerimientos.

Salidas

- Requerimientos solucionados y listos para puesta en producción.

Procedimiento



/Ilustración 18: Desarrollo de la solución

Actores

- Analistas de sistemas

- Desarrolladores de sistemas
- Control de calidad y pruebas
- Adquisiciones

Descripción del procedimiento

- Analizados los requerimientos se establece las actividades necesarias para ejecutar la solución. La solución puede ser la adquisición de un producto o servicio, para lo cual se establecen unas bases o condiciones o requisitos iniciales, con las cuales se procede a contratar. Se establece un documento de aceptación de lo adquirido conforme a las bases y se verifica la calidad de los proveedores.
- Si la solución es interna y no necesita de productos o servicios adicionales, se procede a seleccionar y comprometer los recursos necesarios para llevar a cabo la solución.
- En el caso de que exista un proceso de contratación o selección de servicios, y que este se lleve a cabo fuera de los tiempos estipulados y comprometidos, es posible efectuar un cambio negociado en el plan de proyecto siguiendo los lineamientos del Proceso Establecer o Modificar Plan de Proyecto.
- Obtenidos los productos o servicios y/o comprometidos los recursos se pasa a una fase de desarrollo de la solución en donde se efectúan las tareas de provisión del servicio o producto para cumplir los requerimientos. En el caso de desarrollo se construye el software también basándose en el documento de Especificaciones de Software.
- Se establecen pruebas de los productos que conforman la solución.
- Conforme se entregan o culminan productos se establece una verificación del cumplimiento del plan de proyecto en base a lo requerido, al tiempo y recurso empleado. Es posible en este instante que surjan problemas con los compromisos adquiridos o que surjan nuevos requerimientos los cuales

posiblemente efectuen un cambio negociado en el plan de proyecto siguiendo los lineamientos del Proceso Establecer o Modificar Plan de Proyecto.

- Una vez finalizado el desarrollo de la solución esta se prepara para entrega.

3.8 Proceso de Implementación y Puesta a producción

Objeto y alcance del proceso

- El objeto del proceso de implementación y puesta a producción es el establecimiento de las actividades necesarias para que los componentes adquiridos o desarrollados se pongan a disponibilidad de los usuarios finales.

Políticas

- Todo componente adquirido o desarrollado debe verificarse totalmente antes de ser puesto en producción.
- La capacitación a ser realizada debe ser exhaustiva y valorada. Deben levantarse de forma obligatoria actas de capacitación con firma de responsabilidad del capacitado.

Entradas

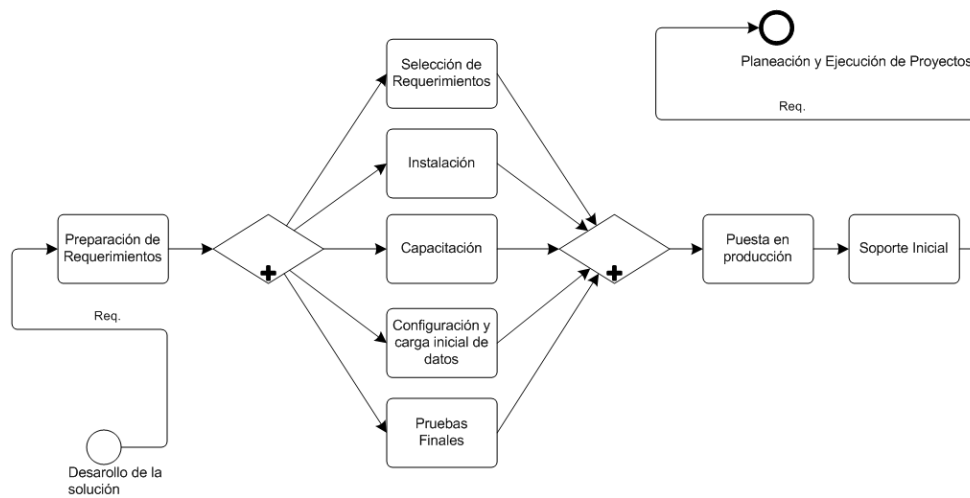
- Requerimientos listos para puesta en producción.

Salidas

- Requerimientos puestos en producción

Procedimiento

Implementación y Puesta a producción



miércoles, 12 de agosto de 2009

DiagramaBPMN.vsd

Implementación y Puesta a produ

Ilustración 19: Implementación y puesta en producción

Actores

- Control de calidad y pruebas
- Capacitadores
- Personal de Procesos
- Involucrados

Descripción del procedimiento

- Con los requerimientos listos para ser puestos en producción, se establece una fase de preparación en la que se determinan los datos a subirse en el sistema, los formatos a ser utilizados y el personal a ser capacitado.
- Se ejecuta en forma paralela las siguientes actividades:
 - Selección y precedencia de puesta en producción de requerimientos, en esta fase se determina lo que se va a poner en producción y la secuencia de puesta en producción de los requerimientos

- Instalación, se efectúa la instalación de software y componentes, cambios en la base de datos y demás actividades técnicas que permitan a los componentes listos para funcionamiento.
- Capacitación, se realiza la capacitación de los involucrados, se establecen pruebas y se levantan actas de capacitación.
- Configuración inicial y parametrización, se realiza la carga inicial de datos.
- Pruebas finales, se ejecutan varios pilotos en prueba y posiblemente en producción para probar si lo construido o adquirido solventa los objetivos del proyecto.
- Puesta en producción, se establece una fecha de inicio de operaciones con todos los elementos listos.
- Soporte inicial, se brinda soporte inicial en la operación.

3.9 Proceso de Cierre de Proyecto

Objeto y Alcance del Proceso

- El proceso de cierre de proyecto contiene las actividades de cierre del proyecto, que garantiza que las actividades y la documentación generada se termine y quede como información histórica a ser utilizada por posterioridad en otros proyectos.

Políticas

- La documentación generada en el proyecto debe quedar disponible para nuevos proyectos a futuro.
- Es imperativo una evaluación del impacto del proyecto en la solución de problemas. El mencionado impacto brinda los argumentos necesarios para justificar nuevos proyectos.
- El proyecto debe ser evaluado con posterioridad para establecer el impacto a largo plazo.

Entradas

- Plan de proyecto
- Documentos de proyecto

Salidas

- Plan de proyecto cerrado.
- Análisis de impacto del proyecto.

Procedimiento

Cerrar el proyecto

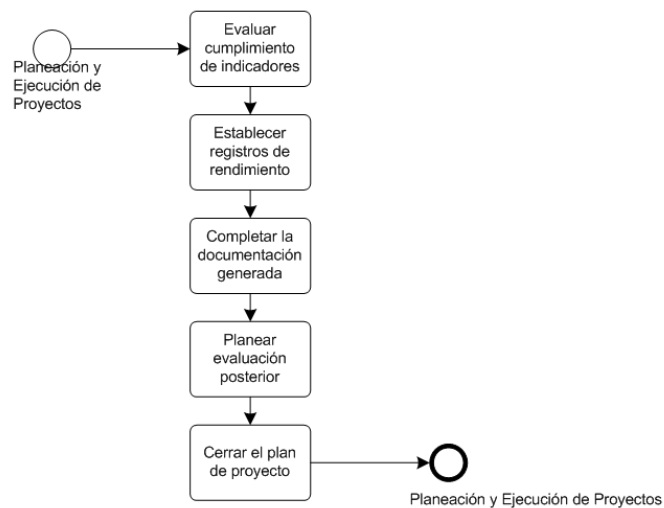


Ilustración 20: Cerrar el proyecto

Actores

- Gestor del proyecto
- Evaluadores del proyecto

Descripción del procedimiento

- Se evalúa el proyecto y su impacto y se crean los indicadores de impacto.

- Se establece un registro histórico de rendimiento de proyecto como referencia de futuros proyectos
- Se completa la documentación generada
- Se especifica una evaluación posterior del proyecto para determinar el real impacto o impacto a largo plazo sobre la organización.
- Se cierra el plan de proyecto.