



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Informática
Maestría en Ingeniería de Software Distribuido

MODELO PARA CONSTRUIR Y EJECUTAR PROCESOS DE DESARROLLO DE SOFTWARE,
IMPLEMENTADOS EN CMM

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Ingeniería de Software Distribuido

Presenta:

José Luis González Pérez

Dirigido por:

M. en C. Vicente Rodríguez Hernández

SINODALES

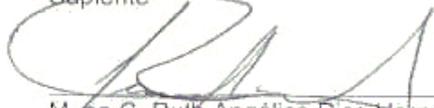
Vicente Rodríguez Hernández
Presidente

Gerardo Rodríguez Rojano
Secretario

Lilia López Vallejo
Vocal

Efrén Gorrostieta Hurtado
Suplente

Gloria Teresa Martínez Osornio
Suplente

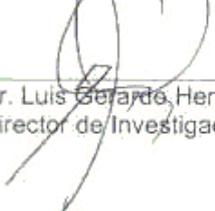

M. en C. Ruth Angélica Rico Hernández
Director de la Facultad


Firma

Firma

Firma

Firma

Firma

Dr. Luis Gerardo Hernández Sandoval
Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Junio de 2009
México

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo proporcionar un modelo para construir y ejecutar procesos de desarrollo de software basados en el modelo CMM o CMMI, utilizando para ello la adaptación de la metodología de modelado de Casos de Uso. El modelo está compuesto de diagramas, definiciones y plantillas para procesos, procedimientos, actividades, actores y productos. Se aplicó el modelo en la construcción de un proceso cuyo alcance es cubrir el KPA Administración de Requisitos (Requirements Management), correspondiente al nivel 2 de CMM. Como resultado de la construcción de este proceso, se identifican las actividades específicas del proceso, los actores responsables de ejecutarlas, las entradas y salidas por cada actividad. Las entradas y salidas consisten en productos en los que se registra la evidencia de la ejecución de las actividades.

(Palabras clave: CMM, CMMI, KPA, Casos de Uso, proceso, procedimiento, actividad, actor, producto)

SUMMARY

The objective of this research work is to provide a model for constructing and executing software development processes based on the CMM or CMMI model, using an adaptation of the Use Case modeling methodology. The model is made up of diagrams, definitions and templates for processes, procedures, activities, actors and products. The model was applied in the construction of a process for covering the KPA Requirements Management corresponding to level 2 of CMM. As a result of the construction of this process, the specific activities of the process, the actors responsible for executing it and the input and output of each activity are identified. The input and output consist of products in which evidence of the execution of the activities is registered.

(Key words: CMM, CMMI, KPA, Use Cases, process, procedure, activity, actor, product)

A mi familia por su amor y apoyo incondicional

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al M. en C. Vicente Rodríguez Hernández, por guiarme durante el desarrollo de este trabajo de investigación. A los comentarios de los maestros: MSI. Lilia López Vallejo, MISD. Gerardo Rodríguez Rojano, Dr. Efrén Gorrostieta Hurtado y M. en A. Gloria Teresa Martínez Osornio. En particular a CONACYT por apoyarme con la beca para la realización de mis estudios.

Agradezco también a mis compañeros de la maestría y amigos por el apoyo y sus aportaciones. Al personal de la empresa SigTao Software por sus conocimientos y experiencia compartida.

INDICE

	Página
PARTE I	
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	11
1.1 Importancia	11
1.2 Justificación	12
CAPÍTULO II ANTECEDENTES	13
2.1 Antecedentes	13
CAPÍTULO III ESTADO DEL ARTE	16
3.1 Marco Teórico	16
3.1.1. Definición de gestión por procesos	16
3.1.2. Ciclo de gestión	17
3.1.3. Revisiones	17
3.1.4. Análisis de los procesos	18
3.1.5. Reingeniería o rediseño de procesos	19
3.1.6. Cultura de las organizaciones	19
3.1.7. Orientación al cliente	20
3.1.8. Calidad del proceso	21
3.1.9. Innovación y flexibilidad	21
3.1.10. Modernización de un proceso	21
3.1.11. Metodología de la reingeniería de procesos	22
3.1.12. Los diagramas de procesos	23
3.1.13. El lenguaje IDEF 0	24
3.1.14. El mapa de procesos	25
3.1.15. La Calidad Basada en la Gestión de las Actividades (ABQ)	25
3.1.16. La gestión por procesos y la mejora continua de la calidad	27
3.1.17. Representaciones de CMMI	27
3.1.18. Calidad de software	28
3.1.19. Mejoramiento de Procesos	31
3.1.20. El Principio de Alineación	32
3.1.21. Grupo de Procesos de Ingeniería de Software (SEPG)	33
3.1.22. Modelo de Capacidad de Madurez Integrado (CMMI)	34
3.1.22.1. Disciplinas o Áreas de Conocimiento	40
3.1.22.2. Elección de la Disciplina Adecuada	42
3.1.22.3. Las dos Representaciones	44
3.1.22.4. Organización de las Áreas de Proceso en la Representación por Etapas	46
3.1.22.5. Organización de las Áreas de Proceso en la Representación Continua	48
3.1.22.6. Comparación entre la Representación Continua y la Representación por Etapas	52
3.1.22.7. Representación Continua	53
3.1.22.8. Representación por Etapas	57
3.1.22.9. Características en común	58
3.1.22.10. Niveles de Madurez	59
3.1.22.11. Comparación entre ambas representaciones	63
3.1.22.12. Equivalencia Comparativa	66

3.1.22.13. Factores importantes para decidir la representación adecuada para una Organización	69
CAPÍTULO IV PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	71
4.1 Descripción del Problema	71
4.2 Hipótesis General	71
4.3 Objetivo General	71
4.4 Objetivos Específicos	72
4.5 Método de investigación	72
PARTE II METODOLOGÍA	73
CAPÍTULO V PROPUESTA DE SOLUCIÓN	74
5.1 Método para construir el proceso	74
5.2 Modelo propuesto	75
CAPÍTULO VI IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO	83
6.1 Construcción del proceso	83
PARTE III RESULTADOS	117
CAPÍTULO VII RESULTADOS	118
7.1 Conclusiones	118
7.2 Trabajos futuros	118
APENDICE A. SIMBOLOGÍA DE DIAGRAMAS	122

INDICE DE TABLAS

Tabla		Página
3.1	Modelos Base del CMMI	39
3.2	Organización de las Áreas de Proceso dentro de la Representación por Etapas	47
3.3	Organización de las Áreas de Proceso dentro de la Representación Continua	49
3.4	Comparación de la Representación Continua y la Representación por Etapas	63
3.5	Ventajas de la Representación Continua y la Representación por Etapas	65

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
3.1	Elementos Clave del TQM	30
3.2	Las tres dimensiones críticas	37
3.3	Estructura de la Representación Continua	53
3.4	Estructura de la Representación por Etapas	57
3.5	Niveles de Madurez	59
3.6	Ejemplo de un perfil de Logros y de un Perfil de Objetivos	67
3.7	Perfil de Objetivos y Equivalencia Comparativa	68

PARTE I

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

El presente trabajo propone el desarrollo de un modelo para construir los procesos¹ de una organización dedicada al desarrollo de software y que tenga implementado el modelo CMM o CMMI. Se describirá primeramente la metodología a utilizar, luego se implementará a través de plantillas y definiciones conceptuales. Finalmente se aplicará en la construcción de un proceso, el cual se derivará de uno de los KPA de CMM.

1.1 Importancia

CMM indica cuáles son las prácticas clave que deben cubrirse por una empresa, pero no proporciona una guía para que las fábricas de desarrollo de software, elaboren sus propios procesos. A partir de lo anterior, se identifican las siguientes necesidades:

- El grupo de personas de una empresa, asignadas para diseñar los procesos organizacionales, necesitan contar con un modelo que les permita estandarizar el diseño de sus procesos, que sean claros y garantizar que estos sean consistentes entre sí.
- Por otro lado, las empresas que tienen sus procesos implementados, necesitan que sus procesos sean ejecutados correctamente (tal y como son descritos; siguiendo la secuencia indicada) y sin omitir actividades². Por esta razón, necesitan un modelo que les sirva como guía para la ejecución de procesos.

¹ **Proceso.** La palabra proceso viene del latín *processus*, que significa avance y progreso. Se define como un conjunto de actividades enlazadas entre sí que, partiendo de uno o más entradas las transforma, generando un resultado.

² **Actividad.** Conjunto de operaciones o tareas propias de una persona o entidad.

La investigación es enfocada en estos dos aspectos y su aportación es hacia la ingeniería de software.

1.2 Justificación

Actualmente son todavía pocas las empresas en México que tienen la certificación de un nivel de CMM o CMMI, además de que este modelo, no proporciona un estándar para la creación de procesos, sólo los KPA a los que una organización debe alinearse de acuerdo a su madurez.

Por otra parte, de las pocas empresas que ya tienen sus procesos de desarrollo de software, estos son principalmente complejos y ambiguos.

Por lo que la presente investigación se realiza con el propósito de proporcionar un modelo que permita a toda empresa que implemente el modelo CMM o CMMI para el desarrollo de software, a crear sus propios procesos de desarrollo de software siguiendo los lineamientos que le permitan contar con procesos claros, completos y cuya lectura sea sencilla, además de que permita tener un adecuado seguimiento en la ejecución de los mismos.

CAPÍTULO II ANTECEDENTES

2.1 Antecedentes

Es importante conocer los conceptos básicos de CMM y CMMI, los cuales son necesarios para comprender el contenido y estructura de estos modelos, así como su historia y su evolución.

Antes de que surgiera el modelo CMMI, el SEI (Software Engineering Institute) en 1991, publica el modelo CMM (Capability Maturity Model) [CMM, 1991]. Este modelo está orientado a la mejora de los procesos relacionados con el desarrollo de software, para tal fin, contempla las consideradas mejores prácticas de ingeniería de software y de Management. Este modelo se convirtió en un estándar de facto dentro de la industria del Software.

El CMM describe un camino de mejora evolutivo de un ad hoc, de un proceso inmaduro a uno maduro, disciplinado [CMM, 1991].

El modelo CMM original define cinco niveles de madurez dentro de los cuales se puede encontrar una organización [CMM, 1991]:

- Nivel 1 – Inicial: el proceso de software es impredecible, sin control y reactivo. El éxito de los proyectos depende del talento de los individuos.
- Nivel 2 – Repetible: existen procesos básicos de gestión de los proyectos (costo, calendario, funcionalidad). Los procesos existentes hacen que se puedan repetir éxitos en proyectos de similares características.
- Nivel 3 – Definido: existe un proceso de software documentado y estandarizado dentro de la organización. Todos los proyectos utilizan una versión a la medida del proceso.
- Nivel 4 – Manejado: la organización recolecta métricas del proceso software y de los productos desarrollados. Tanto el proceso como los productos se entienden y controlan cuantitativamente.

- Nivel 5 – Optimizado: existe una mejora continua del proceso software, basada en la realimentación cuantitativa del proceso y en la puesta en práctica de ideas y tecnologías innovadoras.

Luego del éxito alcanzado por CMM, el SEI desarrolló modelos similares para otras disciplinas, entre las cuales figuraban la ingeniería de sistemas, la adquisición de software, las personas, y el desarrollo integrado de productos [CMMS, 2003].

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

El nuevo modelo CMMI brinda un marco con una estructura común para todas las disciplinas (ingeniería de software, ingeniería de sistemas, desarrollo integrado de productos, adquisición de productos, personas) y agrega una nueva forma de representación además de la conocida representación por niveles. La nueva forma de representación se llama continua y está orientada a medir la mejora en los procesos de manera individual en vez de hacerlo de manera conjunta como la representación por niveles [CMMI, 2002].

Dentro de esta nueva generación de modelos, el sucesor directo del CMM original es denominado CMMI-SW [CMMI-SW, 2002]. Este modelo presenta una mayor cobertura con respecto a las áreas de proceso, y agrega el concepto de representación continua.

En paralelo con el desarrollo de CMMI, el SEI elaboró un método para la evaluación formal del modelo denominado SCAMPI (Estándar CMMI Appraisal Method for Process Improvement) [SCAMPI, 2001]. El método define una serie de reglas para la evaluación del modelo, las cuales deben utilizarse para valorar las

distintas partes del mismo durante una evaluación formal. Estas reglas hacen que sea necesario utilizar herramientas, ya que el método de evaluación deja de ser una simple encuesta para convertirse en una evaluación detallada y casi matemática.

Por lo anterior, las empresas que se dedican al desarrollo y mantenimiento software, necesitan crear, utilizar y mejorar procesos de desarrollo de software para garantizar que los productos que se entregan al cliente, estén libres de fallas, cumplan con las necesidades definidas inicialmente y la entrega se realice a tiempo.

Las mejores prácticas del CMMI permiten a las organizaciones realizar lo siguiente:

- Relacionar de forma más explícita a las actividades gerenciales y de ingeniería, con los objetivos de negocios
- Expandir el alcance y la visibilidad hacia el ciclo de vida del producto y a las actividades de ingeniería, para asegurarse que el producto o servicio cumpla con las expectativas de los clientes
- Incorporar las lecciones aprendidas de áreas adicionales
- Implementar prácticas más robustas y de alta madurez
- Concentrarse más en tareas empresariales esenciales para sus productos y servicios
- Cumplir de mejor manera con estándares relevantes del ISO

CAPÍTULO III ESTADO DEL ARTE

3.1 Marco Teórico

Los procesos son una parte fundamental para el éxito de una empresa. De acuerdo con W. Edwards Deming, creador de los principios de TQM³, más del 80% de los problemas organizacionales están relacionados con los procesos, mientras que el restante 20% o menos, puede ser atribuido a las personas que implementan las actividades de éstos mismos [Deming, 1986]. En base a estos resultados, las empresas deberán concentrar parte de su tiempo y esfuerzo en aprender las bases del mejoramiento de procesos (qué es, cómo hacerlo y por qué hacerlo), y comenzar a implementarlos.

3.1.1. Definición de gestión por procesos

La gestión por procesos (*Business Process Management*) es una forma de organización diferente de la clásica organización funcional y en el que prima la visión del cliente sobre las actividades de la organización. Los procesos así definidos son gestionados de modo estructurado y sobre su mejora se basa la de la propia organización.

La gestión de procesos aporta una visión y unas herramientas con las que se puede mejorar y rediseñar el flujo de trabajo para hacerlo más eficiente y adaptado a las necesidades de los clientes. No hay que olvidar que los procesos lo realizan personas y los productos los reciben personas y por tanto, hay que tener en cuenta en todo momento las relaciones entre proveedores y clientes.

³ **TQM**: siglas en inglés para “Total Quality Management”, el cual es un sistema de mejoramiento continuo que emplea la administración participativa centrada en las necesidades de los clientes.

Para la gestión de procesos es necesario determinar quién es el propietario de dichos procesos. El propietario (*Process owner*) asume la responsabilidad global de la gestión del proceso y de su mejora continua. Por ello debe tener la suficiente autoridad para poder implantar los cambios en el proceso que conduzcan a la mejora de resultados. El propietario podrá contar con la colaboración de un equipo de mejora del proceso. Dicho equipo deberá estar formado por personas directamente implicadas en el proceso pertenecientes a todos los departamentos o servicios afectados.

Las funciones del propietario del proceso son:

- Asumir la responsabilidad sobre el proceso y asegurar su eficacia y eficiencia de manera continua.
- Mantener la relación con el resto de procesos y establecer requerimientos adecuados.
- Asegurar que el proceso está debidamente documentado y que la información se distribuye a todas las personas afectadas.
- Controlar y medir los resultados con el objetivo de mejorar el proceso de forma continua.

3.1.2. Ciclo de gestión

La evaluación continuada posibilita la mejora continua de la organización. Los propietarios controlan los procesos teniendo en cuenta que las personas enfocan sus actividades hacia los clientes, el propietario detecta áreas de oportunidad y aplica las acciones en consonancia con la misión de la organización.

3.1.3. Revisiones

Además de las revisiones periódicas a las que se ven sometidos los procesos por el propietario de los mismos y sus colaboradores, es conveniente que la alta dirección lleve a cabo revisiones del funcionamiento de los procesos clave. Estas

revisiones deben ser periódicas y sus resultados deben tenerse en cuenta en la formulación de la política y estrategia. La metodología para la mejora de procesos está orientada a reducir/eliminar defectos y a reducir el tiempo de ejecución de proceso, conocido como tiempo ciclo. La gestión de procesos según el enfoque anterior es compatible con la implantación de sistema de Gestión de la Calidad, tales como el propuesto por las normas ISO 9001:2000.

3.1.4. Análisis de los procesos

Para realizar el análisis de los procesos en una organización, es conveniente seguir los siguientes pasos:

- Reunión de todos los jefes o directores funcionales para:
 - Identificar y definir los procesos
 - Designar a los propietarios de los procesos
 - Redactar y hacer los diagramas de los procesos de primer nivel (no más de cinco o seis)
 - Redactar y hacer los diagramas de los procesos de segundo nivel

- Puesta en práctica de las responsabilidades y de los procesos escritos y diagramados
 - Entregar diagramas a todos los trabajadores implicados en un proceso
 - Concienciar acerca de la importancia de los errores sobre el cliente interno
 - Explicar por qué se organizan los procesos y cuál es su repercusión en el cliente externo

- Últimas correcciones por desajustes observados entre lo representado y la práctica operativa
 - Reeditar los procesos corregidos

- Mantener un archivo de casos atípicos o excepcionales

3.1.5. Reingeniería o rediseño de procesos

La reingeniería de procesos se definió en 1990, en el libro “Reengineering the Corporation”, de Michael Hammer. Desde entonces, se ha ido desarrollando una metodología consolidada, aplicada por la mayoría de las empresas.

Se trata de realizar una revisión fundamental y rediseñar de forma radical los procesos, con el objetivo de obtener grandes mejoras del rendimiento. En teoría, es posible rediseñar los sistemas operativos instalados e incluso perfeccionados desde hace tiempo, para hacerlos más eficaces.

La reingeniería de procesos supone un cambio radical, por tanto, implica modificaciones en la cultura y en la estructura de la organización. Este cambio debe ser liderado por la Dirección, han de realizarlo los profesionales directamente implicados y debe ser asumido por toda la organización.

El trabajo debe organizarse según las exigencias de los clientes y del mercado, para proporcionar un producto de alta calidad a un precio equitativo, con un servicio excelente, aprovechando al máximo el potencial tecnológico actual.

3.1.6. Cultura de las organizaciones

Las organizaciones no son máquinas, sino comunidades, mini sociedades con su propia manera de hacer las cosas, con sus hábitos y jerga, con su propia cultura. Dentro de la gran variedad de culturas y organizaciones, se pueden definir cuatro estilos fundamentales.

- **La organización centralista.** La organización es como una tela de araña, con el poder en el centro. Cuando más cerca del centro más influencia. Son organizaciones demasiado dependientes de su líder.
- **La organización jerárquica.** Es la más usual con niveles dependientes unos de otros. Los servicios se vuelven demasiado estancos, la información no fluye correctamente. Estas organizaciones pueden funcionar bien pero no afrontan los cambios con flexibilidad.
- **La organización orientada a las tareas.** Funciona basada en grupos de trabajo centrados en una tarea o proyecto. El trabajo en equipo es flexible pero puede ser costoso.
- **La organización orientada a personas.** Estas organizaciones, las más escasas dan mayor importancia al individuo.

3.1.7. Orientación al cliente

La organización se debe centrar en el cliente. Para ello, hay que conocer sus necesidades y expectativas. Las necesidades son carencias objetivas y las expectativas se relacionan con la forma en que el cliente espera que sean satisfechas las necesidades. Se trata de saber qué necesita el cliente de un proceso, cómo y cuándo lo necesita. Para ello hay que considerar tres aspectos básicos: la definición de los procesos a desarrollar, su organización y gestión, y la constitución y organización de los equipos humanos responsables de dichos procesos.

3.1.8. Calidad del proceso

A partir de las especificaciones del producto o servicio, sólo queda determinar el procedimiento necesario para realizarlo, asegurándose de que las personas que ejecuten el proceso tengan la formación y los recursos necesarios para ello.

3.1.9. Innovación y flexibilidad

La organización debe ser capaz de adaptarse a los cambios externos y para ello es necesario que tenga capacidad de innovar. Las organizaciones suelen responder tarde a los cambios externos, sobre todo si están basadas en organigramas, ya que realizar cambios jerárquicos es complicado. En cambio, reorganizar las actividades basándose en procesos es más sencillo.

3.1.10. Modernización de un proceso

Consiste en:

- Eliminación de la burocracia
- Eliminar duplicidades
- Analizar el valor añadido al cliente
- Simplificar los procesos
- Reducir el tiempo de ciclo del proceso
- Revisión de las actividades de control
- Prueba de errores
- Promover la eficiencia de los recursos

3.1.11. Metodología de la reingeniería de procesos

La reingeniería de procesos se desarrolla en tres grandes etapas: descubrir, rediseñar e implantar. Pero antes hay que realizar una definición de la misión de cada proceso, es decir, una “alineación”.

Etapla cero: Alineación. Es necesario definir qué se entiende por misión de la organización. En el marco de la organización por procesos, la misión es el punto de referencia acerca del cual todos los procesos se alinean, facilitando así una actuación enfocada hacia un objetivo común. La misión define qué tipo de organización somos o debemos ser.

Primera etapa: Descubrir. Debe establecerse la figura del coordinador del proyecto de reingeniería. El objetivo de esta etapa es realizar un estudio en profundidad de cómo la organización proporciona sus servicios a los clientes. Para ello, deben obtenerse indicadores clave de efectividad y coste y compararlos con otros centros similares y con los mejores (benchmarking). Se evalúa también, la actitud del personal ante el cambio propuesto, los grupos que los apoyan y las resistencias. Se debe tener en cuenta también la información existente sobre las opiniones y expectativas de los clientes. Los objetivos marcados deben ser cuantificables. Otro aspecto clave es desarrollar un sistema de información que permita comunicar los resultados a toda la organización. La implantación de los cambios debe ser transparente.

Segunda etapa: Rediseñar. Se compone de los siguientes pasos:

- Visión global inicial del proceso que debe rediseñarse. Responde a la pregunta, ¿dónde podemos innovar?
- Características clave del proceso, ¿cómo va a funcionar? Análisis de diagramas de flujo, rendimiento, organización y recursos tecnológicos.
- Medidas de actividad y rendimiento, ¿qué tal va a funcionar? Medidas de coste, calidad, tiempo y capacidad de respuesta.

- Factores críticos de éxito: ¿qué cosas tiene que funcionar necesariamente bien para que el cambio sea un éxito? Evaluación de los aspectos humanos, tecnológicos y de resultados finales a largo plazo.
- Obstáculos potenciales al proceso de implantación del proceso rediseñado. ¿Por qué razones podrían funcionar mal las cosas? Asignación de recursos, cambio de cultura de la organización, cambios técnicos.

Esta fase es llevada a cabo por un equipo que debe ser dotado adecuadamente de tiempos y recursos.

Tercera etapa: Realizar. Para realizar las propuestas de mejora de cambios, hay que tener en cuenta que siempre existe resistencia al cambio, agravada por factores como una cultura de la organización muy asentada, falta de legitimidad, etc. Por ello, se requiere un buen programa de comunicación, participación e implicación de los profesionales en el proceso y una mezcla de generosidad y firmeza en la negociación. En esta etapa se contemplan los siguientes aspectos:

- Desarrollo efectivo e implantación de las operaciones y tareas diarias propuestas.
- Auditoria de la calidad alcanzada.
 - Medidas de actividad y rendimiento que deben ser evaluadas periódicamente.
 - Indicadores de proceso, resultado, costes, satisfacción del cliente.
- Flexibilidad para introducir medidas de mejora continua.

3.1.12. Los diagramas de procesos

Un diagrama de procesos facilita la concepción de la organización como un sistema. Existen una serie de símbolos estándar que representan diversas acciones en el mapa. Estos símbolos están normalizados por la American National Standards Institute (ANSI). En cuanto a las líneas, las continuas indican flujos físicos de información o materiales, las discontinuas a base de puntos, flujos

temporales o informales y las discontinuas a base de trazos, transferencias electrónicas de información.

Diagramas de bloque. Emplean únicamente rectángulos y flechas, realizan una simple descripción de un proceso fraccionado en varios rectángulos o bloques.

Diagramas de despliegue. Representan el flujo e información y materiales que existe entre distintas unidades de organización (departamentos, secciones y delegaciones) para la realización de un proceso. Expone todas las acciones o tareas a través de su representación lineal por todas las áreas o departamentos. En este tipo de diagrama se puede incluir una variable de tiempo de proceso.

Diagrama de flujos de datos. Mediante símbolos específicos, líneas y flechas, representan el flujo completo de datos o información que se genera entorno a más unidades.

Diagrama de análisis. Sirven para analizar la efectividad de un proceso, registrando todas las variables que se han producido (retrasos, consumos, costes, duración).

3.1.13. El lenguaje IDEF 0

La metodología IDEF (Integration Definition for Function Modeling) aporta una capacidad de representación gráfica de los procesos. Permite trabajar con un proceso de forma aislada. Fue publicado en 1933 por el National Institute of Standards and Technology de EE.UU. Tiene sus orígenes en el método de modelado SADT (Structured Analysis and Design Technique) desarrollado por Ross y utilizado en 1973 por la US Air Force.

Las funciones o procesos se representan por cajas y las interrelaciones entre objetos, por flechas. Las flechas que entran por el lado izquierdo son las

entradas principales. Las flechas que entran en la parte superior son los controles o condicionales, por ejemplo, especificaciones del producto, legislación, protocolos, etc. Las flechas que salen por el lado derecho, son las salidas, productos o servicios, que se entregan y que continúan otro proceso. Por último, las flechas que entran por el lado inferior son los recursos que apoyan la ejecución del proceso: equipos y personas.

Por lo tanto, la metodología IDEF tiene en cuenta dos elementos, las guías y los recursos. Las guías son las normas de funcionamiento y los recursos, lo que se necesita para realizarlo.

La metodología IDEF diferencia tres niveles de un proceso:

- Nivel 1 y 2. Procesos y subprocesos, nos dicen qué se hace.
- Nivel 3. Instrucciones operativas, nos dicen cómo se hace

3.1.14. El mapa de procesos

Una organización se interrelaciona externamente con clientes, personas, proveedores, accionistas y sociedad. En función de a quién afecten, hemos visto que existen procesos clave, estratégicos y de soporte. Esta es la base de la clasificación de los procesos, que se van detallando en el mapa de procesos. El nivel más alto de diseño corresponde a la concepción de la organización como única caja IDEF0 (nivel A0). Un proceso general puede descomponerse en una secuencia de procesos y así sucesivamente hasta llegar a los procedimientos.

3.1.15. La Calidad Basada en la Gestión de las Actividades (ABQ)

Consiste en la optimización de cada una de las actividades que componen el proceso con el fin de conseguir un resultado óptimo, tanto para el usuario, como para los profesionales implicados y los restantes grupos interesados en el servicio.

Para ello se analiza cada una de las actividades que componen el proceso y se seleccionan aquellas que son críticas o claves para la obtención de resultados.

El análisis de las actividades permite identificar aquellas que son significativas de una organización para establecer de forma clara, concisa y descriptiva las tareas que se llevan a cabo en la misma, determinando además los costes afectos a las mismas y evaluar la forma en que éstas se ejecutan.

La excelencia es la integración eficaz de las actividades dentro de todas las unidades de una Organización, que conduce a mejorar continuamente la oferta de productos y/o servicios que satisfagan al cliente interno y externo.

La excelencia se debe mantener en la Organización a lo largo del tiempo mediante la mejora continua de todas las actividades de la misma.

Gestión Basada en las Actividades. ABM (Activity Based Management)

La evaluación y gestión de las actividades permite valorar si el trabajo está hecho y cómo se ha llevado a cabo y sirve de base para aplicar la mejora continua. La gestión de actividades puede ser entendida como un sistema de gestión global de los procesos que orientan el contenido general de la organización, teniendo como objetivo conseguir la Excelencia de la misma. Esta forma de gestión a través de las actividades que tienen lugar en la organización para cada proceso, recibe la denominación de ABM (Activity Based Management): Gestión Basada en las Actividades. Se trata de analizar el porqué, es decir, identificar la causa o el origen que determina la existencia de cada actividad y el cómo se realiza.

El sistema de costes basado en actividades (ABC, Activity Based Costing)

La finalidad de este método es la gestión de las actividades, que clasifica a partir del valor añadido que generan, posibilitando realizar análisis de mejora continua en la organización en base a sus dos dimensiones: coste y proceso.

La dimensión coste contiene información sobre recursos, actividades y objetos de coste, identificando las actividades que suponen consumo de recursos y el valor que añaden al producto. Sirve de apoyo a la evaluación económica y a las operaciones de una organización.

3.1.16. La gestión por procesos y la mejora continua de la calidad

Una innovación o cambio puede ser:

- Un cambio marginal, con mejoras en tareas y operaciones elementales de trabajo.
- Cambios para mejorar la organización de forma incremental, a través de sistemas de gestión de la calidad total (TQM).
- Innovaciones radicales con reestructuración o simplificación de procesos.

En general, la aplicación de herramientas de mejora continua de la calidad no necesita especialización. En cambio, para la reingeniería de procesos, se aconseja la participación de expertos en este tipo de proyectos. La reingeniería de procesos se sitúa en el nivel más alto de mejora y exige la implantación de un sistema de organización por procesos. Si lo que se pretende es una innovación radical será necesario implantar la Dirección de Procesos.

3.1.17. Representaciones de CMMI

Los modelos del CMMI tienen dos representaciones distintas; la representación continua y la representación por etapas. La primera permite que

una empresa mejore utilizando determinadas áreas de proceso PAs⁴ con distintas proporciones y la segunda permite que las empresas sigan un camino de mejora predeterminado utilizando múltiples PAs [Chrissis, 2003].

3.1.18. Calidad de software

El término calidad debe estar bien definido y debe ser medido si es que realmente se quiere alcanzar una mejora. El término por sí mismo es ambiguo, esto debido entre otras cosas a que es un concepto multidimensional, el cual abarca desde el interés en algo particular, el punto de vista de ese algo y las cualidades que lo diferencian.

El enfoque profesional del término calidad, indica que ésta puede y debe ser definida operacionalmente, medida, monitoreada, administrada y perfeccionada.

La definición de calidad debe consistir en dos niveles: el primero es la calidad esencial de un producto, que comúnmente está delimitada por los defectos y la confiabilidad del producto, definición conocida como “q pequeña” (q proviene del término en inglés quality); y el segundo nivel incluye la calidad del producto, la calidad de los procesos y la satisfacción del cliente, refiriéndose a ésta como la “Q grande”. Esta definición de los dos niveles de calidad es usada en muchas industrias, incluyendo la automotriz, la computacional (software y hardware) y la de aparatos eléctricos [Kan, 2002].

Desde los años 80's varias compañías han adoptado el enfoque de calidad del TQM, así como también la adopción del ISO 9000 como el estándar para la administración de la calidad.

⁴ **PAs:** Un Área de Proceso es un conjunto de las mejores prácticas dentro de un área, que cuando se implementan correctamente satisfacen una serie de metas importantes para obtener una mejora significativa dentro de esa área.

Los elementos claves de un sistema basado en TQM pueden ser resumidos de la siguiente forma [Kan, 2002]:

- **Enfoque al cliente.** El objetivo es lograr la satisfacción total del cliente, lo cual incluye estudiar los deseos y/o necesidades del cliente, reunir los requisitos y por último medir y administrar la satisfacción de los clientes.
- **Procesos:** El objetivo es reducir la variación de los procesos y conseguir un mejoramiento continuo de los mismos. Este elemento incluye tanto a los procesos de negocios, como a los procesos de desarrollo del producto. A través del mejoramiento de proceso, la calidad del producto se incrementará.
- **El lado humano de la calidad:** Su objetivo es crear una cultura empresarial de calidad. Las áreas en las que se enfoca incluyen liderazgo, compromiso administrativo, participación total, fortalecimiento del empleado y otros factores sociales, psicológicos y humanos.
- **Análisis y medición:** El objetivo es llevar al mejoramiento continuo en todos los parámetros de calidad, por medio del sistema de medición orientado a metas.

Cualquier organización que implementa TQM, debe de tener un buen liderazgo por parte de sus ejecutivos, se tiene que concentrar en su infraestructura, capacitación y educación continua y debe realizar planeaciones de calidad estratégicas.

La Figura 3.1 es una representación de los elementos claves del TQM, en donde claramente se puede ver que el análisis, las métricas y los modelos son los elementos fundamentales para lograr el mejoramiento continuo.

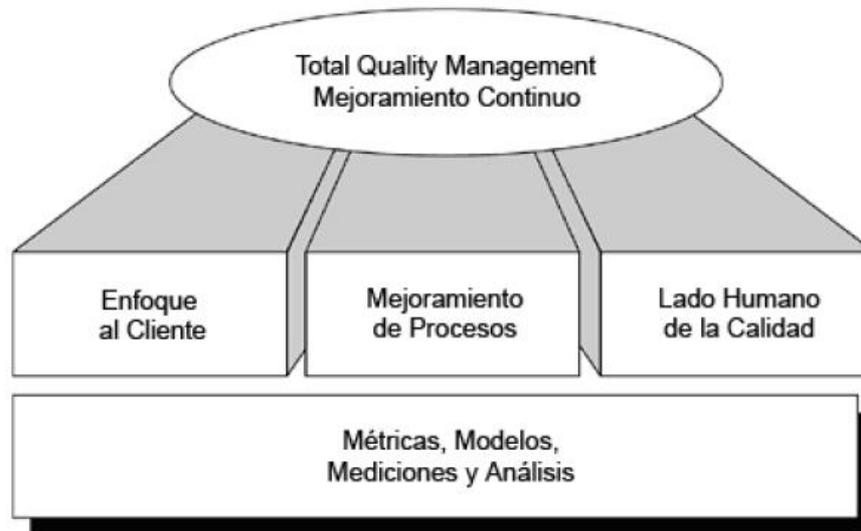


Figura 3.1 Elementos Clave del TQM [Kan, 2002]

En el desarrollo del software, la calidad del producto se traduce a que un programa no tenga errores. Así como también aplica la definición de conformidad de requisitos, porque si el software contiene demasiados defectos funcionales, el requisito básico de proveer la función deseada no se va a cumplir. Esta definición usualmente se expresa en dos formas: índice de defectos (por ejemplo, número de errores por líneas de código, por puntos de función, etc.) y por confiabilidad (número de fallas por n horas de trabajo, o la probabilidad de operación sin errores en un tiempo determinado). Y por último, la satisfacción del cliente usualmente se mide por el porcentaje satisfecho o no satisfecho [Kan, 2002]. Todos estos atributos son los parámetros de calidad que Juran y Gryna llaman parámetros de *adaptabilidad para el uso*.

Para incrementar la satisfacción general del cliente, los atributos de calidad se deben tomar en cuenta en la planeación y diseño del software, sin embargo, estos atributos de calidad no siempre son congruentes entre sí. Por ejemplo, mientras más alta sea la complejidad funcional del software, más difícil es conseguir la facilidad de mantenimiento, así como también dependiendo del tipo

de software y de clientes, distintos factores de peso serán necesarios para los diferentes atributos de calidad.

3.1.19. Mejoramiento de Procesos

Es el análisis y el rediseño de procesos para eliminar poco a poco los problemas e ineficiencias organizacionales, por medio de la mejora de uno o dos procesos cada vez [Powers, 2001].

El mejoramiento de procesos se hace a un nivel operacional (al contrario de la reingeniería radical que es a nivel estratégico) y se lleva a cabo principalmente por la gente que está envuelta en los procesos mismos. El incremento gradual del mejoramiento de procesos se traduce en pequeños éxitos, lo cual motiva al equipo de trabajo a continuar.

Por otro lado, en el caso de que ocurra algún fracaso, existe un potencial mucho menor de que realice un daño importante, debido a que la meta está limitada a uno o dos procesos.

Otra forma en la que el mejoramiento de procesos ayuda a una compañía, es cuando permite que la gente se dé cuenta de los beneficios de la calidad y del desempeño empresarial, uniéndolos más para llegar a una meta común. Puede estimular la moral de los empleados e inspirarlos a buscar formas innovadoras para vencer los retos que se les presentan.

Según LCPowers estos son los 10 mejores consejos para el mejoramiento de los procesos en una empresa [Powers, 2001]:

- Empezar con procesos no estratégicos en donde se tenga la autoridad suficiente para llevar a cabo los cambios propuestos.
- Armar un equipo de mejoramiento de procesos, el cual contenga todas las habilidades y experiencia necesaria.

- Poner expectativas realistas.
- Empezar con cambios pequeños para ganar experiencia y confianza.
- No sobreponer la tecnología esperando que ésta resuelva los problemas por sí misma.
- Utilizar la tecnología para ayudar a implementar esfuerzos necesarios para mejorar los procesos.
- No rendirse.
- Asegurarse que se cuentan con los recursos suficientes para realizar el trabajo.
- Considerar el incorporar a una persona ajena que no esté involucrada en el proceso de mejoramiento (como consultor o alguna otra persona de la compañía), para que pueda aportar ideas nuevas.
- Obtener el respaldo de los directivos.

3.1.20. El Principio de Alineación

Comúnmente los administradores de proyectos proponen a sus clientes lo siguiente antes de iniciar un proyecto: “Más rápido, mejor o más barato... seleccione solamente dos”. Lo que realmente quieren decir es que si el cliente demanda un producto con una alta calidad, en el menor tiempo posible, ellos se reservan el derecho de imponer el precio, por otro lado, si el cliente prefiere un producto barato en el menor tiempo posible, es muy probable que tenga problemas de calidad (comúnmente se les llama “funciones indocumentadas”). El punto es que la solución solamente puede contener a dos de las tres dimensiones y siempre debe de existir una variable independiente.

El principio de alineación requiere que se lleve este concepto un paso más allá, de tal forma que se le pregunte a los directivos de la empresa, “Más rápido, mejor, o más barato... seleccione solamente uno”, debido a que ellos tienen los fondos necesarios y autoridad suficiente para mejorar o despedir a los integrantes del equipo, sin embargo se pueden hacer preguntas cómo estás [Kan, 2002]:

- ¿Cuáles son las necesidades de más importancia en nuestro mercado?
- ¿Qué es lo que nos da una ventaja competitiva en las mentes de nuestros clientes?
- ¿Por qué nuestros clientes potenciales siguen comprando productos de nuestra competencia?

Las respuestas a las preguntas anteriores, son la pieza más importante para la planeación del programa de mejoramiento de procesos, porque es el fundamento del principio de alineación, en otras palabras, este principio se puede definir como las necesidades estratégicas de negocios más importantes las cuales son respaldadas por la implementación táctica de los elementos de proceso mejorados [Kan, 2002]. Las decisiones estratégicas son responsabilidad del cuerpo directivo, mientras que los planes tácticos son generados y llevados a cabo por el personal de la organización, pero basado en éstas decisiones.

3.1.21. Grupo de Procesos de Ingeniería de Software (SEPG)

Muchas organizaciones que siguen un enfoque basado en modelos para el mejoramiento de procesos, designa un equipo de trabajo para que dirija el proyecto de mejoramiento, al cual comúnmente se le denomina como Grupo de Procesos de Ingeniería de Software (SEPG por sus siglas en inglés). Cuando se trabaja bajo las ordenes de los miembros directivos de una empresa, el SEPG es el responsable de documentar, poner en marcha y mejorar los procesos sugeridos por el modelo correspondiente.

Antes que nada hay que analizar objetivamente el por qué la empresa está realizando un mejoramiento de procesos, realmente no lo están haciendo para “alcanzar un nivel de madurez”; sino más bien lo están haciendo para mejorar. Es por eso que no se debería forzar a los proyectos a cumplir la burocracia administrativa para poder acomodar al CMMI; lo que se debe hacer es explotar al CMMI para que ayude a los proyectos a tener éxito.

Si el SEPG ayuda a que los proyectos tengan éxito, la importancia de este será reconocida por los demás y el grupo podrá vencer la gran resistencia natural que se opone al cambio.

Aún más, si los proyectos continúan demostrando un mejoramiento continuo, el nivel de CMMI tarde o temprano llegará. Hay que recordar que el utilizar los modelos del CMMI no es otra cosa más que una táctica para alcanzar una estrategia de negocios de alto nivel, a través de la ejecución de proyectos exitosos [Chrissis, 2003].

De esta forma el SEPG estará siempre ayudando a que los proyectos obtengan un mayor éxito y los miembros de los equipos de proyectos ahora pueden conocer que es lo más importante para los directores. Cuando el SEPG dirige un nuevo elemento de proceso que ha demostrado una importante reducción en defectos, los proyectos estarán siempre ansiosos por implantar y adoptar esta mejora. En vez de forzar a los proyectos a que utilicen elementos de procesos en los cuales apenas si se percibe alguna mejora, el Principio de Alineación guía al SEPG a proveer los servicios que demuestran beneficios cuantificables, de esta forma el SEPG y los proyectos son alineados [Kan, 2002].

3.1.22. Modelo de Capacidad de Madurez Integrado (CMMI)

Las compañías de hoy en día quieren entregar productos cada vez más rápido, mejor y más baratos, y al mismo tiempo están haciendo estos productos cada vez más complejos. Debido a esto, usualmente una sola compañía no desarrolla todos los componentes que integran a un producto, sino que algunos los adquiere de un tercero, y después todos los integra para formar el producto final. Entonces las organizaciones deben ser capaces de administrar y controlar este complejo desarrollo y mantenimiento de los productos.

Por otro lado muchas compañías se encuentran envueltas dentro del negocio de software. Empresas como instituciones financieras, fabricantes de autos, aseguradoras, etc., se han dado cuenta que muchas de sus ganancias dependen del software y es el software mismo el que las diferencia de su competencia. En esencia, estas organizaciones son desarrolladoras de productos que necesitan encontrar una forma de manejar un enfoque integrado para su software y su ingeniería en sistemas, como parte para alcanzar sus objetivos de negocios [Chrissis, 2003].

Para ayudar a las empresas a conseguir estos objetivos, existen en el mercado estándares, metodologías y modelos de madurez. Sin embargo, muchos de los enfoques de mejoramiento disponibles se concentran en una parte específica de los negocios y no toman un enfoque sistemático a los problemas que se están enfrentando muchas empresas. Por ejemplo, existen muchos modelos de madurez disponibles tales como el Capability Maturity Model for Software (SW-CMM) del SEI, que se enfoca en mejorar solamente el software, o el System Engineering Capability Model (SECM) del EIA's⁵ que se enfoca únicamente a la ingeniería en sistema, con lo cual desafortunadamente estos modelos han fortalecido las barreras que evitan el fortalecimiento global de la empresa.

Aunque estos modelos han sido útiles a muchas organizaciones, el uso de múltiples modelos ha sido muy problemático, muchas organizaciones les gustaría concentrar sus esfuerzos de mejoramiento a través de todas sus disciplinas, pero las diferencias entre esos modelos desde su arquitectura, contenido y metodología, han limitado a estas compañías la habilidad de concentrar exitosamente sus mejoramientos. Más aún, al aplicar varios modelos que no están integrados unos con otros dentro de una misma organización, es muy costoso en términos de entrenamiento, evaluaciones y actividades de mejoramiento.

⁵ **EIA's**: Electronic Industries Alliance's

El Modelo de Capacidad de Madurez Integrado (CMMI) proporciona una buena oportunidad para evitar y eliminar estas barreras a través de modelos integrados que trascienden a las disciplinas. Los modelos del CMMI consisten en las mejores prácticas que están dirigidas al desarrollo y mantenimiento del producto, desde su concepción, la entrega y el mantenimiento. Existe un énfasis tanto en la ingeniería en sistemas, como en la ingeniería de software y en la integración necesaria para construir y mantener el producto total [SEI-1, 2002].

Bases de los Modelos de Capacidad de Madurez

Los procesos que se usan en las organizaciones son los responsables de mantener todo funcionando, los procesos permiten formalizar la manera en cómo se realizan los negocios, permiten identificar el crecimiento y proveen de la forma correcta de cómo incorporar el conocimiento para hacer las cosas mejor, también permiten explotar los recursos para examinar nuevas tendencias de negocios [Chrissis, 2003].

El SEI ha encontrado tres dimensiones en las que una organización se puede concentrar para mejorar sus negocios. La Figura 3.2 demuestra la importancia de los procesos junto con la relación que existe entre las tres dimensiones críticas: la gente, los métodos y procedimientos,⁶ las herramientas y equipo.

Como se mencionó anteriormente, los procesos ayudan a la fuerza de trabajo de una organización a llegar a sus metas de negocios, ayudándolos a trabajar de manera más inteligente y con una mejor consistencia.

⁶ **Procedimiento.** Es el conjunto de reglas e instrucciones que determinan la manera de proceder o de obrar para conseguir un resultado. Un proceso define que es lo que se hace, y un procedimiento, cómo hacerlo.

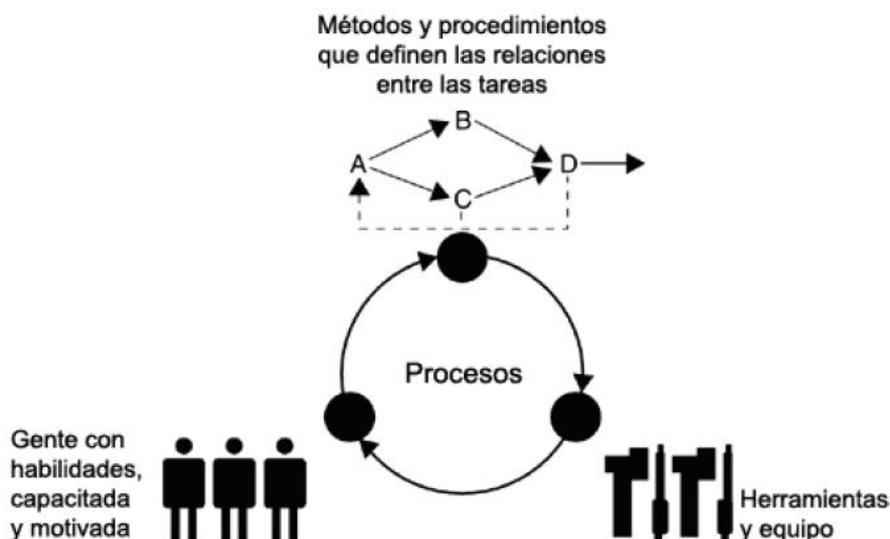


Figura 3.2 Las tres dimensiones críticas [Chrissis, 2003]

Esto no quiere decir que la gente y la tecnología no son importantes, vivimos en un mundo en donde la tecnología avanza a pasos agigantados, así como también la gente trabaja para varias compañías a lo largo de su carrera, es decir, vivimos en un mundo dinámico. Es por eso que un enfoque a los procesos provee la infraestructura necesaria para lidiar con un mundo como el nuestro, maximizando el personal y la tecnología para ser más competitivos.

La empresa manufacturera desde hace mucho tiempo ha reconocido la importancia de la calidad de los procesos y la eficiencia de estos mismos. Tener procesos efectivos proveen una forma de introducir y utilizar nueva tecnología a una organización, de tal manera que le ayude a alcanzar sus objetivos de negocios [Chrissis, 2003].

Todo empezó en los años 30's cuando Walter Shewhart comenzó su trabajo en mejoramiento de procesos con sus principios de control de calidad estadístico, los cuales fueron refinados tiempo después por W. Edwards Deming y Joseph Juran para crear la filosofía del TQM. Con el paso de los años, Watts Humphrey, Ron Radice y otros extendieron estos principios aún más, y empezaron a aplicarlos al software en su trabajo en IBM y en el SEI. El libro de Humphrey

Managing the Software Process [Humphrey, 1989] provee una descripción básica de los principios y conceptos en los cuales muchos de los modelos de capacidad de madurez están basados [Chirssis, 2003].

El SEI utilizó la premisa de la administración de procesos, la cual dice que “la calidad de un sistema o producto está altamente influenciada por la calidad de los procesos que son utilizados para desarrollarlos y mantenerlos” y luego definió los modelos de capacidad de madurez para que representaran esta premisa [Dennis, 2003].

Los Modelos de Capacidad de Madurez (CMMs) se concentran en mejorar los procesos en una organización, contienen los elementos esenciales de procesos efectivos para una o más disciplinas y describen un camino de mejoramiento evolutivo desde procesos inmaduros y ad hoc, hasta procesos maduros y disciplinados con una calidad mejorada y una buena efectividad [Chrissis, 2003].

La Transformación del CMMI

El proyecto de Integración del CMMI fue creado para resolver el problema de utilizar varios CMMs y su misión fue combinar los siguientes tres modelos:

1. The Capability Maturity Modelo for Software (SW-CMM) v2.0 draf C
2. The System Engineering Capability Model (SECM)
3. The Integrated Product Development Capability Maturity Modelo (IPD-CMM) v0.98

La Tabla 3.1 hace una relación de las disciplinas con los modelos base con los cuales se basa la concepción del CMMI.

<i>Disciplina del Modelo</i>	<i>Tipo de Representación</i>	<i>Modelo Base</i>
Software	Por etapas	SW-CMM, versión 2(c)
Ingeniería en Sistemas	Continua	SECM ó EIA/IS 731
Producto Integrado y Desarrollo del Proceso	Híbrido	IPD-CMM, versión 0.98

Tabla 3.1 Modelos Base del CMMI [Dennis, 2003]

La combinación de estos modelos en un solo marco de trabajo fue pensada para su uso por organizaciones que se encontraban en la búsqueda de una mejora de procesos empresarial.

Se seleccionaron estos modelos debido a su gran adopción en las comunidades de software e ingeniería en sistemas y también por sus diferentes metodologías para mejorar los procesos de una organización.

Utilizando la información de estos modelos tan populares como material de investigación, el equipo encargado de desarrollar el CMMI que se muestra en la Tabla 3.1, creó un conjunto consistente de modelos integrados que pueden ser adoptados por aquellos quienes actualmente están aplicando alguno de los modelos anteriores, así como también por aquellos que son nuevos con el concepto del CMM [Chrissis, 2003].

El CMMI es el sucesor oficial designado para sustituir a estos modelos. El SEI ha publicado una política para discontinuar al CMM y es por eso que las revisiones y mejoras hechas durante el desarrollo de la supuesta versión 2.0 draft C del CMM, fueron capturadas e implementadas en el CMMI junto con mayores necesidades de mejora descubiertas desde 1997.

El marco de trabajo del CMMI fue diseñado también para poder apoyar cualquier integración futura de alguna otra disciplina, así como también fue

desarrollado para ser consistente y compatible con el ISO/IEC 15504 Technical Report for Software Process Assessment [ISO, 1998].

El CMMI ha pasado por una extensa revisión de sus procesos, empezando con la versión 0.2 la cual fue revisada públicamente y se utilizó en algunas actividades piloto para poder hacerle las mejoras necesarias. Estas mejoras fueron aportadas por el público quien lo revisó, así como por compañías piloto a las que fue aplicado y por algunos grupos de trabajo. El equipo de trabajo del CMMI evaluó más de 3,000 peticiones de cambios para crear el CMMI versión 1.0, poco tiempo después salió la versión 1.02 la cual contenía cambios mínimos. Como cualquier modelo o aplicación, las oportunidades de mejora siempre existen.

Después de la versión 1.1 se incorporaron mejoras guiadas por retroalimentación de empresas que ya estaban aplicando el modelo, en donde se propusieron más de 1500 cambios y cientos de comentarios como parte del proceso de control del cambio [Chrissis, 2003].

3.1.22.1. Disciplinas o Áreas de Conocimiento

El objetivo del CMMI es proveer un CMM que cubra el desarrollo y mantenimiento del producto y del servicio, pero al mismo tiempo que cuente con un marco de trabajo flexible para que nuevas áreas de conocimiento sean añadidas en caso de ser necesario. Por el momento existen solamente cuatro áreas de conocimiento disponibles para la planeación del mejoramiento de procesos:

- Ingeniería en Sistemas (SE)
- Ingeniería de Software (SW)
- Desarrollo de Procesos y Productos Integrados (IPPD)
- Suministro de Proveedores (SS)

A continuación se detallan cada una de estas disciplinas o áreas de conocimiento:

Ingeniería en Sistemas (SE)

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

Ingeniería de Software (SW)

Cubre el desarrollo de sistemas de software, en donde los ingenieros de software se concentran en aplicar enfoques cuantificables, disciplinados y sistemáticos para el desarrollo, operación y mantenimiento del software.

Desarrollo de Procesos y Productos Integrados (IPPD)

Es un enfoque sistemático que logra una colaboración oportuna de accionistas a lo largo de la vida del producto para satisfacer los requisitos, necesidades y expectativas de los clientes. Los procesos que apoyan el enfoque de IPPD están integrados con otros procesos dentro de la empresa.

Suministro de Proveedores (SS)

Esta disciplina se aplica para proyectos que utilizan proveedores para desempeñar funciones o añadir modificaciones que son críticas para el éxito del proyecto. El proyecto se beneficia del análisis y monitoreo de las actividades de estos proveedores antes de la entrega final del producto.

3.1.22.2. Elección de la Disciplina Adecuada

Para elegir la disciplina adecuada, se necesita conocer que son las Áreas de Proceso (PAs) y los Componentes (metas y prácticas) los cuales están relacionados con cada PA y estos a su vez con cada disciplina.

Un área de Proceso (PA) es un conjunto de las mejores prácticas dentro de un área, que cuando se implementan correctamente satisfacen una serie de metas importantes para poder tener una mejora significativa dentro de ésta área. Los Componentes son las metas y prácticas que dependen de cada área, éstas pueden ser generales o específicas; más adelante se detalla cada uno de estos componentes.

El CMMI tiene un total de 25 PAs las cuales están divididas en las 4 disciplinas: Dependiendo de los objetivos que se quieran lograr, se debe de seleccionar adecuadamente cuales son las necesarias. A continuación se dará una explicación general de cada disciplina, mencionando las diferentes PAs que la representan.

Áreas de Proceso para la Ingeniería en Sistemas

Si se quiere mejorar en los procesos de ingeniería en sistemas, se tienen que seleccionar alguna de estas áreas de proceso:

- Análisis Causal y Resolución (Causal Analysis and Resolution)
- Configuración Administrativa (Configuration Management)
- Análisis de Decisión y Resolución (Decision Analysis and Resolution)
- Administración del Proyecto Integrado (Integrated Project Management)
- Medición y Análisis (Measurement and Analysis)
- Innovación Organizacional y Aplicación (Organizational Innovation and Deployment)

- Definición de Procesos Organizacionales (Organizational Process Definition)
- Enfoque de Procesos Organizacionales (Organizational Process Focus)
- Desempeño de Procesos Organizacionales (Organizational Process Performance)
- Capacitación Organizacional (Organizational Training)
- Integración del Producto (Product Integration)
- Monitoreo y Control del Proyecto (Project Monitoring and Control)
- Planeación del Proyecto (Project Planning)
- Garantía de Calidad del Producto y Proceso (Process and Product Quality Assurance)
- Administración Cuantitativa del Proyecto (Quantitative Project Management)
- Desarrollo de Requisitos (Requirements Development)
- Administración de Requisitos (Requirements Management)
- Administración de Riesgos (Risk Management)
- Administración de Acuerdos de Proveedores (Supplier Agreement Management)
- Soluciones Técnicas (Technical Solution)
- Validación (Validation)
- Verificación (Verification)

Áreas de Proceso para la Ingeniería en Software

Si se quiere mejorar los procesos de ingeniería de software, también se puede escoger de la lista anterior, solamente que la diferencia es que los componentes para ingeniería de software reciben un énfasis especial.

Áreas de Proceso para el Desarrollo de Procesos y Productos Integrados

Si se quiere mejorar dentro de esta área, se pueden escoger las mismas PAs listadas con anterioridad, más dos PAs adicionales que se refieren exclusivamente para esta disciplina, las cuales son:

- Equipos de Trabajo Integrados (Integrated Teaming)
- Ambiente Organizacional para la integración (Organizational Environment for Integration)

Áreas de Proceso para el Suministro de Proveedores

Igual que en las anteriores, se pueden escoger de la misma lista, solo que son una adicional:

- Administración de Proveedores Integrados (Integrated Supplier Management)

En general la única distinción entre los modelos del CMMI para ingeniería en sistemas e ingeniería de software, es el tipo de componentes que se incluyen. La similitud en el material fue dada intencionalmente durante el desarrollo del CMMI, para que no existieran problemas de incompatibilidad e inconsistencias y todo pudiese funcionar con un enfoque integrado.

3.1.22.3. Las dos Representaciones

La definición de modelo de capacidad de madurez permite que la continuidad pueda desarrollar modelos que cuenten con diferentes enfoques, siempre y cuando el nuevo modelo contenga los elementos esenciales de procesos eficaces para una o más disciplinas y que describa un camino evolutivo de mejoramiento de procesos inmaduros a disciplinados, podrá ser entonces considerado como CMM.

Todos los modelos base del CMMI son considerados modelos de capacidad de madurez; sin embargo cada uno tiene un enfoque distinto. La revisión cautelosa de cada modelo condujo al descubrimiento de dos tipos diferentes de enfoques, a las cuales se les dio el nombre de “representaciones” [Chrissis, 2003]. Una representación refleja como una organización utiliza y presenta los componentes en un modelo.

Todos los modelos de capacidad de madurez tienen áreas de procesos las cuales están definidas por niveles. De los modelos base para la creación del CMMI, el SW-CMM utiliza el término Áreas de Proceso Claves (Key Process Areas), mientras que el SECM utiliza el término Áreas de Enfoque (Focus Areas); los otros dos modelos utilizan otros términos para referirse a este tipo de áreas de proceso. Dentro del CMMI existen dos tipos de representaciones, la representación por etapas (staged) y la representación continua (continuos).

La representación por etapas es el enfoque usado en el CMM de Software, el cual utiliza un conjunto predeterminado de áreas de procesos para definir un camino de mejoramiento en una empresa. Este camino está descrito por un componente del modelo llamado niveles de madurez. Un nivel de madurez es un camino evolutivo bien definido cuyo objetivo es la obtención del mejoramiento de procesos en una organización [SEI-1, 2002].

La representación continua es el enfoque utilizado por el SECM y el IPD-CMM, el cual permite que una empresa seleccione un área de proceso en específico, para mejorar a través de ella. La representación continua utiliza niveles de capacidad para demostrar el mejoramiento relativo a un área de proceso específica [SEI-2, 2002].

El CMMI contiene ambas representaciones debido a la familiaridad que la gente tiene con los modelos base anteriores y también por la preocupación de que parte de la comunidad no adoptará al CMMI si es que se seleccionaba una

representación en vez de la otra. Aunque esto añade complejidad al modelo, también proporciona una transición más fácil hacia el CMMI para la gente que ya está acostumbrada a una u otra representación.

Existen 4 disciplinas diferentes que engloban a las 25 áreas de proceso que se encuentran en el CMMI, cada una representa un campo de conocimiento distinto. Las áreas de proceso cubren desde el desarrollo del producto y de los servicios, hasta el mantenimiento de los mismos. Independientemente a cual disciplina esté enfocada nuestra organización, las áreas de proceso se subdividen en grupos distintos los cuales dependen de cada representación, ya sea la continua o por etapas.

En la representación por etapas las áreas de proceso están separadas por nivel de madurez y en la representación continua se dividen en cuatro categorías distintas, donde cada una representa un área de aplicación distinta. A continuación se estudian a mayor detalle.

3.1.22.4. Organización de las Áreas de Proceso en la Representación por Etapas

Dentro de la representación por etapas, las áreas de proceso fueron adecuadamente organizadas en cada nivel de madurez, lo cual nos asegura que seguiremos un camino progresivo para implementar cada una de ellas, sin tener que preocuparnos por la dependencia de unas con otras, ya que el enfoque de ésta representación no nos permite avanzar, sin antes tener cubiertas todas las metas y prácticas que incluye cada área de proceso. La Tabla 3.2 muestra las áreas de proceso en cada nivel de madurez.

Nivel	Enfoque	Acrónimo	Área de Proceso
Nivel 2	Administración básica de proyectos	REQM	Administración de Requisitos
		PP	Planeación del Proyecto
		PMC	Monitoreo y Control del Proyecto
		SAM	Administración de Acuerdos de Proveedores
		MA	Medición y Análisis
		PPQA	Garantía de Calidad del Producto y Proceso
		CM	Configuración Administrativa
Nivel 3	Estandarización de procesos	RD	Desarrollo de Requisitos
		TS	Soluciones Técnicas
		PI	Integración del Producto
		VER	Verificación
		VAL	Validación
		OPF	Enfoque de Procesos Organizacionales
		OPD	Definición de Procesos Organizacionales
		OT	Capacitación Organizacional
		IPM	Administración del Proyecto Integrado
		RSKM	Administración de Riesgos
		IT	Equipos de Trabajo Integrados
		ISM	Administración de Proveedores Integrados
		DAR	Análisis de Decisión y Resolución
OEI	Ambiente Organizacional para la Integración		
Nivel 4	Administración Cuantitativa	OPP	Desempeño de Procesos Organizacionales
		QPM	Administración Cuantitativa del Proyecto
Nivel 5	Mejoramiento continuo de los procesos	OID	Innovación Organizacional y Aplicación
		CAR	Análisis Causal y Resolución

Tabla 3.2 Organización de las Áreas de Proceso dentro de la Representación por Etapas [SEI-1, 2002]

Este tipo de organización es muy sencillo, ya que como es lineal el margen de error es muy pequeño y siempre se utilizan las áreas de proceso dentro del

contexto del nivel de madurez al que pertenecen. Esto es ideal para organizaciones que no tienen mucha experiencia con el mejoramiento de procesos, o que simplemente nunca han puesto en marcha algún modelo [Chrissis, 2003].

3.1.22.5. Organización de las Áreas de Proceso en la Representación Continua

La representación continua permite que una organización concentre sus esfuerzos de mejoramiento de procesos dándole la oportunidad para escoger las áreas de proceso que mejor beneficien a la organización y a sus objetivos de negocios. Esta libertad sólo se encuentra restringida por la dependencia que existe entre algunas áreas de proceso.

Dentro de la representación continua las áreas de proceso están organizadas en cuatro categorías distintas:

- Administración de Proyectos
- Administración de Procesos
- Ingeniería
- Soporte

Antes de describir cada una de estas categorías, se mostrará en la Tabla 3.3 la forma en cómo están organizadas las áreas de proceso dentro de cada una de estas categorías.

Categoría	Acrónimo	Área de Proceso
Administración de Proyectos	PMC	Monitoreo y Control del Proyecto
	PP	Planeación del Proyecto
	SAM	Administración de Acuerdos de Proveedores
	IPM	Administración del Proyecto Integrado
	ISM	Administración de Proveedores Integrados
	IT	Equipos de Trabajo Integrados
	RSKM	Administración de Riesgos
	QPM	Administración Cuantitativa del Proyecto
Administración de Procesos	OPD	Definición de Procesos Organizacionales
	OPF	Enfoque de Procesos Organizacionales
	OT	Capacitación Organizacional
	OPP	Desempeño de Procesos Organizacionales
	IOD	Innovación Organizacional y Aplicación
Ingeniería	REQM	Administración de Requisitos
	PI	Integración del Producto
	RD	Desarrollo de Requisitos
	YS	Soluciones Técnicas
	VAL	Validación
	VER	Verificación
Soporte	CM	Configuración Administrativa
	MA	Medición y Análisis
	PPQA	Garantía de Calidad del Producto y Proceso
	DAR	Análisis de Decisión y Resolución
	OEI	Ambiente Organizacional para la Integración
	CAR	Análisis Causal y Resolución

Tabla 3.3 Organización de las Áreas de Proceso dentro de la Representación
Continúa [SEI-2, 2002]

Administración de Proyectos

Las áreas de proceso agrupadas en la Administración de Proyectos, son aquellas que cubren la planeación, el monitoreo y el control de los proyectos. Para describir de una mejor manera las interacciones de las áreas de proceso dentro de la administración de proyectos, éstas se dividen en dos tipos distintos; las básicas y las avanzadas.

Las áreas de proceso básicas de la Administración de Proyectos están orientadas a las actividades que se relacionan con establecer y mantener la planeación del proyecto, así como establecer y mantener compromisos, monitorear el progreso del plan, tomar acciones correctivas y administrar los acuerdos de los proveedores. Las áreas de proceso básicas son: PP, PMC y SAM.

Las áreas de proceso avanzadas de la Administración de Proyectos están orientadas a actividades tales como el establecer un proceso definido que haya sido creado a la medida de la organización, el colaborar y coordinarse con los accionistas importantes, el manejo de riesgos, el formar y mantener equipos integrados para el comportamiento de los proyectos y por último el administrar cuantitativamente el proceso definido del proyecto. Las áreas de proceso avanzadas son: IPM, ISM, IT, RSKM y QPM [SEI-2, 2002].

Administración de Procesos

Las áreas de proceso agrupadas en la Administración de Procesos son aquellas que contienen actividades cruzadas con los proyectos y que están relacionadas con definir, planificar, desplegar, implementar, monitorear, controlar, evaluar, medir y mejorar los procesos. Al igual que las áreas de proceso de la administración de proyectos, estas áreas de proceso también están divididas en dos tipos diferentes; las básicas y las avanzadas.

Las áreas de proceso básicas de la Administración de Procesos, proveen a la organización con la capacidad de documentar y compartir las prácticas, los bienes de los procesos organizacionales, así como el aprendizaje a lo largo de la organización. Las áreas de procesos básicas son: OPD, OPF y OT.

Las áreas de proceso avanzadas de la Administración de Procesos proveen a la organización con la capacidad avanzada de lograr sus objetivos cuantitativos para la calidad y el desempeño de los procesos. Las áreas de proceso avanzadas son: OPP y OID.

Ingeniería

Las áreas de proceso agrupadas en la Ingeniería cubren el desarrollo y el mantenimiento de las actividades que son compartidas a través de varias disciplinas de la ingeniería, tales como la ingeniería de software o la ingeniería mecánica. Estas áreas de proceso fueron creadas utilizando terminología general de la ingeniería, para que cualquier disciplina técnica envuelta en el proceso de desarrollo del producto pudiera usarlas para el mejoramiento de los procesos [Chrissis, 2003].

Las áreas de proceso de la Ingeniería también integran procesos de la ingeniería de software y de la ingeniería en sistemas en un solo proceso de desarrollo del producto, dando así, soporte a una estrategia de mejoramiento de procesos orientada hacia los productos. Esta estrategia apunta hacia los objetivos de negocios en vez de hacia una disciplina técnica en específico. Este enfoque hacia los procesos evita eficientemente la tendencia hacia una mentalidad de “embudo” de las organizaciones [SEI-2, 2002].

Las áreas de proceso de la Ingeniería se aplican al desarrollo de cualquier producto o servicio en el dominio del desarrollo de la ingeniería (ya sea productos

de software, de hardware, servicios o procesos). Estas áreas de proceso son: REQM, PI, RD, YS, VAL, VER.

Soporte

Las áreas de proceso del Soporte, las actividades que apoyan el desarrollo y mantenimiento del producto, estas áreas están dirigidas a los procesos que son usados en el contexto del desarrollo de otros procesos. En general las áreas de proceso del Soporte proveen los procesos esenciales que son usados por otras áreas de proceso del CMMI. Se enfocan a los procesos que están dirigidos hacia el proyecto, así como también pueden estar enfocadas a procesos que se aplican generalmente a la organización. Por ejemplo, Garantía de Calidad del Producto y Proceso (PPQA) puede ser usada con todas las áreas de proceso para dar una evaluación objetiva del proceso y de los productos de trabajo descritos en estas áreas de proceso [Chrissis, 2003].

3.1.22.6. Comparación entre la Representación Continua y la Representación por Etapas

Tal como se mencionó anteriormente, dentro del CMMI existen dos representaciones distintas, pero que a su vez son muy similares, ya que ambas representaciones están diseñadas para ofrecer esencialmente resultados equivalentes. Debido a que más del ochenta por ciento del contenido del modelo del CMMI cuenta con material que es común en ambas representaciones, conviene conocer de manera adecuada y precisa las diferencias entre éstas, así como sus ventajas para poder tomar la decisión adecuada sobre cual representación elegir o cual representación se apega más a las necesidades y objetivos de negocios de la empresa.

La flexibilidad creada dentro del modelo del CMMI permite que éste contenga ambas representaciones para procesar el mejoramiento dentro de una

empresa, utilizando la misma terminología, arquitectura y métodos de evaluación⁷. Sin embargo, cada representación proporciona diferentes beneficios, que dependiendo de cada organización, serán valorados de distinta manera.

Ambas representaciones se desenvuelven a través de las diferentes áreas de proceso, junto con sus metas y prácticas determinadas, la diferencia consiste en el enfoque que cada una toma para hacer uso de éstas y de cómo ayudarán a mejorar el desarrollo de los procesos dentro de una organización. Veamos con más detalle cada representación.

3.1.22.7. Representación Continua

Los componentes esenciales en los cuales se basa esta representación son las áreas de proceso. Para cada área de proceso existen metas específicas las cuales están implementadas por prácticas específicas; estas nos van a definir la dimensión de los procesos, en otras palabras “que hay que hacer”. Por otro lado, también dentro de la representación continua nos encontramos con metas generales las cuales están implementadas por prácticas generales, estas no definen la dimensión de capacidad o “que tan bien lo hacemos” [Phillips, 2003]. La Figura 3.3 presenta la estructura de la representación continua.



Figura 3.3 Estructura de la Representación Continua

⁷ **Métodos de Evaluación:** Del término en inglés appraisal methods el cual dentro de los modelos de capacidad de madurez del SEI, son formas estrictas de evaluación de uno o más procesos dentro de una organización, llevados a cabo por un equipo capacitado de profesionales que utilizan un modelo de evaluación como referencia para determinar sus fortalezas y debilidades.

Las metas y prácticas específicas son únicas para cada área de proceso individual, mientras que las metas y prácticas generales se pueden aplicar a varias áreas de proceso. Por ejemplo, para satisfacer el Nivel 2 de Capacidad de un área de proceso, se tienen que cumplir tanto las metas y prácticas específicas del nivel 2 de esa área de proceso, así como también las metas y prácticas generales representativas del nivel 2.

Esta representación ofrece un enfoque flexible al mejoramiento de procesos, una empresa puede escoger el mejorar el desarrollo de algún proceso en específico que esté causando problemas, o puede trabajar en diferentes áreas que estén alineadas a sus objetivos de negocios. La representación continua también le permite a las organizaciones mejorar varios procesos al mismo tiempo, pero en diferentes niveles, aunque existen algunas limitaciones en la selección, debido a las dependencias existentes entre algunas áreas de proceso [Chrissis, 2003].

Las metas y prácticas dentro de la representación continua están divididas en cuatro áreas distintas: Administración de Procesos, Administración de Proyectos, Ingeniería y Soporte.

Los Niveles de Capacidad⁸ (CLs) son usados para medir el camino de mejora a través de cada área de proceso, desde el nivel más bajo para un proceso que no se ha llevado a cabo (CL 0), hasta un nivel alto para un proceso óptimo (CL 5). Por ejemplo, una organización puede esforzarse por conseguir el nivel 2 de capacidad en una PA determinada y el nivel 4 de capacidad en otra PA distinta, de tal forma que la misma organización puede decidir si seguir incrementando de nivel en una PA en particular, o ampliar su alcance y llegar al mismo nivel de capacidad en varias PAs.

⁸ **Niveles de Capacidad.** Del término en inglés capability levels, los cuales son una medida del logro conseguido en el mejoramiento de procesos dentro de una organización, en una PA en específico.

Nivel de Capacidad 0: Incompleto

Un “proceso incompleto” es un proceso que no se ha llevado a cabo, o que se realizó a medias y no se completó. Una o más de las metas específicas del área de proceso no se cumplieron y no existen metas genéricas para este nivel, ya que no hay razón de institucionalizar un proceso que parcialmente se realizó [SEI-2, 2002].

Nivel de Capacidad 1: Realizado

Un proceso con nivel de capacidad 1 se caracteriza por ser un “proceso realizado”. Un proceso de esta forma es un proceso que cumple con las metas específicas del área de proceso. Ayuda y permite que se lleve a cabo el trabajo necesario para realizar productos [SEI-2, 2002].

Nivel de Capacidad 2: Administrado

Un proceso con nivel de capacidad 2 se caracteriza por ser un “proceso administrado”. Un proceso administrado es también un proceso realizado (nivel de capacidad 1) que tiene la infraestructura básica para apoyar al proceso. Es planeado y ejecutado de acuerdo a políticas, utiliza gente que tiene habilidades y los recursos necesarios para producir resultados controlados, involucra a los accionistas apropiados, es monitoreado, controlado y revisado, también es evaluado para que sea congruente con la descripción del proceso [SEI-2, 2002].

Nivel de Capacidad 3: Definido

Un proceso con nivel de capacidad 3 se caracteriza por ser un “proceso definido”. Un proceso definido, es también un proceso administrado (Nivel de Capacidad 2) que es hecho a la medida basándose en el grupo de procesos estándares de la organización de acuerdo a sus lineamientos. Contribuye a los bienes del proceso

organizacional, los productos realizados, medidas y a cualquier otra información referente al mejoramiento de procesos [SEI-2, 2002].

Nivel de Capacidad 4: Cuantitativamente Administrado

Un proceso con nivel de capacidad 4 se caracteriza por ser un “proceso administrado cuantitativamente”. Un proceso administrado cuantitativamente, es también un proceso definido (Nivel de Capacidad 3) que es controlado utilizando técnicas estadísticas cuantitativas. Los objetivos cuantitativos para la calidad y el desempeño de los procesos son establecidos y utilizados como criterio para administrar el propio proceso. La calidad y el desempeño de los procesos son comprendidos en términos estadísticos y es administrada a lo largo de la vida del proceso [SEI-2, 2002].

Nivel de Capacidad 5: Optimizado

Un proceso con nivel de capacidad 5 se caracteriza por ser un “proceso óptimo”. Un proceso óptimo, es también un proceso administrado cuantitativamente (Nivel de Capacidad 4) el cual es mejorado basándose en el entendimiento de las causas comunes de variación del proceso. La parte en la que se enfoca un proceso óptimo, es el mejoramiento continuo del desempeño de los procesos a través de mejoras incrementales e innovadoras [SEI-2, 2002].

En resumen, la representación continua describe un mejoramiento a través de los niveles de capacidad de las PAs. Un Nivel de Capacidad incluye una meta general con sus prácticas generales asociadas, las cuales son sumadas a las metas y prácticas específicas dentro de esa PA. Cuando una organización completa las metas específicas de una PA y las metas generales, entonces logra un Nivel de Capacidad para esa PA en específico. En otras palabras, las áreas de proceso nos indican “que es lo que hay que hacer” y los niveles de capacidad son una guía que nos indican “que tan bien lo estamos haciendo”.

Desde el lanzamiento de la versión 1.1 del CMMI, aproximadamente 1/3 de las personas que han tomado el curso "Introduction to CMMI" han escogido la versión de la representación continua del curso y aproximadamente 1/4 de todas las evaluaciones SCAMPI que han sido reportadas al SEI, han sido de organizaciones que están utilizando esta misma representación [Heinz, 2003].

3.1.22.8. Representación por Etapas

La representación por etapas ofrece un enfoque sistemático y estructurado para mejorar los procesos paso a paso. Al conseguir cada etapa, se asegura que se ha dado un mejoramiento y que se han establecido las bases necesarias para iniciar la siguiente etapa.

Las áreas de proceso están organizadas por niveles de madurez, los cuales son un camino evolutivo bien definido cuyo objetivo es la obtención del mejoramiento de procesos en una organización desde el nivel inicial hasta el nivel más óptimo [SEI-1, 2002].

La Figura 3.4 presenta la estructura de la Representación por Etapas y la relación que tiene con las áreas de proceso, las metas y las prácticas.



Figura 3.4 Estructura de la Representación por Etapas [Phillips, 2003]

3.1.22.9. Características en común

Un concepto único de la representación por etapas, son las características en común, las cuales son componentes del modelo que ayudan a agrupar las prácticas genéricas dentro de cada área de proceso. Son cuatro y se describen a continuación:

Habilidad para llevar a cabo. Agrupa a las prácticas genéricas relacionadas con el hecho de asegurar que el proceso está listo para su ejecución. Por ejemplo, existe un plan para llevar a cabo el proceso, existen los recursos adecuados para llevarlo a cabo, responsabilidades ya han sido asignadas y aquellas personas quienes lo implementan, tienen el conocimiento y las habilidades necesarias para realizarlo.

Compromiso para llevar a cabo. Agrupa a las prácticas genéricas relacionadas con la creación de políticas y el hecho de conseguir patrocinadores.

Dirección de la Implementación. Agrupa a las prácticas genéricas relacionadas con la administración del desempeño del proceso. Por ejemplo, monitorear el desempeño actual del proceso contra el planteamiento establecido, administrar la integridad de los productos realizados e involucrar a los accionistas pertinentes.

Verificación de la Implementación. Agrupa a las prácticas genéricas relacionadas para ser revisadas por la alta gerencia, así como una evaluación objetiva del cumplimiento de las descripciones de los procedimientos y estándares de la organización.

3.1.22.10. Niveles de Madurez

Existen 5 niveles de madurez (Figura 3.5) los cuales indican el nivel de mejoramiento de los procesos en una organización, empezando con el nivel 1. Los niveles son los siguientes:

1. Inicial
2. Administrado
3. Definido
4. Cuantitativamente Administrado
5. Optimizado



Figura 3.5 Niveles de Madurez [Phillips, 2003]

Intencionalmente los términos de los niveles del 2 al 5 son los mismos que en los niveles de capacidad, debido a que los conceptos de madurez y de capacidad son complementarios. Los niveles de madurez se utilizan para definir el mejoramiento de una empresa relativamente con un grupo de áreas de proceso específicas, mientras que los niveles de capacidad definen el mejoramiento de una empresa en cada área de proceso en particular, hay que recordar que estos pueden ser distintos para cada área de proceso.

Los niveles de madurez se miden por medio de alcanzar las metas genéricas y específicas determinadas para cada conjunto de áreas de proceso. A continuación se describen a detalle cada nivel de madurez.

Nivel de Madurez 1: Inicial

En este nivel de madurez los procesos usualmente son ad hoc y caóticos, normalmente la organización no tiene un ambiente estable para llevar a cabo los procesos. El éxito en este tipo de organizaciones depende en gran parte de personas heroicas y no en los procesos. Pero a pesar de este caos, organizaciones con este nivel de madurez usualmente pueden producir servicios y productos que si funcionan, sin embargo comúnmente exceden sus presupuestos y no entregan los productos a tiempo. Las organizaciones con el primer nivel de madurez tienen la tendencia de comprometerse en situaciones poco probables de cumplir, abandonar los procesos en tiempos de crisis y una falta de habilidad para repetir los éxitos logrados [SEI-1, 2002].

Nivel de Madurez 2: Administrado

Con el nivel 2 de madurez se asegura que para los proyectos de la organización los requisitos son administrados y que los procesos son planeados, llevados a cabo, medidos y controlados. La disciplina de los procesos reflejada por el nivel de madurez 2, garantiza que las prácticas existentes se mantienen durante tiempos de estrés, ya que cuando éstas prácticas están en su lugar, los proyectos son llevados a cabo y administrados de acuerdo a los planes documentados.

En el nivel 2 de madurez el estatus de los productos realizados y los servicios entregados son visibles para la gerencia en determinados puntos (como por ejemplo en los puntos cruciales, o en el cumplimiento de tareas importantes). Se establecen compromisos entre los accionistas principales y se revisan conforme es necesario. Los productos realizados son controlados apropiadamente

y satisfacen las descripciones específicas de los procesos, así como los estándares y los procedimientos [SEI-1, 2002].

Nivel de Madurez 3: Definido

En el nivel 3 de madurez, los procesos están bien descritos y se entienden bien y están descritos en los estándares, procedimientos, herramientas y métodos. El conjunto de procesos estándares de la organización⁹, los cuales son la base del nivel 3 de madurez, son establecidos y mejorados con el tiempo. Estos procesos estándares son utilizados para establecer una consistencia a través de la organización. De la misma forma, la gerencia establece los objetivos de los procesos basándose en éste grupo de procesos estándares y también se asegura que estos objetivos estén bien dirigidos.

Una distinción crítica entre los niveles 2 y 3 es el alcance de los estándares, la descripción de los procesos y los procedimientos, en el nivel 2 de madurez éstos pueden ser diferentes en cada instancia específica del proceso (por ejemplo, en cada proyecto) y en el nivel 3 de madurez los estándares, descripción de los procesos y los procedimientos para cada proyecto son hechos a la medida en base al grupo de procesos estándares de la organización, por lo tanto son más consistentes. Otra distinción crítica es que en el nivel 3 de madurez los procesos son descritos con más rigidez que en el nivel 2. Un proceso definido claramente declara el propósito, datos de entrada, actividades, roles, mediciones, pasos de verificación y datos de salida. En el nivel 3 los procesos son administrados tomando medidas preventivas, comprendiendo las interrelaciones de las actividades de los procesos con los productos realizados y sus servicios [SEI-1, 2002].

⁹ **Grupo de procesos estándares.** Una colección de las definiciones de los procesos que guían las actividades de una organización

Nivel de Madurez 4: Cuantitativamente Administrado

En el nivel 4 de madurez, la organización y los proyectos establecen objetivos cuantitativos para la calidad y para el desempeño de los procesos, utilizándolos como criterio para administrar los procesos. Los objetivos cuantitativos están basados en las necesidades de los clientes, los usuarios finales y los que implementan los procesos. Por otro lado la calidad y el desempeño de los procesos son comprendidos en términos estadísticos y son administrados a lo largo de la vida de los procesos, las medidas de éstos son incorporadas en los archivos de mediciones de la organización, para apoyar las decisiones futuras las cuales se pueden basar en hechos.

Una distinción crítica entre el nivel 3 y 4 es que tan predecible es el desempeño de los procesos. En el nivel 4 el desempeño de los procesos es controlado utilizando técnicas cuantitativas y estadísticas, haciéndolos cuantitativamente predecibles [SEI-1, 2002].

Nivel de Madurez 5: Optimizado

En el nivel 5 de madurez, una organización continuamente mejora sus procesos basándose en un entendimiento cuantitativo de las causas comunes de variación¹⁰ que se encuentran dentro de cada proceso.

El nivel 5 de madurez se concentra en mejorar continuamente el desempeño de los procesos a través de mejoras tecnológicas y de procesos incrementales e innovadores. Los objetivos cuantitativos del mejoramiento de procesos ya han sido establecidos y continuamente son revisados para que reflejen los objetivos cambiantes de negocios, para que sean usados como criterios en la administración del mejoramiento de los procesos.

¹⁰ **Causas comunes de la variación en los procesos.** Proviene del término common cause of process variation de la representación por etapas del CMMI, el cual se refiere a la variación de un proceso que se da debido a las interacciones tanto esperadas como normales entre los componentes de un proceso.

Una distinción crítica en el nivel 4 y el 5, es la forma en cómo se maneja la variación de los procesos. En el nivel 4 de la organización se preocupa por identificar las causas especiales de la variación de los procesos y la predicción estadística de los resultados. Aunque los procesos puedan producir resultados predecibles, estos resultados puede que sean insuficientes para alcanzar los objetivos establecidos, es por eso que en el nivel 5, la organización se preocupa por identificar las causas comunes de la variación de procesos para cambiar el proceso y así mejorar el desempeño del mismo, para alcanzar los objetivos cuantitativos del mejoramiento del proceso [SEI-1, 2002].

3.1.22.11. Comparación entre ambas representaciones

Debido a que las dos representaciones tienen muchos aspectos en común, desde las áreas de proceso, así como las metas y prácticas tanto genéricas como específicas, algunas veces resulta difícil diferenciar cada uno de los enfoques y la forma en cómo cada una ordena los componentes del modelo. Para facilitar esta tarea, la Tabla 3.4 resume las diferencias entre las dos representaciones.

Representación Continua	Representación por Etapas
Las áreas de proceso están organizadas por categorías	Las áreas de proceso están organizadas por nivel de madurez
El mejoramiento es medido utilizando niveles de capacidad Niveles de Capacidad <ul style="list-style-type: none"> • Miden la madurez de un proceso en particular dentro de una organización. • Van desde el nivel 0 al 5 	El mejoramiento es medido utilizando niveles de madurez Niveles de madurez <ul style="list-style-type: none"> • Miden la madurez de un grupo de procesos dentro de una organización. • Van desde el nivel 1 al 5
Existen dos tipos de prácticas específicas: básicas y avanzadas. Todas las prácticas específicas aparecen en la representación continua.	Sólo existe un tipo de prácticas específicas. Casi todas las prácticas específicas aparecen, sólo faltan las prácticas del tipo básico que aparecen en la representación continua.
Los niveles de capacidad se usan para organizar las prácticas genéricas.	Se utilizan las características en común para organizar las prácticas genéricas.
La equivalencia de etapas permite determinar un nivel de madurez a partir del perfil de logros de la organización.	No es necesario un mecanismo de equivalencia hacia la representación continua, debido a que cada organización puede escoger qué mejorar y qué tanto mejorarlo, utilizando la representación por etapas.

Tabla 3.4 Comparación de la Representación Continua y la Representación por Etapas [Chrissis, 2003]

Las primeras personas que implementaron el CMMI se inclinaron más por la representación heredada de su modelo previo [Kan, 2002]. La representación continua ha conmocionado a algunos grupos de ingeniería de software ya que como es nuevo para ellos y diferente a lo que estaban acostumbrados, lo perciben como erróneo o perjudicial, esto sin mencionar que esta representación contiene un Nivel 0, cuando todo mundo sabe que todos los modelos reales empiezan en el nivel 1. Pero realmente lo que necesitaban éstas personas era conocer más a fondo cada representación, para así darse cuenta que ambas representaciones tienen tanto sus ventajas como sus desventajas, así como sus diferencias y similitudes, pero todo depende desde el punto de vista que se vea y en base a las

necesidades y los objetivos de negocios de cada organización. La siguiente Tabla 3.5 muestra las ventajas de cada representación.

Representación Continua	Representación por Etapas
Otorga una gran libertad para elegir el orden del mejoramiento que se adapta mejor a los objetivos de negocios de la empresa, aliviando así las áreas de riesgo.	Permite que las organizaciones tengan un camino predefinido y bien probado de mejoramiento.
Permite una gran visibilidad de la capacidad lograda en cada área de proceso individual.	Se enfoca en un conjunto de procesos los cuales proporcionan a una organización una capacidad específica, caracterizada por cada nivel de madurez.
Proporciona una evaluación en niveles de capacidad, la cual es usada primordialmente para el mejoramiento en una organización y que raramente es comunicada al exterior.	Proporciona una evaluación en niveles de madurez, la cual es usada frecuentemente para la comunicación de la administración interna, declaraciones externas de la organización y durante adquisiciones como medios para evaluar al mejor postor.
Permite realizar mejoramientos en distintos niveles para diferentes procesos.	Resume los resultados del mejoramiento de procesos de una manera muy simple, con un sencillo número que representa el nivel de madurez.
Refleja un enfoque nuevo que todavía no tiene los datos necesarios para comprobar su relevancia con el ROI.	Construido en base a una larga historia de su implementación, que incluye casos de uso y datos que demuestran un buen ROI.
Proporciona una fácil migración del SECM al CMMI.	Proporciona una fácil migración del CMM de Software al CMMI.
Permite una fácil comparación del mejoramiento de procesos con el ISO/IEC 15504, debido a que la organización de las áreas de proceso se deriva del 15504.	Se puede comparar con el 15504, pero la organización de las áreas de proceso no corresponde a la organización utilizada en el ISO/IEC 15504.

Tabla 3.5 Ventajas de la Representación Continua y la Representación por Etapas

[Chrissis, 2003]

3.1.22.12. Equivalencia Comparativa

Dentro del modelo del CMMI existe el término equivalent staging el cual es un método para comparar los resultados obtenidos dentro de la representación continua, con aquellos de la representación por etapas.

Para realizar una evaluación oficial a una organización, se tiene que ocupar el método SCAMPISM. Si se ocupa la representación continua, el resultado va a ser un perfil de niveles de capacidad¹¹, por otro lado, si se ocupa la representación por etapas, el resultado va a ser un nivel de madurez [SEI-2, 2002].

Un perfil de niveles de capacidad es una lista de áreas de proceso con su correspondiente nivel de capacidad logrado para cada una de ellas. Este perfil le permite medir a una organización su nivel de capacidad para cada área de proceso.

Este perfil se convierte en un perfil de logros cuando representa el progreso actual de cada área de proceso dentro de una organización, alternadamente éste perfil es también un perfil de objetivos cuando representa los objetivos planeados del mejoramiento de procesos en una organización. La Figura 3.6 enseña tanto un perfil de logros, como un perfil de objetivos, la parte gris demuestra lo que se ha logrado y la parte blanca representa lo que falta para conseguir lo establecido en el perfil de objetivos.

¹¹ **Perfil de niveles de capacidad.** Proviene del término capability level profile.

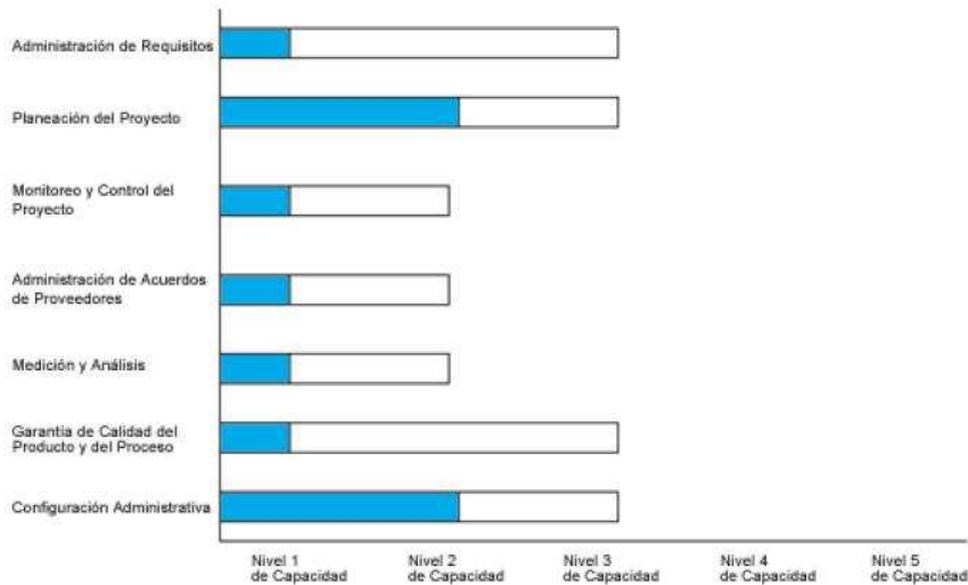


Figura 3.6 Ejemplo de un perfil de Logros y de un Perfil de Objetivos [Chrissis, 2003]

Aunque existen muchas razones para utilizar la representación continua, las evaluaciones que provienen de los perfiles de niveles de capacidad son limitadas en cuanto a poder otorgar a la organización alguna forma de compararse con otras organizaciones, por otro lado, los niveles de madurez se han utilizado por años como un medio de comparación entre organizaciones.

La equivalencia comparativa fue creada debido a esta situación y es así que por medio de ésta, una organización que utilizó la representación continua para llevar a cabo una evaluación oficial puede convertir su perfil de niveles de capacidad en una evaluación con niveles de madurez.

La forma más efectiva de implementar la equivalencia comparativa es proporcionando una secuencia de perfiles de logros, los cuales cada uno de ellos es equivalente a algún nivel de madurez de la representación por etapas. La Figura 3.7 muestra una equivalencia de los niveles de madurez del 2 al 5, con los perfiles de objetivos que tienen que ser conseguidos cuando se usa la representación continua. Cada área sombreada en las columnas de los niveles de

capacidad representa un perfil de objetivos, el cual es equivalente a cada nivel de madurez.

Nombre	Abr	NM	NC1	NC2	NC3	NC4	NC5
Administración de Requisitos	REQM	2	Perfil de Objetivos 2				
Planeación del Proyecto	PP	2					
Monitoreo y Control del Proyecto	PMC	2					
Administración de Acuerdos de Proveedores	SAM	2					
Medición y Análisis	MA	2					
Garantía de Calidad del Producto y Proceso	PPQA	2					
Configuración Administrativa	CM	2					
Desarrollo de Requisitos	RD	3	Perfil de Objetivos 3				
Soluciones Técnicas	TS	3					
Integración del Producto	PI	3					
Verificación	VER	3					
Validación	VAL	3					
Enfoque de Procesos Organizacionales	OPF	3					
Definición de Procesos Organizacionales	OPD	3					
Capacitación Organizacional	OT	3					
Administración del Proyecto Integrado	IPM	3					
Administración de Riesgos	RSKM	3					
Equipos de Trabajo Integrados	IT	3					
Administración de Proveedores Integrados	ISM	3					
Análisis de Decisión y Resolución	DAR	3					
Ambiente Organizacional para la Integración	OEI	3					
Desempeño de Procesos Organizacionales	OPP	4	Perfil de Objetivos 4				
Administración Cuantitativa del Proyecto	QPM	4					
Innovación Organizacional y Aplicación	OID	5	Perfil de Objetivos 5				
Análisis Causal y Resolución	CAR	5					

Nombre = nombre completo del área de proceso
 Abr = acrónimo del área de proceso
 NM = nivel de madurez
 NC = nivel de capacidad

Figura 3.7 Perfil de Objetivos y Equivalencia Comparativa [Chrissis, 2003]

3.1.22.13. Factores importantes para decidir la representación adecuada para una Organización

Existen tres categorías de factores primordiales que pueden influenciar en la decisión para adoptar alguna de las representaciones, estos son: factores de negocios, de cultura y de legado¹² [Chrissis, 2003]. A continuación se detallan cada uno de éstos.

Factores de Negocios

Una organización con un conocimiento maduro de sus propios objetivos de negocios, es muy probable que tenga un fuerte mapeo de sus procesos con estos objetivos. Tal organización puede considerar útil la representación continua para medir sus procesos y para determinar que tan bien coinciden éstos con sus objetivos de negocios.

Si una organización tiene un enfoque basado en varias líneas de productos y decide mejorar sus procesos a través de toda la empresa, es posible que la representación por etapas sea la más adecuada. Esta representación ayuda a una organización a elegir los procesos críticos en los cuales se debe de enfocar más esfuerzo para lograr la mejora.

Por otro lado, la misma organización podría tomar la decisión de mejorar sus procesos basados en las diferentes líneas de productos, en ese caso debe seleccionar la representación continua, así se podrá lograr una evaluación distinta del nivel de capacidad para cada línea de productos. Ambas representaciones son válidas, sólo que la consideración más importante es saber cuáles objetivos de negocios se quieren respaldar por el programa de mejoramiento de procesos y como estos mismos objetivos se acoplan con cada representación.

¹² **Legado.** Del término en inglés legacy el cual se refiere a algún sistema, modelo, hardware o software que ya estaba antes, o lo que se ocupaba con anterioridad.

Factores Culturales

Los factores culturales a considerar cuando se va a seleccionar una representación, tienen que ver con la habilidad de la organización para poner en marcha un programa de mejoramiento de procesos. Por ejemplo, una organización puede escoger la representación continua si la cultura corporativa está basada en procesos y tienen experiencia en el mejoramiento de procesos, o si también necesitan mejorar inmediatamente un proceso en específico. Pero si una organización tiene muy poca experiencia en el mejoramiento de procesos, ésta puede escoger la representación por etapas, ya que esta representación puede proporcionar un tipo de guía para el orden en el cual se deben de dar los cambios.

Factores de Legado

Si una organización tiene experiencia previa con algún modelo de representación por etapas, lo más apropiado sería escoger la representación por etapas del CMMI, especialmente si ya se han invertido recursos o se han puesto en marcha procesos a través de la organización que están asociados con una representación por etapas [Chrissis, 2003]. Cabe mencionar que es importante que la organización se encuentre en conformidad con el modelo que se ha estado usando con anterioridad, ya que si no es así, tal vez se deban evaluar otros aspectos más importantes, antes de seleccionar la representación del CMMI que se asemeje al modelo que se había estado utilizando.

CAPÍTULO IV PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

4.1 Descripción del Problema

El concepto de calidad en el software es prácticamente desconocido por un número importante de empresas. Aprender a hacer bien las cosas lleva tiempo, pero es una necesidad si se quiere desarrollar software correcto de forma eficiente.

El desarrollo actual de software continúa siendo muy propenso a errores. Un gran número de proyectos termina con grandes retrasos, excediendo sustancialmente presupuestos y recursos planificados. Por lo que es frecuente encontrar a desarrolladores trabajando desorganizadamente bajo fuertes condiciones de estrés, dentro de un proceso de software con pobre o nula calidad.

Otra de las causas dentro de este problema es la ausencia de una cultura organizativa centrada en las personas, la falta de confianza en el factor humano, y la no orientación de los funcionamientos empresariales hacia la calidad.

No existe un modelo que se pueda utilizar para crear procesos enfocados al desarrollo de software y que estén alineados tanto a CMM como a CMMI.

4.2 Hipótesis General

El modelo propuesto, facilitará la construcción y ejecución de procesos de desarrollo de software para empresas que se alinean a los modelos CMM o CMMI.

4.3 Objetivo General

Diseñar un modelo que guíe la construcción y ejecución de procesos para el desarrollo de software.

4.4 Objetivos Específicos

- Identificar los procesos de la organización de tal forma que se pueda hacer un mapeo con los KPAs de CMM.
- Identificar un grupo de procedimientos contenidos en un proceso.
- Establecer los elementos a utilizar para la elaboración de diagramas de procesos y procedimientos.
- Estandarizar la redacción de actividades.
- Definir los Actores ejecutores de procesos.
- Proponer los lineamientos que se deben seguir para la elaboración de productos.

4.5 Método de investigación

El método que se utilizó para adquirir el conocimiento en este trabajo de investigación fue el método científico. La modalidad utilizada fue el método inductivo, en el que a partir del resultado obtenido en la aplicación de un proceso en particular, se generaliza a los demás procesos, cuyas características son similares.

Las técnicas de investigación utilizadas fueron tanto la documental para recopilación de información teórica y con ella construir el modelo, como la de campo para obtener información en un medio totalmente real, al observar cómo se lleva a cabo la construcción y ejecución de los procesos organizacionales para el desarrollo de software.

PARTE II

METODOLOGÍA

CAPÍTULO V PROPUESTA DE SOLUCIÓN

5.1 Método para construir el proceso

El método a seguir para el modelo propuesto es el siguiente:

- Seleccionar el KPA del cual se creará su proceso
- Identificar los objetivos o metas del KPA
- Generar la carátula del proceso, la cual debe contener los siguientes elementos:
 - Objetivo
 - Descripción
 - Diagrama
 - Procedimientos (Identificarlos en base a los objetivos o metas del KPA)
 - Actores participantes
 - Elementos de entrada
 - Elementos de salida
 - Interfaces de entrada y salida
- Diseñar el proceso generando su diagrama correspondiente
- Diseñar los procedimientos generando para cada uno de ellos:
 - La carátula (los elementos son los mismos que los del proceso)
 - El diagrama correspondiente
 - El flujo de actividades, que incluya los siguientes elementos:
 - No. Actividad
 - Entrada
 - Actor
 - Actividad
 - Salida
- Diseñar los productos (elementos de entrada y de salida), resultado de ejecutar las actividades de los procedimientos

5.2 Modelo propuesto

Para construir procesos se propone utilizar la siguiente plantilla para la carátula del proceso. En esta se identifican los elementos que la componen.

Proceso <Nombre del proceso>¹³	
Objetivo	<Describir en un sólo enunciado lo que se pretende lograr con el proceso. El objetivo debe iniciar empleando un verbo en infinitivo>
Descripción	<Describir el propósito del proceso>
Diagrama	<Nombre del diagrama del proceso>
Procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> • <Nombre del procedimiento 1> • <Nombre del procedimiento 2> • <Nombre del procedimiento n>¹⁴
Actores participantes	<ul style="list-style-type: none"> • <Nombre del Actor participante 1> • <Nombre del Actor participante 2> • <Nombre del Actor participante n>¹⁵
Elementos de entrada	<ul style="list-style-type: none"> • <Nombre del elemento de entrada 1> • <Nombre del elemento de entrada 2> • <Nombre del elemento de entrada n>¹⁶
Elementos de salida	<ul style="list-style-type: none"> • <Nombre del elemento de salida 1> • <Nombre del elemento de salida 2> • <Nombre del elemento de salida n>¹⁷
Interfaces de entrada y salida	<ul style="list-style-type: none"> • <Nombre de la interfaz 1> • <Nombre de la interfaz 2> • <Nombre de la interfaz n>¹⁸

¹³ El nombre del proceso debe estar compuesto por un identificador (acrónimo) y un título descriptivo.

¹⁴ Lista de nombres de procedimientos que pertenecen al proceso.

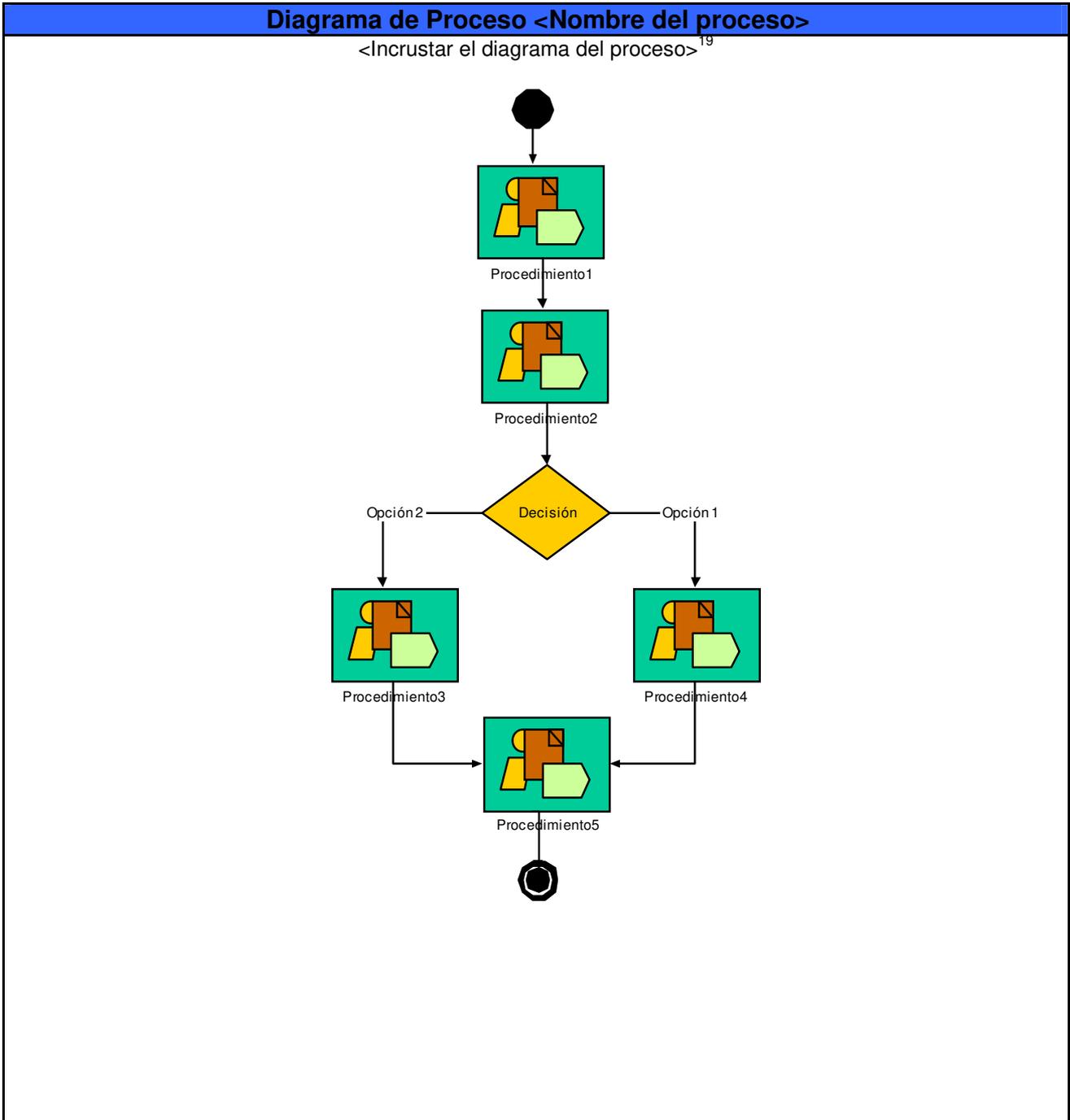
¹⁵ Lista de Actores que participan en los procedimientos del proceso.

¹⁶ Un elemento de entrada es cualquier producto del proceso u otro que se utilizará en un procedimiento para consultar o transformar la información de su contenido.

¹⁷ Un elemento de salida es cualquier producto del proceso u otro, resultado de la transformación de un elemento de entrada o de la información de su contenido en un procedimiento.

¹⁸ Lista de los procesos externos con los que se interrelaciona el proceso.

El proceso a construir deberá incluir su correspondiente diagrama para identificar de forma visual y general, los procedimientos que conforman al proceso y el flujo de dichos procedimientos.



¹⁹ El diagrama es una representación grafica del flujo de los procedimientos del proceso (Ver Apéndice A).

Para cada procedimiento a construir, se deberá incluir su correspondiente carátula. Para ello se propone la siguiente plantilla, en la que se identifican los elementos que la componen.

Procedimiento <Nombre del procedimiento X>²⁰	
Objetivo	<Describir en un sólo enunciado lo que se pretende lograr con el procedimiento. El objetivo debe iniciar empleando un verbo en infinitivo>
Descripción	<Describir el propósito del procedimiento>
Diagrama	<Nombre del diagrama del procedimiento>
Actores participantes	<ul style="list-style-type: none"> • <Nombre del Actor participante 1> • <Nombre del Actor participante 2> • <Nombre del Actor participante n>²¹
Elementos de entrada	<ul style="list-style-type: none"> • <Nombre del elemento de entrada 1> • <Nombre del elemento de entrada 2> • <Nombre del elemento de entrada n>²²
Elementos de salida	<ul style="list-style-type: none"> • <Nombre del elemento de salida 1> • <Nombre del elemento de salida 2> • <Nombre del elemento de salida n>²³
Interfaces de entrada y salida	<ul style="list-style-type: none"> • <Nombre de la interfaz 1> • <Nombre de la interfaz 2> • <Nombre de la interfaz n>²⁴

²⁰ El nombre del procedimiento se forma de un prefijo (acrónimo del proceso) y un título que describe el procedimiento.

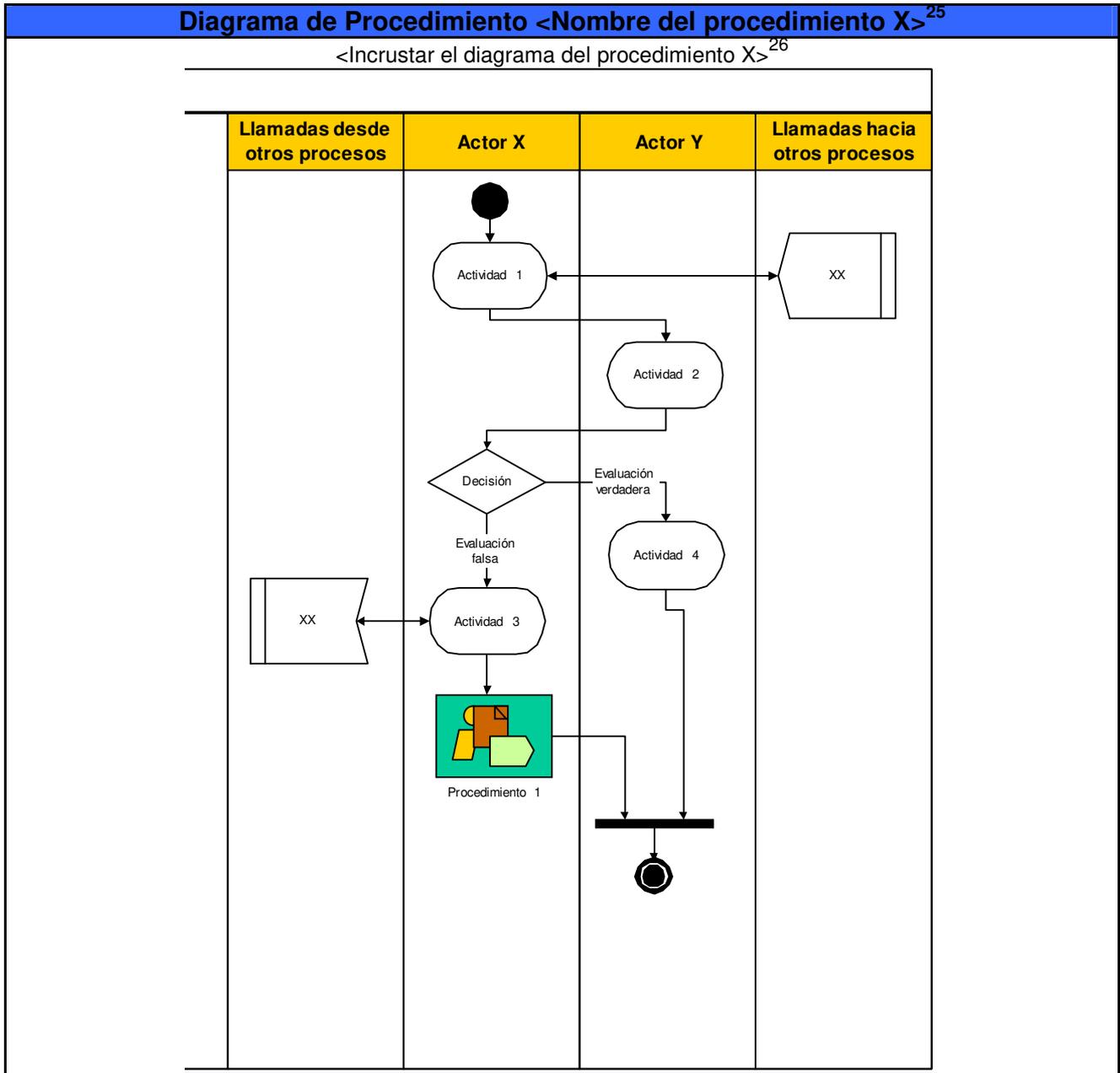
²¹ Lista de Actores que participan en los procedimientos del proceso.

²² Un elemento de entrada es cualquier producto del proceso u otro que se utilizará en un procedimiento para consultar o transformar la información de su contenido.

²³ Un elemento de salida es cualquier producto del proceso u otro, resultado de la transformación de un elemento de entrada o de la información de su contenido en un procedimiento.

²⁴ Lista de los procesos externos con los que se interrelaciona el proceso.

Para cada procedimiento a construir, se deberá incluir su correspondiente diagrama para identificar de forma visual, las actividades y flujos de decisión.



²⁵ Donde X se sustituye por el número de procedimiento.

²⁶ El diagrama contiene un carril en el extremo izquierdo para las llamadas al proceso desde procesos externos, carriles centrales para los Actores que participan en la ejecución del procedimiento y un carril en el extremo derecho para las llamadas del proceso hacia procesos externos.

Para cada procedimiento a construir, se deberá incluir también el conjunto de actividades correspondiente, como se muestra en la siguiente plantilla.

Actividades de Procedimiento <Nombre del procedimiento X>				
Actividad	Entrada	Actor	Descripción	Salida
<1. Actividad> ²⁷	<Nombre del elemento de entrada >	<Nombre del Actor que ejecuta la actividad>	<Describir claramente en qué consiste la actividad>	<Nombre del elemento de salida >
<2. Actividad>	<Nombre del elemento de entrada >	<Nombre del Actor que ejecuta la actividad>	<Describir claramente en qué consiste la actividad>	<Nombre del elemento de salida >
<n. Actividad>	<Nombre del elemento de entrada >	<Nombre del Actor que ejecuta la actividad>	<Describir claramente en qué consiste la actividad>	<Nombre del elemento de salida >

Para garantizar que una actividad pueda ser ejecutada exitosamente, es importante considerar las siguientes preguntas: ¿Qué? ¿Quién? ¿Cómo? ¿Cuándo? y ¿Dónde?

En la sección actividades de procedimiento, sólo se consideran las dos primeras. El ¿Qué? está definido por la columna Descripción en la que se debe expresar (Iniciar con un verbo expresado en infinitivo) claramente la acción a realizar, de tal forma que pueda ser entendible, aplicable y auditable. El ¿Quién? Está definido por la columna Actor, en la que se indica el Actor responsable de ejecutar la actividad. Los tres cuestionamientos restantes, deben ser documentados en otros productos tales como guías. En estos productos se puede expresar más detalle de la actividad, respondiendo a la forma en que se debe ejecutar la actividad ¿Cómo?, el momento o tiempo en el que se debe realizar ¿Cuándo? y el objeto donde recae la acción ¿Dónde?

²⁷ Número consecutivo de la actividad.

La ejecución de una actividad debe generar evidencias. Estas pueden consistir en la generación de productos, adición o modificación de información a productos existentes, revisión de información sin que exista transformación de los mismos y eliminación de elementos. A partir de este comportamiento identificado, se propone la clasificación de las actividades en los siguientes tipos: Construcción, Actualización, Eliminación y Revisión.

Para cada producto a elaborar, se debe considerar la siguiente plantilla.

Producto <Nombre del producto X>²⁸		
<Incrustar las secciones del producto X> ²⁹		
<table border="1"><thead><tr><th>Sección 1</th></tr></thead><tbody><tr><td><Elementos de la sección 1></td></tr></tbody></table>	Sección 1	<Elementos de la sección 1>
Sección 1		
<Elementos de la sección 1>		
<table border="1"><thead><tr><th>Sección 2</th></tr></thead><tbody><tr><td><Elementos de la sección 2></td></tr></tbody></table>	Sección 2	<Elementos de la sección 2>
Sección 2		
<Elementos de la sección 2>		
<table border="1"><thead><tr><th>Sección n</th></tr></thead><tbody><tr><td><Elementos de la sección n></td></tr></tbody></table>	Sección n	<Elementos de la sección n>
Sección n		
<Elementos de la sección n>		

²⁸ Donde X se sustituye por el número de producto.

²⁹ Las secciones del producto no siguen un formato establecido. Este depende del objetivo del producto y de la clasificación de la información contenida en el mismo. Lo que sí es indispensable, es que se describan los elementos de cada una de las secciones del producto. Si los elementos tienen diferentes estados, categorías u opciones, deberán ser descritos.

Glosario de términos³⁰

Término	Definición
<Término 1>	<Definición 1>
< Término 2>	<Definición 2>
< Término n>	<Definición n>

³⁰ Lista de términos y sus definiciones del proceso.

Lista de Verificación ³¹					
Número	Requisito	Resultado ³²			Observaciones
		C	NC	NA	
<1>	<Descripción de la actividad a cumplir 1>				<Observaciones 1>
<2>	<Descripción de la actividad a cumplir 2>				<Observaciones 2>
<n>	<Descripción de la actividad a cumplir n>				<Observaciones n>
C= Cumple		NC= No cumple			NA= No aplica

La lista de verificación es una herramienta que se utiliza para garantizar que sean cubiertas todas las actividades de un proceso o los elementos de un producto.

³¹ Cada lista de verificación debe adecuarse a las actividades del procedimiento o elementos del producto a revisar.

³² Para cada requisito, marcar con el símbolo "X" el campo de "C", "NC" ó "NA" según el estado de cumplimiento que corresponda.

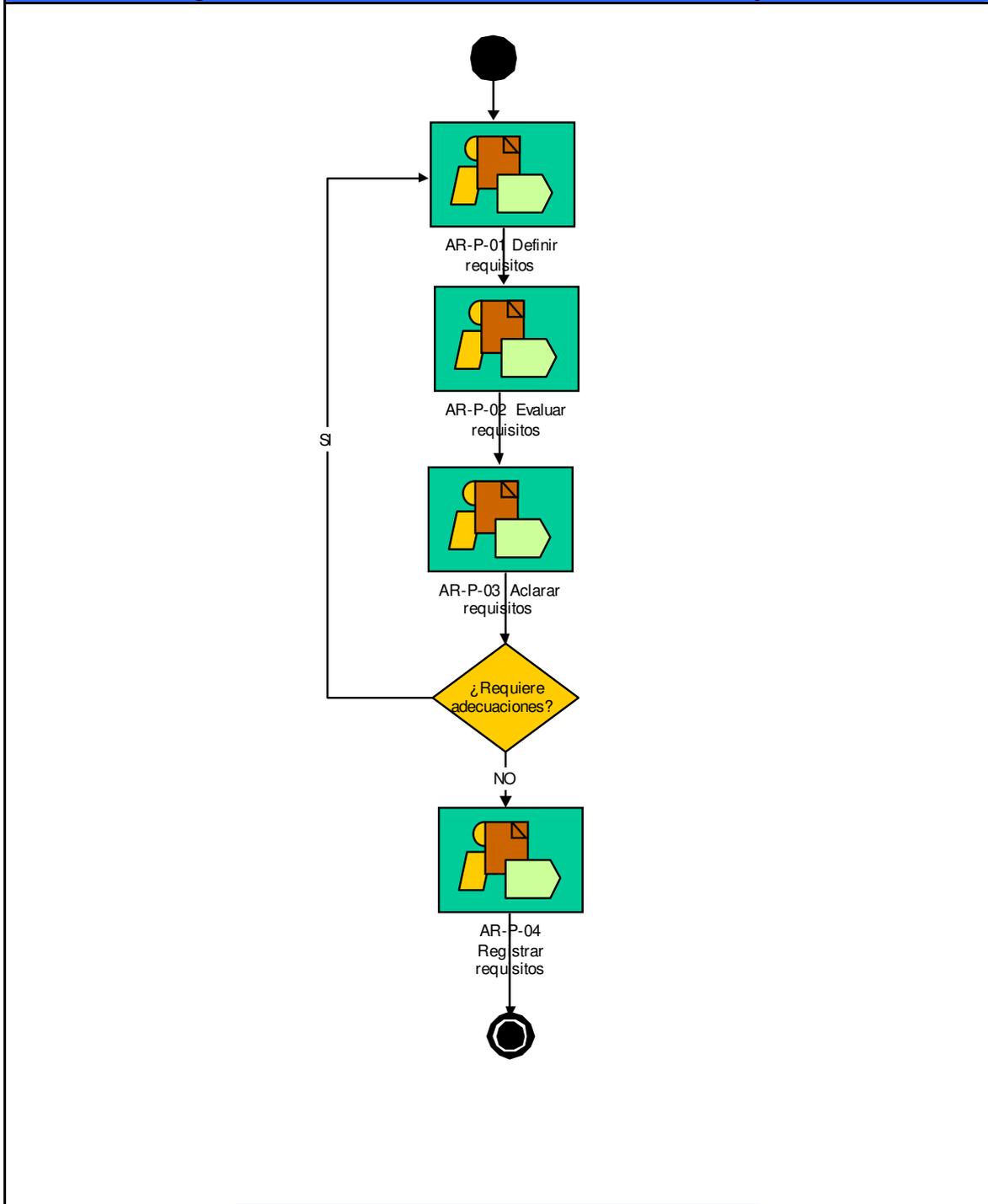
CAPÍTULO VI IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO

6.1 Construcción del proceso

El KPA seleccionado de CMM para construir su proceso aplicando el modelo es Administración de Requisitos (Requirements Management).

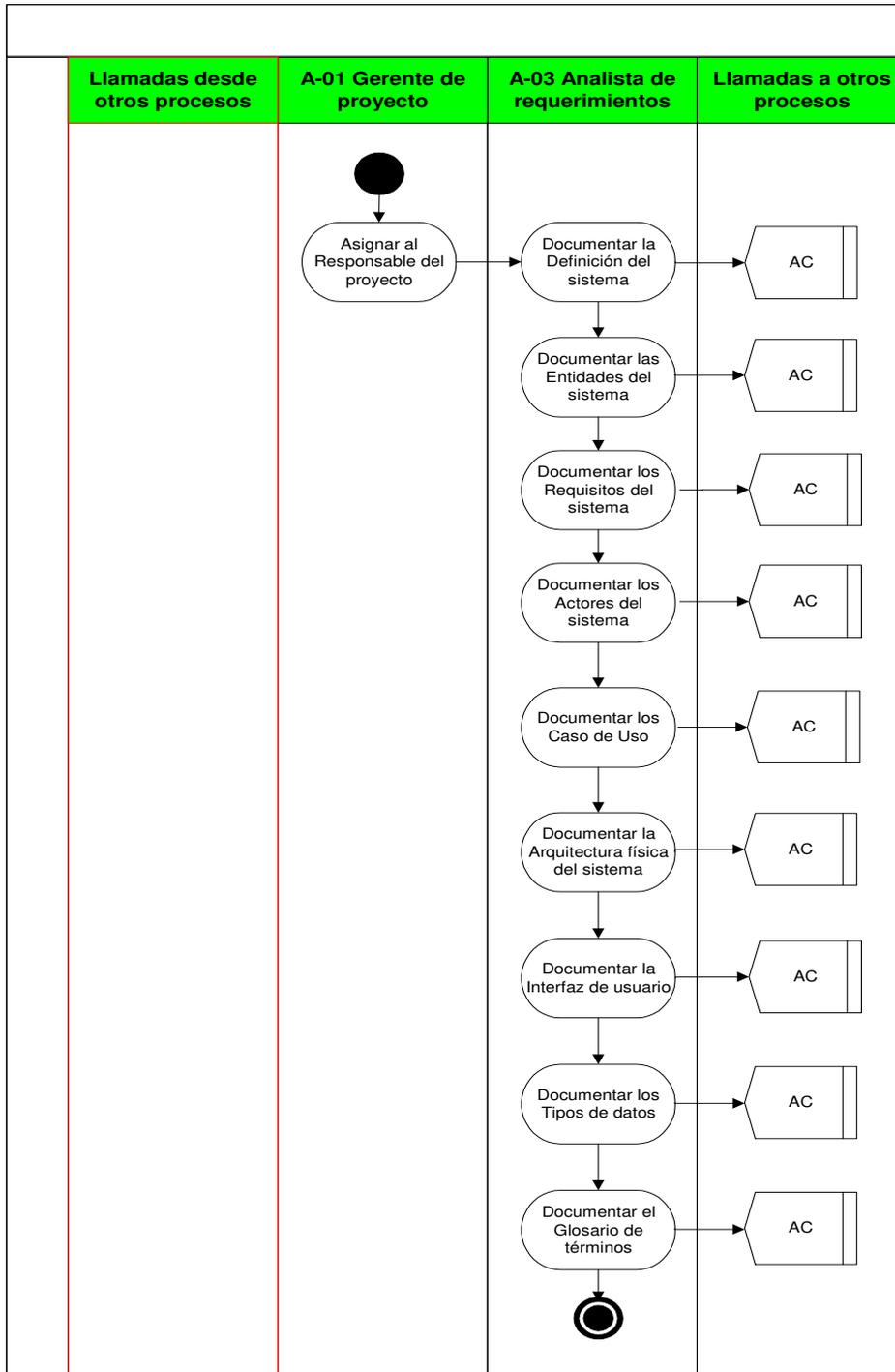
Proceso: AR Administración de requisitos	
Objetivo	Administrar las necesidades del cliente
Descripción	Este proceso permite registrar, evaluar y actualizar el alcance de los requisitos del cliente
Diagrama	Diagrama de AR Administración de Procesos
Procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> • AR-P-01 Definir requisitos • AR-P-02 Evaluar requisitos • AR-P-03 Aclarar requisitos • AR-P-04 Registrar requisitos
Actores participantes	<ul style="list-style-type: none"> • A-01 Gerente de proyecto • A-02 Responsable de proyecto • A-03 Analista de requisitos • A-04 Arquitecto de software • A-05 Consultor de calidad
Elementos de entrada	<ul style="list-style-type: none"> • Solicitud de proyecto nuevo o nuevas versiones
Elementos de salida	<ul style="list-style-type: none"> • AR-D-01 Registro de requisitos • AR-D-02 Definición del sistema • AR-D-03 Entidades del sistema • AR-D-04 Requisitos del sistema • AR-D-05 Actores del sistema • AR-D-06 Casos de Uso • AR-D-07 Arquitectura física del sistema • AR-D-08 Interfaz de usuario • AR-D-09 Tipos de datos • AR-D-10 Glosario de términos
Interfaces de entrada y salida	<ul style="list-style-type: none"> • AC (Administración de la Configuración) • IPS (Ingeniería de Productos de Software) • PRU (Pruebas) • SCP (Seguimiento y Control de Proyectos)

Diagrama de Proceso: AR Administración de requisitos



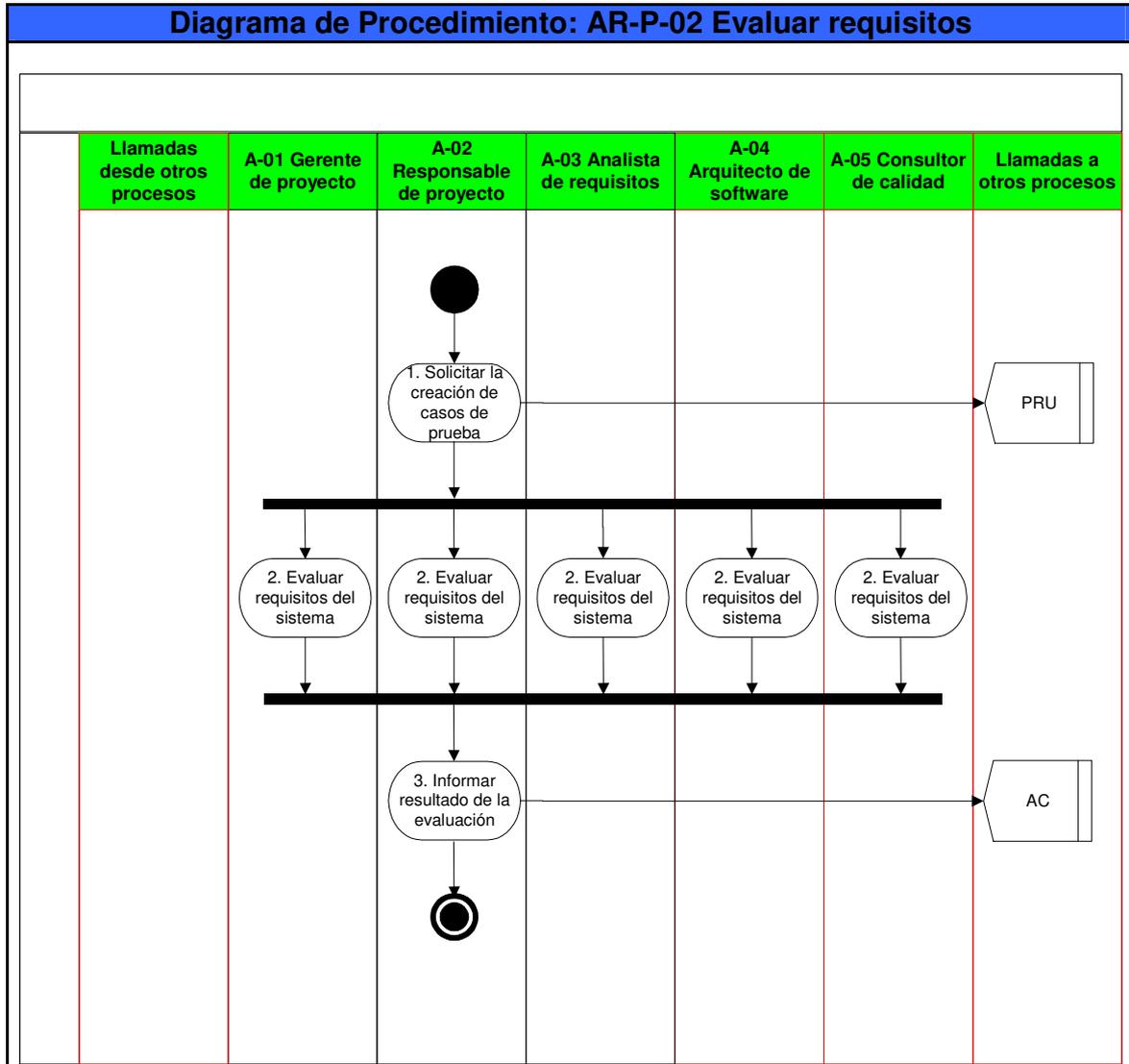
Procedimiento: AR-P-01 Definir requisitos	
Objetivo	Definir los requisitos del cliente
Descripción	Solicitar los requisitos al cliente o definirlos con aprobación del cliente
Diagrama	Diagrama del procedimiento AR-P-01 Definir requisitos
Actores participantes	<ul style="list-style-type: none"> • A-01 Gerente de proyecto • A-03 Analista de requisitos
Elementos de entrada	<ul style="list-style-type: none"> • NA
Elementos de salida	<ul style="list-style-type: none"> • AR-D-01 Registro de requisitos • AR-D-02 Definición del sistema • AR-D-03 Entidades del sistema • AR-D-04 Requisitos del sistema • AR-D-05 Actores del sistema • AR-D-06 Casos de Uso • AR-D-07 Arquitectura física del sistema • AR-D-08 Interfaz de usuario • AR-D-09 Tipos de datos • AR-D-10 Evaluación de requisitos • AR-D-11 Glosario de términos
Interfaces de entrada y salida	<ul style="list-style-type: none"> • AC

Diagrama de Procedimiento: AR-P-01 Definir requisitos



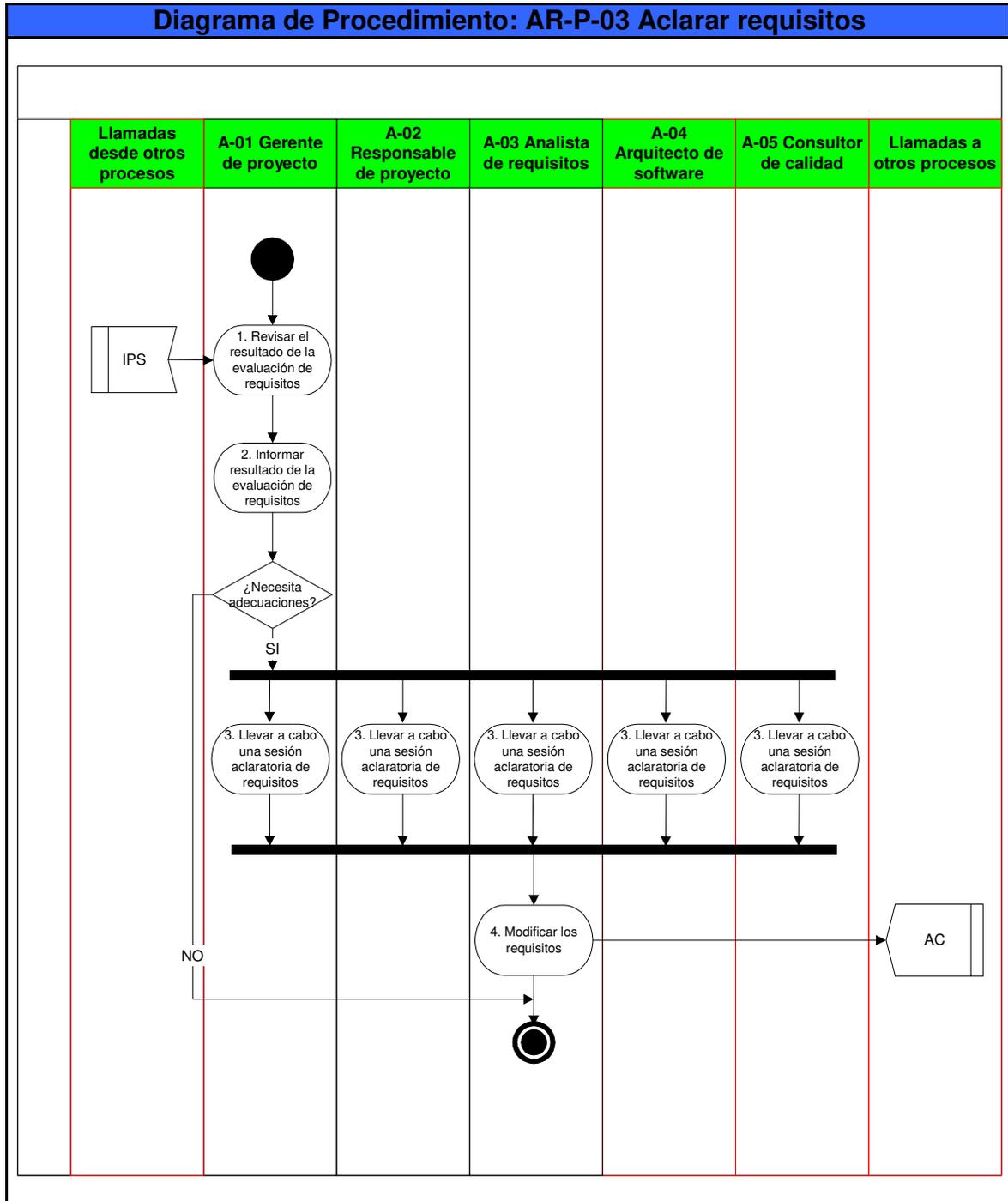
Actividades del Procedimiento: AR-P-01 Definir requisitos				
No. Actividad	Entrada	Actor	Actividad	Salida
1	NA	A-01 Gerente de proyecto	Asignar al Responsable del proyecto	AR-D-01 Registro de requisitos
2	NA	A-03 Analista de requisitos	Documentar la Definición del sistema	AR-D-02 Definición del sistema
3	NA	A-03 Analista de requisitos	Documentar las Entidades del sistema	AR-D-03 Entidades del sistema
4	NA	A-03 Analista de requisitos	Documentar los Requisitos del sistema	AR-D-04 Requisitos del sistema
5	NA	A-03 Analista de requisitos	Documentar los Actores del sistema	AR-D-05 Actores del sistema
6	NA	A-03 Analista de requisitos	Documentar los Caso de Uso	AR-D-06 Casos de Uso
7	NA	A-04 Arquitecto de software	Documentar la Arquitectura física del sistema	AR-D-07 Arquitectura física del sistema
8	NA	A-03 Analista de requisitos	Documentar la Interfaz de usuario	AR-D-08 Interfaz de usuario
9	NA	A-03 Analista de requisitos	Documentar los Tipos de datos	AR-D-09 Tipos de datos
10	NA	A-03 Analista de requisitos	Documentar el Glosario de términos	AR-D-11 Glosario de términos

Procedimiento: AR-P-02 Evaluar requisitos	
Objetivo	Evaluar y validar los requisitos con las áreas de apoyo
Descripción	Evaluar los requisitos para determinar si son coherentes, completos, factibles de desarrollar y de probar
Diagrama	Diagrama del procedimiento AR-P-02 Evaluar requisitos
Actores participantes	<ul style="list-style-type: none"> • A-01 Gerente de proyecto • A-02 Responsable de proyecto • A-03 Analista de requisitos • A-04 Arquitecto de software • A-05 Consultor de calidad
Elementos de entrada	<ul style="list-style-type: none"> • AR-D-01 Registro de requisitos • AR-D-02 Definición del sistema • AR-D-03 Entidades del sistema • AR-D-04 Requisitos del sistema • AR-D-05 Actores del sistema • AR-D-06 Casos de Uso • AR-D-07 Arquitectura física del sistema • AR-D-08 Interfaz de usuario • AR-D-09 Tipos de datos • AR-D-10 Evaluación de requisitos • AR-D-11 Glosario de términos
Elementos de salida	<ul style="list-style-type: none"> • AR-D-10 Evaluación de requisitos
Interfaces de entrada y salida	<ul style="list-style-type: none"> • AC • PRU



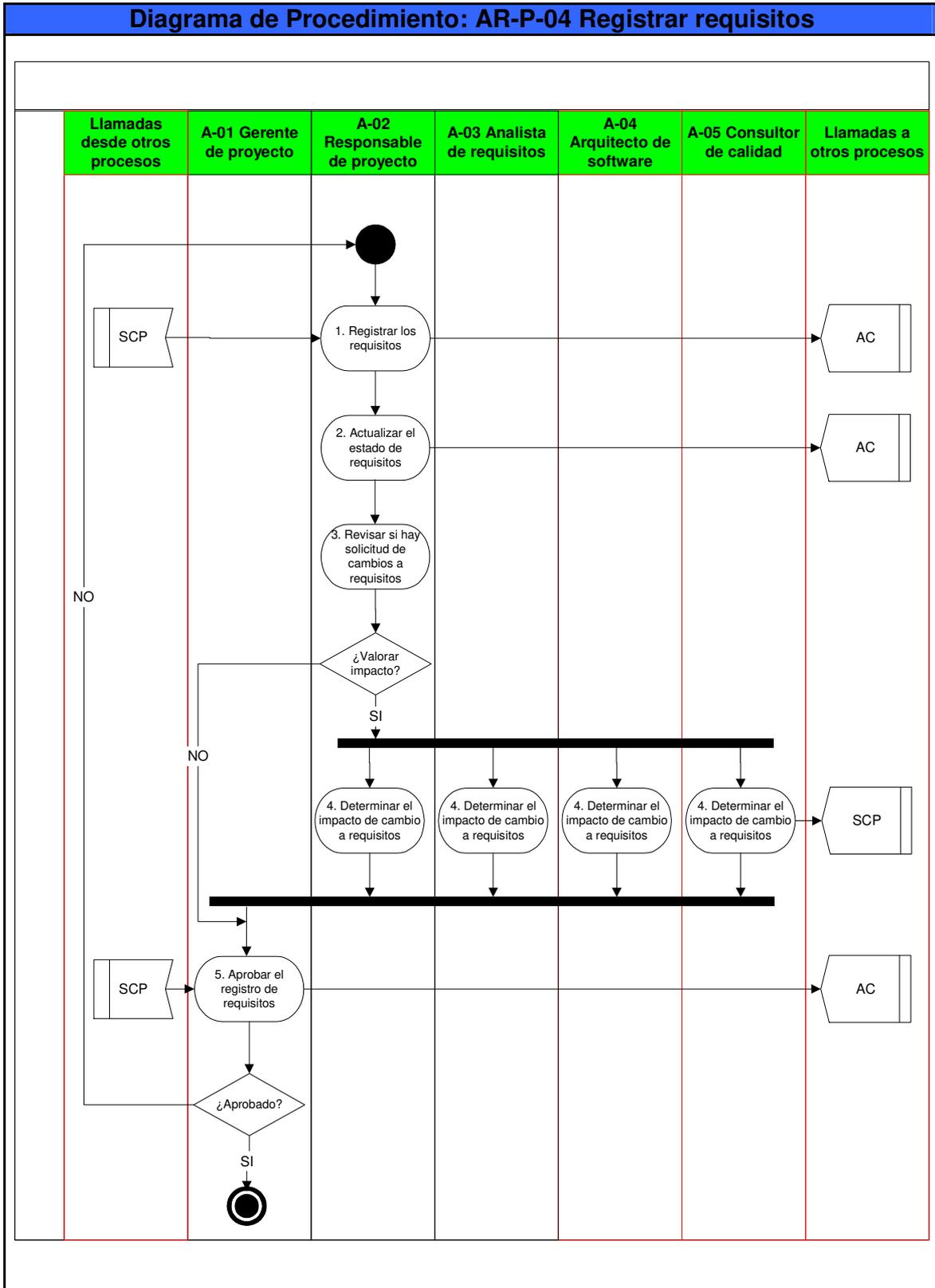
Actividades del Procedimiento: AR-P-02 Evaluar requisitos				
No. Actividad	Entrada	Actor	Actividad	Salida
1	AR-D-06 Casos de Uso	A-02 Responsable de proyecto	Solicitar la creación de casos de prueba	correo
2	Todos los productos, excepto AR-D-10 Evaluación de requisitos	A-01 Gerente de proyecto, A-02 Responsable de proyecto, A-03 Analista de requisitos, A-04 Arquitecto de software, A-05 Consultor de calidad	Evaluar requisitos del sistema (todos los productos generados)	AR-D-10 Evaluación de requisitos
3	AR-D-10 Evaluación de requisitos	A-02 Responsable de proyecto	Informar resultado de la evaluación	AR-D-10 Evaluación de requisitos

Procedimiento: AR-P-03 Aclarar requisitos	
Objetivo	Aclarar los requisitos con el cliente y obtener su aprobación
Descripción	Revisar los requisitos con el cliente para aclarar dudas y obtener su aprobación de los mismos
Diagrama	Diagrama del procedimiento AR-P-03 Aclarar requisitos
Actores participantes	<ul style="list-style-type: none"> • A-01 Gerente de proyecto • A-02 Responsable de proyecto • A-03 Analista de requisitos • A-04 Arquitecto de software • A-05 Consultor de calidad
Elementos de entrada	<ul style="list-style-type: none"> • AR-D-01 Registro de requisitos • AR-D-02 Definición del sistema • AR-D-03 Entidades del sistema • AR-D-04 Requisitos del sistema • AR-D-05 Actores del sistema • AR-D-06 Casos de Uso • AR-D-07 Arquitectura física del sistema • AR-D-08 Interfaz de usuario • AR-D-09 Tipos de datos • AR-D-10 Evaluación de requisitos • AR-D-11 Glosario de términos
Elementos de salida	<ul style="list-style-type: none"> • AR-D-01 Registro de requisitos • AR-D-02 Definición del sistema • AR-D-03 Entidades del sistema • AR-D-04 Requisitos del sistema • AR-D-05 Actores del sistema • AR-D-06 Casos de Uso • AR-D-07 Arquitectura física del sistema • AR-D-08 Interfaz de usuario • AR-D-09 Tipos de datos • AR-D-10 Evaluación de requisitos • AR-D-11 Glosario de términos
Interfaces de entrada y salida	<ul style="list-style-type: none"> • AC • IPS



Actividades del Procedimiento: AR-P-03 Aclarar requisitos				
No. Actividad	Entrada	Actor	Actividad	Salida
1	Todos los productos	A-01 Gerente de proyecto	Revisar el resultado de la evaluación de requisitos	Todos los productos
2	Todos los productos	A-01 Gerente de proyecto	Informar resultado de la evaluación de requisitos	Todos los productos
3	Todos los productos	A-01 Gerente de proyecto, A-02 Responsable de proyecto, A-03 Analista de requisitos, A-04 Arquitecto de software, A-05 Consultor de calidad	Llevar a cabo una sesión aclaratoria de requisitos	Todos los productos
4	Todos los productos	A-03 Analista de requisitos	Modificar los requisitos (todos los productos generados)	Todos los productos

Procedimiento: AR-P-04 Registrar requisitos	
Objetivo	Registrar los requisitos
Descripción	Tener actualizado el estado de los requisitos con la finalidad de controlar la funcionalidad del sistema y la actualización y consistencia de los productos generados
Diagrama	Diagrama del procedimiento AR-P-04 Registrar requisitos
Actores participantes	<ul style="list-style-type: none"> • A-01 Gerente de proyecto • A-02 Responsable de proyecto • A-03 Analista de requisitos • A-04 Arquitecto de software • A-05 Consultor de calidad
Elementos de entrada	<ul style="list-style-type: none"> • AR-D-01 Registro de requisitos
Elementos de salida	<ul style="list-style-type: none"> • AR-D-01 Registro de requisitos
Interfaces de entrada y salida	<ul style="list-style-type: none"> • AC • SCP



Actividades del Procedimiento: AR-P-04 Registrar requisitos				
No. Actividad	Entrada	Actor	Actividad	Salida
1	AR-D-01 Registro de requisitos	A-02 Responsable de proyecto	Registrar los requisitos	AR-D-01 Registro de requisitos
2	AR-D-01 Registro de requisitos	A-02 Responsable de proyecto	Actualizar el estado de requisitos	AR-D-01 Registro de requisitos
3	Solicitud de cambio	A-02 Responsable de proyecto	Revisar si hay solicitud de cambios a requisitos	Solicitud de cambio
4	Solicitud de cambio , AR-D-01 Registro de requisitos	A-02 Responsable de proyecto, A-03 Analista de requisitos, A-04 Arquitecto de software, A-05 Consultor de calidad	Determinar el impacto de cambio a requisitos	Solicitud de cambio
5	AR-D-01 Registro de requisitos	A-01 Gerente de proyecto	Aprobar el registro de requisitos	AR-D-01 Registro de requisitos

Producto: AR-D-01 Registro de requisitos				
Req.	Tipo	Estado	Descripción	Comentarios
Identificador único del requisito	Funcional o No Funcional		Estado del requisito	Descripción de la solución a la observación

Producto: AR-D-02 Definición del sistema		
Nombre		
Nombre del sistema o proyecto al que se encuentran asociados los requisitos a desarrollar o modificar		
Versión		
Número de versión del sistema		
Bitácora de cambios		
Fecha	Autor	Descripción
Fecha en la que se realizó el cambio	Nombre de la persona que realizó el cambio	Breve descripción de los cambios realizados
Introducción		
Breve descripción de la situación actual, en la que se indican las necesidades que originan la necesidad de un desarrollo o modificación a un sistema existente		
Objetivos		
Descripción de los objetivos que se desean lograr al finalizar el desarrollo de un nuevo sistema o modificación a un sistema existente		
Alcance		
Descripción detallada de los límites del sistema y su entorno para visualizar la cobertura del desarrollo del sistema		

Lista de Verificación					
Número	Requisito	Resultado			Observaciones
		C	NC	NA	
1	Se indica el nombre del sistema				
2	Se indica la introducción				
3	Se indican los objetivos				
C= Cumple		NC= No cumple			NA= No aplica

Producto: AR-D-03 Entidades del sistema		
Nombre	Descripción	Funciones
Nombre de la entidad involucrada	Breve descripción de la entidad involucrada	Funciones relacionadas con los requisitos del sistema

Lista de Verificación					
Número	Requisito	Resultado			Observaciones
		C	NC	NA	
1	Se indica el nombre de la entidad				
2	Se indica la descripción de la entidad				
3	Se indican las funciones				
C= Cumple		NC= No cumple			NA= No aplica

Producto: AR-D-04 Requisitos del sistema	
Requisitos funcionales	
Referencia	Descripción
Claves únicas que identifiquen cada uno de los requisitos del sistema	Detalle del requisito que deberá llevar el sistema a desarrollar
Requisitos no funcionales	
Descripción de las propiedades (usabilidad, confiabilidad, eficiencia, etc.) con las que el sistema debe cumplir y representen restricciones de entorno o de construcción	

Lista de Verificación					
Número	Requisito	Resultado			Observaciones
		C	NC	NA	
1	Se indica la referencia de los requisitos funcionales				
2	Se indica la descripción de los requisitos funcionales				
3	Son claros los requisitos funcionales				
4	Son claros los requisitos no funcionales				
C= Cumple		NC= No cumple			NA= No aplica

Producto: AR-D-05 Actores del sistema		
Actor	Tipo	Responsabilidades

Lista de Verificación					
Número	Requisito	Resultado			Observaciones
		C	NC	NA	
1	Se indican los Actores				
2	Se indica el tipo de Actor				
3	Se indican las responsabilidades de los Actores				
C= Cumple		NC= No cumple		NA= No aplica	

Producto: AR-D-06 Casos de Uso	
Caso de uso	Nombre del caso de uso
Descripción	Breve descripción del objetivo del caso de uso
Actores	Lista de Actores que tienen interacción con el caso de uso
Diagrama del caso de uso	Diagrama UML que ilustra la interacción del caso de uso
Precondiciones	Define una lista de estados que el sistema debe tener justo antes de que el caso de uso sea ejecutado
Flujo básico	Acciones y respuestas del flujo básico, derivadas de la interacción del Actor con el sistema
Flujo alternativo	Acciones y respuestas del flujo alternativo, derivadas de la interacción del Actor con el sistema
Flujo de excepción	Respuestas del sistema ante una excepción o acción inesperada
Postcondiciones	Define una lista de estados que el sistema adopta inmediatamente después de que ha finalizado el caso de uso

Lista de Verificación					
Número	Requisito	Resultado			Observaciones
		C	NC	NA	
1	Se indica el nombre del Caso de Uso				
2	Se indica la descripción del Caso de Uso				
3	Se indica la lista de Actores				
4	Se incluye el diagrama del Caso de Uso				
5	Se indican las precondiciones				
6	Se indica el flujo básico				
7	Se indica el flujo alterno				
8	Se indica el flujo de excepción				
9	Se indican las postcondiciones				
10	Los Casos de Uso cubren en su totalidad los requisitos funcionales descritos				
C= Cumple		NC= No cumple			NA= No aplica

Producto: AR-D-07 Arquitectura física del sistema

Descripción

Describir la distribución del sistema en varios equipos de cómputo, protocolos de comunicación a utilizar, capas del sistema, así como restricciones en las plataformas de software a utilizar

Diagrama de arquitectura

Diagrama que explique gráficamente la arquitectura mencionada en la descripción

Lista de Verificación					
Número	Requisito	Resultado			Observaciones
		C	NC	NA	
1	Se indica la descripción de la arquitectura física del sistema				
2	Se incluye el diagrama de arquitectura				
C= Cumple		NC= No cumple		NA= No aplica	

Producto: AR-D-08 Interfaz de usuario

Diagrama

Diagrama que identifica las pantallas que deberá contener la interfaz de usuario, indicando sus relaciones para conocer el orden en el que deben ser presentadas. Puede haber tantos diagramas de interfaz como se requiera

Pantalla

Impresión o dibujo de la pantalla que verá el usuario

Objetivo

Breve descripción del objetivo de la pantalla

Lista de Verificación					
Número	Requisito	Resultado			Observaciones
		C	NC	NA	
1	Se incluye el diagrama que identifica las pantallas de la interfaz de usuario				
2	Se indican las pantallas que forman parte de la interfaz de usuario				
3	Se indica el objetivo de cada pantalla				
C= Cumple		NC= No cumple		NA= No aplica	

Producto: AR-D-09 Tipos de datos

Campo	Tipo	Longitud	Descripción
Nombre asignado al campo	Tipo de dato válido para el repositorio de datos	Longitud máxima que puede tener el dato	Breve descripción de la información que contendrá el dato

Lista de Verificación					
Número	Requisito	Resultado			Observaciones
		C	NC	NA	
1	Se indica el nombre de los datos que serán almacenados				
2	Se indica el tipo de los datos que serán almacenados				
3	Se indica la longitud de los datos que serán almacenados				
4	Se indica la descripción de los datos que serán almacenados				
C= Cumple		NC= No cumple		NA= No aplica	

Producto: AR-D-10 Evaluación de requisitos			
Req.	Estado	Observación	Respuesta
Identificador único del requisito	Estado del requisito	Descripción de lo que se requiere aclarar	Descripción de la solución a la observación

Lista de Verificación					
Número	Requisito	Resultado			Observaciones
		C	NC	NA	
1	Se indica el identificador de los requisitos				
2	Se indica el estado en el que se encuentra cada requisito				
3	La descripción de la observación es clara				
4	La descripción de la respuesta es clara				
C= Cumple		NC= No cumple		NA= No aplica	

Producto: AR-D-11 Glosario de términos	
Término	Definición

PARTE III

RESULTADOS

CAPÍTULO VII RESULTADOS

7.1 Conclusiones

La utilización de un modelo como estándar para la construcción y ejecución de procesos de desarrollo de software, permite tener una mayor claridad de las operaciones que se realizan en una organización con el objetivo principal de proporcionar los productos o servicios al cliente con mayor calidad, en el menor tiempo y por ende a un costo competitivo. Teniendo un control de los procesos, también es posible implantar la mejora continua de los procesos, para atender las necesidades cambiantes de los clientes. El modelo propuesto es aplicable a cualquier proceso que se desee construir del mapeo que se haga con los KPAs de CMM o PAs de CMMI.

7.2 Trabajos futuros

En nuestro país aún son pocas las empresas que están certificadas en algún nivel de madurez de CMM y CMMI, por lo que existen muchas líneas de investigación en esta área que pueden ser abordadas. En particular, es indispensable que se realice investigación con un enfoque a los procesos de fábricas desarrolladoras de software que sigan el modelo CMMI.

BIBLIOGRAFÍA

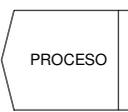
- CMM, 1991. Capability Maturity Model for Software. Disponible en:
<http://www.sei.cmu.edu/cmm/>
- CMMI, 2002. Capability Maturity Model Integration. Disponible en:
<http://www.sei.cmu.edu/cmmi/cmmi.html>
- CMMI-SW, 2002. Software Engineering Capability Maturity Model Integration.
Disponible en: <http://www.sei.cmu.edu/cmmi/models/models.html>
- CMMS, 2003. Capability Maturity Models. Disponible en:
<http://www.sei.cmu.edu/cmm/cmms/cmms.html>
- Chrissis Mary Beth, Konrad Mike and Shrum Sandy 2003. CMMI: Guidelines for Process Integration and Product Improvement. Addison Wesley.
- Deming, W. E. 1986. "Out of the crisis." Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study.
- Dennis, M. Ahern 2003. CMMI Distilled: A Practical Introduction to Integrated Process Improvement. Second Edition, Addison Wesley.
- Heinz, Lauren 2003. "CMMI Adoption Trends." Online, Disponible en:
<http://interactive.sei.cmu.edu/news@sei/features/2003/4g03/feature-1-4g03.htm>
- Humphrey, Watts S. 1989. Managing the Software Process. Reading, MA: Addison-Wesley.
- ISO 1998. International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission. "ISO/IEC TR 15504 Information Technology-Software Process Assessment". Disponible en: <http://www.iso.ch/>
- Kan, Stephen H. 2002. Metrics and Models in Software Quality Engineering. Addison Wesley.
- Phillips, Mike 2003. "CMMI V. 1.1 Tutorial". The Software Engineering Institute.
- Powers, Lori C. 2001. "Process Improvement". Disponible en:
<http://www.lcpowers.com/pitentips.htm>
- SCAMPI, 2001. Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement.
Disponible en:
http://www.sei.cmu.edu/publications/documents/01_reports/01hb001.html

SEI-1, 2002. The Software Engineering Institute (SEI-1). "CMMISM for Systems Engineering/Software Engineering, Versión 1.1, Continuous Representation (CMMI-SE/SW, V1.1, Continuous)". Disponible en:
<http://www.sei.cmu.edu/publications/documents/02.reports/02tr001.html>

SEI-2, 2002. The Software Engineering Institute (SEI-1). "CMMISM for Systems Engineering/Software Engineering, Versión 1.1, Staged Representation (CMMI-SE/SW, V1.1, Staged)". Disponible en:
<http://www.sei.cmu.edu/publications/documents/02.reports/02tr002.html>

APÉNDICES

APÉNDICE A. SIMBOLOGÍA DE DIAGRAMAS

Nombre del símbolo	Símbolo	Descripción
Inicio		Indica el inicio del proceso
Actividad		Representa la actividad que se ejecuta
Flechas de flujo		Indican el sentido del flujo
Decisión		Punto en el que se evalúa una condición. Tiene además dos salidas, una señala el flujo cuando la condición resulta ser verdadera y otra cuando es falsa
Sincronización		Indica que en ese punto coinciden dos o más flujos
Interfaz		Indica la llamada de otro proceso o hacia otro proceso
Fin		Indica que en ese punto termina la ejecución del proceso. Puede haber más de un símbolo de fin en el diagrama