



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA DEL SOFTWARE

“PROPUESTA DE UN MODELO DE EVALUACIÓN Y MEJORA
DE LOS PROCESOS DE INGENIERÍA EN EL DESARROLLO
DE SOFTWARE PARA LA EMPRESA ICONO SISTEMAS”

ING. SANTIAGO JÁCOME GUERRERO

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del
grado de

MAGÍSTER EN INGENIERÍA DEL SOFTWARE

Año 2012

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DEL SOFTWARE

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, PATRICIO SANTIAGO JÁCOME GUERRERO

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado “**Propuesta de un modelo de evaluación y mejora de los procesos de ingeniería en el desarrollo de software para la empresa Icono Sistemas**”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, 06 de Julio de 2012.

PATRICIO SANTIAGO JÁCOME GUERRERO

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DEL SOFTWARE

CERTIFICADO

ING. EDISON ESPINOSA MSc. (DIRECTOR)

CERTIFICA:

Que el trabajo titulado “**Propuesta de un modelo de evaluación y mejora de los procesos de ingeniería en el desarrollo de software para la empresa Icono Sistemas**”, realizado por el Señor Ingeniero: PATRICIO SANTIAGO JÁCOME GUERRERO, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** recomiendo su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autorizano al Señor Ingeniero: PATRICIO SANTIAGO JÁCOME GUERRERO que lo entregue al ING. MARCELO SILVA, en su calidad de Coordinador de la Maestría de Ingeniería del Software.

Latacunga, 06 de Julio de 2012.

Ing. Edison Espinosa MSc.

DIRECTOR

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DEL SOFTWARE

AUTORIZACIÓN

Yo, PATRICIO SANTIAGO JÁCOME GUERRERO

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “**Propuesta de un modelo de evaluación y mejora de los procesos de ingeniería en el desarrollo de software para la empresa Icono Sistemas**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, 06 de Julio de 2012.

PATRICIO SANTIAGO JÁCOME GUERRERO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| CAPÍTULO I: La calidad del software | |
| 1.1 La calidad del producto | 1 |
| 1.2 La calidad del software | 2 |
| 1.2.1 ¿Qué involucra la calidad del software? | 5 |
| 1.2.2 La calidad del producto software | 9 |
| 1.2.3 Normas y estándares | 9 |
| 1.2.4 Modelos de calidad del producto software | 11 |
| 1.2.5 La calidad del proceso software | 13 |
| 1.3 Estado del arte de las empresas de desarrollo de software de Ecuador | 16 |
| | |
| CAPÍTULO II: Modelos de mejora de procesos de software | |
| 2.1 Introducción de los modelos de mejora de procesos | 22 |
| 2.2 CMMI | 25 |
| 2.2.1 Estructura de base y componentes | 27 |
| 2.2.2 Disciplinas y Áreas de Proceso | 28 |
| 2.2.3 Representaciones de CMMI | 32 |
| 2.3 MOPROSOFT | 40 |
| 2.3.1 Origen | 40 |
| 2.3.2 Alcance | 41 |
| 2.3.3 Estructura | 42 |
| 2.3.4 Arquitectura | 43 |
| 2.4 PMBOK | 47 |
| 2.4.1 Introducción | 47 |
| 2.4.2 Características de los proyectos | 48 |
| 2.4.3 Procesos del ciclo de vida de un proyecto | 52 |
| 2.4.4 Áreas de conocimiento | 54 |
| | |
| CAPÍTULO III: Evaluación de los procesos de desarrollo de software de la empresa | |
| 3.1 Modelo de evaluación de proceso SCAMPI | 57 |
| 3.2 Procesos correspondientes al Área de Proceso de Ingeniería | 61 |
| 3.3 Descripción de la empresa | 64 |
| 3.4 Selección de las áreas de proceso a evaluar en la empresa | 64 |
| 3.4.1 Valoración de las prácticas | 66 |
| 3.4.2 Evidencias del cumplimiento de los procesos | 67 |
| 3.4.3 Acerca de la interpretación de resultados | 68 |
| 3.5 Criterios de evaluación de las áreas de proceso | 68 |
| 3.5.1 Planificación de proyectos | 68 |
| 3.5.2 Desarrollo de requerimientos | 79 |
| 3.5.3 Gestión de requerimientos | 89 |
| 3.5.4 Solución técnica | 93 |
| 3.5.5 Integración de productos | 104 |
| 3.5.6 Verificación | 113 |
| 3.5.7 Validación | 119 |
| 3.6 Aplicación de SCAMPI en la empresa | 125 |
| 3.7 Resultados de la evaluación SCAMPI | 130 |
| | |
| CAPÍTULO IV: Propuesta del modelo de evaluación y mejora de procesos | |

| | | |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1 | Características del modelo | 132 |
| 4.2 | Propuesta del modelo de mejora de procesos | 133 |
| 4.2.1 | Nombre | 133 |
| 4.2.2 | Objetivo | 133 |
| 4.2.3 | Arquitectura del modelo | 133 |
| 4.2.4 | Productos | 135 |
| 4.2.5 | Objetivos e indicadores del proceso de desarrollo | 137 |
| 4.2.6 | Responsabilidad y autoridad | 138 |
| 4.2.7 | Entradas, salidas y productos internos del proceso de desarrollo | 138 |
| 4.2.8 | Roles y competencias | 140 |
| 4.2.9 | Flujo de trabajo del modelo propuesto | 142 |
| 4.2.10 | Prácticas | 143 |
| 4.3 | Otras recomendaciones para mejorar los procesos de desarrollo de software | 150 |
| 4.3.1 | De la estructura organizacional del proyecto | 150 |
| 4.3.2 | Lo que no se debe hacer en el desarrollo | 151 |
| 4.4 | Propuesta del modelo de evaluación de procesos | 152 |
| 4.4.1 | Criterios de evaluación | 152 |
| 4.4.2 | Valoración de las prácticas | 153 |
| 4.4.3 | Evidencias del cumplimiento de los prácticas | 153 |
| 4.4.4 | Cuestionarios de evaluación | 154 |
| 4.4.5 | Acerca de la interpretación de resultados | 159 |
| CAPÍTULO V: Conclusiones y Recomendación | | |
| 5.1 | Conclusiones | 160 |
| 5.2 | Recomendaciones | 161 |
| BIBLIOGRAFÍA | | |
| | | 162 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 1.1: Ámbitos del control de Calidad del Software y sus Modelos de Referencia | 7 |
| Figura 1.2: Influencia de los ámbitos de evaluación de la calidad del software | 8 |
| Figura 1.3: Beneficios de implementar los modelos de calidad | 8 |
| Figura 1.4: Representación de la Normalización | 9 |
| Figura 1.5: Ciclo de mejora de procesos de Deming | 14 |
| Figura 2.1: Modelos de Calidad y mejora de procesos | 22 |
| Figura 2.2: Historia de CMM | 26 |
| Figura 2.3: Estructura base del modelo CMMI | 27 |
| Figura 2.4: Área de Procesos en la representación por Etapas | 32 |
| Figura 2.5: Área de Procesos en la representación Continua | 33 |
| Figura 2.6: Estructura de CMMI escalonada | 34 |
| Figura 2.7: Estructura de CMMI continua | 38 |
| Figura 2.8: Medida de la capacidad de áreas de proceso | 38 |
| Figura 2.9: Niveles de capacidad de CMMI continuo | 39 |
| Figura 2.10: Arquitectura de MOPROSOFT | 43 |
| Figura 2.11: Procesos de las categorías de MOPROSOFT | 43 |
| Figura 2.12: Relación entre procesos de MOPROSOFT | 45 |
| Figura 2.13: Clasificación General de roles | 47 |
| Figura 2.14: Procesos del ciclo de vida de un proyecto | 52 |
| Figura 2.15: Procesos del ciclo de vida de un proyecto en base a lo ya establecido por Deming | 54 |
| Figura 2.16: Áreas de conocimiento de PMBOK | 55 |
| Figura 3.1: El proceso de evaluación CMM | 60 |
| Figura 3.2: Proceso de evaluación de software | 60 |
| Figura 3.3: Nivel de cumplimiento de los objetivos de CMMI | 131 |
| Figura 4.1: Arquitectura del Modelo de Evaluación y Mejora de Procesos de Desarrollo – MEMPD | 134 |
| Figura 4.2: Productos de Software | 136 |
| Figura 4.3: Otros Productos generados | 136 |
| Figura 4.4: Flujo de Trabajo del Modelo Propuesto | 142 |
| Figura 4.5: Estructura organizacional para la Administración de Proyectos | 151 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1.1: Evolución del concepto de calidad | 2 |
| Tabla 1.2: Características de calidad del software | 5 |
| Tabla 1.3: Datos estadísticos de la Industria de desarrollo de Software de Ecuador | 16 |
| Tabla 2.1: Categorías y Áreas de Proceso de CMMI | 28 |
| Tabla 2.2: Procesos de MOPROSOFT | 44 |
| Tabla 2.3: Ejemplos de Tipos de Proyectos | 49 |
| Tabla 3.1: Fases y procesos del método SCAMPI A | 58 |
| Tabla 3.2: Áreas de Proceso de la Disciplina de “Ingeniería” según CMMI | 61 |
| Tabla 3.3: Fases del Proceso “Desarrollo y Mantenimiento de Software” de la Categoría de Operación de MOPROSOFT | 62 |
| Tabla 3.4: Procesos de la Categoría de “Ingeniería” estándar ISO/IEC TR-15504 | 62 |
| Tabla 3.5: Áreas de Proceso del Nivel 2 y 3 de Madurez de CMMI | 63 |
| Tabla 3.6: Procesos a evaluar a la empresa | 65 |
| Tabla 3.7: Puntajes de las prácticas genéricas y específicas de cada PÁ | 67 |
| Tabla 3.8: Tabla de valores para la evaluación SCAMPI C | 68 |
| Tabla 3.9: Evaluación del proceso Planificación de Proyectos | 125 |
| Tabla 3.10: Evaluación del proceso Desarrollo de Requerimientos | 126 |
| Tabla 3.11: Evaluación del proceso Gestión de Requerimientos | 127 |
| Tabla 3.12: Evaluación del proceso Solución Técnica | 127 |
| Tabla 3.13: Evaluación del proceso Integración del Producto | 128 |
| Tabla 3.14: Evaluación del proceso Verificación | 129 |
| Tabla 3.15: Evaluación del proceso Validación | 129 |
| Tabla 3.16: Evaluación de los procesos de la empresa | 130 |
| Tabla 4.1: Descripción de los elementos del MEMPD | 134 |
| Tabla 4.2: Entradas del proceso de Desarrollo | 138 |
| Tabla 4.3: Salidas del proceso de Desarrollo | 138 |
| Tabla 4.4: Productos Internos del proceso de Desarrollo | 140 |
| Tabla 4.5: Roles Involucrados en el Modelo Propuesto | 141 |
| Tabla 4.6: Número de Prácticas del Proceso de Soporte | 143 |
| Tabla 4.7: Prácticas del Proceso de Soporte | 143 |
| Tabla 4.8: Número de Prácticas del Proceso de Desarrollo | 144 |
| Tabla 4.9: Prácticas de la Fase de Inicio | 144 |
| Tabla 4.10: Prácticas de la Fase de Ingeniería de Requerimientos | 145 |
| Tabla 4.11: Prácticas de la Fase de Análisis y Diseño | 146 |
| Tabla 4.12: Prácticas de la Fase de Construcción | 147 |
| Tabla 4.13: Prácticas de la Fase de Integración y Pruebas | 148 |
| Tabla 4.14: Prácticas de la Fase de Cierre | 149 |
| Tabla 4.15: Puntajes de las prácticas | 153 |
| Tabla 4.16: Evaluación del Proceso de Soporte | 154 |
| Tabla 4.17: Evaluación de la Fase de Inicio | 154 |
| Tabla 4.18: Evaluación de la Fase de Ingeniería de Requerimientos | 155 |
| Tabla 4.19: Evaluación de la Fase de Análisis y Diseño | 156 |
| Tabla 4.20: Evaluación de la Fase de Construcción | 157 |
| Tabla 4.21: Evaluación de la Fase de Integración y Pruebas | 157 |
| Tabla 4.22: Evaluación de la Fase de Cierre | 158 |
| Tabla 4.23: Tabla de valores para la evaluación | 159 |

RESUMEN

Desde el momento en que una organización expresa una necesidad en materia de tecnologías de información, se inicia un proceso complejo que involucra a un conjunto de personas con funciones heterogéneas que deben coordinarse para satisfacer una necesidad. Tomando en cuenta lo anterior, las empresas involucradas en el desarrollo de software, buscan que el desarrollo de sus aplicaciones y productos se realicen bajo modelos y estándares internacionales, que les permitan establecer márgenes de competencia basado en la mejora de los procesos y el aumento de la productividad en un marco de eficiencia y calidad. Los modelos y estándares de procesos de software definen un conjunto de criterios de desarrollo que guían la forma en que se aplica la Ingeniería del Software, si no se sigue ninguna metodología sin duda habrá falta de calidad.

El presente documento se encuentra organizado de la siguiente manera:

El primer capítulo pretende dar un concepto de calidad en términos generales para luego hablar acerca de la calidad del software. La calidad del software involucra evaluar dos ámbitos, los procesos para su desarrollo y el producto en sí, para los dos casos se cuentan con los denominados modelos de referencia. También este capítulo realiza un análisis del estado del arte de la industria de desarrollo de software del Ecuador.

El segundo capítulo realiza un análisis de las características fundamentales de los modelos más representativos de mejora de procesos: CMMI, MOPROSOFT, PMBOK.

En el capítulo tres se determina los procesos de ingeniería a ser evaluados, los mismos que son evaluados utilizando los lineamientos de SCAMPI (Método de Evaluación Estándar de CMMI para la Mejora de Procesos) tipo C orientada a una

IME (Evaluación de Madurez Interna) debido a las características de MIPYMES de la empresa.

El capítulo cuatro contempla la propuesta del modelo de evaluación y mejora de procesos para la empresa caso de estudio.

En el capítulo se describen las conclusiones obtenidas en el proyecto, así como también se establecen recomendaciones para las empresas de desarrollo de software del Ecuador.

SUMMARY

From the moment an organization expresses a need in the field of information technology, begins a complex process involving a group of people with heterogeneous functions must be coordinated to meet a need. Considering the above, the companies involved in software development, seeking to develop their applications and products takes place under international standards and practices that enable them to establish margins of competition based on process improvement and increased productivity within a framework of efficiency and quality. The models and software process standards define a set of development criteria that guide the way we apply software engineering, if it does not follow any methodology there will certainly be poor quality.

This paper is organized as follows:

The first chapter seeks to provide a quality concept in general and then talk about software quality. Software quality involves evaluating two areas, the processes for its development and the product itself, for both cases with so-called reference models. This chapter also includes an analysis of state of the art of software development industry in Ecuador.

The second chapter provides an analysis of the key features of the most representative models of process improvement: CMMI, MOPROSOFT, PMBOK.

In chapter three is determined by engineering processes to be evaluated, they are evaluated using the guidelines of SCAMPI (Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement) type C oriented one IME (Internal Maturity Assessment) due the characteristics of MIPYMES in the company.

Chapter four considers the proposed model for evaluating and improving business processes for the case study.

The chapter describes the conclusions of the project, as well as setting out recommendations for software development companies in Ecuador.

CAPÍTULO I

LA CALIDAD DEL SOFTWARE

1.1 LA CALIDAD DEL PRODUCTO

La calidad es un atributo intangible, que puede ser discutido, juzgado y sentido, pero no puede ser medida exactamente, a no ser por ciertos parámetros ideados por las personas. Términos como buena calidad, mala calidad y calidad de vida, son ejemplos de cómo las personas hablan de algo vago sin intención de definirlo, lo que señala las distintas formas que se percibe e interpreta el concepto de calidad. Dar una definición de calidad no es fácil dada la perspectiva multidimensional que tiene este concepto, a continuación se mencionan algunos conceptos dados por varios autores.

- Según la Norma ISO¹ 8402, “el conjunto de características de una entidad le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades establecidas e implícitas”.
- Para Harold Gilmore, "Calidad es la medida en que un producto específico se ajusta a un diseño o especificación".
- Para Edwards Deming, “La calidad se define como el conjunto de características que le confieren su aptitud para satisfacer las necesidades establecidas y las implícitas”.
- Según Philip Crosby, "La calidad es hacer que la gente haga mejor todas las cosas importantes que de cualquier forma tiene que hacer".

¹ ISO: International Organization for Standardization/Organización Internacional para la Estandarización.

La calidad no es uno de los requisitos esenciales del producto sino que en la actualidad es un factor estratégico clave del que dependen la mayor parte de las organizaciones, no sólo para mantener su posición en el mercado sino incluso para asegurar su supervivencia.

En la Tabla 1.1 se describe en cada una de las etapas de la historia, el concepto que se tenía de la calidad y cuáles eran los objetivos a perseguir.

Tabla 1.1: Evolución del concepto de calidad [1]

| Etapas | Concepto de Calidad | Finalidad |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Artesanal | Calidad es hacer las cosas bien, independientemente del costo o esfuerzo necesario para ello. | Satisfacer al cliente, satisfacer al artesano, por el trabajo bien hecho, mediante la creación de un producto único. |
| Revolución Industrial | Hacer muchas cosas no importando que sean de calidad. | Satisfacer una gran demanda de bienes, para obtener beneficios. |
| Segunda Guerra Mundial | Asegurar la eficacia del armamento sin importar el costo, con la mayor y más rápida producción (Eficacia + Plazo = Calidad). | Garantizar la disponibilidad de un armamento eficaz en la cantidad y el momento preciso. |
| Postguerra (Japón) | Calidad es hacer las cosas bien sin desperdiciar recursos. | Minimizar costos mediante la calidad, satisfacer al cliente y ser competitivo. |
| Postguerra (Resto del Mundo) | Calidad es producir, cuanto más, mejor. | Satisfacer la gran demanda de bienes causada por la guerra. |
| Control de Calidad | Calidad es el uso de técnicas de inspección en producción para evitar la salida de bienes defectuosos. | Satisfacer las necesidades técnicas del producto. |
| Aseguramiento de la Calidad | Sistemas y procedimientos de la organización para evitar que se produzcan bienes defectuosos. | Satisfacer al cliente, prevenir errores, reducir costos, ser competitivo. |
| Calidad Total | Teoría de la administración empresarial centrada en la permanente satisfacción de las expectativas del cliente. | Satisfacer tanto al cliente externo como interno, ser altamente competitivo, y tener en cuenta la mejora continua. |

1.2 LA CALIDAD DEL SOFTWARE

Crear software no es una tarea simple, es una tarea compleja debido a que la materia prima que se maneja es algo intangible: datos y procesos. Los sistemas de software han crecido en cuanto a su tamaño y por tanto en su complejidad. Crear una aplicación de mediana complejidad involucra embarcarse en un proyecto desarrollado por varias personas que utiliza muchas tecnologías de información y comunicaciones, así como también cubren muchos procesos. Es conocido las grandes dificultades que sufren los proyectos de software:

- Los proyectos no terminan en un plazo establecido.
- Los proyectos no se ajustan al presupuesto inicial.
- Software que no cumple las especificaciones.
- Código inmantenible que dificulta la gestión y evolución del proyecto.
- Los sistemas se descartan porque son demasiado difíciles de operar.

Dado que el software es inmaterial, la calidad de software es intangible, pero a pesar de esto se cuentan con ciertas pautas para determinar la calidad de un determinado software, entre ellas:

- El software en cuestión, se acerque a tener cero defectos.
- Se cumpla con todos los requisitos funcionales y no funcionales.
- Se logre alcanzar la satisfacción del cliente.

Por tanto, se puede decir que la “Calidad del Software” es el grado en el que el producto software incorpora un conjunto de características definidas por el cliente y la industria, de tal manera que se garantiza su eficiencia de uso respecto a los requerimientos establecidos.

También se puede proporcionar una definición más simple y precisa, diciendo que “Calidad de Software” es el grado en que un cliente percibe que el software cumple con sus expectativas.

Sin embargo, la calidad en el contexto del desarrollo del software involucra dos aspectos (Garvin, 1984) la calidad del producto en sí y la calidad del proceso para obtenerlo (actividades para desarrollar y mantener software). En este sentido la industria se ha centrado casi por completo en la aplicación de los modelos de calidad del proceso (Chrissis et al., 2006; INTECO, 2008; ISO, 2006) dejando en un menor plano a los modelos de calidad centrados en el producto.

Deming afirma que todo proceso para crear algún producto es variable y cuanto menor sea la variabilidad del mismo mayor será la calidad del producto resultante. En cada proceso pueden generarse dos tipos de variaciones o desviaciones con relación al objetivo marcado inicialmente: variaciones comunes y variaciones especiales. Solo efectuando esta distinción es posible alcanzar la calidad. Las variaciones comunes están permanentemente presentes en cualquier proceso como consecuencia de su diseño y de sus condiciones de funcionamiento, generando un patrón homogéneo de variabilidad que puede predecirse y, por tanto, controlarse. Las variaciones especiales tienen, por su parte, un carácter esporádico y puntual provocando anomalías y defectos en la fabricación perfectamente definidos, en cuanto se conoce la causa que origina ese tipo de defecto se puede eliminar corrigiendo la causa que lo genera. Las ideas de Deming se recogen en su obra “Los catorce puntos y siete enfermedades de la gerencia”, de los catorce puntos, el tercero corrobora lo señalado anteriormente.

“Desistir de la dependencia en la inspección en masa para lograr calidad. En lugar de esto, mejorar el proceso e incluir calidad en el producto desde el comienzo”.

Sin embargo, hay detractores a los postulados anteriores, (Kitchenham and Pfleeger, 1996), la principal crítica a estos postulados es que hay poca evidencia de que cumplir un modelo de procesos asegure la calidad del producto; además señalan, la estandarización de los procesos garantiza la uniformidad en la salida de estos, lo que “puede incluso institucionalizar la creación de malos productos”. Más recientemente, Maibaum y Wassynig (Tom y Alan, 2008), en esta línea

señalan que las evaluaciones de calidad deberían estar basadas en evidencias extraídas directamente de los atributos del producto, no en evidencias circunstanciales deducidas desde el proceso. Señalan que un proceso estándar o institucionalizado según sea la terminología del modelo en uso, no necesariamente concluye con un producto de calidad.

1.2.1 ¿QUÉ INVOLUCRA LA CALIDAD DEL SOFTWARE?

La calidad del software involucra que el software cumpla con varios factores o características de funcionalidad, confiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad, compatibilidad, seguridad e integridad.

Tabla 1.2: Características de calidad del software [2]

| Característica | Pregunta asociada | Explicación |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Funcionalidad | ¿Hace lo que quiero? | El grado en que un programa satisface sus especificaciones y consigue los objetivos de la misión encomendada por el cliente. |
| Confiabilidad | ¿Lo hace de forma fiable todo el tiempo? | El grado en que un programa lleva a cabo sus funciones esperadas con la precisión requerida. |
| Usabilidad | ¿Se podrá usar el software fácilmente? | El grado de complejidad para manejar el programa. |
| Eficiencia | ¿Se ejecutará en el hardware disponible de la mejor manera que es posible? | La cantidad de recursos de computadora y de código requeridos por un programa para llevar a cabo sus funciones |
| Mantenibilidad | ¿Se puede corregirlo? | El esfuerzo requerido para localizar y arreglar un error en un programa. |
| Portabilidad | ¿Se podrá usarlo en otra máquina? | El esfuerzo requerido para transferir el programa desde un hardware y/o entorno de sistemas de software a otro. |
| Compatibilidad | ¿Se podrá hacerlo interactuar con otro sistema? | El esfuerzo requerido para acoplar un sistema a otro. |
| Seguridad e Integridad | ¿Se podrá asegurar que solo el personal autorizado maneje el programa? | El grado de implementación de mecanismos de acceso al sistema para asegurar la integridad de los datos. |

Sin embargo se debe pasar de una definición teórica subjetiva de lo que es la calidad del software y los factores o criterios que se le confiere a algo

cuantificable o medible y es por este motivo que se cuenta con las denominadas métricas de Calidad. Algunos autores se refieren a las métricas, de diferentes maneras:

- “Cuando puedes medir lo que estás diciendo y expresarlo en números, sabrás algo acerca de eso; pero cuando no puedes medirlo, cuando no puedas expresarlo en números, tus conocimientos serán escasos y no satisfactorios”. (Lord Kelvin)
- “Lo que no sea medible, hazlo medible”. (Galileo Galilei)
- “No se puede controlar lo que no se puede medir” (Tom de Marco)
- “No se puede predecir lo que no se puede medir”. (Norman Fenton)

Las métricas ayudan a entender tanto el proceso técnico que se utiliza para desarrollar un producto, como el propio producto. Por tanto se debe medir el proceso y el producto en sí, para intentar aumentar su calidad.

El software no es la excepción, su calidad debe ser medida, lo que implica evaluar dos ámbitos: los **procesos** para su desarrollo y el **producto** final. Estos ámbitos del control de calidad están estandarizados, estos estándares se llaman Modelos de Referencia, así se cuenta con *Modelos de Referencia para evaluar la Calidad del Producto* y los *Modelos de Referencia para evaluar la Calidad de los Procesos*, como se puede apreciar en la Figura 1.1.

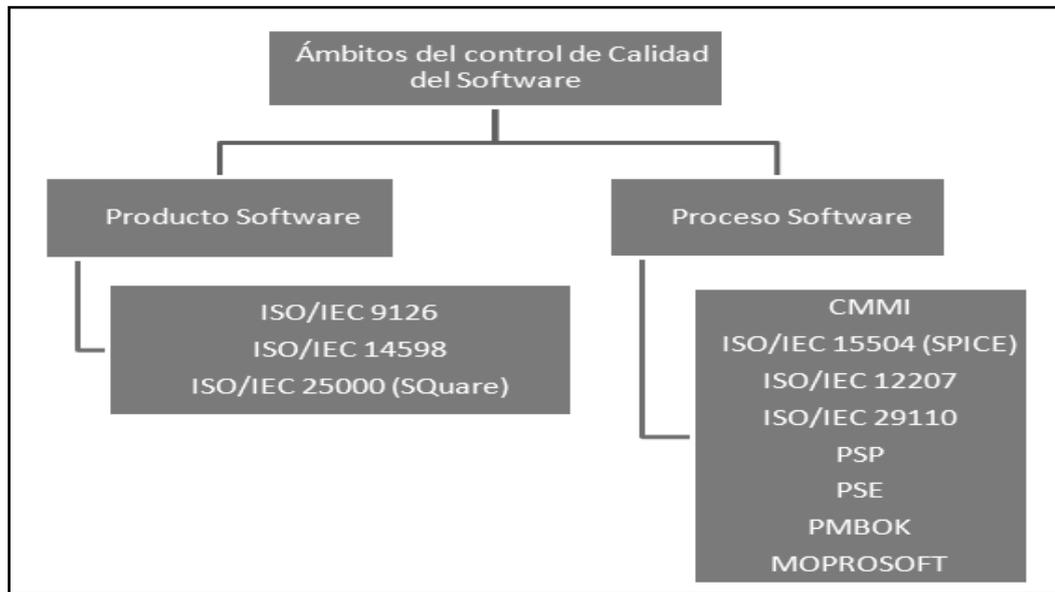


Figura 1.1: Ámbitos del control de Calidad del Software y sus Modelos de Referencia

La interrelación entre las dos tendencias de modelos de referencia que evalúan la calidad de software se puede apreciar en la Figura 1.2, donde la **calidad del proceso** influye en la **calidad del producto** que contempla la **calidad interna** y la **calidad externa** (calidad interna: tamaño, adopción adecuada del paradigma de programación utilizado, complejidad algorítmica; calidad externa: comportamiento del software en producción, rendimiento del software en una máquina determinada, uso de memoria de un programa, tiempo de funcionamiento entre fallos), la calidad del producto tendrá un efecto directo en la **calidad de uso** del software, principalmente en lo que se refiere a la productividad y efectividad del usuario final al utilizar el software.



Figura 1.2: Influencia de los ámbitos de evaluación de la calidad del software

Como se puede suponer los modelos de calidad son herramientas que guían a las organizaciones a la mejora continua y la competitividad dando las especificaciones y tipos de requisitos que deben de implementarse para poder brindar productos y servicios de alto nivel. Los beneficios de implementar modelos de calidad son varios, entre ellos, desminuir costos de producción, aumentar: la productividad, los clientes, los precios de los productos y la trazabilidad (la posibilidad de navegar desde un requisito hasta el fragmento del diseño en que éste se encuentra).



Figura 1.3: Beneficios de implementar los modelos de calidad

1.2.2 LA CALIDAD DEL PRODUCTO SOFTWARE

Hoy en día las necesidades de buscar una solución a problemas complejos en el software ha ocasionado que las empresas dedicadas al desarrollo o mantenimiento de software sean rebasadas, es decir que no sean capaces de desarrollar o entregar un software confiable, a tiempo, apegado al presupuesto acordado con el cliente y de que el cliente confíe que todo lo anterior se cumplirá. Por esto las organizaciones deben buscar una norma, estándar o modelo que pueda ayudarles a llegar a la calidad y de esta manera poder ser competitivas en cualquier esfera.

1.2.3 NORMAS Y ESTÁNDARES

NORMAS

A continuación se determina lo que es una norma, en contexto general:

- “Las normas son un modelo, un patrón, ejemplo o criterio a seguir”. [3]
- “Una norma es un fórmula que tiene valor de reglas y tiene por fin definir las características que deben poseer un objeto y los productos que han de tener una compatibilidad para ser usados a nivel internacional”. [3]



Figura 1.4: Representación de la Normalización

Por ejemplo, el problema que ocasiona a muchos usuarios los distintos modelos de enchufes que existen a escala internacional para poder acoplar pequeñas máquinas de uso personal: secadores de cabello, máquinas de afeitar, etc., cuando se viaja. La incompatibilidad repercute en muchos campos. La normalización de los productos es, pues, importante.

ESTÁNDARES

“Lo que es establecido por la autoridad, la costumbre o el consentimiento general”. [4]

En este sentido se utiliza como sinónimo de norma. Son normas y protocolos internacionales que deben cumplir productos de cualquier índole para su distribución y consumo por el cliente final.

BENEFICIOS DE LOS ESTÁNDARES

- Buenas prácticas de diseño.
- Prácticas que han funcionado tanto para el desarrollador como para el usuario.
- Mejoras del proceso de diseño.
- Reducción del proceso de diseño mediante prueba y error.

Utilización de los Estándares, para ésto se debe:

- Elegir qué estándar se va a seguir o utilizar.
- Planificar un proceso de desarrollo adaptando los diferentes estándares elegidos.
- Aplicar las recomendaciones de los estándares.
- Revisar el proceso de desarrollo para observar si cumple los estándares adaptados.

- Refinar la adaptación de los estándares:
 - Si no se cumplen las recomendaciones del estándar.
 - Si el refinamiento del estándar elegido no es suficiente para desarrolladores y diseñadores.
 - Si no se ha creado una versión del estándar adaptada al proyecto en desarrollo.

NORMAS DE SOFTWARE

“Una norma de software establece un marco de referencia común para los procesos, actividades y tareas del ciclo de vida del software con una terminología bien definida a la que hace referencia la industria del software”. [4]

1.2.4 MODELOS DE CALIDAD DEL PRODUCTO SOFTWARE

Dentro de los Modelos de Referencia de Calidad del Producto Software se tienen entre los principales:

- Norma ISO/IEC² 9126: Modelo de Calidad del Producto Software.
- Norma ISO/IEC 14598: Calidad de la Evaluación del Producto Software.
- Norma ISO/IEC 25000 (SQuaRe)³: Requisitos y Evaluación de Calidad de Productos Software, recién aparecida en la industria.

ISO/IEC 9126

La primera parte de la ISO 9126 llamada ISO 9126-1 es una extensión del trabajo previo hecho por McCall (1977), Boehm (1978) y otros, en la parte que se refiere

² IEC: International Electrotechnical Commission/Comisión Electrotécnica Internacional: es una organización de normalización en los campos eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas. Numerosas normas se desarrollan conjuntamente con la ISO, normas ISO/IEC.

³ SQuaRe: Software Product Quality Requirements and Evaluation/Requisitos y Evaluación de Calidad de Productos de Software.

a las especificaciones de las características de la calidad de software, esta parte establece que la ISO/IEC 9126-2 define métricas externas, la ISO/IEC 9126-3 define métricas internas y la ISO/IEC 9126-4 define métricas para la calidad en uso.

ISO/IEC 14598

La norma ISO/IEC 14598 proporciona un marco de trabajo para evaluar la calidad de todos los tipos de productos software e indica los requisitos para los métodos de medición y para el proceso de evaluación. La ISO/IEC 14598 consta de seis partes que describen los requisitos del proceso de evaluación en tres situaciones diferentes:

- Requisitos para desarrolladores
- Requisitos para compradores.
- Requisitos para evaluadores.

ISO/IEC 25000 (SQuaRE)

El objetivo general de la creación del estándar ISO/IEC 25000 es organizar, enriquecer y unificar las series que cubren dos procesos principales: especificación de requerimientos de calidad del software y evaluación de la calidad del software, soportada por el proceso de medición de calidad del software.

Las características de calidad y sus mediciones asociadas pueden ser útiles no solamente para evaluar el producto software sino también para definir los requerimientos de calidad. La serie ISO/IEC 25000:2005 reemplaza a dos estándares relacionados: ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 14598.

1.2.5 LA CALIDAD DEL PROCESO SOFTWARE

Desde el momento en que una organización expresa una necesidad en materia de tecnologías de información, se inicia un proceso complejo que involucra a un conjunto de personas con funciones heterogéneas que deben coordinarse para satisfacer una necesidad.

Cuando se tienen que desarrollar muchas tareas en un proyecto de software, se genera incertidumbre en aspectos clave como el costo, la fecha de entrega o la calidad del resultado. En gran medida esta incertidumbre surge de la no aplicación de técnicas formales de ingeniería de software. Las empresas de tecnología apuntan a mejorar su rendimiento a través de la calidad y a lograr ser competitivas en el mercado internacional.

La calidad de un producto de software se rige por la calidad de los procesos usados para desarrollarlo. La evaluación de procesos supone realizar un examen disciplinado de los procesos usados en una organización junto a un conjunto de criterios que determinan si éstos están cumpliendo con los objetivos de la misma.

Tomando en cuenta lo anterior, las empresas involucradas en el desarrollo de software, buscan que el desarrollo de sus aplicaciones y productos se realicen bajo modelos y estándares internacionales, que les permitan establecer márgenes de competencia basado en la mejora de los procesos y el aumento de la productividad en un marco de eficiencia y calidad. En la actualidad cada uno de los modelos y estándares propone una infinidad de conceptos y lineamientos que guían a lo largo del desarrollo de un proceso para obtener como resultado un producto con características de alta calidad.

Se puede decir que los procesos de desarrollo de software comprenden un conjunto de actividades, tanto técnicas como administrativas, que son necesarias para la fabricación de un sistema de software. Estas actividades van desde el

análisis de requisitos hasta la de mantenimiento del software, pasando por el diseño, la implementación, las pruebas, la implantación, la administración de configuraciones, el aseguramiento de la calidad, etc.

Tener un proceso de calidad significa, primero que está definido y segundo que sirva para lo que se especificó, es decir que se pueda verificar que los objetivos para los que fue definido se satisfacen. En el caso del software, los procesos constituyen una secuencia de actividades que conducen a la obtención de productos de software, siendo estas actividades las establecidas en el ciclo de vida del desarrollo de sistemas y actividades complementarias de administración del proceso: Planificar (Plan), Hacer (Do), Verificar (Check) y Actuar (Act) de acuerdo al ciclo de mejora continua de Deming.



Figura 1.5: Ciclo de mejora de procesos de Deming

Es evidente que quien desarrolla software deberá adoptar algún mecanismo de creación, por lo cual sus procesos antes de mejorarlos deben ser evaluados para determinar sus aciertos o falencias. Por tanto se puede establecer que el objetivo

de la evaluación de los procesos es conocer la real capacidad de los mismos, es decir, determinar si están cumpliendo su propósito. El concepto de calidad de procesos de software ha madurado mucho en los últimos años, surgiendo así la necesidad de contar con algún modelo que permita evaluar la capacidad de las empresas de desarrollo de software para realizar con éxito un proyecto y generar productos de calidad.

Definir un proceso de software implica precisar los objetivos (¿qué producto se desea obtener?), las actividades (¿qué se debe hacer?), los métodos (¿cómo hacerlo?), las personas involucradas (¿quién debe hacerlo?), los tiempos de ejecución (¿cuándo se lo hace?), las herramientas que se utilizarán (¿qué se necesita para hacerlo?), la manera como se medirán los elementos dentro del proceso que permitan verificar resultados (¿cómo evaluar los artefactos o productos que se van generando?), acciones de corrección (¿qué hacer cuándo hay problemas?), de tal manera que se obtenga un producto de calidad (¿qué grado de calidad deberá tener el producto?), en este caso, un producto software.

Los modelos y estándares de procesos de software definen un conjunto de criterios de desarrollo que guían la forma en que se aplica la Ingeniería del Software; si no se sigue ninguna metodología sin duda habrá falta de calidad. Para ello existe una gran variedad de modelos y estándares que permiten evaluar y mejorar la calidad de los procesos de software, entre los que se puede mencionar al modelo CMMI⁴, el estándar ISO/IEC 15504 (SPICE⁵), normas internacionales como la ISO/IEC 29110, PSP⁶, TSP⁷, PMBOK⁸, MOPROSOFT⁹, entre otros.

⁴ CMMI: Capability Maturity Model for Integration/Integración de Modelos de Madurez de Capacidad.

⁵ SPICE: Software Process Improvement and Capability dEtermination/Determinación de la Capacidad y Mejora de Procesos de Software.

⁶ PSP: Personal Software Process/Proceso de Software Personal.

⁷ TSP: Team Software Process/Proceso de Software Equipo.

⁸ PMBOK: Project Management Body of Knowledge/Conjunto de Conocimientos en Administración de Proyectos.

⁹ MOPROSOFT: Modelo de Procesos de Software.

BENEFICIOS DE MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS

Un mejoramiento de la calidad de los procesos no solamente conlleva un aumento de la calidad del producto, sino también a conseguir lo siguiente [5]:

- Eficiencia de costos y tiempo.
- Aumenta la posibilidad de reproducir éxitos en otros proyectos.
- El manejo adecuado de los riesgos.
- Obtener confianza y satisfacción del cliente.
- Mejorar los procesos, estándares y procedimientos para el desarrollo de productos y servicios que brinda la organización.
- Establecer y mantener los procesos necesarios para el desarrollo de las capacidades y habilidades individuales del personal.
- Fomentar una cultura organizacional de mejora continua.

1.3 ESTADO DEL ARTE DE LAS EMPRESAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE DE ECUADOR

Para analizar este sector primero se hace referencia a datos estadísticos de la AESOFT¹⁰, según esta fuente, se tiene:

Tabla 1.3: Datos estadísticos de la Industria de desarrollo de Software del Ecuador

| AÑO | NÚMERO DE EMPRESAS |
|------------|---------------------------|
| 2007 | 265 |
| 2011 | 500 |

Empresas de desarrollo de software registradas en el país

¹⁰ AESOFT: Asociación Ecuatoriana de Software.

| AÑO | NÚMERO DE EMPRESAS |
|------------|---------------------------|
| 2007 | 77 |
| 2011 | 150 |

Registradas en AESOFT

| AÑO | MILLONES DE DÓLARES |
|------------|----------------------------|
| 2005 | 62 |
| 2006 | 99 |
| 2007 | 130 |
| 2011 | 250 |

Facturación total de la industria

Nota: Se estima un crecimiento anual en ventas del 20%

| AÑO | MILLONES DE DÓLARES |
|------------|----------------------------|
| 2005 | 10.1 |
| 2006 | 19 |
| 2007 | 24 |
| 2011 | 30 |
| 2015 | 150 * |

Exportaciones registradas

(*) Proyecciones

| LUGAR | PORCENTAJE |
|----------------|-------------------|
| Quito | 85 % |
| Guayaquil | 11 % |
| Cuenca | 2 % |
| Resto del país | 2 % |

Distribución de la Empresas de desarrollo de software por región

De acuerdo a estos datos, la industria del software tiene un futuro prometedor, tomando también en consideración que una de las áreas estratégicas del gobierno actual es impulsar la industria del software, la cual no requiere una gran inversión debido principalmente a que la tarea de crear software, es una tarea eminentemente intelectual. Según, Ricardo Zambrano, subsecretario de MIPYMES¹¹, señala que el modelo de desarrollo del país es impensable sin la innovación y la adopción de tecnología como uno de los puntales estratégicos. “El sector de software es un segmento clave. Es un pilar del Gobierno y ya es considerado como uno de los sectores priorizados por la agenda de transformación productiva”.

Al analizar este desarrollo, los representantes de la industria coinciden en que existe un crecimiento acelerado en los últimos cinco años. Paulina Arias, miembro del directorio de MachángaraSoft, considera que la evolución obedece a la alta demanda de los sectores públicos y privados y a la rapidez con la que evoluciona la tecnología a escala global.

Por su parte, Guadalupe Durán de Ponce, Gerenta General de Microsoft Ecuador, cita datos del Banco Central y del SRI¹² “entre el 2004 y el 2009, el sector de software ha crecido tres veces su tamaño”. La ejecutiva agrega que en el país las empresas tecnológicas se están nivelando frente a los estándares mundiales. Según Durán de Ponce, es una industria con alto potencial de exportación.

En el país, según AESOFT, existen alrededor de 500 empresas de software y 150 son miembros de la Asociación. De esas 500, unas 40 exportan de una u otra manera, señala que las exportaciones se dirigen principalmente a Latinoamérica, EE.UU. y Europa. No obstante, el sector enfrenta dificultades. Una de las principales es la falta de especialización, tanto de los profesionales, así como de las empresas. Como criterio fundamental se considera que se debe trabajar en

¹¹ MIPYMES: Micro, Pequeñas y Medianas Empresas.

¹² SRI: Servicio de Rentas Internas.

certificaciones de calidad de la industria para ser considerado competitivo a nivel nacional y sobre todo a nivel internacional.

En el año 2008, la CAF¹³, el MICIP¹⁴, la CORPEI¹⁵ firmaron un convenio con la AESOFT, para la ejecución del “Proyecto de Mejoramiento de la Competitividad de la cadena de empresas de desarrollo software del Ecuador”, lográndose con esto certificar como CMMI ML2, hasta abril de 2009 a las primeras 8 empresas nacionales, pretendiéndose en una segunda fase del proyecto contar en el Ecuador con al menos 18 empresas con dicha certificación. Sin duda el objetivo de toda gran empresa de desarrollo es obtener una certificación CMMI cada vez más alta, la cual le permitiría estar en el “top” de las empresas de desarrollo a nivel mundial.

Este tipo de certificación puede llegar a ser excesivamente detalladas para algunas organizaciones las cuales se definen como micro, pequeñas y medianas empresas, las cuales no cuentan con los recursos suficientes para embarcarse en este proceso. De acuerdo a la “Revista Lideres” del mes de marzo de 2012 de las 500 empresas de desarrollo de software el 90% corresponde a este tipo de empresa.

Actualmente este ‘sello de calidad’ es promovido por el MIPRO¹⁶, con el apoyo de la AESOFT y el EUMC¹⁷; lleva el nombre de EFQM¹⁸ y se enfoca en mejorar la productividad en ventas, recursos humanos, finanzas, administrativo, desarrollo del producto de empresas de ‘software’. El EFQM se basa en la siguiente premisa: “Los resultados excelentes con respecto al rendimiento de la organización, a los clientes, a las personas y a la sociedad se logran mediante un Liderazgo que dirija

¹³ CAF: Corporación Andina de Fomento.

¹⁴ MICIP: Ministerio de Comercio Exterior, Industrialización y Pesca.

¹⁵ CORPEI: Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones.

¹⁶ MIPRO: Ministerio de Industrias y Productividad.

¹⁷ EUMC: Centro Europeo de Gestión.

¹⁸ EFQM: Modelo de la Fundación Europea de Gestión de Calidad.

e impulse la política y estrategia, las personas de la organización, las alianzas y recursos, y los procesos”

Estas certificaciones permitirán que las empresas del sector se preparen para exportar y en el futuro generar una marca país de ‘software’. Las empresas que participen de esta certificación, marcarán el camino para que otras pequeñas y medianas empresas ecuatorianas emprendan en la adopción de estándares de calidad a su interior.

Fernando Mendoza, en el artículo “La certificación asegura mercados”, publicado en la Revista Lideres del Marzo 2012, señala:

La Certificación asegura Mercados

Mejorar los procesos de calidad, la organización y la productividad, son algunos de los objetivos a los que apuntan las empresas. En el caso de las firmas de la industria del software, para mejorar sus productos y lograr competitividad necesitan certificaciones que les permitan poder exportar soluciones.

Actualmente, en el Ecuador, existen 500 empresas de software. Sin embargo, solo el 20% tiene algún tipo de certificación de calidad. Así lo afirma Antonio Sánchez, presidente de la Asociación Ecuatoriana de Software (AESOFT). Según Sánchez, el objetivo de una certificación es lograr mayor productividad y formalización de las empresas. Además, las certificaciones permiten extender su mercado, tomando en cuenta que Ecuador es un nicho muy pequeño. Bajo esa lógica, existen diferentes tipos de certificación. Las que aplican a la mayoría de empresas son las de calidad y gobierno corporativo, que están enfocadas a temas de procesos en los servicios que brindan las empresas.

“Las firmas que otorgan las ISO analizan a la empresa que desea la certificación. Luego definen el flujo de información que se va a hacer y cómo se puede formalizar a través de la documentación o de herramientas informáticas”, dice Sánchez. Según él, el objetivo es lograr una mayor productividad. “Eso es lo que hace una certificación”. Otro tipo de certificación es el CMMI que tiene cinco niveles. Este sello de calidad es para empresas

especializadas en el desarrollo de software. Garantiza que todo el proceso de desarrollo, desde el diseño hasta la finalización del producto, cumpla con normas de calidad e indicadores para que los proyectos salgan a flote.

Otra certificación con demanda es la PMP. Está enfocada en los profesionales especializados en el manejo de proyectos. Es decir, que el desarrollador está capacitado y certificado para ofrecer trabajos como una normativa y metodología. Eso se resume en orden y productividad.

Prevedatos del Ecuador es una de las empresas que logró la ISO 9001:2008. La certificación fue otorgada por la firma suiza Cotecna, a inicios de este año; gracias a esta adjudicación los procesos de la firma serán más meticulosos y ordenados. Además, que con la certificación tendrán más apertura en el mercado internacional, explica Sánchez.

Alfonso Gordillo es presidente del Directorio de la firma de desarrollo Gestor. Esta organización certificó su calidad en los procesos y para obtener clientes en el exterior (Argentina y Perú) sacó una ISO 9001-2008. Además obtuvo una certificación CMMI y tiene un sello de calidad que garantiza el buen gobierno corporativo desde el 2009. Gestor es especialista en crear software para bancos y Gordillo explicó que las certificaciones le permitieron entregar productos y servicios de calidad a sus clientes y eso le permitió crecer en el mercado.

Además, cuando una empresa está en proceso de sacar una certificación, los colaboradores de la misma también son capacitados por la firma que facilita el proceso. Para ello, son preparados en mejorar sus conocimientos en el desarrollo de productos. Caso contrario, la firma no logra obtener los sellos de calidad y pierde mercado.

CAPÍTULO II

MODELOS DE MEJORA DE PROCESOS DE SOFTWARE

2.1 INTRODUCCIÓN DE LOS MODELOS DE MEJORA DE PROCESOS

A partir de principios de los años noventa la comunidad de Ingeniería del Software esto es industria e investigadores, ha expresado especial interés en la SPI¹⁹. Esto se evidencia por el creciente número de artículos que tratan el tema según el análisis de la tendencia de las publicaciones de mejora de proceso presentados, así como por la aparición de un gran número de iniciativas internacionales relacionadas con SPI, tales como los modelos CMM²⁰, CMMI, ISO/IEC 15504:2004, SPICE, ISO/IEC 12207:2004 e ISO 9001:2000, entre otros.

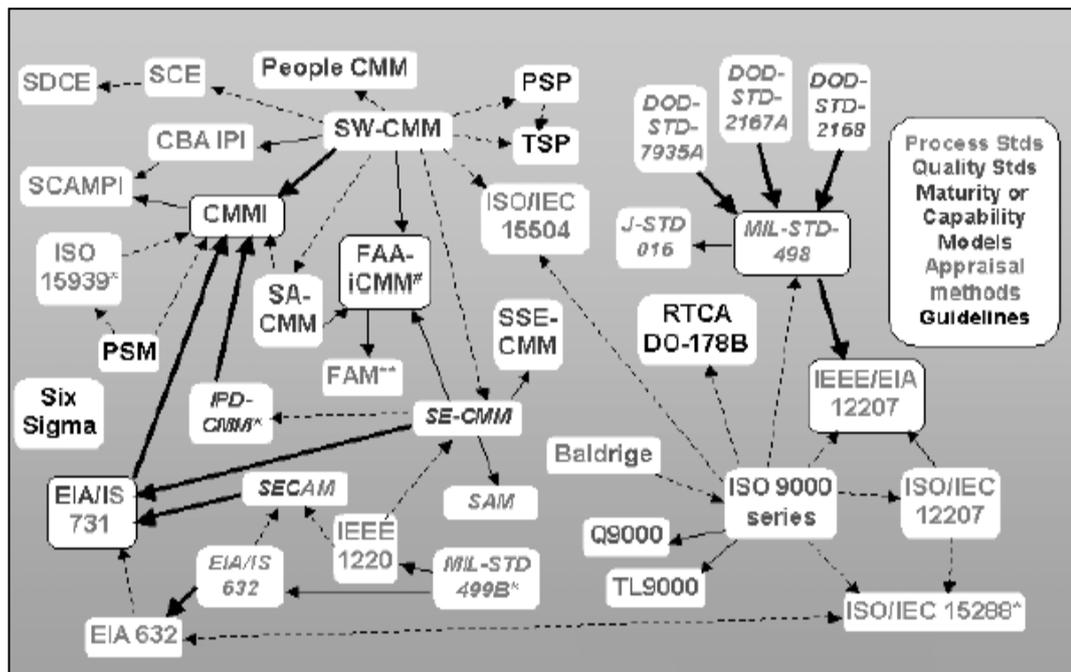


Figura 2.1: Modelos de Calidad y mejora de procesos [7]

¹⁹ SPI: Software Process Improvement/Mejora de Procesos Software.

²⁰ CMM: Capability Maturity Model/Modelo de Capacidad y Madurez.

SPI es un esfuerzo planeado, gestionado y controlado que tiene como objetivo mejorar la capacidad del desarrollo de software de una organización. Una organización madura tiene un alto nivel de capacidad en sus procesos. Además establece una gestión del proyecto y los fundamentos de ingeniería para el control cuantitativo de su proceso software, el cual se convierte en la base para la mejora continua del proceso. Además tomará la responsabilidad de ejecutar completamente sus compromisos planeados.

En una organización inmadura se presentan las siguientes características:

- Procesos de software normalmente improvisados.
- Si se han especificado no se siguen rigurosamente.
- Organización reactiva (resolver crisis inmediatas).
- Planes y presupuestos excedidos sistemáticamente al no estar basados en estimaciones realistas.

En una organización de software completamente madura:

- Se define la calidad y por supuesto se predice.
- Los costos y horarios son predecibles y normalmente satisfechos.
- Se definen los procesos y están bajo control estadístico.
- Los roles y responsabilidades están claros.
- La comunicación es buena.
- Se practica la disciplina de medición del software.
- El éxito está en la capacidad de la organización, y el talento individual prospera dentro de éste.
- La tecnología que apoya el proceso se utiliza con eficacia.
- Se establecen y son eficaces las prácticas de desarrollo personal para el crecimiento de la calidad del software.

- Se reconoce la importancia de la “competencia” del software como factor de éxito corporativo y la estrategia del software se alinea con la del negocio.
- La gerencia y el personal están comprometidos con la calidad total y la mejora continua los resultados son obvios.

Un paso fundamental para lograr la madurez de una organización es institucionalizar un programa continuo de mejora de procesos de software.

Un programa completo y sistemático de mejora de procesos software requiere:

- Objetivos bien definidos, que puedan ser medidos.
- Un método para catalizar e institucionalizar el programa de mejora que se ajuste a la organización.
- Uno o más modelos de madurez.
- Los mejores ejemplos y puntos de referencia prácticos.
- Un compromiso organizacional para definir, asignar recursos y seguir el mapa de ruta de mejora.
- Expertos en diagnósticos de procesos, tácticas de cambio cultura, resolución de problemas de procesos, entre otros.
- Un grupo de personas de mejora que pueden divulgar, comprometer y llevar a cabo eficientemente el programa de mejora planeado.

A continuación se va a realizar una descripción de los aspectos más relevantes de los modelos de mejora de procesos: CMMI, MOPROSOFT, PMBOK.

2.2 CMMI

Es el modelo más reconocido internacionalmente para la industria de software, fue creado por el SEI²¹ de la Universidad Carnegie Mellon y a pedido del DoD²² de los EEUU.

El modelo de Capacidad y Madurez CMMI surge como la integración del CMM²³, como se puede apreciar en la Figura 2.2. Es un modelo que permite clasificar a las organizaciones de desarrollo de software según una escala de cinco niveles de madurez y seis niveles de capacidad. La clasificación en un determinado nivel se realiza sobre la base del dominio y aplicación que una organización evidencia tener acerca de las áreas de proceso de dicho nivel, lo cual refleja el grado de madurez de la misma y de los procesos que sigue para desarrollar software.

Recientemente, la arquitectura del modelo CMMI se ha mejorado para apoyar múltiples áreas. Se ha comenzado a trabajar en dos nuevas áreas, una para **Servicios** (CMMI for Services) y otra para **Adquisiciones** (CMMI for Acquisition).

CMMI para **Desarrollo** (CMMI for Development) incorpora detalles de desarrollo y de servicios (CMMISVC) el mismo que se centra en la prestación de servicios. Los modelos CMMI que han estado disponibles en la comunidad desde antes de 2006 se consideran ahora parte de CMMI para Desarrollo.

²¹ SEI: Software Engineering Institute / Instituto de Ingeniería de Software.

²² DoD: Department of Defense / Departamento de Defensa.

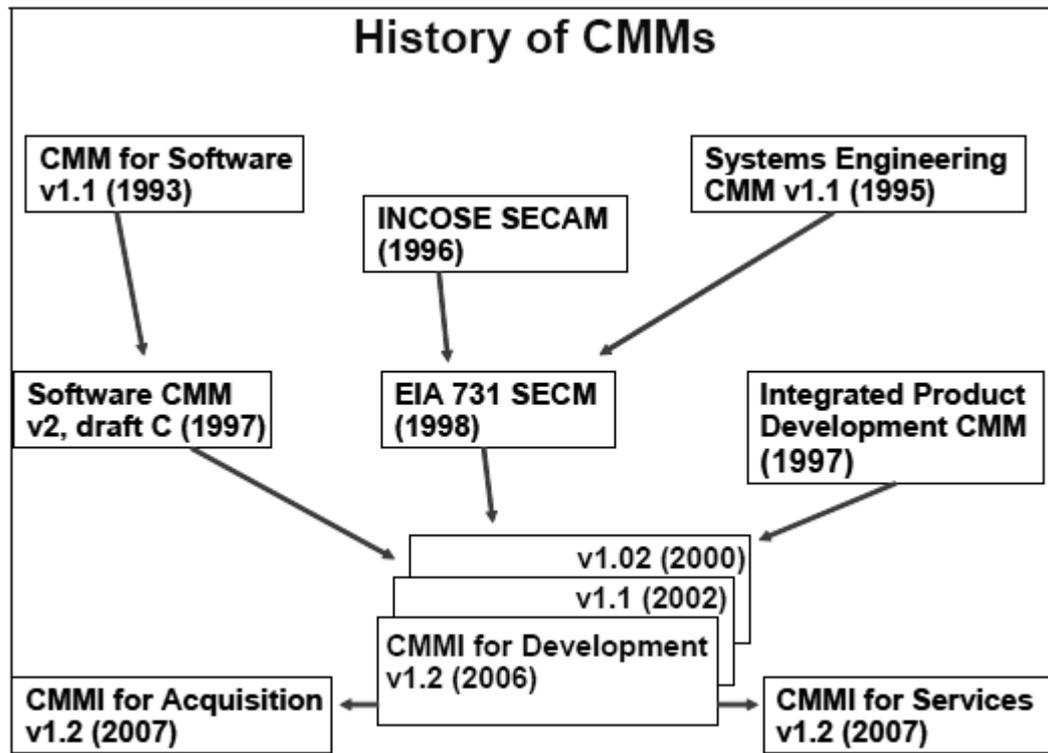


Figura 2.2: Historia de CMM [5]

El objetivo principal de CMMI es lograr la madurez en el desarrollo de software para obtener éxito predecible en los proyectos y de esa manera evitar el fracaso de los proyectos.

Además, CMMI permite:

- Eliminar inconsistencias.
- Reducir duplicaciones.
- Incrementar la claridad y comprensión.
- Proporcionar terminología común.
- Proporcionar estilos consistentes.
- Establecer reglas de construcción uniformes.
- Mantener componentes comunes.
- Asegurar la consistencia con el estándar ISO/IEC 15504 [8].

2.2.1 ESTRUCTURA DE BASE Y COMPONENTES

El modelo CMMI tiene como base estructural la que se ilustra en la Figura 2.3 y sus componentes se describen a continuación [7]:

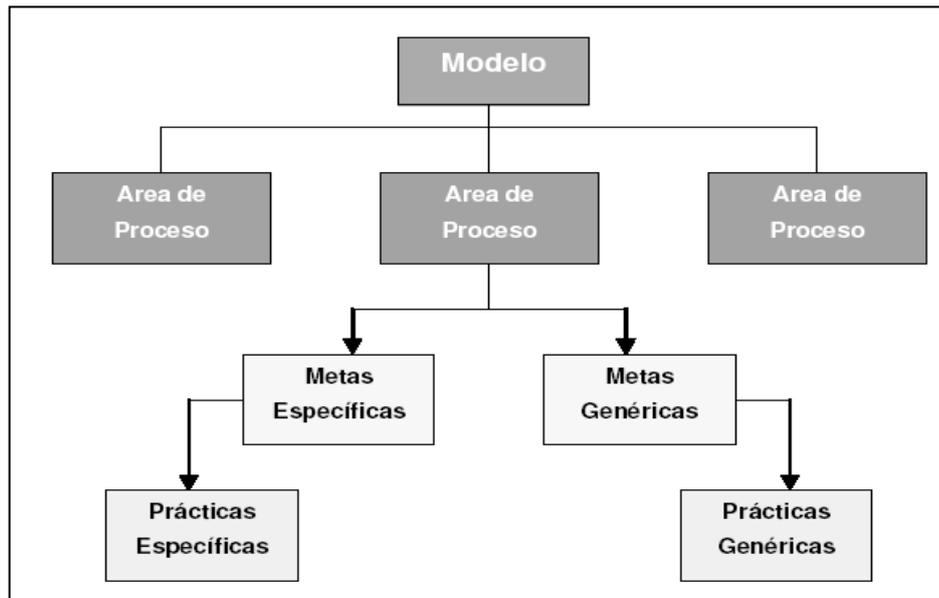


Figura 2.3: Estructura base del modelo CMMI

Área de Proceso (PA): Conjunto de mejores prácticas dentro de un área, que cuando se implementan correctamente satisfacen una serie de metas para tener una mejora significativa dentro de la misma. Cada PA está formada de metas; a su vez, cada meta está formada de prácticas.

Metas Específicas (SG): Definen los objetivos específicos a alcanzar; se aplican solamente a un PA en particular y permite localizar las particularidades que describen qué se debe implementar para satisfacer el área de proceso.

Metas Genéricas (GG): Definen los objetivos generales a alcanzar. Se aplican a varias PA.

Prácticas Específicas (SP): Acciones a aplicarse a un PA en particular; describe las actividades esperadas para lograr la meta específica de un área de proceso.

Prácticas Genéricas (GP): Acciones a aplicarse a varias PA; se usa en cualquier área de proceso porque puede mejorar el funcionamiento y control del mismo, están más orientadas a un nivel organizativo y de procesos.

2.2.2 DISCIPLINAS Y ÁREAS DE PROCESO

El modelo CMMI tiene un total de 28 PA [7], distribuidas para las cuatro disciplinas o categorías generales²⁴ y dos opcionales²⁵ que el modelo cubre actualmente; dependiendo de los objetivos que se quieran lograr, se debe seleccionar adecuadamente cuales son las necesarias.

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 involucrada la organización, en la Tabla 2.1 se detalla las categorías de procesos de CMMI con sus respectivas áreas:

Tabla 2.1: Categorías y Áreas de Proceso de CMMI

| Disciplinas o Categorías | Áreas de proceso (PA) |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gestión de proyectos | 1. Planificación de proyectos (PP ²⁶) 2. Seguimiento y control de los proyectos (PMC ²⁷) 3. Gestión de los acuerdos con proveedores (SAM ²⁸) 4. Gestión integral de los proyectos (IPM ²⁹) 5. Gestión de riesgos (RSKM ³⁰) |

²⁴ Gestión de Proyectos, Gestión de Procesos, Ingeniería y Soporte.

²⁵ Desarrollo integrado del proceso y producto, Gestión de Proveedores.

²⁶ PP: Project Planning.

²⁷ PMC: Project Monitoring and Control.

²⁸ SAM: Supplier Agreement Management.

²⁹ IPM: Integrated Project Management.

³⁰ RSKM: Risk Management.

| | |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | 6. Gestión cuantitativa de los proyectos (QPM ³¹) |
| Gestión de procesos | <ol style="list-style-type: none"> 1. Enfoque de procesos de la Organización (OPF³²) 2. Definición de procesos de la organización (OPD³³) 3. Entrenamiento Organizacional (OT³⁴) 4. Desempeño de los procesos de la organización (OPP³⁵) 5. Innovación y desarrollo de la Organización (OID³⁶) |
| Ingeniería | <ol style="list-style-type: none"> 1. Gestión de Requerimientos (REQM³⁷) 2. Desarrollo de los Requerimientos (RD³⁸) 3. Gestión de cambios tecnológicos (TCM³⁹) 4. Solución técnica (TS⁴⁰) 5. Integración del producto (PI⁴¹) 6. Verificación (VER⁴²) 7. Validación (VAL⁴³) |
| Soporte | <ol style="list-style-type: none"> 1. Gestión de la configuración (CM⁴⁴) 2. Aseguramiento de la calidad del producto y proceso (PPQA⁴⁵) 3. Medición y análisis (MA⁴⁶) 4. Análisis de decisión y resolución (DAR⁴⁷) 5. Análisis y resolución de causas (CAR⁴⁸) |

³¹ QPM: Quantitative Project Management.

³² OPF: Organizational Process Focus.

³³ OPD: Organizational Process Definition.

³⁴ OT: Organizational Training.

³⁵ OPP: Organizational Process Performance.

³⁶ OID: Organizational Innovation and Deployment.

³⁷ REQM: Requirements Management.

³⁸ RD: Requirements Development.

³⁹ TCM: Technological Changes Management.

⁴⁰ TS: Technical Solution.

⁴¹ PI: Product Integration.

⁴² VER: Verification.

⁴³ VAL: Validation.

⁴⁴ CM: Configuration Management.

⁴⁵ PPQA: Process and Product Quality Assurance.

⁴⁶ MA: Measurement and Analysis.

⁴⁷ DAR: Decision Analysis and Resolution.

| | |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Desarrollo integrado del proceso y producto | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ambiente organizacional para la integración (OEI⁴⁹) 2. Equipo para el desarrollo integrado (IT⁵⁰) |
| Gestión de proveedores | <ol style="list-style-type: none"> 1. Selección y control de proveedores (SSC⁵¹) 2. Gestión integrada de proveedores (ISM⁵²) 3. Gestión cuantitativa de proveedores (QSM⁵³) |

Gestión de Proyectos

Las áreas de proceso agrupadas en la Gestión 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 gestión de proyectos, éstas se dividen en dos tipos distintos; las básicas y las avanzadas.

Las áreas de proceso básicas de la Gestión 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 Gestión 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].

⁴⁸ CAR: Causal Analysis and Resolution.

⁴⁹ OEI: Organizational Environment for Integration.

⁵⁰ IT: Integrated Teaming.

⁵¹ SSC: Supplier Selection and Control.

⁵² ISM: Integrated Supplier Management.

⁵³ QSM: Quantitative Supplier Management.

Gestión de Procesos

Las áreas de proceso agrupadas en la Gestión 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 gestión 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 Gestión 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 Gestión 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 de la ingeniería de software. 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, 2002]. Las áreas de proceso involucradas son: REQM, RD, TCM, TS, PI, VAL, VER.

Soporte

Las áreas de proceso del Soporte cubren 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, 2002].

2.2.3 REPRESENTACIONES DE CMMI

El modelo CMMI tiene dos representaciones, la una denominada ESCALONADA (ETAPAS - Staged) y la otra denominada CONTINUA (Continuous) [6].

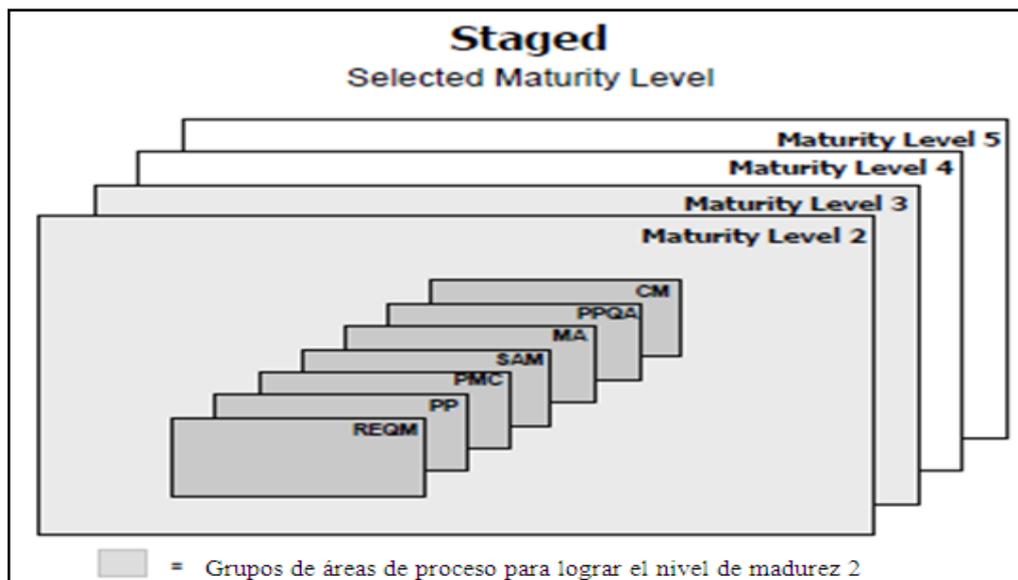


Figura 2.4: Área de Procesos en la representación por Etapas

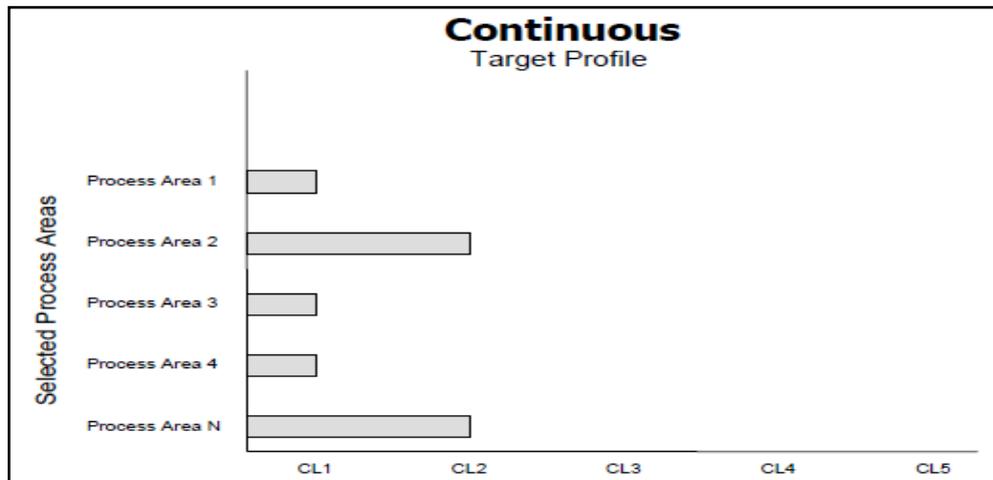


Figura 2.5: Área de Procesos en la representación Continua

La representación **escalonada o por etapas** (madurez organizacional), se encuentra enfocada en la mejora de la **Madurez de los Procesos**⁵⁴ que una organización quiere lograr.

La representación **continua** (capacidad de cada Área de Proceso), se centra en la mejora de la **Capacidad de los Procesos**⁵⁵ sobre acciones a completar dentro de las áreas de proceso.

REPRESENTACIÓN ESCALONADA

En la representación escalonada o por etapas se da un mapa predefinido, dividido en niveles de madurez para la mejora organizacional basada en procesos probados, agrupados y ordenados, y sus relaciones asociadas.

⁵⁴ Madurez de los procesos es un atributo de las organizaciones que desarrollan o mantienen sistemas de software, que indica el potencial de crecimiento en capacidad de los procesos.

⁵⁵ Capacidad de procesos es una predicción del rendimiento futuro de los procesos.

Cada nivel de madurez tiene un conjunto de áreas de proceso que indican dónde una organización debería enfocar la mejora de su proceso. Cada área de proceso se describe en términos de prácticas que contribuyen a satisfacer sus objetivos. Las prácticas describen las actividades que más contribuyen a la implementación eficiente de un área de proceso. Se aumenta el nivel de madurez cuando se satisfacen los objetivos de todas las áreas de proceso de un determinado nivel de madurez. Esto se puede apreciar en la Figura 2.6.

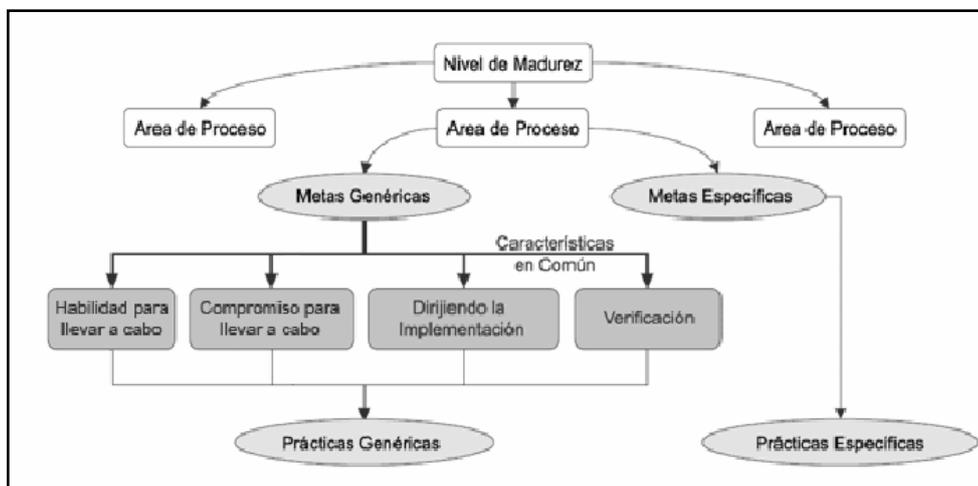


Figura 2.6: Estructura de CMMI escalonada

En su representación escalonada está compuesto por cinco niveles de madurez:

1. Nivel inicial.
2. Nivel gestionado.
3. Nivel definido.
4. Nivel gestionado de manera cuantitativa.
5. Nivel optimizado.

Nivel 1 (denominado Inicial o ad hoc)

Las organizaciones en este nivel no disponen de un ambiente estable para el desarrollo y mantenimiento de software. Aunque se utilicen técnicas correctas de

ingeniería, los esfuerzos se ven debilitados e incluso perdidos por falta de planificación y de procesos estandarizados de desarrollo. El éxito de los proyectos se basa la mayoría de las veces en el esfuerzo personal, a menudo se producen fracasos y casi siempre retrasos y sobrecostos. El resultado de los proyectos es impredecible. Por lo anterior, este nivel no tiene áreas de proceso definidas.

Nivel 2 (Gestionado o Administrado)

En este nivel las organizaciones disponen de prácticas institucionalizadas de gestión de proyectos, existen métricas básicas y seguimiento incipiente de la calidad. La relación con subcontratistas y clientes está gestionada sistemáticamente. Para estar en el nivel 2 de CMMI se debe evidenciar gestión de las siguientes áreas de proceso:

- Gestión de requerimientos.
- Planificación de proyectos.
- Seguimiento y control de proyectos.
- Gestión de Acuerdo con los Proveedores.
- Aseguramiento de la calidad del Producto y Proceso.
- Gestión de la configuración.
- Medición y Análisis.
- Selección y Control de Proveedores.

Nivel 3 (Definido)

Además de una buena gestión de proyectos, y de las áreas de proceso de nivel 2, a este nivel las organizaciones disponen de procedimientos de coordinación entre grupos, capacitación, entrenamiento y formación del personal, técnicas de ingeniería más detalladas y uso de métricas establecidas en los procesos. Para estar en el nivel 3 de CMMI se debe evidenciar gestión de las siguientes áreas de proceso:

- Verificación.
- Validación.
- Enfoque de procesos de la organización.
- Definición de procesos de la organización.
- Gestión integrada de proyectos.
- Gestión de riesgos.
- Entrenamiento organizacional.
- Desarrollo de requerimientos.
- Solución técnica.
- Integración de productos.
- Análisis de decisión y resolución.
- Ambiente organizacional para la integración.
- Equipo para el desarrollo integrado.
- Gestión integrada de proveedores.

Nivel 4 (Gestionado Cuantitativamente)

Las organizaciones de este nivel disponen de un conjunto de métricas significativas de calidad y productividad, que se usan de modo sistemático para la toma de decisiones y la gestión de riesgos. El software resultante es regularmente de alta calidad. Para estar en el nivel 4 de CMMI se debe evidenciar gestión de las siguientes áreas de proceso:

- Desempeño de los procesos de la organización.
- Gestión cuantitativa de proyectos.
- Gestión cuantitativa de proveedores.

Nivel 5 (Optimizado)

Las organizaciones de este nivel están enfocadas completamente en la mejora continua de los procesos. Se hace uso intensivo de las métricas y se gestiona el proceso de innovación. Para estar en el nivel optimizado de CMMI se debe evidenciar gestión de las siguientes áreas de proceso:

- Innovación y desarrollo de la organización.
- Gestión de cambios tecnológicos.
- Análisis y resolución de las causas.

REPRESENTACIÓN CONTINUA

El CMMI continuo se enfoca en la capacidad de cada Área de Proceso (PA) para establecer una línea a partir de la cual se mide la mejora individual en cada área. Al igual que el modelo por etapas, el modelo continuo tiene áreas de proceso que contienen prácticas, pero éstas se organizan de manera que soportan el crecimiento y la mejora de un área de proceso individual.

El CMMI continuo permite cierta libertad a la organización para que seleccione un área de proceso en específico, para mejorar a través de ella. También permite a las organizaciones mejorar varias áreas al mismo tiempo que conforman una categoría, las cuales están en distintos niveles.

Los componentes esenciales, que se muestran en la Figura 2.7, en los que se basa esta representación son las áreas de proceso; para cada área de proceso existen metas específicas, las cuales están implementadas por prácticas específicas, las que definen la dimensión de los procesos, es decir que es lo “que se va hacer”. Por otro lado se tiene las metas genéricas, las que están implementadas por prácticas genéricas, las que definen la dimensión de la capacidad, es decir “qué también lo hacemos”.

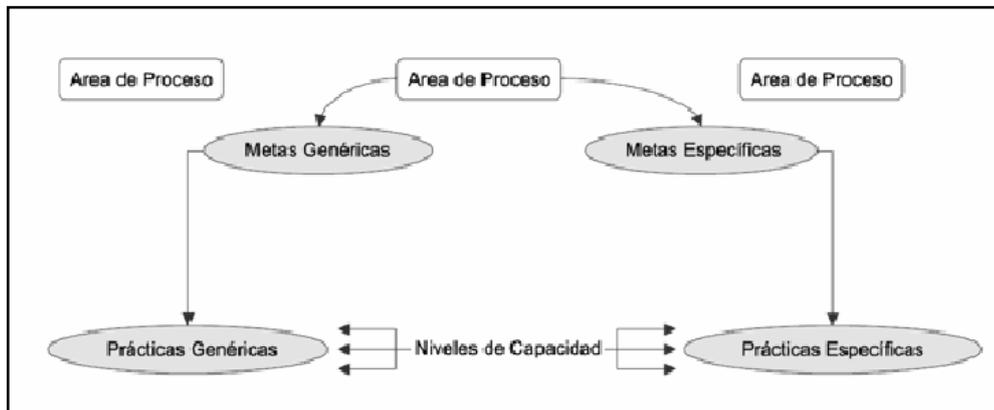


Figura 2.7: Estructura de CMMI continua

Los niveles de capacidad son usados para medir la mejora a través de cada área de proceso, como se indica en la Figura 2.8, desde el nivel más bajo para un proceso que no se ha llevado a cabo hasta un nivel alto para un proceso óptimo. Por tal razón, se puede conseguir en las distintas áreas de proceso distintos niveles de capacidad.

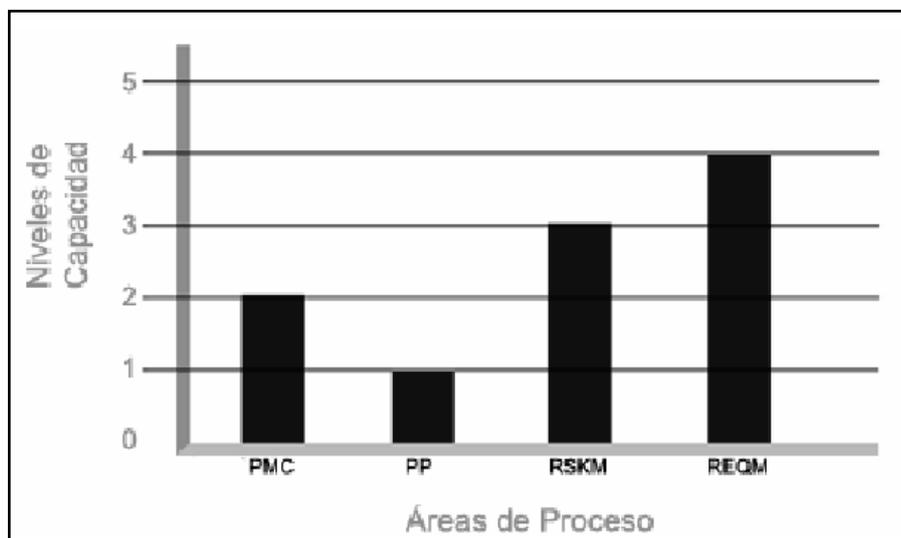


Figura 2.8: Medida de la capacidad de áreas de proceso

En su representación continua el modelo CMMI está compuesto por seis Niveles de Capacidad que van desde el nivel 0 al 5, tal como se muestra en la Figura 2.9. [10]

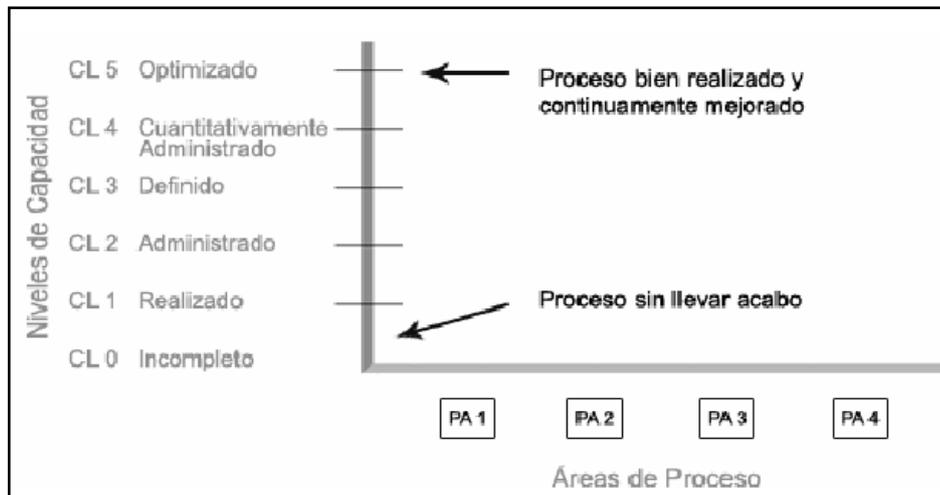


Figura 2.9: Niveles de capacidad de CMMI continua

Nivel 0 (Incompleto)

El proceso no se realiza, o no se consiguen sus objetivos. Una o más 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.

Nivel 1 (Realizado)

Un proceso con nivel 1 de capacidad se caracteriza porque el proceso se llevó a cabo, consiguiendo transformar elementos de entrada identificados, en productos de salida. Este proceso cumple con las metas específicas del área de proceso.

Nivel 2 (Administrado o Gestionado)

Un proceso con nivel de capacidad 2 es un proceso que se ejecuta siempre de la misma manera, de una forma gestionada. Además de ejecutarse, el proceso se planifica, se revisa y se evalúa para comprobar que cumple los requisitos.

Nivel 3 (Definido)

En este nivel el proceso está definido en la organización y se ejecuta siempre. Además de ser un proceso gestionado se ajusta a la política de procesos que existe en la organización, alineada con las directivas de la empresa.

Nivel 4 (Cuantitativamente Administrado o Gestionado)

En el nivel 4, la ejecución del proceso tiene institucionalizado en la organización un sistema de medición objetivo y cuantificable de su capacidad. La calidad y el desempeño de los procesos son comprendidos en términos estadísticos y es administrado a lo largo de la vida del proceso.

Nivel 5 (Optimizado)

Un proceso en nivel 5 es el que se ejecuta siempre, está definido en la organización, se mide y está integrado en un plan, también institucionalizado, de mejora continua basada en las mediciones de los procesos. Además de ser un proceso cuantitativamente gestionado, de forma sistemática se revisa y modifica para adaptarlo a los objetivos del negocio.

2.3 MOPROSOFT

2.3.1 ORIGEN

Es un modelo para la mejora y evaluación de los procesos de desarrollo y mantenimiento de sistemas y productos de software desarrollado por la Asociación Mexicana para la Calidad en Ingeniería de Software a través de la Facultad de Ciencias de la UNAM⁵⁶ y a solicitud de la Secretaría de Economía para obtener una norma mexicana que resulte apropiada a las características de

⁵⁶ UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México.

tamaño de la gran mayoría de empresas mexicanas de desarrollo y mantenimiento de software [9].

MOPROSOFT considera que los modelos de evaluación y mejora CMMI e ISO/IEC 15504 no resultan apropiados para empresas pequeñas y medianas de desarrollo y mantenimiento de software. Por lo que se lo ha desarrollado sobre las áreas de procesos de los niveles 2 y 3 del modelo SW-CMM e inspirándose en el marco de ISO/IEC 15504.

MOPROSOFT proporciona a la industria de software un modelo basado en las Mejores Prácticas (*Best Practices*) internacionales con las siguientes características:

- Fácil de entender.
- Fácil de aplicar.
- Bajo costo de implementación.
- Servir de base para obtener evaluaciones exitosas con otros modelos o normas, tales como ISO 9000:2000 o CMM V1.1.

2.3.2 ALCANCE

El modelo de procesos MOPROSOFT está dirigido a las medianas y pequeñas empresas o departamentos dentro de una empresa grande que se dediquen al desarrollo y/o mantenimiento de software. Las organizaciones, que no cuenten con procesos establecidos ni documentados, pueden usar el modelo ajustándolo de acuerdo a sus necesidades y generando una instancia de cada uno de los procesos tomando en cuenta las consideraciones que plantea el modelo. Mientras que las organizaciones, que ya tienen procesos establecidos, pueden usarlo como punto de referencia para identificar los elementos que les hace falta cubrir y realizar una correspondencia con los procesos que ya cuentan y los del modelo para identificar las coincidencias y las discrepancias.

¿PARA QUÉ SIRVE MOPROSOFT?

- Mejora la calidad del software producido por la empresa que adopta el modelo.
- Eleva la capacidad de las organizaciones para ofrecer servicios con calidad y alcanzar niveles internacionales de competitividad.
- Integra todos los procesos de la organización y mantiene la alineación con los objetivos estratégicos.
- Inicia el camino a la adopción de los modelos ISO 9000 o CMMI.
- Sirve para implantar un programa de mejora continua.
- Permite reconocer a las organizaciones por su nivel de madurez de procesos.
- Facilita la selección de proveedores.
- Permite obtener acceso a las prácticas de ingeniería de software de clase mundial.

2.3.3 ESTRUCTURA

El modelo pretende apoyar a las organizaciones en la estandarización de sus prácticas, en la evaluación de su efectividad y en la integración de la mejora continua. Sintetiza las mejores prácticas en un conjunto pequeño de procesos que abarcan las responsabilidades asociadas a la estructura de una organización que son: la Alta Dirección, Gestión y Operación [9].

MOPROSOFT constituye un modelo integrado donde las salidas de un proceso están claramente dirigidas como entradas a otros; las prácticas de planeación, seguimiento y evaluación se incluyeron en todos los procesos de gestión y administración; por su parte los objetivos, los indicadores, las mediciones y las metas cuantitativas fueron incorporados de manera congruente y práctica en todos los procesos; las verificaciones, validaciones y pruebas están incluidas de manera explícita dentro de las actividades de los procesos; y existe una base de conocimientos que resguarda todos los documentos y productos generados.

2.3.4 ARQUITECTURA

MOPROSOFT se encuentra organizado en tres categorías (niveles): Dirección, Gerencia y Operación, como se ilustra en la Figura 2.10.

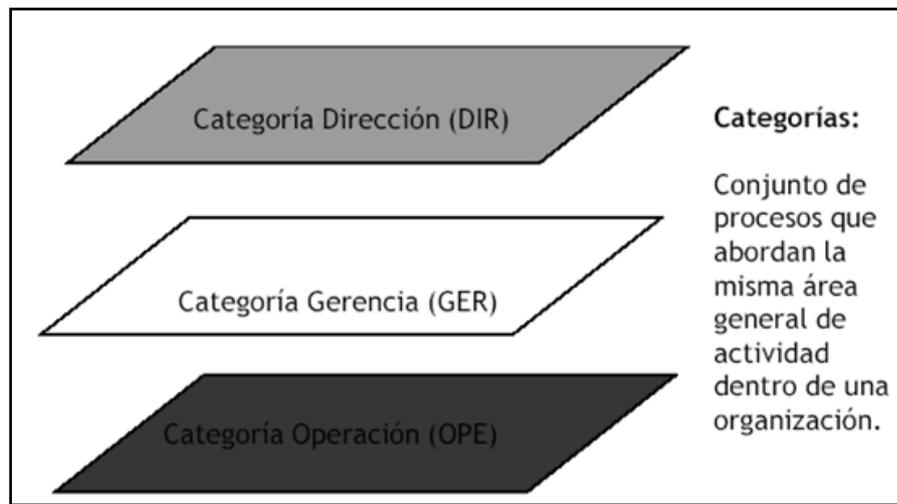


Figura 2.10: Arquitectura de MOPROSOFT

Cada una de las categorías de MOPROSOFT tiene varios procesos como se ilustra en la Figura 2.11.

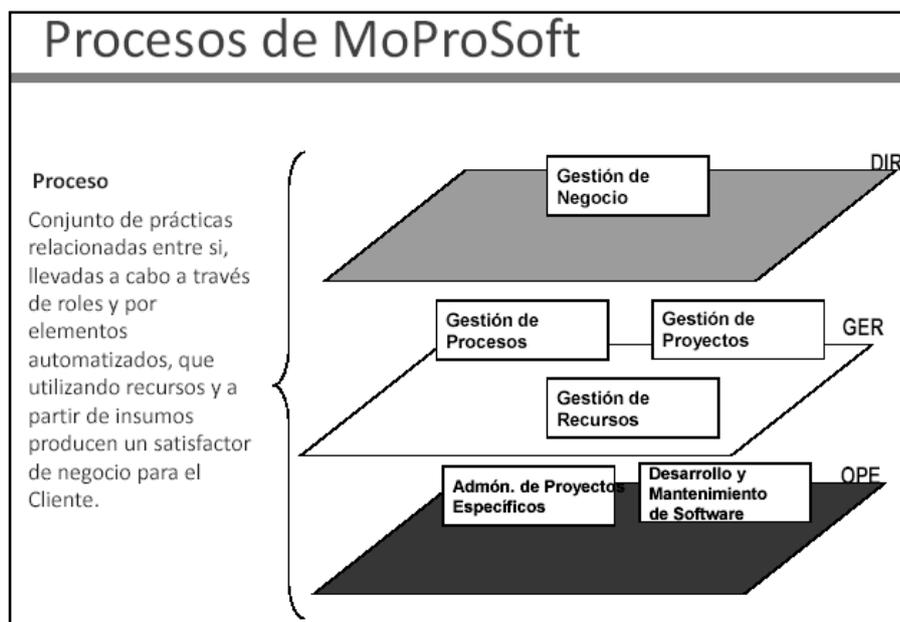


Figura 2.11: Procesos de las categorías de MOPROSOFT

Tabla 2.2: Procesos de MOPROSOFT

| Categoría | Proceso | Propósito |
|------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dirección | Gestión de Negocio | <p>Establecer la razón de ser de la organización, sus objetivos y las condiciones para lograrlos, para lo cual es necesario considerar las necesidades de los clientes, así como evaluar los resultados para poder proponer cambios que permitan la mejora continua.</p> <p>Adicionalmente habilita a la organización para responder a un ambiente de cambio y a sus miembros para trabajar en función de los objetivos establecidos.</p> |
| Gerencia | Gestión de Procesos | Establecer los procesos de la organización, en función de los procesos requeridos identificados en el Plan Estratégico. Así como definir, planificar e implantar las actividades de mejora en los mismos. |
| | Gestión de Proyectos | Asegurar que los proyectos contribuyan al cumplimiento de los objetivos y estrategias de la organización. |
| | Gestión de Recursos | <p>Conseguir y dotar a la organización de los recursos humanos, infraestructura, ambiente de trabajo y proveedores, así como crear y mantener la Base de Conocimiento de la organización.</p> <p>La finalidad es apoyar el cumplimiento de los objetivos del Plan Estratégico de la organización. Las actividades de este proceso se apoyan en tres subprocesos:</p> <p><u>*Recursos humanos y ambiente de trabajo:</u> Proporciona los recursos humanos idóneos para cumplir las responsabilidades asignadas a los roles dentro de la organización, así como la evaluación del ambiente de trabajo.</p> <p><u>* Bienes, servicios e infraestructura:</u> Proporciona proveedores de bienes, servicios e infraestructura que satisfagan los requisitos de adquisición de los procesos y proyectos.</p> |

| | | |
|-----------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | * Conocimiento de la organización: Mantiene disponible y administra la base de conocimiento que contiene la información y los productos generados por la organización. |
| Operación | Administración de Proyectos Específicos | Establecer y llevar a cabo sistemáticamente las actividades que permitan cumplir con los objetivos de un proyecto en tiempo y costo esperados. |
| | Desarrollo y Mantenimiento de Software | Realización sistemática de las actividades de análisis, diseño, construcción, integración y pruebas de productos de software nuevos o modificados cumpliendo con los requerimientos especificados. |

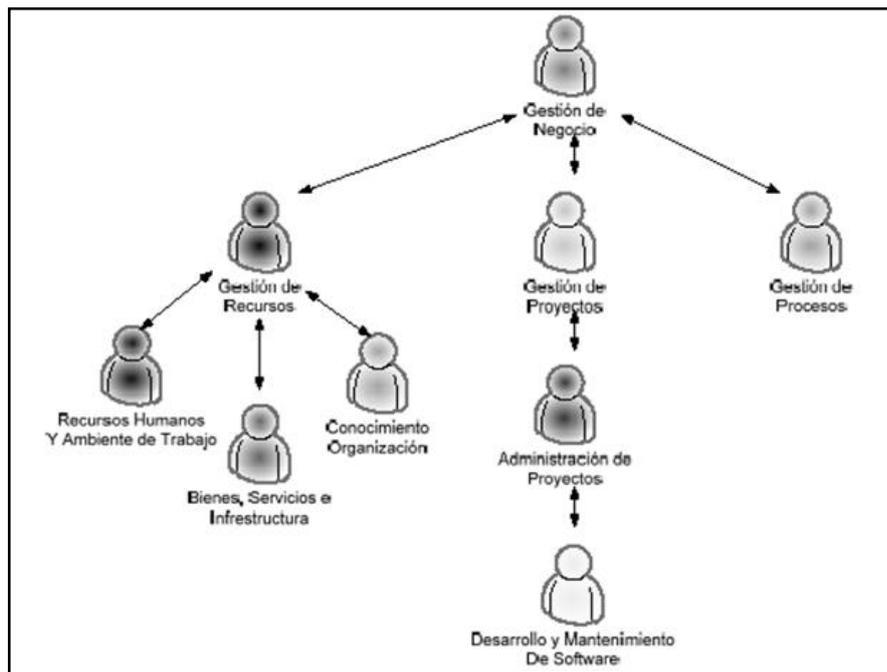


Figura 2.12: Relación entre procesos de MOPROSOFT

ROLES

El desarrollo de software es una actividad que, dada su complejidad debe desarrollarse en grupo. Además, esta actividad requiere de distintas capacidades,

las que no se encuentran todas en una sola persona. Por ello, se hace necesario formar el grupo de desarrollo con las personas que cubran todas las capacidades requeridas. Cada una de esas personas aportará al grupo parte del total de las capacidades necesarias para llevar a cabo con éxito el desarrollo.

Por ello, es que cada persona debe tener un rol dentro del grupo, que viene dado por su experiencia y capacidades personales. Entre los roles más comúnmente encontrados en el desarrollo de software se tiene al administrador de proyecto, analista, diseñador, programador, téster, asegurador de calidad, documentador, ingeniero de manutención, ingeniero de validación y verificación, administrador de la configuración y claro está el cliente y el usuario. Para cada uno de estos roles, se definen sus objetivos, actividades, interacción con otros roles, herramientas a utilizar, perfil de las personas en ese rol y un plan de trabajo.

Dentro de los roles establecidos por MOPROSOFT se tiene:

Cliente

Es el que solicita un producto de software y financia el proyecto para su desarrollo o mantenimiento.

Usuario

Es el que va a utilizar el producto de software.

Grupo Directivo

Son los que dirigen a la organización y son responsables por su funcionamiento.

Responsable de Proceso

Es el encargado de la realización de las prácticas de un proceso y del cumplimiento de sus objetivos.

Involucrado

Otros roles con habilidades requeridas para la ejecución de actividades o tareas específicas. Por ejemplo: Analista, Programador, Revisor, entre otros.

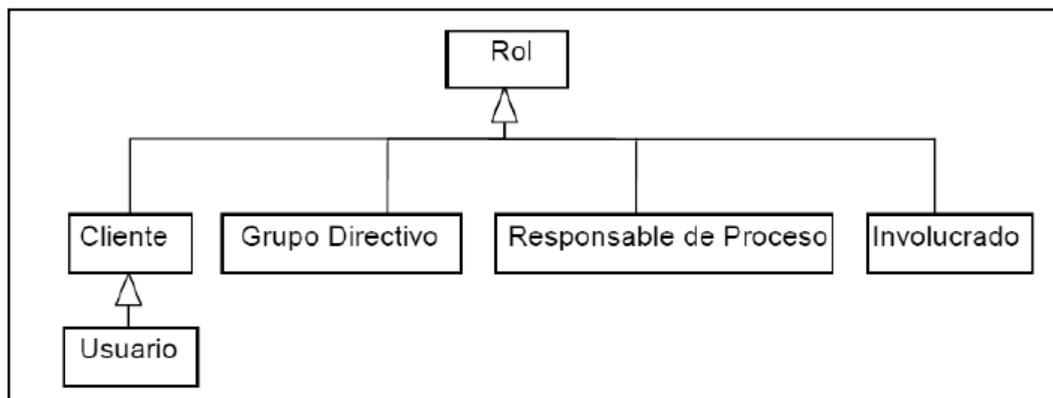


Figura 2.13: Clasificación General de roles

PRODUCTOS

Producto de Software

Es el producto que se genera en el proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software. Los productos de software se clasifican de manera general como Especificación de Requerimientos, Análisis y Diseño, Software, Prueba, Registro de Rastreo y Manual.

Configuración de Software

Es un conjunto consistente de productos de software.

2.4 PMBOK

2.4.1. INTRODUCCIÓN

El PMBOK (IEEE Std 1490-2003) es un estándar emitido por el PMI⁵⁷ que

⁵⁷ Project Management Institute/Instituto de Administración de Proyectos

establece un cuerpo de conocimientos e integra las mejores prácticas reconocidas a nivel internacional para la administración profesional de proyectos [11].

Existen varias definiciones de proyectos, entre otras ellas:

- “Esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único”
- “Proceso único que consta de un conjunto de actividades coordinadas y controladas, con fechas de comienzo y terminación, que se emprenden para suministrar un producto que cumpla requisitos específicos, dentro de tiempo, costo y recursos”.

2.4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS PROYECTOS

Un proyecto:

- Tiene un objetivo bien definido, un resultado o producto esperado.
- Se lleva a cabo mediante una serie de paquetes de trabajo que cuentan con actividades interdependientes.
- Tiene un marco de tiempo específico.
- Utiliza varios recursos para la ejecución de las actividades.
- Puede ser un intento único.
- Tiene un cliente.
- Incluye un grado de incertidumbre.

TIPOS DE PROYECTOS

Los proyectos pueden ser de cualquier índole, entre ellos:

Tabla 2.3: Ejemplos de Tipos de Proyectos

| De infraestructura | De Investigación | De Informática |
|---------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Edificación | Científicos | Creación de Software |
| Puentes | Tecnológicos | Creación de un Data Center |
| Aeropuertos | Económicos | Sistemas de Información |
| Represas | Sociales | Auditoria Informática |

El éxito de un proyecto incluye el logro de sus resultados:

- A tiempo.
- Dentro del presupuesto.
- Al nivel apropiado de especificación (calidad).
- A satisfacción del cliente.
- Sin causar disturbios con el flujo de trabajo principal de la organización.
- Mejorando la cultura de la organización.

FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO DE UN PROYECTO

- Metas y misión del proyecto claramente definidas.
- Respaldo de la alta dirección.
- Un gerente de proyectos competente.
- Un equipo de proyectos competente.
- Recursos suficientes.
- Participación y consultas clientes/consumidores.
- Buena comunicación.
- Sensibilidad hacia los clientes.
- Supervisión y retroalimentación apropiadas.
- Tecnología apropiada.

Cuando no se administra adecuadamente un proyecto, por lo general el proyecto fracasa o no cubre las expectativas de los involucrados, según Gartner Group y Standish Group:

- El 70% de los proyectos se desviaron en sus planes por más del 20%.
- El 54% sobrepasaron sus costos en un 20%.
- 60% de los completados fallaron al no lograr el ROI⁵⁸ prometido.
- 52% cubren menos del 75% de la funcionalidad esperada.
- 28% se suspendieron antes de ser terminados.
- En el 2004, 49% de todos los proyectos fracasaron.

Teniendo claro lo que es un proyecto y sus efectos negativos debido a una administración no adecuada se define el término Gerencia de Proyectos:

- “Es la aplicación del conocimiento, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para satisfacer los requerimientos del proyecto”. PMBoK-2004
- “Aplicación de habilidades, herramientas y técnicas para planear, supervisar y controlar un proyecto con el propósito de alcanzar los objetivos del proyecto”.

Una PMO⁵⁹ proporciona un esquema completo de funciones de Administración de Proyectos que asegura contar con un portafolio de proyectos basado en un ciclo de vida de inicio a fin, estableciendo para la misma los siguientes objetivos:

- Monitorear y asegurar el cumplimiento de compromisos de los proyectos.

⁵⁸ Rentabilidad de la Inversión

⁵⁹ PMO: Project Management Office / Oficina de Gestión de Proyectos - OGP, es un departamento o grupo que define y mantiene estándares de procesos, generalmente relacionados a la gestión de proyectos, dentro de una organización.

- Proporcionar guías y lineamientos para la ejecución del proceso de administración de proyectos.
- Monitorear los riesgos organizacionales y mitigación integral de los mismos.
- Monitorear los asuntos de los proyectos de manera integral hasta su cierre.
- Asignación y compartición eficiente de recursos.
- Mediante el uso de tecnologías de información, identificar áreas de mejora y apoyar a la generación de nuevas oportunidades de negocio.
- Evaluar la Satisfacción de los Clientes.

La oficina de administración de proyectos es un instrumento organizacional, que busca ver la operación de la organización como un conjunto de procesos integrados, no sólo como una serie de elementos funcionales independientes. Esto determina un cambio que busca facilitar la toma de decisiones de acuerdo a las necesidades de la organización. El conjunto de estándares del PMI establecen las prácticas para asegurar que los proyectos se encuentran alineados al plan estratégico de una organización.

FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO DE UN PROYECTO

PROBLEMAS TÍPICOS EN LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

Regularmente los problemas típicos que las organizaciones enfrentan en lo referente a Administración de Proyectos en los diferentes niveles son:

Nivel Estratégico

- Las Expectativas del negocio son desconocidas o no son realistas.
- Presupuesto Inadecuado.
- Poco tiempo para la Planeación Estratégica.
- Dificultad para demostrar el Valor de los proyectos a la Organización.

Nivel Táctico

- Falta de Alineación entre los proyectos y las metas Organizacionales.
- Incumplimiento del tiempo y costo pactado.
- Toma de decisión inoportuna y basada en poca información.
- Expectativas no cubiertas, pobre calidad.
- Indefinición e informalidad de las iniciativas.
- Iniciativas duplicadas o contradictorias.
- Proyectos de bajo valor.

Nivel Operativo

- Poco entendimiento de responsabilidades, equipos disfuncionales.
- Resultados impredecibles.
- Trabajo redundante.

2.4.3 PROCESOS DEL CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO

El PMBOK estableciendo los siguientes procesos dentro del ciclo de vida en un proyecto:

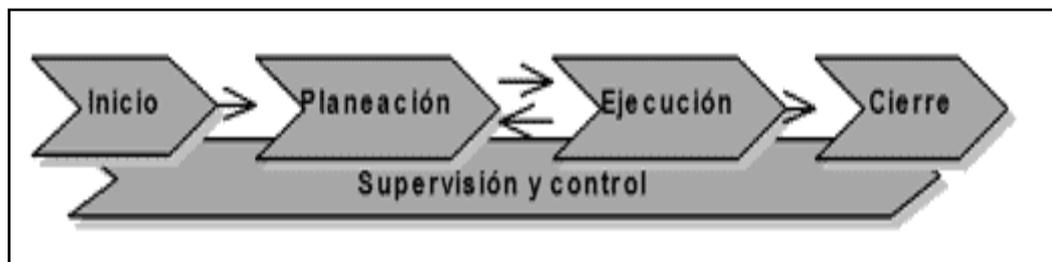


Figura 2.14: Procesos del ciclo de vida de un proyecto

- **Inicio:** Comprometer a la organización a iniciar un proyecto o una fase. Establecer la línea de solución global. Definir los objetivos de alto nivel del proyecto. Obtener las aprobaciones y recursos necesarios. Validar la alineación del proyecto con los objetivos estratégicos. Asignar a un administrador para el proyecto.

- **Planeación:** Facilitar el cumplimiento de compromisos. Asegurar la integración del proyecto. Monitorear los cambios efectivamente. Proveer información para la toma de decisiones a los grupos de interés. Actualizar el plan iterativamente.

- **Ejecución:** Coordinar, integrar, y administrar todos los recursos del proyecto. ¿Para qué? Para alcanzar los objetivos del proyecto. ¿Cómo? Llevando a cabo el plan de proyecto al pie de la letra. Mientras se responde al cambio.

- **Supervisión y control:** Mantener el proyecto en el camino que lo llevará a cumplir con los objetivos planteados en el plan, a través de:
 - El monitoreo y reporte de las variaciones.
 - El control de los cambios de alcance.
 - El control de los cambios en el programa.
 - El control en el cambio del costo.
 - El control de la calidad.
 - La respuesta al riesgo.

- **Cierre:** El cierre del proyecto formaliza la entrega del producto y libera los activos y recursos.

Estos grupos de procesos no representan fases rígidas ni recetas, sino que se puede determinar que equivalen al modelo “planear, hacer, revisar y actuar” de Deming.

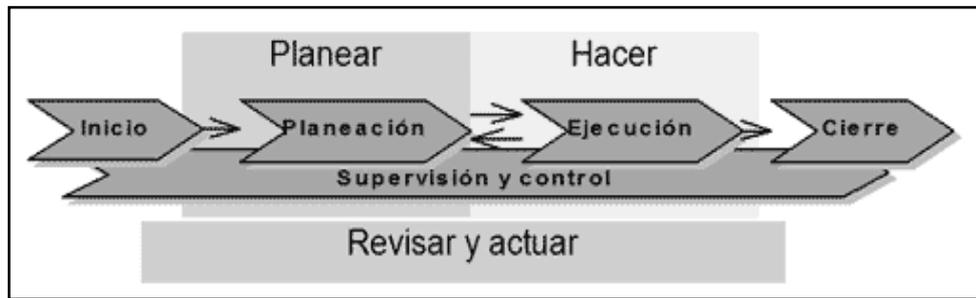


Figura 2.15: Procesos del ciclo de vida de un proyecto en base a lo ya establecido por Deming

2.4.4 ÁREAS DE CONOCIMIENTO

A PMBOK lo representan nueve áreas de conocimiento y que son propiamente las que contienen las técnicas para poder realizar los proyectos, estas son:

- Alcance
- Planificación
- Coste
- Calidad
- Recursos humanos
- Comunicaciones
- Riesgo
- Aprovisionamiento

A continuación se describe los fundamentos de cada una de las áreas de conocimiento:

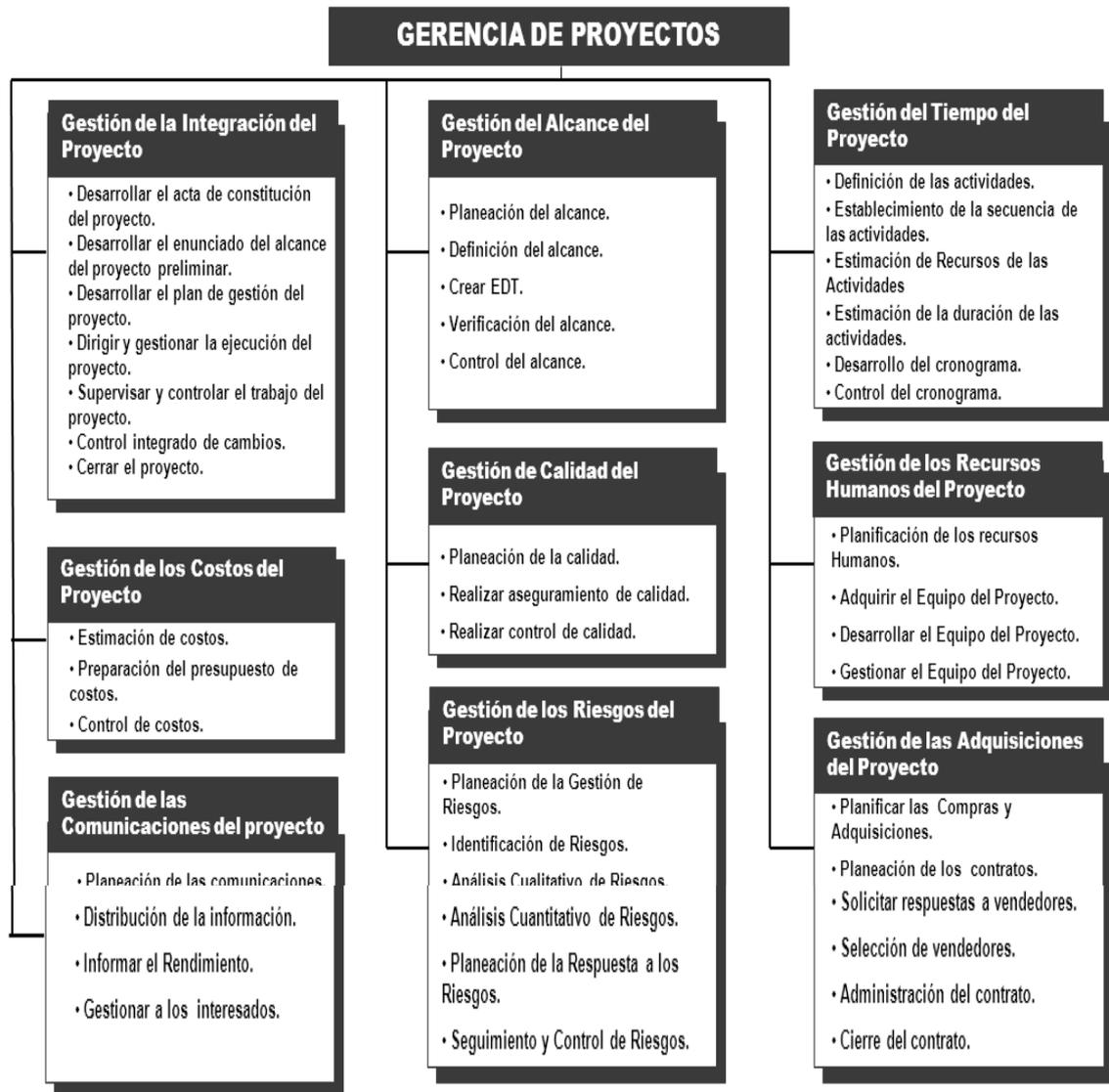


Figura 2.16: Áreas de conocimiento de PMBOK

Necesidades comunes atendidas por la gestión de proyectos:

- Fortalecer el Perfil de la PMO, estableciendo el alcance progresivo de los servicios por ofrecer de acuerdo a la capacidad actual y a la visión esperada.
- Establecer los estándares necesarios para homologar la gestión de proyectos, programas y portafolios, fomentando su manejo profesional.

- Necesidad de reportes de información, respecto al seguimiento y monitoreo de los proyectos desde un enfoque Estratégico, Táctico y/u Operativo explotando para ello un Repositorio central de información de proyectos.
- Manejar la administración del cambio que involucra la aplicación de nuevos procesos y su automatización.

CAPÍTULO III

EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE DESARROLLO DE SOFTWARE DE LA EMPRESA

3.1 MODELO DE EVALUACIÓN DE PROCESO SCAMPI

SCAMPI⁶⁰ es un método de desarrollo por el Instituto de Ingeniería (SEI) para evaluar el estado de los procesos de software de una organización basado en los modelos CMMI. Existen tres tipos de SCAMPI: A, B, C; donde la profundidad de la evaluación, la duración, el costo y el uso varían. [12]

Estas evaluaciones son hechas por un Asesor Líder acreditado por el SEI.

- Un **SCAMPI A** es el de mayor duración y permite ver la institucionalización de los procesos en la organización. Es más riguroso en cuanto a la muestra de proyectos a observar y **da un nivel de madurez** a la organización.
- Un **SCAMPI B** es de mayor duración que un C y su alcance permite identificar la implementación del proceso en la organización con una muestra más amplia de información. No da un nivel de madurez.
- Un **SCAMPI C** es el de menor duración y alcance, y es utilizado para ver el uso de los procesos en la organización y de las iniciativas de mejora con relación al modelo CMMI. Al ser más breve los resultados *permiten identificar una tendencia en el uso del proceso. No da un nivel de madurez.*

⁶⁰ SCAMPI: Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement/Método de Evaluación Estándar de CMMI para la Mejora de Procesos.

Un punto interesante del SCAMPI es que la evaluación la realiza un equipo de la misma organización, en donde también pueden participar personas externas si así lo desean, y son liderados por el Asesor Líder quién define las guías, que se cumplan lineamientos del método, y hace que el equipo trabaje. El tamaño del equipo varía según el tipo de SCAMPI y el alcance del mismo.

Los resultados de un SCAMPI permiten a la organización conocer la situación actual de sus procesos, establecer prioridades, enfocar las actividades de mejora, reforzar áreas de oportunidad, así como tener las bases sobre las cuales establecer el siguiente ciclo de mejora. El modelo SCAMPI trae aparejado un problema no trivial para las organizaciones, en lo referente a los costos y tiempos necesarios para la preparación previa a su adopción o a una acreditación. El problema se ve más acentuado en las organizaciones pequeñas, donde los recursos económicos, humanos y temporales suelen ser menores que en las grandes organizaciones.

Para el proceso de evaluación en base a SCAMPI A, se cuenta con un proceso más riguroso para la evaluación, el cual se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 3.1: Fases y procesos del método SCAMPI A [13]

| Fase | Proceso | Propósito |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Planificación y preparación para la evaluación | 1.1 Analizar requerimientos | Entender las necesidades de negocio de la organización. Nivelar los objetivos del negocio con los objetivos de la evaluación. |
| | 1.2 Desarrollar el plan de evaluación | Documenta requerimientos, acuerdos, estimaciones, riesgos, personalizaciones del método y consideraciones prácticas. Consensuar el plan de evaluación con la organización. |
| | 1.3 Seleccionar y preparar el equipo | Asegurar que el equipo calificado esté a cargo de la ejecución de la evaluación. |
| | 1.4 Obtener y analizar evidencia objetiva inicial | Obtener información que facilite la preparación de la evaluación. Identificar potenciales fortalezas y debilidades. Obtener un entendimiento preliminar de las operaciones y procesos de la organización. |
| | 1.5 Preparar la | Planificar y documentar las estrategias para |

| | | |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | recolección de evidencia objetiva | recolección de datos, incluyendo fuentes de datos, herramientas y tecnologías a utilizar. |
| 2. Conducción de la evaluación | 2.1 Examinar la evidencia objetiva | Recolectar información sobre las prácticas implementadas en la organización, siguiendo el plan de recolección definido. |
| | 2.2 Verificar y validar la evidencia objetiva | Verificar la implementación de las prácticas en la organización. Cada práctica implementada se compara con la definición del modelo CMMI, y el equipo le asigna una valoración. |
| | 2.3 Documentar la evidencia objetiva | Crear registros que documenten la implementación de las prácticas, contemplando también las fortalezas y debilidades encontradas. |
| | 2.4 Generar los resultados de la evaluación | Calificar la satisfacción de los objetivos de acuerdo a las valoraciones asignadas a las prácticas. Calificar la satisfacción de las áreas de proceso de acuerdo a la satisfacción de los objetivos. Calificar los niveles de capacidad o madurez de acuerdo a la satisfacción de las áreas de proceso. |
| 3. Reporte de los resultados | 3.1 Entregar los resultados de la evaluación | Entregar los resultados obtenidos a la organización, de manera que puedan ser utilizados para tomar decisiones futuras. |
| | 3.2 Empaquetar y archivar los activos de la evaluación | Preservar los datos y registros importantes, resultantes de la evaluación, almacenándolos de manera apropiada. |

Si bien existen herramientas automatizadas para evaluar los procesos de desarrollo, la mayoría son propietarias. Independientemente de la herramienta de evaluación utilizada, un proceso de evaluación siempre tendrá la siguiente estructura:

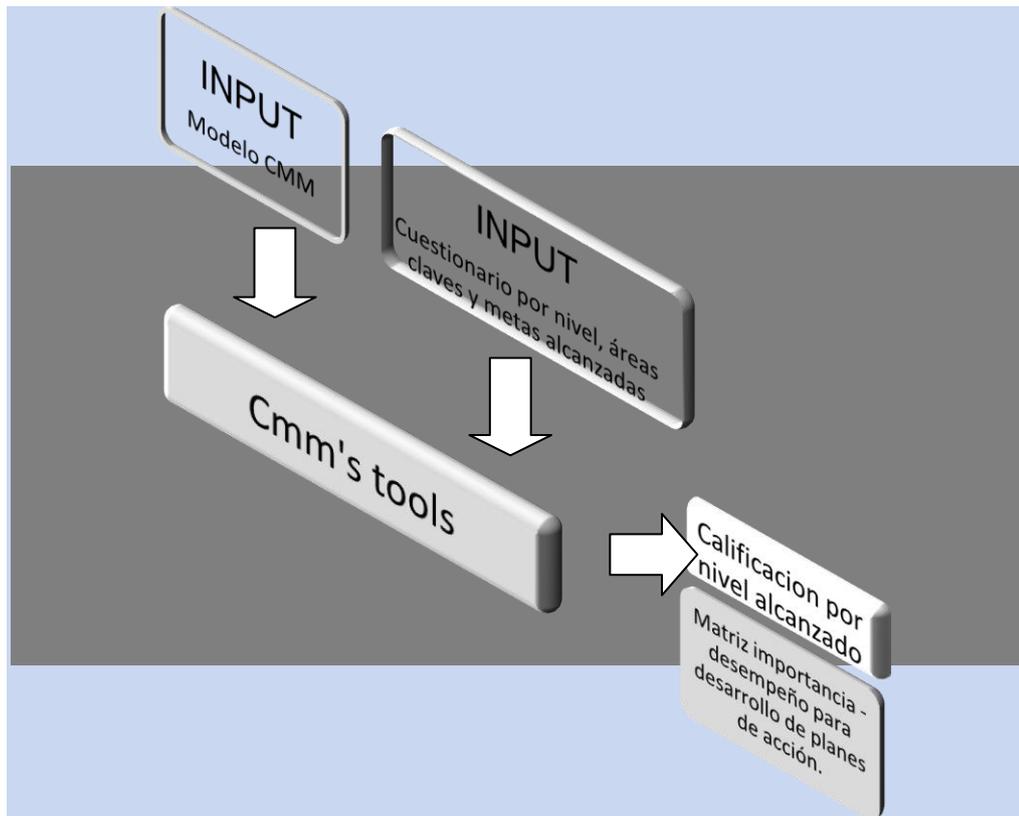


Figura 3.1: El proceso de evaluación CMM [14]

La evaluación del proceso examina los procesos utilizados por una organización para determinar si son efectivos para conseguir los objetivos planteados. Los resultados de la evaluación conducen a actividades de mejora o para la determinación de la capacidad del mismo, tal como se aprecia en la Figura 3.2.

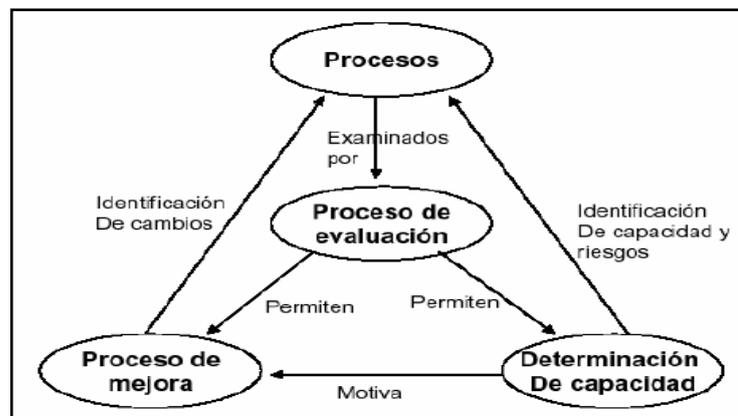


Figura 3.2: Proceso de evaluación de software

3.2 PROCESOS CORRESPONDIENTES AL ÁREA DE PROCESO DE INGENIERÍA

CMMI cuenta con un total de 28 Áreas de Proceso (PA), distribuidas para las cuatro categorías o disciplinas generales y dos opcionales; dependiendo de los objetivos que se quieran lograr, se debe seleccionar adecuadamente cuales son las necesarias. La representación **continua** se centra en la mejora de la capacidad de los procesos de cada Área de Proceso (la evaluación dará como resultado un *nivel de capacidad de los procesos*), y no como en su representación por **etapas** que se centra en la madurez organizacional (la evaluación dará como resultado un *nivel de madurez de la organización*).

A continuación se detallan las Áreas de Proceso de Ingeniería de CMMI:

Tabla 3.2: Áreas de Proceso de la Disciplina de “Ingeniería” según CMMI

| | | |
|------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------|
| Disciplinas Generales | Gestión de Proyectos | |
| | Gestión de Procesos | |
| | Ingeniería: | |
| | Id. | Áreas de Proceso |
| | 1 | Desarrollo de los Requerimientos (RD) |
| | 2 | Gestión de Requerimientos (REQM) |
| | 3 | Gestión de cambios tecnológicos (TCM) |
| | 4 | Solución técnica (TS) |
| | 5 | Integración del producto (PI) |
| | 6 | Verificación (VER) |
| | 7 | Validación (VAL) |
| | Soporte | |
| Disciplinas Opcionales | Desarrollo integrado del proceso y producto | |
| | Gestión de proveedores | |

Las **Áreas de Proceso** de la **disciplina** de Ingeniería de CMMI se relacionan con las **Fases** del **Proceso**: “Desarrollo y Mantenimiento de Software” de la **Categoría**: “Operación” del modelo MOPROSOFT, debido a que estas Fases están relacionada con los actividades que involucran el ciclo de vida de desarrollo del producto software, incluye directamente la especificación de requisitos, diseño, construcción, integración, pruebas y mantienen, como se puede apreciar:

Tabla 3.3: Fases del Proceso “Desarrollo y Mantenimiento de Software” de la Categoría de Operación de MOPROSOFT

| Categoría (Disciplina según CMMI) | Proceso | Fases (Áreas de Proceso según CMMI) | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------|-------------|---|--------|---|----------------|---|-------------------|---|--------------|---|-----------------------|
| Operación | Desarrollo y Mantenimiento de Software Propósito: Realización sistemática de las actividades de análisis, diseño, construcción, integración y pruebas de productos de software nuevos o modificados cumpliendo con los requerimientos especificados. | <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="890 902 962 954">Id.</th> <th data-bbox="970 902 1316 954">Fase</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="890 958 962 1003">1</td> <td data-bbox="970 958 1316 1003">Inicio</td> </tr> <tr> <td data-bbox="890 1008 962 1052">2</td> <td data-bbox="970 1008 1316 1052">Requerimientos</td> </tr> <tr> <td data-bbox="890 1057 962 1102">3</td> <td data-bbox="970 1057 1316 1102">Análisis y Diseño</td> </tr> <tr> <td data-bbox="890 1106 962 1151">4</td> <td data-bbox="970 1106 1316 1151">Construcción</td> </tr> <tr> <td data-bbox="890 1155 962 1200">5</td> <td data-bbox="970 1155 1316 1200">Integración y pruebas</td> </tr> </tbody> </table> | | Id. | Fase | 1 | Inicio | 2 | Requerimientos | 3 | Análisis y Diseño | 4 | Construcción | 5 | Integración y pruebas |
| Id. | Fase | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Inicio | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Requerimientos | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Análisis y Diseño | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Construcción | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Integración y pruebas | | | | | | | | | | | | | | |

Como información que corrobora que los procesos de Ingeniería de los modelos de mejora de procesos hacen referencia a las fases del ciclo de vida de desarrollo de software tradicional, se señala los procesos establecido por la categoría de Ingeniería del Estándar ISO/IEC TR-15504 (SPICE):

Tabla 3.4: Procesos de la Categoría de “Ingeniería” según el estándar ISO/IEC TR-15504 (SPICE)

| Id. | Proceso de Ingeniería |
|------------|-----------------------------------|
| 1 | Requisitos y diseño del sistema |
| 2 | Requisitos de software |
| 3 | Diseño de software |
| 4 | Implementar el diseño de software |

| | |
|---|-----------------------------------|
| 5 | Integrar y probar el software |
| 6 | Integrar y probar el sistema |
| 7 | Mantener el sistema y el software |

Si la evaluación se la realizase en base a la representación por etapas de CMMI (nivel de madurez organizacional), por ejemplo el nivel 2 (Gestionado) y el nivel 3 (Definido), estos niveles involucrarían Áreas de Procesos corresponden a diferentes disciplinas o categorías, como se puede apreciar:

Tabla 3.5: Áreas de Proceso del Nivel 2 y 3 de Madurez de CMMI

| CMMI por etapas – Nivel 2 (Gestionado o Administrado) | | |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Id. | Área de Proceso | Disciplina (categoría) |
| 1 | Gestión de requerimientos (REQM) | Ingeniería |
| 2 | Planificación de proyectos (PP) | Gestión de Proyectos |
| 3 | Seguimiento y control de proyectos (PMC) | Gestión de Proyectos |
| 4 | Gestión de Acuerdo con los Proveedores (SAM) | Gestión de Proyectos |
| 5 | Aseguramiento de la calidad del Producto y Proceso (PPQA) | Soporte |
| 6 | Gestión de la configuración (CM) | Soporte |
| 7 | Medición y Análisis (MA) | Soporte |
| 8 | Selección y Control de Proveedores (SSC) | Gestión de Proveedores |
| CMMI por etapas – Nivel 3 (Definido) | | |
| Id. | Área de Proceso | Disciplina (categoría) |
| 1 | Verificación (VER) | Ingeniería |
| 2 | Validación (VAL) | Ingeniería |
| 3 | Enfoque de procesos de la organización (OPF) | Gestión de Procesos |
| 4 | Definición de procesos de la organización (OPD) | Gestión de Procesos |
| 5 | Gestión integrada de proyectos (IPM) | Gestión de Proyectos |
| 6 | Gestión de riesgos (RSKM) | Gestión de Proyectos |
| 7 | Entrenamiento organizacional (OT) | Gestión de Procesos |
| 8 | Desarrollo de requerimientos (RD) | Ingeniería |
| 9 | Solución técnica (TS) | Ingeniería |
| 10 | Integración de productos (PI) | Ingeniería |
| 11 | Análisis de decisión y resolución (DAR) | Soporte |
| 12 | Ambiente organizacional para la integración (OEI) | Desarrollo integrado del proceso y producto |
| 13 | Equipo para el desarrollo integrado (IT) | Desarrollo integrado del proceso y producto |
| 14 | Gestión integrada de proveedores (ISM) | Gestión de proveedores |

3.3 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Icono Sistemas (www.iconosistemas.com.ec) nace en el año 2003, como iniciativa de los Ingenieros Franklin Muñoz y Fabricio Yerovi, quienes vieron en los problemas Informáticos, una oportunidad de mercado en la Ciudad de Quito. De manera visionaria crearon una empresa definida como MIPYMES, que tenga ideas innovadoras y que abarque cada uno de los requerimientos informáticos de este mercado. Un año más tarde ven la necesidad de expandir su mercado, invitando a formar parte de este ambicioso proyecto al Ing. Víctor Luzuriaga, quien estaría a cargo de toda la zona Centro del país.

Icono Sistemas actualmente cuenta con tres áreas de negocio:

- Icono Multimedia: encargada de proveer hosting y del desarrollo de software.
- Icono Networking: encargada de implementación de cableado estructurado.
- Icono Tech: mantenimiento y venta de hardware y dispositivos de networking.

La misión de la empresa es: “Ser una empresa conformada por un equipo de gente dinámica y actualizada. Capaz de transferir las habilidades, destrezas y conocimientos a nuestros clientes de una manera sencilla, logrando que sean capaces de continuar con ciertos procesos de manera independiente. Proveer de servicios informáticos con las más efectivas herramientas de hardware y software para optimizar los recursos, mediante soluciones integrales de alta calidad, con tecnología de punta y profesionales altamente capacitados”.

3.4 SELECCIÓN DE LAS ÁREAS DE PROCESO A EVALUAR EN LA EMPRESA

Una vez analizados los procesos de Ingeniería de varios modelos de evaluación y mejora de procesos y considerando que la empresa a ser evaluada corresponde a

una MIPYME, se ha determinado que los procesos a ser evaluados y mejorados son los siguientes:

Tabla 3.6: Procesos a evaluar a la empresa

| Id. | Procesos | Descripción |
|------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Planificación de Proyecto (PP) | Desarrolla y mantiene el plan del proyecto, contempla a los participantes y obtiene compromiso con el plan. |
| 2 | Desarrollo de los Requerimientos (RD) | Recopila y armoniza las necesidades de los participantes y las traduce en requisitos del producto. |
| 3 | Gestión de Requerimientos (REQM) | Asegura que los requerimientos acordados son comprendidos y gestionados. |
| 4 | Solución técnica (TS) | Convierte requisitos en arquitectura del producto, diseño y desarrollo |
| 5 | Integración del producto (PI) | Combina los componentes del producto y asegura las interfaces de comunicación necesarias. |
| 6 | Verificación (VER) | Asegura que el producto cumple las especificaciones |
| 7 | Validación (VAL) | Asegura que el producto cumple con el uso propuesto cuando se sitúa en el entorno propuesto. |

La presente propuesta incluye el Área de Proceso “Planificación de Proyectos (PP)” de la categoría “Gestión de proyectos” del modelo CMMI, debido a que todo proyecto de cualquier índole requiere planificar por lo menos: tiempos, recursos y costo.

La evaluación de los procesos antes señalados que corresponden a Áreas de Proceso de dos categorías diferentes del modelo CMMI, conlleva a realizar la evaluación de acuerdo al modelo CMMI en su representación continua, debido a

que CMMI continuo permite cierta libertad a la organización para que seleccione un Área de Proceso para establecer una línea a partir de la cual se mide la mejora individual en cada área. También permite a las organizaciones mejorar varias áreas al mismo tiempo que conforman una disciplina o categoría, las cuales están en distintos niveles.

Si se toma como base el modelo CMMI en su representación continua la evaluación se la debe realizar siguiendo los lineamientos de SCAMPI C; en esta caso orientada a una IME⁶¹ como paso previo para acceder a una certificación CMMI que es larga y costosa. IME se basa en un *método de cuestionarios y tabulación de resultados para cuantificar la madurez de la empresa o capacidad de los procesos*, para cada una de las áreas claves de los niveles de CMMI. La IME es una herramienta para rastrear el progreso de proyectos de mejora de procesos, brindando a la organización de desarrollo de software un medio para su propia evaluación (aunque es recomendable que un consultor externo de CMMI realice la IME las primeras ocasiones).

Durante la ejecución de una IME, el moderador convoca a representantes de cada rol dentro de la organización, se llenan los cuestionarios que provee la metodología para cada una de las Áreas de Proceso (PA) del CMMI, se tabulan los resultados de la evaluación que finalmente muestra los resultados para su análisis utilizando gráficos.

3.4.1 VALORACIÓN DE LAS PRÁCTICAS

A continuación se señala la valoración de cada una de las prácticas de acuerdo a su nivel de cumplimiento.

⁶¹ IME: Evaluación de Madurez Interna

Tabla 3.7: Puntajes de las prácticas genéricas y específicas de cada Área de Proceso

| Puntuación | Significado |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0-1 | Esta práctica no se requiere y casi nunca se realiza. |
| 2-3 | Esta práctica a veces se requiere y a veces se realiza. |
| 4-5 | Esta práctica es requerida pero no siempre se realiza o la práctica es regularmente realizada aunque no es supervisada. |
| 6-7 | Esta práctica es normalmente requerida y usualmente realizada. |
| 8-9 | Esta práctica es requerida, es realizada y supervisada (la práctica está institucionalizada). |
| 10 | Esta práctica es institucionalizada y es un ejemplo de clase mundial. |
| ? | El participante no conoce la respuesta. |

3.4.2 EVIDENCIAS DEL CUMPLIMIENTO DE LOS PROCESOS

De cara a la certificación es necesario demostrar objetivamente que se cumplen cada una de las Prácticas de cada Área de Proceso, esta demostración se hará a través de artefactos directos, indirectos y afirmaciones. Se reflejarán en la PIIDB (Practice Implementation Indicators Data Base).

- **Artefacto directo:** aquello que demuestra claramente el cumplimiento de una práctica.
- **Artefacto indirecto:** aquellos artefactos de los que se puede derivar el correcto cumplimiento de una práctica.
- **Afirmación:** Testimonio dado durante la fase de entrevistas que confirman el cumplimiento de las practicas.

Para probar que una práctica se cumple es necesario que exista un artefacto directo o uno indirecto más una afirmación, en caso contrario la práctica no será válida. Esta demostración objetiva de que los proyectos se están cumpliendo con lo establecido, se hará mediante las prácticas específicas, mientras que las prácticas genéricas están orientadas a demostrar la institucionalización de los procesos en la organización.

3.4.3 ACERCA DE LA INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Las evaluaciones SCAMPI tipo C, manejan tres niveles de métrica (alto, medio y bajo), los mismos que son relacionados con los colores semáforo (verde, amarillo y rojo). Estos niveles se encargan de caracterizar la práctica del modelo, indicando el nivel de satisfacción del objetivo CMMI y si los procesos propuestos fueron implementados.

Tabla 3.8: Tabla de valores para la evaluación SCAMPI C

| Rango de valores | Color | Grado de satisfacción del objetivo CMMI | Descripción |
|------------------|----------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| De 0 a 3,99 | Rojo | Baja | El enfoque del proceso es crítico, no se alinea a los objetivos del modelo. |
| De 4 a 6,99 | Amarillo | Medio | Los objetivos de CMMI se cumplen medianamente. |
| De 7 a 10 | Verde | Alto | El proceso presenta un alto nivel de adhesión a los objetivos de CMMI. |

3.5 CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LAS ÁREAS DE PROCESO

A continuación se detalla los criterios de evaluación de las Áreas de proceso establecidas.

3.5.1 PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS

El objeto de esta área de proceso es el de establecer y mantener la planificación que define las actividades del proyecto. El proceso de Planificación de Proyectos incluye:

- Desarrollo del plan de proyecto.
- Gestionar la relación con las personas involucradas de forma adecuada.
- Obtener un compromiso con la planificación.
- Mantenimiento de la planificación.

La planificación comienza con los requisitos que definen el proyecto. La planificación incluye la estimación de los atributos de los productos de trabajo y las tareas, determinar los recursos, negociar los compromisos, crear una agenda del proyecto e identificar y analizar los riesgos del proyecto. El plan de proyecto proporciona la base para el desarrollo y control de las actividades del proyecto que dirigen los compromisos con el cliente. El plan del proyecto deberá ser revisado durante el desarrollo del proyecto para adecuarlo a cambios de requisitos y compromisos, estimaciones poco exactas, acciones correctivas.

Meta Específica 1: Establecer las estimaciones.

Objetivo: “Se crean y mantienen las estimaciones de los parámetros de la planificación”.

Los parámetros de la planificación incluye toda la información necesaria por el proyecto para desarrollar la planificación, organización, dotación de personal, dirección, coordinación, presentación de reportes y presupuesto. Los factores que son típicamente utilizados durante la estimación son:

- Requisitos del proyecto.
- Alcance del proyecto.
- Identificación de tareas y productos de trabajo.
- Aproximación técnica.
- Modelo de ciclo de vida seleccionado.
- Atributos de los productos de trabajo y tareas (tamaño, complejidad, ...).
- Agenda.
- Datos históricos.
- Metodología.

Práctica Específica 1.1: Estima el alcance del proyecto.

Práctica: “Establece una Estructura Desglosada del Trabajo (WBS⁶²) para estimar el alcance del proyecto”.

El WBS evoluciona junto con el proyecto. Inicialmente un WBS de alto nivel ayuda a estructurar la estimación inicial. El desarrollo de un WBS divide el total del proyecto en un conjunto interconectado de componentes gestionables. Típicamente el WBS es una estructura orientada al producto que proporciona un esquema para la identificación y organización de las unidades lógicas de trabajo a ser gestionadas conocidas como paquetes de trabajo (Work Packages). El WBS proporciona un mecanismo de referencia para la asignación de esfuerzo, calendario y responsabilidades y es usado como marco de trabajo para la planificación, organización y el control del trabajo hecho en el proyecto.

Productos

- Descripciones de las tareas
- Descripciones de los paquetes de trabajo
- WBS

Práctica Específica 1.2: Establece las estimaciones de los atributos de los productos de trabajo y las tareas.

Práctica: “Establece las estimaciones de esfuerzo, coste y calendario”.

El tamaño es la entrada principal a muchos modelos usados para la estimación de esfuerzo, coste y calendario. Los modelos también pueden estar basados en entradas como conectividad, complejidad y estructura. Las estimaciones deben ser consistentes con los requisitos del proyecto para determinar el esfuerzo, coste y

⁶² WBS (Work Breakdown Structure / Estructura Desglosada del Trabajo): es una técnica de planeación mediante la cual puede definir y cuantificar el trabajo a realizar en todo el proyecto, basada en la estrategia de “descomposición jerárquica” de la complejidad inicial, cuyo objetivo principal es realizar el desglose en las tareas en que se descomponen las actividades y procesos.

calendario del proyecto. Un nivel relativo de complejidad debe ser asignado para cada tamaño de los atributos.

Ejemplos de los tipos de productos de trabajo para los que se hacen estimaciones del tamaño incluyen los siguientes:

- Productos de trabajo entregables y no entregables.
- Documentos y archivos.
- Hardware, firmware y software operacional y de soporte.

Ejemplos de medidas de tamaño incluyen las siguientes:

- Número de funciones.
- Puntos de función.
- Líneas de código fuente.
- Número de clases y objetos.
- Número de requerimientos.
- Número y complejidad de las interfaces.
- Número de páginas.
- Número de entradas y salidas.
- Número de riesgos técnicos.
- Volumen de los datos.
- Número de puertas lógicas de los circuitos integrados.
- Número de partes (por ejemplo, tarjetas de circuitos impresos, componentes y partes mecánicas).
- Limitaciones físicas (por ejemplo, el peso y volumen).

Productos

- Enfoque técnico.
- El tamaño y la complejidad de las tareas y los productos de trabajo.

- Modelos de estimación.
- Estimaciones de atributos.

Práctica Específica 1.3: Define el ciclo de vida del proyecto.

Práctica: “Define las fases del ciclo de vida del proyecto a través de las cuales planificar el esfuerzo”.

Las fases del ciclo de vida de un proyecto necesitan ser definidas dependiendo del alcance de los requisitos, las estimaciones de los recursos del proyecto y la naturaleza del proyecto. Los proyectos grandes pueden contener múltiples fases.

Productos:

- Fases del ciclo de vida del proyecto

Práctica Específica 1.4: Determina la estimación de esfuerzo y coste.

Práctica: “Estima el esfuerzo y coste del proyecto para los productos de trabajo y tareas basadas en una estimación lógica”.

Las estimaciones de esfuerzo y coste están normalmente basadas en los resultados de los análisis mediante el uso de modelos o datos históricos aplicados al tamaño, actividades y otros parámetros de la planificación. Hay que tener especial cuidado a la hora de estimar aquellas tareas sobre las que no se pueden aplicar estas estimaciones basadas en modelos o datos históricos, el esfuerzo para realizar la estimación será mayor en estos casos y se debe documentar para entender las hipótesis que se utilizaron para su estimación.

Productos:

- Base lógica para la estimación.
- Estimaciones de esfuerzo del proyecto.

- Estimaciones de costo del Proyecto.

Meta Específica 2: Desarrollar un plan de proyecto.

Objetivo: “Crear y mantener un plan de proyecto como base para la gestión del proyecto”.

Un plan de proyecto es un documento formal y aprobado, utilizado para la gestión y control de la ejecución del proyecto. Está basado en los requisitos del proyecto y la estimación generada. Debe tener en cuenta todas las fases del ciclo de vida del proyecto y debe tener bajo control todos aquellos otros planes que puedan afectar al plan del proyecto.

Práctica Específica 2.1: Establece un presupuesto y un calendario.

Práctica: “Crea y mantiene el calendario y el presupuesto del proyecto”.

El presupuesto y el calendario del proyecto están basados en las estimaciones y asegura que se gestionará de forma adecuada el presupuesto, la complejidad de las tareas y las dependencias entre ellas. Entre las principales acciones que se pueden realizar se puede mencionar:

- Identificar los hitos.
- Identificar aquellas tareas cuya estimación no es muy específica.
- Identificar las restricciones de tiempo, de recursos, entradas y salidas.
- Identificar la dependencia entre tareas.
- Definir el presupuesto y el calendario.
- Establecer unos criterios para las acciones correctivas que determinarán que constituye una desviación significativa.

Productos:

- Cronogramas del proyecto.

- Dependencias del cronograma.
- Presupuesto del proyecto.

Práctica Específica 2.2: Identifica los riesgos del proyecto.

Práctica: “Identifica y analiza los riesgos que se pueden presentar para que sean tomados en cuenta a la hora de la planificación del proyecto”.

Los riesgos deben ser priorizados en función del impacto que pueden tener en el proyecto para tomar las acciones de mitigación necesarias.

La identificación y análisis de riesgo en la planificación del proyecto suele incluir lo siguiente:

- Identificación de riesgos.
- El análisis de los riesgos para determinar el impacto, la probabilidad de que se produzca, y los plazos en los que es probable que los problemas que se produzcan.
- Priorización de los riesgos.

Productos:

- Riesgos identificados.
- Impacto y probabilidad de que se produzca los riesgos.
- Prioridad de los riesgos.

Práctica Específica 2.3: Planifica la gestión de datos.

Práctica: “Documenta los datos necesarios para el correcto entendimiento de la aplicación”.

Se puede presentar en múltiples medios (impreso, digital, multimedia, etc.). Los requisitos de datos para el proyecto deben estar establecidos tanto los ítems de datos como su contenido y forma.

Productos:

- Plan de gestión de datos.
- Lista maestra de datos gestionados.
- Descripción del contenido y formato de los datos.
- Listas de requerimientos de datos de compradores y proveedores.
- Requerimientos de privacidad.
- Requerimientos de seguridad.
- Procedimientos de seguridad.
- Mecanismo de recuperación, reproducción y distribución de datos.
- Cronograma de recolección de datos del proyecto.
- Listado de los datos del proyecto a ser recolectados.

Práctica Específica 2.4: Planifica los Recursos.

Práctica: “Planifica los recursos necesarios para el desarrollo del proyecto”.

Se deben definir los recursos (personas, equipos, software, etc.) y las cantidades necesarias para desarrollar las actividades del proyecto definidas en la estimación inicial y aportar información adicional que pueda ser utilizada para refinar el WBS utilizado para la gestión de proyecto.

Productos:

- Paquetes de trabajo WBS.
- Diccionario de tareas WBS.
- Necesidades de personal basado en el tamaño y el alcance del proyecto.
- Infraestructura crítica / Listado de equipos.
- Proceso / definiciones y diagramas de flujos de trabajo.
- Listado de requerimientos de la administración del programa.

Práctica Específica 2.5: Planifica la necesidad de conocimientos.

Práctica: “Planifica las necesidades de conocimientos para el desarrollo del proyecto”.

La adquisición de este conocimiento incluye la formación del personal del proyecto y la adquisición de los conocimientos desde fuentes externas. Los requerimientos de personal dependen del nivel y conocimiento disponible para dar soporte a la ejecución del proyecto

Productos:

- Inventario de necesidades de habilidades.
- Selección de personal y nuevas contrataciones.
- Bases de datos (por ejemplo, de habilidades y capacitación).

Práctica Específica 2.6: Planifica el involucramiento de los interesados.

Práctica: “Identificada los interesados involucrados en todas las fases del ciclo de vida del proyecto y se debe conocer sus funciones, su relevancia y grado de interacción con el proyecto para las actividades específicas”.

Es importante que los interesados en las últimas fases de ciclo de vida tengan conocimiento de las decisiones sobre los requisitos y el diseño que les pudiesen afectar.

Productos:

Ejemplos del tipo de material que debe incluirse en un plan para la participación de los involucrados son los siguientes:

- Lista de todos los involucrados relevantes.
- Base lógica para la identificación de los involucrados relevantes.
- Roles y responsabilidades de los involucrados relevantes con respecto al proyecto, por la fase del ciclo de vida del proyecto.
- Las relaciones entre los involucrados.
- Importancia de los involucrados para el éxito del proyecto, por fase del ciclo de vida del proyecto.

- Recursos (por ejemplo, la capacitación, los materiales, el tiempo y el financiamiento) necesarios para garantizar la participación de los involucrados.

Práctica Específica 2.7: Establece el Plan del Proyecto.

Práctica: “Establece y mantiene la planificación del proyecto completo”.

Es necesario un plan documentado que tenga en cuenta todos los planes importantes, de cara a alcanzar un entendimiento mutuo, entre los planes, compromiso y un rendimiento adecuado de los individuos, grupo y organizaciones que tienen que ejecutar o dar soporte al plan. El plan creado para el proyecto debe definir todos los aspectos de esfuerzo: ciclo de vida del proyecto, tareas de gestión y técnicas, presupuestos y planificación temporal, conocimientos y recursos necesarios, hitos, gestión de datos, identificación de riesgos e identificación de los interesados. La descripción de las infraestructuras incluye las relaciones de responsabilidad y autoridad para el equipo técnico, de gestión y soporte del proyecto.

Productos:

- Plan General del Proyecto.

Meta Específica 3: Obtener compromiso con el plan.

Objetivo: “Establecer y mantener los compromisos con el plan del proyecto”.

Para que sean efectivos, los planes requieren un compromiso por parte de aquellos responsables de la implementación y soporte del plan.

Práctica Específica 3.1: Revisa los planes que afectan al proyecto.

Práctica: “Revisa todos los planes que afectan al proyecto para entender los compromisos del proyecto”.

Todos los planes que afectan al proyecto deben ser revisados para asegurar el entendimiento del alcance, objetivos, roles y relaciones que son necesarias para que el proyecto se ejecute correctamente.

Productos:

- Registros de las revisiones de los planes que afectan al proyecto.

Práctica Específica 3.2: Concilia el nivel de trabajo y recursos.

Práctica: “Concilia a través de la negociación el plan del proyecto para que refleje los recursos estimados con los realmente disponibles”.

La idea de esta práctica es la de obtener un compromiso entre el nivel de trabajo y la disponibilidad de los recursos asignados al proyecto. Para conseguir esta conciliación se suelen negociar los recursos, presupuesto, encontrar nuevas vías para incrementar la productividad, ajustar el staff o revisar todos los planes que afectan al proyecto o la planificación.

Productos:

- Métodos revisados y los correspondientes parámetros de estimación (por ejemplo, una mejor utilización de herramientas y componentes comerciales).
- Presupuestos renegociados.
- Cronogramas revisados.
- Lista de requerimientos revisados.
- Acuerdos con involucrados renegociados.

Práctica Específica 3.3: Obtiene compromiso con el plan.

Práctica: “Obtiene el compromiso por parte de los interesados, responsables del desarrollo y soporte del plan de ejecución”.

La obtención del compromiso implica la interacción entre los principales interesados tanto internos como externos. Los compromisos alcanzados deben tener la seguridad que el trabajo va a ser desarrollado dentro de las restricciones de coste económico, planificación y rendimiento

Productos:

- Pedidos de compromisos documentados.
- Compromisos documentados.

3.5.2 DESARROLLO DE REQUERIMIENTOS

El área de proceso de Desarrollo de Requerimientos (RD) se encarga de identificar las necesidades de los clientes y traducirlas en “requerimientos del producto”, luego estos son analizados para producir "requerimientos de las componentes del producto", "requerimientos de interfaz de las componentes" y un modelo conceptual de alto nivel de la solución. Estos requerimientos se destinan a ciertos componentes del producto final y son los que describen su rendimiento, características de diseño, su verificación, etc., para comprensión y utilización futura por parte de desarrolladores.

Meta Específica⁶³ 1: Desarrollar requerimientos del cliente.

Objetivo: "Recoger las necesidades de las partes interesadas, expectativas, restricciones e interfaces y traducirlas en requerimientos del cliente".

Las necesidades de las partes interesadas (clientes, usuarios finales, proveedores, desarrolladores y encargados de prueba) son la base para determinar los requerimientos del cliente. Estas necesidades, expectativas, restricciones, interfaces, conceptos operacionales y conceptos de productos son analizados,

⁶³ Meta Específica: SG en CMMI

matizados, refinados y elaborados para traducirlos en un conjunto de requerimientos del cliente. Frecuentemente estas son mal identificadas o contradictorias. Ya que las necesidades de actores, expectativas, restricciones y limitaciones deben ser claramente identificadas y entendidas, un proceso iterativo es usado durante todo el proyecto para conseguir este objetivo. Para facilitar la interacción requerida, un sustituto del usuario final o cliente es frecuentemente involucrado para representar las necesidades de éste y ayudar a resolver conflictos. Restricciones de ambiente, legales y otras debieran ser consideradas cuando se crea o resuelve el conjunto de requerimientos del cliente.

Práctica Específica ⁶⁴ **1.1:** Recopila necesidades.

Práctica: "Identifica y recoge las necesidades, expectativas, restricciones e interfaces de las partes interesadas para todas las fases del ciclo de vida del producto".

La obtención va más allá de recopilar requerimientos, ya que implica buscar activamente la identificación de requerimientos que no hayan sido provistos explícitamente por el cliente. Los requerimientos adicionales debiesen abordar las diversas actividades del ciclo de vida del producto y su impacto en él.

Ejemplos de técnicas para recopilar necesidades incluyen los siguientes:

- Demostraciones de tecnología.
- Grupos de trabajo de control de interfaz.
- Grupos de trabajo de control técnico.
- Revisiones internas del proyecto.
- Cuestionarios, entrevistas y escenarios operacionales obtenidos de los usuarios finales.
- Caminatas operacionales y análisis de las tareas de usuario final.
- Prototipos y modelos.

⁶⁴ Práctica Específica: SP en CMMI

- Lluvias de ideas.
- Despliegue de funciones de calidad.
- Estudios de mercado.
- Pruebas Beta.
- Extracción de fuentes tales como documentos, estándares o especificaciones.
- Observación de productos, entornos, y patrones de flujo de trabajo existentes.
- Casos de uso.
- Análisis de casos de negocio.
- Ingeniería Inversa (para productos legados).
- Encuestas de satisfacción de cliente.

Ejemplos de fuentes de requerimientos que podrían no ser identificados por el cliente incluyen las siguientes:

- Políticas del Negocio.
- Estándares.
- Requerimientos del ambiente del negocio (por ejemplo, laboratorios, pruebas y otras instalaciones, e información de la infraestructura tecnológica).
- Tecnología.
- Productos o componentes de producto legados (reutilización de componentes de producto).

Práctica Específica 1.2: Desarrolla los requerimientos del cliente.

Práctica: "Transforma las necesidades de las partes interesadas, expectativas, restricciones e interfaces en requerimientos del cliente".

Las distintas entradas de las partes interesadas deben ser consolidadas, la información faltante debe ser obtenida y los conflictos deben ser resueltos al documentar el conjunto de requerimientos reconocidos por el cliente. Los requerimientos del cliente pueden incluir necesidades, expectativas y restricciones con respecto a verificación y validación. En algunas situaciones, el cliente provee

un conjunto de requerimientos al proyecto, o los requerimientos existen como una salida de actividades anteriores del proyecto. En estos casos, los requerimientos del cliente podrían contradecir las necesidades, expectativas, restricciones e interfaces de las partes interesadas y deberán ser transformadas en un conjunto de requerimientos reconocidos por el cliente, luego de resolver los conflictos adecuadamente.

Las partes interesadas que forman parte de todas las etapas del ciclo de vida del producto debieran incluir funciones técnicas y de negocios. De esta manera, los conceptos de todos los procesos relacionados con el ciclo de vida del producto son considerados junto con el concepto del producto.

Productos:

- Requerimientos de cliente.
- Limitaciones del cliente en la realización de la verificación.
- Limitaciones del cliente en la realización de la validación.

Meta Específica 2: Desarrollar requerimientos de productos.

Objetivo: "Refinar los requerimientos del cliente para desarrollar requerimientos del producto y requerimientos de los componentes del producto".

Los requerimientos del cliente son analizados en conjunto con un enfoque operacional para obtener un conjunto de requerimientos más detallado y preciso y se le llama requerimientos del producto y de componentes del producto. Estos abordan las necesidades asociadas con cada fase del ciclo de vida del producto. De los requerimientos obtenidos surgen las restricciones, consideraciones de temas no explícitamente indicados en la línea base de requerimientos del cliente y factores introducidos por la arquitectura seleccionada, el diseño y las consideraciones específicas de negocio del desarrollador.

Los requerimientos son asociados a funciones y componentes del producto incluyendo objetos, personas y procesos. La trazabilidad de los requerimientos a funciones, objetos, pruebas, problemas u otras entidades es documentada. Los requerimientos asociados y las funciones son la base de la síntesis de la solución técnica. A medida que los componentes internos son desarrollados se definen interfaces adicionales y establecen los requerimientos de interfaz.

Práctica Específica 2.1: Establece requerimientos del producto y de componentes del producto.

Práctica: "Establece y mantiene requerimientos del producto y componentes del producto, los cuales son basados en los requerimientos del cliente".

Los requerimientos del cliente pueden ser expresados en los términos del cliente y pueden ser descripciones no técnicas. Los requerimientos del producto son la expresión de estos requerimientos en términos técnicos que pueden ser usados para decisiones de diseño. Requerimientos del producto y de componentes del producto abordan la satisfacción del cliente y de los negocios, los objetivos del proyecto y los atributos asociados, tales como eficacia y *economía*. También abordan el costo y rendimiento de otras fases del ciclo de vida.

La modificación de requerimientos debido a la aprobación de cambios en estos es cubierta por funciones de mantenimiento de esta área de proceso; mientras que la gestión de cambios de requerimientos es cubierta por el área de proceso de Gestión de Requerimientos.

Productos:

- Requerimientos derivados.
- Requerimientos de producto.
- Requerimientos de componentes de producto.

Práctica Específica 2.2: Asigna requerimientos de componentes del producto.

Práctica: "Asigna los requerimientos por cada componente del producto".

Los requerimientos de componentes del producto incluyen el destino de éstos al comportamiento del producto final, el diseño de restricciones y el ajuste, formación y creación de funciones para satisfacer los requerimientos y facilitar la producción. En los casos donde los requerimientos de alto nivel especifiquen comportamiento que será responsabilidad de dos o más componentes del producto, este comportamiento debe ser dividido para ser asociado a cada componente de producto como requerimiento derivado.

Productos:

- Hojas de asignación de requerimientos.
- Asignaciones provisionales de requerimientos.
- Limitaciones de Diseño.
- Requerimientos derivados.
- Relaciones entre requerimientos derivados.

Práctica Específica 2.3: Identifica requerimientos de interfaz.

Práctica: "Identifica los requerimientos de interfaz".

Interfaces entre funciones o entre objetos son identificadas. Interfaces funcionales pueden impulsar el desarrollo de soluciones alternativas. Los requerimientos de interfaces entre productos o entre componentes del producto identificados en la arquitectura del producto son definidos. Estos son controlados como parte de la integración del producto y componentes del producto y son parte integral de la definición de la arquitectura.

Productos:

- Requerimientos de interfaz.

Meta Específica 3: Analizar y validar requerimientos.

Objetivo: "Analizar y validar los requerimientos, también se debe definir la funcionalidad requerida".

Las prácticas específicas asociadas con este objetivo cubren el análisis y validación de requerimientos con respecto al ambiente previsto por el usuario. Los análisis son desarrollados para determinar el impacto que tendrá en el ambiente operacional previsto en la habilidad para satisfacer las necesidades de las partes interesadas, sus expectativas, restricciones e interfaces. Aspectos como viabilidad, necesidades de misión corporativa, restricciones de costos, tamaño de potencial de mercado y estrategia de adquisición deben ser tomados en consideración dependiendo del contexto del producto.

Los objetivos de los análisis son determinar requerimientos candidatos para conceptos de productos que van a satisfacer las necesidades, expectativas y restricciones de las partes interesadas y luego traducir estos conceptos a requerimientos. En paralelo con esta actividad, los parámetros que serán usados para evaluar la eficacia del producto son determinados basados en la información del cliente y el concepto preliminar del producto. Los requerimientos son validados para aumentar la probabilidad de que el producto resultante funcionará como se espera en el ambiente de producción.

Práctica Específica 3.1: Establece conceptos operacionales y escenarios.

Práctica: "Establece y mantiene conceptos operacionales y escenarios asociados".

Un escenario es típicamente una secuencia de eventos que pueden ocurrir en la utilización del producto, el cual es usado para hacer explícitas algunas de las necesidades de las partes interesadas. En contraste, un concepto operacional para un producto usualmente depende de la solución de diseño y del escenario. Ya que las soluciones alternativas no son usualmente definidas cuando se definen los conceptos operacionales iniciales, las soluciones conceptuales son desarrolladas para usarse cuando se analizan los requerimientos. Los conceptos operacionales

son refinados a medida que las decisiones sobre la solución son tomadas y requerimientos de más bajo nivel detallados son desarrollados.

Así como una decisión de diseño para un producto puede convertirse en un requerimiento para componentes del producto, el concepto operacional puede convertirse en escenarios (requerimientos) para componentes del producto. Los conceptos operacionales y escenarios son desarrollados para facilitar la selección de soluciones para componentes del producto que podrán, cuando se implementen, satisfacer el uso esperado del producto. Los conceptos operacionales y escenarios documentan la interacción de los componentes del producto con el ambiente, los usuarios y otros componentes del producto independiente de la disciplina de ingeniería. Los escenarios pueden incluir secuencias operacionales, si éstas son una expresión de los requerimientos del cliente más que conceptos operacionales.

Productos:

- Concepto operacional.
- Conceptos de instalación, operación, mantenimiento, y soporte del producto o componente de producto.
- Conceptos retirados.
- Casos de uso.
- Escenarios de línea de tiempo.
- Nuevos requerimientos.

Práctica Específica 3.2: Establece una definición de la funcionalidad requerida.

Práctica: "Establece y mantiene una definición de la funcionalidad requerida".

La definición de funcionalidad, también referida como "análisis funcional", es la descripción de lo que se pretende que el producto haga. La definición de funcionalidad puede incluir acciones, secuencias, entradas, salidas u otra información que dé a conocer la manera en la cual el producto va a ser usado.

El análisis funcional no es lo mismo que el análisis estructurado en Desarrollo de Software y no supone un diseño de software orientado a la funcionalidad. En el diseño de software orientado a objetos, se relaciona con definir los denominados "servicios" o "métodos". La definición de funciones, sus agrupaciones lógicas y sus asociaciones con requerimientos es referido como arquitectura funcional.

Productos:

- Arquitectura funcional.
- Diagramas de actividad y casos de uso.
- Análisis orientado a objetos con los servicios o métodos identificados.

Práctica Específica 3.3: Analiza requerimientos.

Práctica: "Analiza requerimientos para asegurar que ellos son necesarios y suficientes".

A la luz del concepto operacional y los escenarios, los requerimientos para un nivel de la jerarquía del producto son analizados para determinar si ellos son necesarios y suficientes para alcanzar los objetivos de niveles más altos de la jerarquía del producto. Los requerimientos analizados proveen la base para requerimientos más detallados y precisos en niveles inferiores de la jerarquía de productos.

Mientras los requerimientos son definidos, sus relaciones con requerimientos y la funcionalidad definida de más alto nivel deben ser entendidas. Otra de las acciones es la determinación de cuáles requerimientos claves serán usados para medir el avance. Por ejemplo, el peso de un producto o el tamaño de un software pueden ser monitoreados durante su desarrollo basándose en sus riesgos.

Productos:

- Reporte de defectos de requerimientos.
- Propuesta de cambios de requerimientos para resolver los defectos.
- Requerimientos claves.
- Medidas de desempeño técnico.

Práctica Específica 3.4: Analiza requerimientos para lograr equilibrio.

Práctica: "Analiza requerimientos para balancear necesidades y restricciones de los stakeholders⁶⁵".

Necesidades y restricciones pueden abordar costos, cronogramas, funcionalidades, componentes reutilizables, mantenimiento o riesgos.

Productos:

- Evaluación de riesgos relacionados con los requerimientos.

Práctica Específica 3.5: Valida requerimientos.

Práctica: "Valida los requerimientos para asegurar que el producto resultante opere como está previsto en el ambiente del usuario"

La validación de requerimientos es realizada tempranamente con los usuarios para obtener certeza de que los requerimientos permitirán guiar el desarrollo que resulte en una validación final exitosa. Las organizaciones maduras típicamente realizarán validación de requerimientos de una manera más sofisticada aplicando diversas técnicas y ampliarán la base de la validación para incluir necesidades y expectativas de otras partes interesadas.

⁶⁵ Stakeholders: es aquella persona o entidad que está interesada en la realización de un proyecto

Ejemplos de técnicas utilizadas para la validación de los requerimientos incluyen los siguientes:

- Análisis.
- Simulaciones.
- Prototipos
- Demostraciones.

Productos:

- Registros de los métodos de análisis y los resultados.

3.5.3 GESTIÓN DE REQUERIMIENTOS

El área de proceso Gestión de Requerimientos (REQM) se encarga de administrar todos los requerimientos recibidos o generados por el proyecto, incluyendo tanto los técnicos y no-técnicos como los impuestos por la organización. Cuando un proyecto recibe requerimientos, estos son revisados con un proveedor para resolver inconsistencias y malentendidos antes de ser ingresados a los planes del proyecto. El jefe de proyecto administra los cambios en los requerimientos a medida que el proyecto avanza e identifica inconsistencias que ocurren entre planes, productos de trabajo y requerimientos.

Meta Específica 1: Gestionar requerimientos.

Objetivo: "Administrar los requerimientos e identificar las inconsistencias de estos con el plan de proyecto y los artefactos generados"

Los proyectos deben mantener actualizados y aprobados el conjunto de requerimientos durante el transcurso del proyecto para realizar lo siguiente:

- Administrar todos los cambios en los requerimientos.

- Mantener las relaciones entre los requerimientos, el plan del proyecto y los productos de trabajo.
- Identificar las inconsistencias entre los requerimientos, el plan del proyecto y los productos de trabajo.
- Tomar las acciones correctivas.

Práctica Específica 1.1: Obtiene un entendimiento de los requerimientos.

Práctica: "Desarrolla un entendimiento común con los responsables de entregar los requerimientos sobre el significado y alcance de cada uno de ellos".

A medida que el proyecto avanza y los requerimientos son derivados, todas las actividades o disciplinas recibirán requerimientos. Para evitar un flujo descontrolado de requerimientos, se establecen criterios para señalar las fuentes oficiales de las cuales recibirlos. Se debe asegurar un entendimiento compatible y compartido con los proveedores de requerimientos sobre el significado de cada uno de ellos. El resultado de este análisis y diálogo es un conjunto de requerimientos consensuado.

Productos:

- Listas de criterios para distinguir los proveedores de requerimientos apropiados.
- Criterios para la evaluación y aceptación de requerimientos.
- Resultados de análisis en función de los criterios.
- Un acuerdo acerca del conjunto de requerimientos.

Práctica Específica 1.2: Obtiene compromiso con los requerimientos.

Práctica: "Obtiene un compromiso de requerimientos por parte de los participantes del proyecto".

Mientras la práctica específica anterior se ocupa de alcanzar entendimiento con los proveedores de requerimientos, esta práctica específica se refiere a los acuerdos y compromisos de quienes tienen que cumplir con las actividades necesarias para implementar los requerimientos, es decir, el equipo de proyecto. A medida que los requerimientos evolucionan, esta práctica específica asegura que los participantes del proyecto se comprometan con los requerimientos aprobados y con los cambios resultantes en planes, actividades y artefactos.

Productos:

- Valoración de los impactos de los requerimientos
- Compromiso documentado con los requerimientos y con los cambios de requerimientos.

Práctica Específica 1.3: Administra cambios a los requerimientos.

Práctica: "Maneja cambios de los requerimientos a medida que estos se desarrollan durante el proyecto".

Durante el proyecto, los requerimientos cambian por distintas razones. A medida que las necesidades cambian y el trabajo avanza, se obtienen requerimientos adicionales y puede ser necesario modificar los existentes. Es esencial administrar estos requerimientos nuevos y modificados en forma efectiva y eficiente. Para analizar el impacto de los cambios de forma efectiva, es necesario que la fuente de cada requerimiento sea conocida y que el fundamento del cambio sea documentado. El Jefe de Proyecto puede, sin embargo verificar métricas apropiadas de volatilidad de requerimientos para juzgar si se requieren nuevos controles o modificar los actuales.

Productos:

- Estatus de los requerimientos.

- Bases de datos de requerimientos.
- Base de datos de decisión de requerimientos.

Práctica Específica 1.4: Mantiene trazabilidad bidireccional de los requerimientos.

Práctica: "Mantiene trazabilidad bidireccional entre requerimientos y artefactos".

El propósito de esta práctica es mantener la trazabilidad bidireccional por cada nivel de descomposición del producto final. Cuando los requerimientos son bien administrados, la trazabilidad puede ser establecida desde la fuente del requerimiento a su nivel más bajo, y desde el nivel más bajo volver a sus orígenes. Dicha trazabilidad bidireccional ayuda a determinar que todos los requerimientos fuente han sido completamente abordados y que todos los requerimientos de más bajo nivel puedan ser relacionados con una fuente válida. La trazabilidad puede también cubrir relaciones horizontales, tales como interfaces y es particularmente necesaria al evaluar el impacto de cambios a requerimientos en los planes, actividades y productos de trabajo del proyecto.

Productos:

- Matriz de trazabilidad de requerimientos.
- Sistemas de rastreo de requerimientos.

Práctica Específica 1.5: Identifica inconsistencias entre artefactos del proyecto y los requerimientos.

Práctica: "Identifica inconsistencias entre los planes de proyecto y artefactos y los requerimientos".

Esta práctica específica detecta las inconsistencias entre requerimientos y los planes de proyecto y artefactos, e inicia las acciones correctivas para solucionarlas.

Productos:

- Documentación de inconsistencias incluyendo fuentes, condiciones y razones.

3.5.4 SOLUCIÓN TÉCNICA

El Solución Técnica (TS) tiene como propósito diseñar, desarrollar e implementar soluciones a requerimientos. Es aplicable a cualquier nivel de la arquitectura del producto y a cada producto, componente de producto y proceso relacionado con el ciclo de vida del producto. Estos procesos relacionados con el ciclo de vida del producto son desarrollados conjuntamente con el producto y los componentes del producto. Dicho desarrollo puede incluir la selección o adaptación de procesos existentes (procesos estándares) o el desarrollo de nuevos procesos.

Los enfoques de esta área de proceso son los siguientes:

- Evaluar y seleccionar soluciones (a veces llamadas "enfoques de diseño", "conceptos de diseño" o "diseños preliminares") que potencialmente satisfacen un conjunto apropiado de requerimientos asignados.
- Desarrollar diseños detallados para las soluciones seleccionadas (detallado en el sentido de contener toda la información que se necesita para producirlo, codificarlo, o implementar el diseño como un producto o un componente de producto).
- Implementar el diseño como un producto o un componente de producto.

Meta Específica 1: Seleccionar soluciones para componentes del producto.

Objetivo: "Seleccionar soluciones de producto o de componentes del producto a partir de alternativas de solución".

Las soluciones alternativas y sus ventajas relativas son consideradas antes de seleccionar una solución. Los requerimientos claves, los temas de diseño y las restricciones son establecidos para ser utilizados en el análisis de soluciones alternativas. Son consideradas las características de la arquitectura que proveen una base para la mejora y evolución del producto. El uso de componentes de producto tipo COTS⁶⁶ (Commercial Off The Shelf) es considerado en relación con costos, cronograma, rendimiento y riesgos. Las alternativas tipo COTS pueden ser utilizadas con o sin adaptaciones. En ocasiones, dichos elementos requieren modificaciones en aspectos tales como interfaces o personalización de alguna de sus características para cumplir en mejor forma con los requerimientos del producto.

Un indicador de un buen proceso de diseño es que el diseño fue escogido después de compararlo y evaluarlo con soluciones alternativas. Las decisiones de arquitectura deben ser tomadas. Algunas de estas decisiones pueden requerir un proceso formal de toma de decisiones.

En general las soluciones son definidas como un conjunto, esto significa que al definir la siguiente capa de componentes, la solución para cada uno de los componentes del conjunto es definida. El objetivo es optimizar el conjunto de requerimientos como un todo y no sus partes.

Práctica Específica 1.1: Desarrolla soluciones alternativas y criterios de selección.

⁶⁶ COTS: componentes comerciales de software adquiridos a terceros para la construcción de sistemas complejos, distribuidos y abiertos. Relacionado con el Desarrollo de Software Basad en Componentes (DSBC)

Práctica: "Desarrolla alternativas de solución y criterios de selección"

Las alternativas de solución deben ser identificadas y analizadas para poder seleccionar una solución equilibrada a través del ciclo de vida del producto en términos de costos, cronograma y rendimiento. Estas soluciones se basan en arquitecturas de producto propuestas que abordan características críticas del producto y abarcan un conjunto de soluciones factibles. Las alternativas de soluciones frecuentemente comprenden asociaciones alternativas de requerimientos a diferentes componentes del producto. Dichas alternativas pueden incluir el uso de soluciones COTS en la arquitectura del producto.

Las alternativas de soluciones cubren el rango aceptable de costo, cronograma y rendimiento. Los requerimientos de componentes del producto son recibidos y utilizados junto con problemas de diseño, restricciones, y criterios para desarrollar soluciones alternativas. Los criterios de selección abordarán típicamente costos (tiempo, recursos humanos y otros gastos) y riesgos (técnicos, de costo y cronograma). Las consideraciones para alternativas de soluciones y criterios de selección incluyen lo siguiente:

- Costo de desarrollo, construcción, adquisición, mantenimiento, soporte, etc.
- Rendimiento.
- Complejidad de componentes del producto y de procesos relacionados con su ciclo de vida.
- Robustez del producto en operación y condiciones de uso, modos de operación, ambientes y variaciones de los procesos relacionados con el ciclo de vida del producto.
- Expansión y crecimiento del producto.
- Limitantes de la tecnología.
- Sensibilidad a los métodos y materiales de construcción.
- Riesgos.
- Evolución de requerimientos y tecnología.

- Dada de baja (eliminación) del producto.
- Capacidades y limitantes de usuarios finales y operadores.
- Características de productos tipo COTS.

La anterior es una lista básica de consideraciones. Las organizaciones debieran hacer proyecciones para acortar la lista de alternativas que sean consistentes con sus objetivos de negocio. Los costos de ciclo de vida del producto pueden estar fuera del control de las organizaciones de desarrollo aunque sea un parámetro atractivo para minimizar costos. Un cliente puede no estar dispuesto a pagar por funciones que cuestan más en el corto plazo pero que en última instancia disminuyen el costo durante la vida útil del producto. En tales casos, los clientes debieran al menos estar informados de las posibilidades de reducir los costos durante la vida útil de un producto. Los criterios utilizados para seleccionar las soluciones finales debieran proveer un enfoque equilibrado de costos, beneficios y riesgos.

Productos:

- Criterio para limitar las soluciones alternativas.
- Reportes de evaluación de nuevas tecnologías.
- Soluciones alternativas.
- Criterios de selección para la selección final.
- Reportes de evaluación de los productos COTS.

Práctica Específica 1.2: Selecciona soluciones para componentes del producto.

Práctica: "Selecciona las componentes del producto que mejor satisfacen los criterios establecidos".

Seleccionar soluciones para componentes del producto que mejor satisfagan los criterios establecidos. Requerimientos de más bajo nivel son generados a partir de la alternativa seleccionada y utilizados para desarrollar el diseño de los componentes de producto. Los requerimientos de interfaz entre componentes de

producto son funcionalmente descritos al inicio. Las descripciones de interfaz física son incluidas en la documentación de interfaces hacia elementos y actividades externas al producto. La descripción de soluciones y los fundamentos de la selección son documentadas. La documentación evoluciona a medida que las soluciones y los diseños son detallados, desarrollados e implementados. El mantenimiento de un registro de fundamentos es crítico para la toma de decisiones.

Productos:

- Decisiones y justificación de la selección de componentes de producto.
- Documentación de las relaciones entre los requerimientos y los componentes del producto.
- Documentación de soluciones, evaluaciones, y justificaciones.

Meta Específica 2: Desarrollar el diseño.

Objetivo: "Desarrolla diseños del producto y de los componentes del producto".

Diseños de productos o componentes de productos deben proveer el contenido apropiado no sólo para la implementación, sino también para otras fases del ciclo de vida del producto tales como modificación, adquisición, mantenimiento e instalación. La documentación de diseño provee una referencia para apoyar el entendimiento mutuo del diseño de las partes interesadas y así apoyar futuros cambios al diseño ya sea durante el desarrollo como en las fases siguientes del ciclo de vida del producto. Una descripción completa del diseño es documentada incluyendo una completa gama de características y parámetros incluyendo forma, ajuste, función, interfaz, características del proceso de construcción y otros parámetros. Estándares establecidos de diseño de proyecto u organizacionales (listas, plantillas, estructura de objetos) forman la base para alcanzar un alto grado de definición y completitud en la documentación del diseño.

Práctica Específica 2.1: Diseña el producto o los componentes del producto.

Práctica: "Desarrolla el diseño para el producto o componente del producto".

El diseño del producto consiste en dos extensas fases que pueden superponerse en ejecución: diseño preliminar y diseño detallado. El diseño preliminar establece las capacidades y la arquitectura del producto, incluyendo divisiones del producto, identificación de los componentes del producto, estados de sistemas y modos, interfaces principales e interfaces externas del producto. El diseño detallado define completamente la estructura y las capacidades de los componentes del producto.

La definición de la arquitectura es guiada a partir de un conjunto de requerimientos de arquitectura. Estos requerimientos expresan los elementos de calidad y rendimiento que son críticos para el éxito del producto. La arquitectura define los elementos estructurales y los mecanismos de coordinación que directamente satisfacen los requerimientos o apoyan su realización a medida que se establecen los detalles del diseño del producto. Las arquitecturas pueden incluir estándares y reglas de diseño que dirigen el desarrollo de los componentes del producto y sus interfaces, así como una guía para ayudar a sus desarrolladores. Los arquitectos postulan y desarrollan un modelo del producto, haciendo juicios sobre la asociación de requerimientos con los componentes del producto, incluyendo hardware y software. Múltiples arquitecturas que apoyan las soluciones alternativas pueden ser desarrolladas y analizadas para determinar las ventajas y desventajas en el contexto de los requerimientos de arquitectura.

Los conceptos operacionales y escenarios son usados para generar casos de uso y escenarios de calidad que se usan para refinar la arquitectura. También son usados como un medio para evaluar qué tan apropiada es la arquitectura para el propósito previsto durante las evaluaciones, las cuales son realizadas periódicamente durante todo el diseño del producto. Durante el diseño detallado, los detalles de la arquitectura del producto son finalizados, los componentes del producto son definidos completamente y las interfaces son descritas en su totalidad. Los diseños

de los componentes de productos pueden ser optimizados para ciertas características de rendimiento o calidad. A medida que el diseño madura, los requerimientos asignados a componentes de productos de más bajo nivel son monitoreados para asegurar que esos requerimientos son satisfechos.

Productos:

- Arquitectura del producto.
- Diseños de los componentes del producto.

Práctica Específica 2.2: Establece un paquete de datos técnicos.

Práctica: "Establece y mantiene un paquete de datos técnicos".

Un paquete de datos técnicos provee al desarrollador una descripción exhaustiva del producto o de sus componentes a medida que es desarrollado. El diseño es registrado en un paquete de datos técnicos creado durante el diseño preliminar para documentar la definición de la arquitectura. Este paquete de datos técnicos es mantenido durante toda la vida del producto para registrar detalles esenciales del diseño del producto.

El paquete de datos técnicos provee la descripción del producto y sus componentes que apoyan la estrategia de adquisición, o la implementación, producción, ingeniería y fases de soporte logístico del ciclo de vida del producto. La descripción incluye la definición de la configuración requerida del diseño y procedimientos para asegurar el comportamiento adecuado del producto o de sus componentes. Esto incluye todos los datos técnicos aplicables como dibujos, listas asociadas, especificaciones, descripciones de diseño, bases de datos de diseño, estándares, requerimientos de rendimiento, provisiones de aseguramiento de calidad y detalles de empaquetamiento. El paquete de datos técnicos incluye una descripción de la solución alternativa seleccionada a ser implementada.

Un paquete de datos técnicos debería incluir lo siguiente, si dicha información es apropiada para el tipo de producto y componentes del producto:

- Descripción de arquitectura de producto.
- Requerimientos asignados.
- Descripción de componentes del producto.
- Descripción de los procesos relacionados con el ciclo de vida del producto, si no es descrito como componentes de productos separados.
- Características de productos claves.
- Características físicas requeridas y restricciones.
- Requerimientos de interfaz.
- Requerimientos de materiales.
- Fabricación y requerimientos de manufactura.
- Criterios de verificación usados para asegurar que los requerimientos han sido satisfechos.
- Condiciones de uso (ambientes) y escenarios de uso / operación, modos y estados de operación, soporte, capacitación, manufactura, eliminación del producto y verificaciones a los largo de la vida útil del producto.
- Fundamentos de decisiones y características (requerimientos, asignación de requerimientos y opciones de diseño).

Debido a que las descripciones de diseño pueden contener una gran cantidad de información y pueden ser cruciales para el desarrollo exitoso de los componentes del producto, es aconsejable establecer criterios para organizar y seleccionar la información. Es particularmente útil utilizar la arquitectura del producto como una manera de organizar la información y elaborar vistas claras y relevantes para un tema o característica de interés. Estas vistas incluyen lo siguiente:

- Clientes.
- Requerimientos.
- El ambiente.

- Funcionalidad.
- Lógica.
- Seguridad.
- Datos.
- Estados / modos.
- Construcción.
- Administración.

Estas vistas son documentadas en el paquete de datos técnicos.

Productos:

- Paquete de los datos técnico.

Práctica Específica 2.3: Diseña interfaces utilizando criterios.

Práctica: "Diseña interfaces de componentes del producto utilizando los criterios establecidos".

Estos diseños de interfaces incluyen lo siguiente:

- Orígenes
- Destino
- Estímulos y características de datos para el software
- Características eléctricas, mecánicas y funcionales para hardware
- Líneas de comunicación

El criterio para interfaces frecuentemente refleja parámetros críticos que deben ser definidos, o al menos investigados, para asegurar su aplicabilidad. Estos parámetros son a menudo característicos de un cierto tipo de producto (software, mecánico, eléctrico, de servicio) y son a menudo asociados con seguridad, durabilidad y características de la misión crítica.

Productos:

- Especificaciones de diseños de la interfaz.
- Documentos de control de interfaz.
- Criterios de especificación de interfaces.
- Justificación para el diseño de interfaz seleccionado.

Práctica Específica 2.4: Ejecuta Análisis de: Hacer, Comprar o Reutilizar.

Práctica: "Evalúa si los componentes del producto debieran ser desarrollados, comprados o reutilizados basándose en los criterios establecidos".

La determinación acerca de qué producto o componentes del producto serán adquiridos es frecuentemente referido como "make-or-buy analysis" (análisis de hacer-o-comprar). Este análisis está basado en las necesidades del proyecto; comienza tempranamente durante la primera iteración de diseño, continúa durante el proceso de diseño y concluye con la decisión de desarrollar, adquirir o reutilizar el producto.

Factores que afectan la decisión de hacer-o-comprar incluyen los siguientes:

- Funciones que los productos o servicios proveerán y cómo estas funciones se ajustan al proyecto.
- Recursos y habilidades disponibles del proyecto.
- Costos de adquisición versus costos de desarrollo interno.
- Entregas críticas y fechas de integración.
- Alianzas estratégicas de negocios, incluyendo requerimientos de negocio de alto nivel.
- Investigación de mercado de productos disponibles, incluyendo productos tipo COTS.
- Funcionalidad y calidad de productos disponibles.
- Habilidades y capacidades de potenciales proveedores.

- Impacto en las competencias esenciales.
- Licencias, garantías, responsabilidades y limitantes asociadas a productos que están siendo adquiridos.
- Disponibilidad de productos
- Calidad propietaria de productos y componentes.
- Reducción de riesgos.

La decisión de hacer-o-comprar puede efectuarse aplicando un proceso formal de toma de decisiones. A medida que la tecnología evoluciona, también lo hacen las razones para elegir el desarrollo o compra de componentes de producto. Mientras el esfuerzo de desarrollo complejo puede favorecer la compra de un componente tipo COTS, los avances en la productividad y herramientas pueden presentar razones en sentido contrario. Productos tipo COTS pueden tener documentación incompleta o incorrecta y pueden no contar con soporte en el futuro.

Productos:

- Criterio de reusabilidad del diseño y de los componentes del producto.
- Análisis de hacer-o-comprar.
- Directrices para escoger componentes de producto comerciales COTS.

Meta Específica 3: Implementar el diseño del producto.

Objetivo: "Implementadas según los diseños los componentes del producto y su documentación de apoyo asociada".

Los componentes del producto son implementados a partir de los diseños establecidos por las prácticas específicas de la meta específica “Desarrollar el Diseño”. La implementación usualmente incluye pruebas unitarias de los componentes del producto antes de la integración de producto y el desarrollo de documentación de usuarios finales.

Práctica Específica 3.1: Implementa el Diseño.

Práctica: "Implementa los diseños de las componentes del producto".

Una vez que el diseño se ha completado, éste es implementado como un componente del producto. Las características de esa implementación dependen del tipo de componente. La implementación del diseño en el primer nivel de la jerarquía del producto implica la especificación de cada uno de los componentes del producto en el siguiente nivel de la jerarquía. Esta actividad incluye la asignación, refinamiento y verificación de cada componente del producto. También incluye la coordinación de los trabajos de desarrollo del componente del producto.

Productos:

- Diseño implementado.

Práctica Específica 3.2: Desarrolla la documentación de apoyo del producto.

Práctica: "Desarrolla y mantiene la documentación de utilización final".

Esta práctica específica desarrolla y mantiene la documentación que será usada para instalar, operar y mantener el producto.

Productos:

- Materiales de capacitación de usuario final.
- Manual de usuario.
- Manual de operador.
- Manual de mantenimiento.
- Ayuda en línea.

3.5.5 INTEGRACIÓN DE PRODUCTOS

El propósito de (PI) es ensamblar las componentes del producto para obtener el producto, asegurar que el producto – según la integración que se hizo – funciona correctamente, y liberar el producto al cliente.

PI involucra tanto:

- Integración del producto: Integración para el producto final.
- Integración de las componentes del producto: Integración de componentes para producir componentes más complejas.

El ámbito de PI es alcanzar la integración del producto completo a través del ensamble de progresivas componentes, en uno o más pasos, de acuerdo a la secuencia de integración definida y los procedimientos. Se usa el término Integración de Productos para también referirse a la Integración de Servicios.

Meta Específica 1: Preparación para la integración del producto.

Objetivo: "Preparación para la integración del producto es conducida".

Preparar la integración de los componentes del producto incluye establecer y mantener:

- Una secuencia de integración del producto y de las componentes del producto.
- El ambiente para realizar la integración del producto y de las componentes del producto.
- Procedimientos y criterios para la integración del producto y de las componentes del producto.

La preparación para la integración comienza al inicio del proyecto y la secuencia de integración es desarrollada al mismo tiempo con las prácticas del área de proceso de Solución Técnica.

Práctica Específica 1.1: Determina la secuencia de integración.

Práctica: "Determina la secuencia de integración de componentes del producto"

Las componentes del producto son analizadas para su integración. Se define un conjunto de secuencias posibles para integrar los componentes y se elige la mejor secuencia posible.

Productos:

- Secuencia de integración de productos.
- Justificación para seleccionar o rechazar secuencias de integración.

Práctica Específica 1.2: Establece el Ambiente de Integración del Producto.

Práctica: "Establece y mantiene el ambiente necesario para apoyar la integración de los componentes del producto".

El ambiente para la integración de producto puede ser adquirido o desarrollado. Para establecer un ambiente, requerimientos para la compra o desarrollo de equipamientos, software u otros recursos necesitarán ser desarrollados. El ambiente requerido en cada paso del proceso de integración de producto puede incluir equipos para realizar pruebas, simuladores (tomando el lugar de componentes de productos no disponibles), piezas de equipos reales y dispositivos de almacenamiento.

Productos:

- Ambiente para integración del producto verificado.
- Documentación de apoyo para el ambiente de integración del producto.

Práctica Específica 1.3: Establece procedimientos y criterios de integración del producto.

Práctica: "Establece y mantiene procedimientos y criterios para la Integración de los componentes del producto".

Los procedimientos para la integración de los componentes del producto pueden incluir cosas como el número de iteraciones incrementales que se realizan y detalles de las evaluaciones que serán llevadas a cabo en cada etapa. Los criterios pueden indicar si el componente del producto está o no preparado para su integración o su grado de aceptación. Los procedimientos y criterios para la integración del producto dirigen lo siguiente: nivel de prueba para construir componentes, verificación de interfaces, umbrales de desviación de ejecución, requerimientos derivados para el ensamble y sus interfaces externas, sustituciones permitidas de componentes, parámetros del ambiente de prueba, límites en los costos de prueba, equilibrio calidad/costos para operaciones de integración, probabilidad del funcionamiento apropiado, tasas de entrega y sus variaciones, tiempo de entrega desde el pedido hasta la entrega, disponibilidad de personal y disponibilidad de la facilidad/línea/ambiente de integración.

Los criterios pueden ser definidos por cómo las componentes del producto están para ser verificados y las funciones que se espera que ellos tengan. Los criterios pueden ser definidos por cómo los componentes ensambladas del producto y el producto integrado final son validados y liberados. Los criterios también pueden restringir el grado de simulación permitidos para que los componentes puedan pasar una prueba, o pueden restringir el ambiente para ser usado en el test de integración.

Los procedimientos y criterios para la integración del producto solventan los siguientes puntos:

- Nivel de pruebas para construir componentes.
- Verificación de interfaces.
- Umbrales de desviación de desempeño.
- Requerimientos derivados para el ensamblaje y sus interfaces externas.
- Sustituciones aceptables de componentes.
- Parámetros de ambiente de pruebas.
- Límites en los costos de pruebas.

- Balance calidad/costo para las operaciones de integración.
- Probabilidad de funcionamiento adecuado.
- Tasa de entrega y su variación.
- Plazos desde la orden hasta la entrega.
- Disponibilidad de personal.
- Disponibilidad del ambiente/línea/instalaciones para la integración.

Productos:

- Procedimientos de integración del producto.
- Criterios de integración del producto.

Meta Específica 2: Asegura la compatibilidad de interfaces.

Objetivo: "Asegurar la compatibilidad de las interfaces internas y externas de los componentes del producto".

Muchos problemas de integración de productos surgen por aspectos no conocidos o no controlados de interfaces internas y externas a cada componente. La administración efectiva de requerimientos de interfaces de componentes de productos, especificaciones y diseños, ayudan a asegurar que las interfaces implementadas serán compatibles y completas.

Práctica Específica 2.1: Revisa descripción de interfaces para completitud.

Práctica: "Revisa descripciones de interfaces para su cobertura y completitud".

Las interfaces deben incluir, además de las interfaces de los componentes del producto, todas las interfaces con el ambiente de integración del producto.

Productos:

- Categorías de interfaces.
- Lista de interfaces por categoría.
- Mapeo de las interfaces a los componentes de producto y al ambiente de integración del producto.

Práctica Específica 2.2: Gestiona Interfaces.

Práctica: "Gestiona definiciones de interfaces internas y externas, diseños, y cambios en productos y componentes del producto".

Los requerimientos de interfaz manejan el desarrollo de las interfaces necesarias para integrar los componentes del producto. Gestionar interfaces del producto y componentes del producto comienza tempranamente en el desarrollo del producto. Las definiciones y el diseño para interfaces afecta, no solamente a los componentes de producto y sistemas externos, sino que también puede afectar la validación y verificación de ambientes.

La gestión de interfaces incluye la mantención de la consistencia de las interfaces durante todo el ciclo de vida del producto, y resolución de conflictos, disconformidades, y cambios en temas. La gestión de interfaces entre productos adquiridos desde proveedores y otros productos o componentes de productos son críticas para el éxito del proyecto. Las interfaces deben incluir, además de las interfaces de los componentes del producto, todas las interfaces con el ambiente, así como con otros como ambientes para verificación, validación, operaciones y soporte. Los cambios en la interface son documentados, mantenidos y fácilmente accesibles.

Productos:

Tabla de relaciones entre los componentes de producto y el entorno externo (por ejemplo, principal fuente de energía eléctrica, producto de fijación, sistema de bus del computador).

- Tabla de relaciones entre los diferentes componentes de producto.
- Lista de interfaces acordadas y definidas para cada par de componentes de producto, cuando sea aplicable.
- Informes de las reuniones del grupo de trabajo de control de interfaz.
- Ítems de acción para la actualización de interfaces.
- Interfaz de programación de aplicación (API).
- Descripción de interfaz actualizada.

Meta Específica 3: Ensambla los componentes del producto y libera el producto.

Objetivo: "Ensamblar los componentes del producto verificados y entregar el producto integrado, verificado y validado".

La integración de las componentes del producto se hace de acuerdo a la secuencia de integración del producto y los procedimientos disponibles. Antes de la integración, cada componente del producto es verificada de acuerdo a los requerimientos de interfaz establecidos. Los componentes del producto son ensamblados en componentes más complejos y grandes. Estos componentes ensamblados son chequeadas para su correcta interoperación. Este proceso continúa hasta que la integración del producto es completada. Si durante este proceso se identifican problemas estos deben ser documentados y un proceso de acciones correctivas es iniciado.

Práctica Específica 3.1: Confirma componentes para integración.

Práctica: "Confirma, previo al ensamble, que cada componente del producto requerido para ensamblar el producto ha sido debidamente identificado, funciones corresponden a su descripción y las interfaces de los componentes del producto cumplen con las descripciones de las interfaces".

El propósito de esta práctica específica es asegurar que los componentes del producto adecuadamente identificados que cumplen con su descripción puedan ser realmente ensamblados de acuerdo a la secuencia de integración del producto y procedimientos disponibles. También la consistencia entre los componentes de producto y descripciones de interface son chequeadas. Quienes conducen la integración del producto son los responsables en última instancia de chequear para asegurarse que todo está correcto y así continuar con el ensamble.

Productos:

- Documentos de aceptación para los componentes de producto recibidos.
- Recibos de entrega.
- Listas de empaquetado chequeadas.
- Informes de excepciones.
- Excepciones.

Práctica Específica 3.2: Ensambla las componentes del producto.

Práctica: "Ensambla los componentes del producto de acuerdo a la secuencia de integración y procedimientos disponibles".

Las actividades de ensamblaje de esta práctica específica y las actividades de evaluación de la próxima son conducidas en forma iterativa, desde los componentes iniciales del producto, a través de los componentes ensamblados provisorios, hasta el producto como un todo.

Productos:

- Producto o componentes de producto ensamblados.

Práctica Específica 3.3: Evalúa componentes del producto ensambladas.

Práctica: "Evalúa componentes de producto ensamblados para la compatibilidad de interface".

Esta evaluación involucra examinar y probar los componentes del producto ensamblados para su realización, conveniencia o preparación usando los procedimientos y ambiente disponibles. Esto es realizado para los diferentes pasos del ensamble según lo dispuesto por la secuencia de integración y procedimientos disponibles. La secuencia de integración del producto y procedimientos disponibles, el número de componentes, y la complejidad del producto podrían definir una secuencia de integración y evaluación más refinada.

Productos:

- Informes de excepciones.
- Informes de evaluación de interfaces.
- Informes sumariados de integración del producto.

Práctica Específica 3.4: Empaqueta y Entrega productos o componentes del producto.

Práctica: "Empaqueta el producto ensamblado o componente del producto y entregarlo al cliente apropiado".

Los requerimientos de empaque para algunos productos pueden ser dirigidos según sus especificaciones y criterios de verificación. Esto es especialmente importante cuando los ítems son registrados y transportados por los clientes. En tales casos, pudiese haber condiciones de estrés y ambiente especificadas para el paquete. En otras circunstancias economía y requerimientos de transporte, responsabilidad, y facilidad y seguridad del desempaquete son factores importantes.

Productos:

- Producto o componentes de producto empaquetados.
- Documentación de entrega.

3.5.6 VERIFICACIÓN

El propósito de Verificación (VER) es asegurar que los artefactos cumplen con los requerimientos especificados. VER involucra la verificación del producto o servicios y artefactos intermedios con respecto a los requerimientos seleccionados, incluyendo requerimientos del cliente, del producto o servicio y componentes del producto o servicio. VER es un proceso incremental porque se aplica al desarrollo del producto y artefactos, comenzando con la verificación de los requerimientos, pasando por la verificación de artefactos y terminando con la verificación del producto completo.

VER y VAL son similares pero tienen diferencias. VAL demuestra que el producto que se entregará satisface su uso entendido, mientras que VER se enfoca en que los artefactos reflejen los requerimientos especificados. En otras palabras, VER asegura que algo se construye correctamente, mientras que VAL asegura que se construye algo correcto.

Meta Específica 1: Preparar la verificación.

Objetivo: " Conducir la preparación de la verificación".

Una preparación es necesaria para asegurar que los requerimientos de verificación están incluidos en los requerimientos del producto y las componentes del producto, diseños, planes de desarrollo y programas. La verificación incluye selección, inspección, prueba, análisis y demostración de artefactos.

Los métodos de verificación incluyen, pero no están limitados a ellos, inspecciones, revisiones de pares, auditorías, inspecciones, análisis, simulaciones, pruebas y demostraciones. La preparación también supone la definición de herramientas de apoyo, equipamientos para pruebas y software, simulaciones, prototipos y facilidades.

Práctica Específica 1.1: Selecciona artefactos para Verificación.

Práctica: "Seleccionar artefactos a ser verificados y métodos de verificación que serán usados para cada uno de ellos".

Los artefactos son seleccionados basándose en su contribución para alcanzar los objetivos y requerimientos del proyecto, y para dirigir los riesgos del proyecto. Los artefactos que serán verificados pueden incluir aquellos asociados con la mantención, entrenamiento y servicios de apoyo. Los métodos de verificación dirigen el enfoque técnico de la verificación de artefactos y los procedimientos específicos que serán usados para verificar que los productos de trabajo específicos cumplan sus requerimientos. La selección de los métodos de verificación comienza típicamente con la participación en la definición de los requerimientos del producto o componentes del producto para asegurar que estos requerimientos son verificables.

Productos:

- Listas de productos de trabajo seleccionados para verificación.
- Métodos de validación para cada uno de los productos de trabajo.
Seleccionados.

Práctica Específica 1.2: Establece el ambiente de Verificación.

Práctica: "Establece y mantiene el ambiente necesario para apoyar la verificación".

Un ambiente debe ser establecido para permitir que la verificación tome lugar. El ambiente de verificación puede ser adquirido, desarrollado, reutilizado, modificado, o una combinación de estos, dependiendo de las necesidades del proyecto. Cada ambiente requerido va a depender de los artefactos seleccionados para su verificación y los métodos de verificación usados.

Productos:

- Ambiente de verificación

Práctica Específica 1.3: Establece procedimientos y criterios de verificación.

Práctica: "Establece y mantiene procedimientos y criterios de verificación para los artefactos seleccionados".

Los criterios de verificación son definidos para asegurar que los artefactos cumplan con sus requerimientos.

Ejemplos de fuentes para criterios de verificación incluyen los siguientes:

- Requerimientos del producto y de los componentes del producto.
- Estándares.
- Políticas organizacionales.
- Tipos de pruebas.
- Parámetros de prueba.
- Parámetros para equilibrar la calidad y el costo de probar.
- Tipos de productos de trabajo.
- Proveedores.
- Propuestas y acuerdos.

Productos:

- Procedimientos de verificación.
- Criterio de verificación.

Meta Específica 2: Realiza revisión de pares.

Objetivo: "Desarrollar revisiones de pares sobre artefactos seleccionados".

La revisión de pares es un análisis metodológico de artefactos realizado por los productores o desarrolladores pares para identificar defectos a ser removidos y recomendar otros cambios según sean necesarios. La revisión de pares es un método de ingeniería importante y efectivo implementado vía inspecciones u otros métodos de revisión.

Práctica Específica 2.1: Prepara la revisión de pares.

Práctica: "Prepara las revisiones de pares de artefactos seleccionados".

Actividades de preparación para la revisión de pares típicamente incluyen identificar el personal que será invitado a participar en la revisión de pares de cada artefacto; identificar los revisores claves que deben participar en la revisión de pares; preparar y actualizar cualquier material que será usado durante la revisión de pares.

Productos:

- Cronograma de las revisiones en pares.
- Lista de chequeo de las revisiones en pares.
- Criterios de entrada y salida para los productos de trabajo.
- Criterio por requerir otra revisión en pares.
- Material de entrenamiento para las revisiones en pares.
- Productos de trabajo seleccionados para ser revisados.

Práctica Específica 2.2: Conduce la revisión de pares.

Práctica: "Conduce la revisión de pares sobre artefactos seleccionados e identifica defectos resultantes de la revisión de pares".

Uno de los propósitos de conducir la revisión de pares es encontrar y remover tempranamente defectos. La revisión de pares es realizada incrementalmente tal como los artefactos estén siendo desarrollados. Estas revisiones son estructuradas y no son revisiones administrativas. La revisión de pares puede ser realizada en cualquier tipo de artefacto. Cuando surgen defectos de la revisión de pares, estos deben ser comunicados al desarrollador principal del artefacto para la revisión.

Productos:

- Resultados de las revisiones en pares.
- Problemas de las revisiones en pares.
- Datos de las revisiones en pares.

Práctica Específica 2.3: Analiza los datos de la revisión de pares.

Práctica: "Analiza datos acerca de la preparación, conducción y resultados de la revisión de pares".

Analizar datos acerca de la preparación, conducción y resultados de la revisión de pares.

Productos:

- Datos de las revisiones en pares.
- Ítems de acción de las revisiones en pares.

Meta Específica 3: Verifica artefactos seleccionados.

Objetivo: " Verificar los artefactos contra sus requerimientos específicos".

Los métodos, procedimientos y criterios de evaluación son usados para verificar que el artefacto seleccionado y cualquier mantención asociada, entrenamiento y servicios de soporte usan el ambiente de verificación apropiado. Actividades de verificación deben ser realizadas durante todo el ciclo de vida del producto.

Práctica Específica 3.1: Realiza la verificación.

Práctica: "Realiza la verificación de los artefactos seleccionados".

Verificar incrementalmente productos y artefactos promueve la detección temprana de problemas y puede resultar en la remoción temprana de defectos. Los resultados de la verificación ahorran costos considerables de fallas aisladas y trabajo repetido asociado a la resolución de problemas.

Productos:

- Resultados de la verificación.
- Informes de la verificación.
- Demostraciones.
- Bitácora de la ejecución de los procedimientos.

Práctica Específica 3.2: Analiza resultados de verificación identificando acciones correctivas

Práctica: "Analiza los resultados de todas las actividades de verificación".

Los resultados actuales deben ser comparados con los criterios de verificación establecidos para determinar la aceptabilidad. Los resultados del análisis son registrados como evidencia de que la verificación fue realizada. Para cada artefacto, todos los resultados de verificación son analizados incrementalmente para asegurar que los requerimientos hayan sido cumplidos. Dado que la revisión de pares es uno de varios métodos de verificación, los datos de revisión de pares

deben ser incluidos en esta actividad de análisis para asegurar que los resultados de la verificación son suficientemente analizados.

Productos:

- Informe de análisis (por ejemplo, estadísticas en los desempeños, análisis causal de las no conformidades, comparación del comportamiento del producto real y los modelos, y tendencias).
- Informes de los problemas.
- Pedidos de cambio para los métodos, criterios y ambiente de Verificación.

3.5.7 VALIDACIÓN

El propósito de Validación (VAL) es demostrar que un producto o componentes del producto cumplen su uso planeado cuando es ubicado en su ambiente planeado. Actividades de validación pueden ser aplicadas a todos los aspectos del producto en cualquiera de sus ambientes planeados, tal como operación, entrenamiento, manufactura, mantención, y servicios de soporte. Los métodos empleados para conseguir la validación pueden ser aplicados a artefactos así como también a productos o servicios y componentes del producto o servicios.

Meta Específica 1: Preparar la validación.

Objetivo: "Conducir la preparación de la validación".

Actividades de preparación incluyen la selección de productos y los componentes del producto para validación, y establecer y mantener el ambiente, procedimientos y criterios de validación. Los artefactos seleccionados para validación pueden incluir sólo el producto o puede incluir niveles apropiados de las componentes del producto que son usados para construir el producto. El ambiente de Integración de Productos, Verificación y Validación puede ser el mismo.

Práctica Específica 1.1: Selecciona productos para la validación.

Práctica: "Selecciona productos y componentes de productos a ser validados y los métodos de validación que serán usados para cada uno".

Productos y componentes de productos son seleccionados para validación sobre la base de sus relaciones con las necesidades del usuario. Para cada componente de producto, el alcance de la validación (comportamiento operacional, mantención, entrenamiento e interface de usuario) debería ser determinado. Los requerimientos y restricciones para realizar la validación son recopilados. Entonces, los métodos de validación son seleccionados basándose en su capacidad para demostrar que las necesidades de los usuarios están satisfechas. Los métodos de validación no sólo definen el enfoque técnico de la validación del producto, sino también dirige las necesidades para los equipos a utilizar y ambientes de validación. Requerimientos derivados, como requerimientos de interfaces para hacer pruebas y equipamientos, pueden ser generados.

Los métodos de validación deben ser seleccionados tempranamente en la vida del proyecto para que sean claramente entendidos y acordados con las partes interesadas. Los métodos de validación dirigen el desarrollo, mantención, soporte y entrenamiento para el producto o las componentes del producto según sea apropiado.

Ejemplos de productos y componentes del producto que pueden validarse incluyen los siguientes:

- Requerimientos y diseños del producto y componentes del producto.
- Producto y componentes del producto (por ejemplo sistema, unidades de hardware, software, y documentación de servicio).
- Interfaces del usuario.
- Manuales del usuario.
- Materiales de capacitación.

- Documentación del proceso.

Ejemplos de métodos de validación incluyen los siguientes:

- Discusiones con los usuarios, quizás en el contexto de una revisión formal.
- Demostraciones de prototipos.
- Demostraciones funcionales (por ejemplo, de sistema, unidades de hardware, software, documentación de servicio, e interfaces de usuario).
- Pilotajes de materiales de entrenamiento.
- Prueba de productos y componentes del producto por parte de los usuarios finales y otros involucrados relevantes.
- Análisis del producto y componentes del producto (por ejemplo, simulaciones, modelamiento y análisis de usuario).

Productos:

- Listas de productos y componentes del producto seleccionados para la Validación.
- Métodos de validación para cada producto o componente del producto.
- Requerimientos para realizar la validación de cada producto o componente del producto.
- Restricciones de validación para cada producto o componente del producto.

Práctica Específica 1.2: Establece el ambiente para la validación.

Práctica: "Establece y mantiene el ambiente necesario para apoyar la validación".

Los requerimientos para el ambiente de validación son manejados por el producto o las componentes de productos seleccionadas, por el tipo de artefacto (por ejemplo, diseño, prototipo, versión final) y por los métodos de validación. Esto podría producir requerimientos para la compra o desarrollo de equipamiento,

software u otros recursos. El entorno de validación puede incluir la reutilización de recursos existentes. En este caso, se deben hacer arreglos para el uso de estos recursos. Ejemplos de tipos de elementos en un ambiente de validación incluyen lo siguiente:

- Herramientas de prueba interconectadas con el producto que está siendo validado.
- Software para prueba.
- Subsistemas simulados o componentes.
- Sistemas simulados.
- Sistemas reales.
- Facilidades y productos provistos por el cliente.
- Las personas hábiles para operar o usar todos los elementos precedentes.
- Ambiente de prueba con computador dedicado o sistema distribuido.

Productos:

- Ambiente de validación.

Práctica Específica 1.3: Establece procedimientos y criterios de Validación.

Práctica: "Establece y mantiene procedimientos y criterios de validación"

Procedimientos y criterios de validación son definidos para asegurar que el producto o las componentes del producto van a satisfacer su uso planificado cuando es ubicado en su ambiente planificado. La aceptación de casos de pruebas y procedimientos puede satisfacer la necesidad de procedimientos de validación. Los procedimientos y criterios de validación incluyen pruebas y evaluaciones de mantenimiento, entrenamiento y servicios de soporte.

Ejemplos de fuentes para criterios de validación incluyen los siguientes:

- Requerimientos del producto y de sus componentes.

- Estándares.
- Criterios de aceptación del cliente.
- Desempeño del ambiente.
- Umbrales de desviación del desempeño.

Productos:

- Procedimientos de validación.
- Criterios de validación.
- Procedimientos de evaluación y pruebas para mantenimiento, entrenamiento, y soporte.

Meta Específica 2: Validar productos o componentes del producto.

Objetivo: "Validar el producto o las componentes del producto para asegurar que son aptas para su uso en su ambiente operacional previsto".

Los métodos, procedimientos y criterios de validación son usados para validar los productos y las componentes de los productos seleccionados y cualquier mantenimiento, entrenamiento y servicios de apoyo asociado usando el apropiado ambiente de validación. Actividades de validación son realizadas durante todo el ciclo de vida del producto.

Práctica Específica 2.1: Realiza la validación.

Práctica: "Realiza la validación sobre los productos y las componentes del producto seleccionados".

Para que sea aceptable para los usuarios, un producto o componente del producto debe realizarse como es esperado en su ambiente operacional planificado. Las actividades de validación son realizadas y los datos resultantes son recogidos de acuerdo a los métodos, procedimientos y criterios establecidos. Los procedimientos de validación sobre la marcha deben ser documentados y las

desviaciones que ocurran durante la ejecución deben ser atendidas, según sea apropiado.

Productos:

- Informes de validación.
- Resultados de validación.
- Matriz de referencia cruzada de la validación.
- Registros de los procesos ejecutados.
- Demostraciones operacionales.

Práctica Específica 2.2: Analiza los resultados de la validación.

Práctica: "Analiza los resultados de las actividades de validación".

Los datos resultantes de las pruebas de validación, inspecciones, demostraciones o evaluaciones son analizadas contra los criterios de validación definidos. Los informes de análisis indican si las necesidades fueron satisfechas; en el caso de las deficiencias, estos documentos informan el grado de éxito o fracaso y categorizan las probables causas de fracaso. Las pruebas recolectadas, inspecciones o resultados revisados son comparados con los criterios de evaluación establecidos para determinar si avanzar o enfocarse en los requerimientos que están bajo cuestión.

Analizar informes o documentación de validación sobre la marcha también puede indicar que los malos resultados de las pruebas son debido a problemas en los procedimientos de validación o un problema en el ambiente de validación.

Productos:

- Informes de deficiencias de la validación.
- Problemas de validación.

- Pedidos de cambios en el procedimiento.

3.6 APLICACIÓN DE SCAMPI EN LA EMPRESA

La evaluación en Icono Sistemas se la realizó el mes de abril de 2012, con la participación de personal del área de desarrollo de software, en la cual se evaluaron tres proyectos desarrollados con anterioridad. Cabe señalar que previo a la aplicación de la evaluación se procedió a explicar cada uno de los ítems a ser considerados.

A continuación se presentan los resultados por cada Área de Proceso y su correspondiente análisis.

Tabla 3.9: Evaluación del proceso Planificación de Proyectos

| ÁREA DE PROCESO 1: PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------|-----------|--------------|
| Criterio de Evaluación | P⁶⁷1 | P2 | P3 | Valor |
| SP 1.1: Estima el alcance del proyecto | 5 | 4 | 5 | 4,67 |
| SP 1.2: Establece las estimaciones de los atributos de los productos de trabajo y las tareas | 4 | 5 | 5 | 4,67 |
| SP 1.3: Define el ciclo de vida del proyecto | 5 | 4 | 5 | 4,67 |
| SP 1.4: Determina la estimación de esfuerzo y coste | 4 | 5 | 4 | 4,33 |
| SP 2.1: Establece un presupuesto y un calendario | 5 | 4 | 6 | 5,00 |
| SP 2.2: Identifica los riesgos del proyecto | 4 | 5 | 5 | 4,67 |
| SP 2.3: Planifica la Gestión de Datos | 4 | 5 | 4 | 4,33 |
| SP 2.4: Planifica los Recursos | 5 | 4 | 5 | 4,67 |
| SP 2.5: Planifica la necesidad de conocimientos | 4 | 5 | 4 | 4,33 |
| SP 2.6: Planifica el involucramiento de los interesados | 5 | 6 | 5 | 5,33 |
| SP 2.7: Establece el Plan del Proyecto | 5 | 4 | 4 | 4,33 |
| SP 3.1: Revisa los planes que afectan al proyecto | 5 | 4 | 5 | 4,67 |
| SP 3.2: Concilia el nivel de trabajo y recursos | 5 | 5 | 4 | 4,67 |
| SP 3.3: Obtiene compromiso con el plan | 4 | 5 | 5 | 4,67 |
| GP 2.1: La organización tiene establecida una política | 5 | 6 | 4 | 5,00 |
| GP 2.2: Se planifica este proceso | 4 | 5 | 4 | 4,33 |
| GP 2.3: Se le proporcionan los recursos adecuados | 5 | 4 | 4 | 4,33 |
| GP 2.4: Tiene asignadas las responsabilidades | 5 | 4 | 3 | 4,00 |

⁶⁷ P: Proyectos desarrollados con anterioridad

| | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|-------------|
| GP 2.5: Las personas implicadas reciben formación | 4 | 3 | 5 | 4,00 |
| GP 2.6: Se gestiona la configuración de los elementos de este proceso | 5 | 5 | 4 | 4,67 |
| GP 2.7: Se identifica a los actores importantes para el proceso | 5 | 5 | 4 | 4,67 |
| GP 2.8: Se monitoriza y controla el proceso. | 4 | 3 | 4 | 3,67 |
| GP 2.9: Se evalúa objetivamente su cumplimiento | 4 | 5 | 4 | 4,33 |
| GP 2.10: Se revisa el proceso con los directivos responsables | 5 | 4 | 5 | 4,67 |
| Total: | | | | 4,53 |

Tabla 3.10: Evaluación del proceso Desarrollo de Requerimientos

| ÁREA DE PROCESO 2: DESARROLLO DE REQUERIMIENTOS | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| Criterio de Evaluación | P1 | P2 | P3 | Valor |
| SP 1.1: Recopila necesidades | 6 | 6 | 5 | 5,67 |
| SP 1.2: Desarrolla los requerimientos del cliente | 5 | 5 | 5 | 5,00 |
| SP 2.1: Establece requerimientos del producto y de componentes del producto | 6 | 5 | 5 | 5,33 |
| SP 2.2: Asigna requerimientos de componentes del producto | 5 | 6 | 5 | 5,33 |
| SP 2.3: Identifica requerimientos de interfaz | 6 | 5 | 6 | 5,67 |
| SP 3.1: Establece conceptos operacionales y escenarios | 3 | 4 | 4 | 3,67 |
| SP 3.2: Establece una definición de la funcionalidad requerida | 5 | 3 | 4 | 4,00 |
| SP 3.3: Analiza requerimientos | 6 | 4 | 4 | 4,67 |
| SP 3.4: Analiza requerimientos para lograr equilibrio | 3 | 4 | 4 | 3,67 |
| SP 3.5: Valida requerimientos | 7 | 6 | 5 | 6,00 |
| SP 3.1: Revisa los planes que afectan al proyecto | 3 | 3 | 4 | 3,33 |
| SP 3.2: Concilia el nivel de trabajo y recursos | 3 | 3 | 3 | 3,00 |
| SP 3.3: Obtiene compromiso con el plan | 3 | 3 | 4 | 3,33 |
| GP 2.1: La organización tiene establecida una política | 3 | 3 | 4 | 3,33 |
| GP 2.2: Se planifica este proceso | 4 | 4 | 3 | 3,67 |
| GP 3.1: Establece una definición de procesos | 4 | 4 | 4 | 4,00 |
| GP 2.3: Se le proporcionan los recursos adecuados | 5 | 5 | 3 | 4,33 |
| GP 2.4: Tiene asignadas las responsabilidades | 6 | 5 | 4 | 5,00 |
| GP 2.5: Las personas implicadas reciben formación | 4 | 5 | 5 | 4,67 |
| GP 2.6: Se gestiona la configuración de los elementos de este proceso | 5 | 4 | 5 | 4,67 |
| GP 2.7: Se identifica a los actores importantes para el proceso | 5 | 4 | 4 | 4,33 |
| GP 3.2: Se monitoriza y controla el proceso | 4 | 5 | 4 | 4,33 |
| GP 2.9: Recopilar información de mejora | 4 | 4 | 5 | 4,33 |
| GP 2.10: Se evalúa objetivamente su cumplimiento | 4 | 4 | 4 | 4,00 |

| | | | | |
|----------------------------------------------------------------------|---|---|---|-------------|
| GP 2.10: Se revisa el proceso con los directivos responsables | 3 | 3 | 3 | 3,00 |
| Total: | | | | 4,33 |

Tabla 3.11: Evaluación del proceso Gestión de Requerimientos

| ÁREA DE PROCESO 3: GESTIÓN DE REQUERIMIENTOS | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| Criterio de Evaluación | P1 | P2 | P3 | Valor |
| SP 1.1: Obtiene un entendimiento de los requerimientos | 4 | 5 | 5 | 4,67 |
| SP 1.2: Obtiene compromiso con los requerimientos | 4 | 4 | 4 | 4,00 |
| SP 1.3: Administra cambios a los requerimientos | 3 | 3 | 3 | 3,00 |
| SP 1.4: Mantiene trazabilidad bidireccional de los requerimientos | 3 | 3 | 3 | 3,00 |
| SP 1.5: Identifica inconsistencias entre artefactos del proyecto y los requerimiento | 4 | 5 | 4 | 4,33 |
| SP 3.1: Revisa los planes que afectan al proyecto | 4 | 3 | 3 | 3,33 |
| SP 3.2: Concilia el nivel de trabajo y recursos | 4 | 3 | 4 | 3,67 |
| SP 3.3: Obtiene compromiso con el plan | 4 | 4 | 4 | 4,00 |
| GP 2.1: La organización tiene establecida una política | 5 | 4 | 4 | 4,33 |
| GP 2.2: Se planifica este proceso | 5 | 5 | 5 | 5,00 |
| GP 2.3: Se le proporcionan los recursos adecuados | 3 | 4 | 4 | 3,67 |
| GP 2.4: Tiene asignadas las responsabilidades | 4 | 4 | 4 | 4,00 |
| GP 2.5: Las personas implicadas reciben formación | 4 | 4 | 5 | 4,33 |
| GP 2.6: Se gestiona la configuración de los elementos de este proceso | 5 | 4 | 4 | 4,33 |
| GP 2.7: Se identifica a los actores importantes para el proceso | 4 | 4 | 3 | 3,67 |
| GP 2.8: Se monitoriza y controla el proceso. | 4 | 5 | 3 | 4,00 |
| GP 2.9: Se evalúa objetivamente su cumplimiento | 4 | 4 | 3 | 3,67 |
| GP 2.10: Se revisa el proceso con los directivos responsables | 3 | 3 | 3 | 3,00 |
| Total: | | | | 3,89 |

Tabla 3.12: Evaluación del proceso Solución Técnica

| ÁREA DE PROCESO 4: SOLUCIÓN TÉCNICA | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| Criterio de Evaluación | P1 | P2 | P3 | Valor |
| SP 1.1: Desarrolla soluciones alternativas y criterios de selección | 4 | 5 | 4 | 4,33 |
| SP 1.2: Selecciona soluciones para componentes del producto | 4 | 4 | 3 | 3,67 |
| SP 2.1: Diseña el producto o los componentes del producto | 4 | 5 | 5 | 4,67 |
| SP 2.2: Establece un paquete de <u>datos</u> técnicos | 2 | 2 | 2 | 2,00 |

| | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|-------------|
| SP 2.3: Diseña interfaces utilizando criterios | 4 | 4 | 5 | 4,33 |
| SP 2.4: Ejecuta Análisis de: Hacer, Comprar o Reutilizar | 4 | 5 | 4 | 4,33 |
| SP 3.1: Implementa el Diseño | 5 | 5 | 5 | 5,00 |
| SP 3.2: Desarrolla la documentación de apoyo del producto | 2 | 2 | 2 | 2,00 |
| GP 2.1: La organización tiene establecida una política | 4 | 4 | 4 | 4,00 |
| GP 2.2: Se planifica este proceso | 3 | 4 | 3 | 3,33 |
| GP 2.3: Se le proporcionan los recursos adecuados | 4 | 4 | 4 | 4,00 |
| GP 2.4: Tiene asignadas las responsabilidades | 4 | 5 | 3 | 4,00 |
| GP 2.5: Las personas implicadas reciben formación | 4 | 4 | 4 | 4,00 |
| GP 2.6: Se gestiona la configuración de los elementos de este proceso | 4 | 5 | 3 | 4,00 |
| GP 2.7: Se identifica a los actores importantes para el proceso | 4 | 3 | 3 | 3,33 |
| GP 2.8: Se monitoriza y controla el proceso. | 3 | 2 | 3 | 2,67 |
| GP 2.10: Se evalúa objetivamente su cumplimiento | 4 | 4 | 4 | 4,00 |
| GP 2.10: Se revisa el proceso con los directivos responsables | 3 | 3 | 3 | 3,00 |
| Total: | | | | 3,70 |

Tabla 3.13: Evaluación del proceso Integración del Producto

| ÁREA DE PROCESO 5: INTEGRACIÓN DE PRODUCTOS | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| Criterio de Evaluación | P1 | P2 | P3 | Valor |
| SP 1.1: Determina la Secuencia de Integración | 3 | 2 | 2 | 2,33 |
| SP 1.2: Establece el Ambiente de Integración del Producto | 2 | 2 | 2 | 2,00 |
| SP 1.3: Establece procedimientos y criterios de integración del Producto | 3 | 4 | 3 | 3,33 |
| SP 2.1: Revisa descripción de interfaces para completitud | 3 | 3 | 3 | 3,00 |
| SP 2.2: Gestiona Interfaces | 4 | 3 | 4 | 3,67 |
| SP 3.1: Confirma Componentes para Integración | 4 | 3 | 4 | 3,67 |
| SP 3.2: Ensambla las componentes del producto | 3 | 2 | 3 | 2,67 |
| SP 3.3: Evalúa Componentes del Producto ensambladas | 4 | 4 | 5 | 4,33 |
| SP 3.4: Empaqueta y Entrega Productos o Componentes del Producto | 4 | 4 | 5 | 4,33 |
| GP 2.1: La organización tiene establecida una política | 4 | 4 | 4 | 4,00 |
| GP 2.2: Se planifica este proceso | 3 | 3 | 3 | 3,00 |
| GP 2.3: Se le proporcionan los recursos adecuados | 3 | 3 | 2 | 2,67 |
| GP 2.4: Tiene asignadas las responsabilidades | 3 | 3 | 2 | 2,67 |
| GP 2.5: Las personas implicadas reciben formación | 2 | 2 | 2 | 2,00 |
| GP 2.6: Se gestiona la configuración de los | 3 | 3 | 2 | 2,67 |

| | | | | |
|------------------------------------------------------------------------|---|---|---|-------------|
| elementos de este proceso | | | | |
| GP 2.7: Se identifica a los actores importantes para el proceso | 3 | 3 | 3 | 3,00 |
| GP 2.8: Se monitoriza y controla el proceso. | 2 | 2 | 2 | 2,00 |
| GP 2.10: Se evalúa objetivamente su cumplimiento | 2 | 2 | 2 | 2,00 |
| GP 2.10: Se revisa el proceso con los directivos responsables | 1 | 1 | 1 | 1,00 |
| Total: | | | | 2,86 |

Tabla 3.14: Evaluación del proceso Verificación

| ÁREA DE PROCESO 6: VERIFICACIÓN | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| Criterio de Evaluación | P1 | P2 | P3 | Valor |
| SP 1.1: Selecciona artefactos para Verificación | 2 | 2 | 3 | 2,33 |
| SP 1.2: Establece el ambiente de Verificación | 3 | 2 | 2 | 2,33 |
| SP 1.3: Establece procedimientos y criterios de verificación | 3 | 3 | 3 | 3,00 |
| SP 2.1: Prepara la revisión de pares | 2 | 2 | 2 | 2,00 |
| SP 2.2: Conduce la revisión de pares | 2 | 2 | 2 | 2,00 |
| SP 2.3: Analiza los datos de la revisión de pares | 2 | 2 | 2 | 2,00 |
| SP 3.1: Realiza la verificación | 3 | 3 | 3 | 3,00 |
| SP 3.2: Analiza resultados de verificación identificando acciones correctivas | 3 | 3 | 3 | 3,00 |
| GP 2.1: La organización tiene establecida una política | 4 | 4 | 4 | 4,00 |
| GP 2.2: Se planifica este proceso | 3 | 3 | 3 | 3,00 |
| GP 2.3: Se le proporcionan los recursos adecuados | 3 | 3 | 3 | 3,00 |
| GP 2.4: Tiene asignadas las responsabilidades | 4 | 4 | 3 | 3,67 |
| GP 2.5: Las personas implicadas reciben formación | 2 | 2 | 2 | 2,00 |
| GP 2.6: Se gestiona la configuración de los elementos de este proceso | 3 | 3 | 3 | 3,00 |
| GP 2.7: Se identifica a los actores importantes para el proceso | 3 | 3 | 3 | 3,00 |
| GP 2.8: Se monitoriza y controla el proceso. | 4 | 4 | 4 | 4,00 |
| GP 2.10: Se evalúa objetivamente su cumplimiento | 4 | 4 | 3 | 3,67 |
| GP 2.10: Se revisa el proceso con los directivos responsables | 1 | 1 | 1 | 1,00 |
| Total: | | | | 2,78 |

Tabla 3.15: Evaluación del proceso Validación

| ÁREA DE PROCESO 7: VALIDACIÓN | | | | |
|---------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| Criterio de Evaluación | P1 | P2 | P3 | Valor |
| SP 1.1: Selecciona productos para la validación | 4 | 5 | 4 | 4,33 |
| SP 1.2: Establece el ambiente para la validación | 5 | 4 | 4 | 4,33 |

| | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|-------------|
| SP 1.3: Establece procedimientos y criterios de Validación | 5 | 4 | 5 | 4,67 |
| SP 2.1: Realiza la validación | 6 | 6 | 6 | 6,00 |
| SP 2.2: Analiza los resultados de la validación | 5 | 4 | 5 | 4,67 |
| GP 2.1: La organización tiene establecida una política | 6 | 6 | 6 | 6,00 |
| GP 2.2: Se planifica este proceso | 6 | 5 | 6 | 5,67 |
| GP 2.3: Se le proporcionan los recursos adecuados | 5 | 5 | 5 | 5,00 |
| GP 2.4: Tiene asignadas las responsabilidades | 5 | 6 | 4 | 5,00 |
| GP 2.5: Las personas implicadas reciben formación | 4 | 4 | 4 | 4,00 |
| GP 2.6: Se gestiona la configuración de los elementos de este proceso | 4 | 5 | 4 | 4,33 |
| GP 2.7: Se identifica a los actores importantes para el proceso | 6 | 6 | 6 | 6,00 |
| GP 2.8: Se monitoriza y controla el proceso | 3 | 3 | 3 | 3,00 |
| GP 2.10: Se evalúa objetivamente su cumplimiento | 5 | 5 | 4 | 4,67 |
| GP 2.10: Se revisa el proceso con los directivos responsables | 5 | 5 | 5 | 5,00 |
| Total: | | | | 4,84 |

3.7 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SCAMPI

Concluida la evaluación de las Áreas de Procesos establecidas, se muestra en la Tabla III-16 los resultados cuantitativos obtenidos en una escala de valoración de uno a diez.

Tabla 3.16: Evaluación de los procesos de la empresa

| ÁREA DE PROCESO | VALORACIÓN (sobre 10) |
|------------------------------|-----------------------|
| Planificación de proyectos | 4,53 |
| Desarrollo de requerimientos | 4,33 |
| Gestión de requerimientos | 3,89 |
| Solución técnica | 3,7 |
| Integración de productos | 2,86 |
| Verificación | 2,78 |
| Validación | 4,89 |

A continuación se presenta los resultados de la evaluación en forma gráfica, la misma que es representada por un bloque de barras con los colores de un semáforo, éste color indica su nivel de cumplimiento respecto a los objetivos de CMMI.

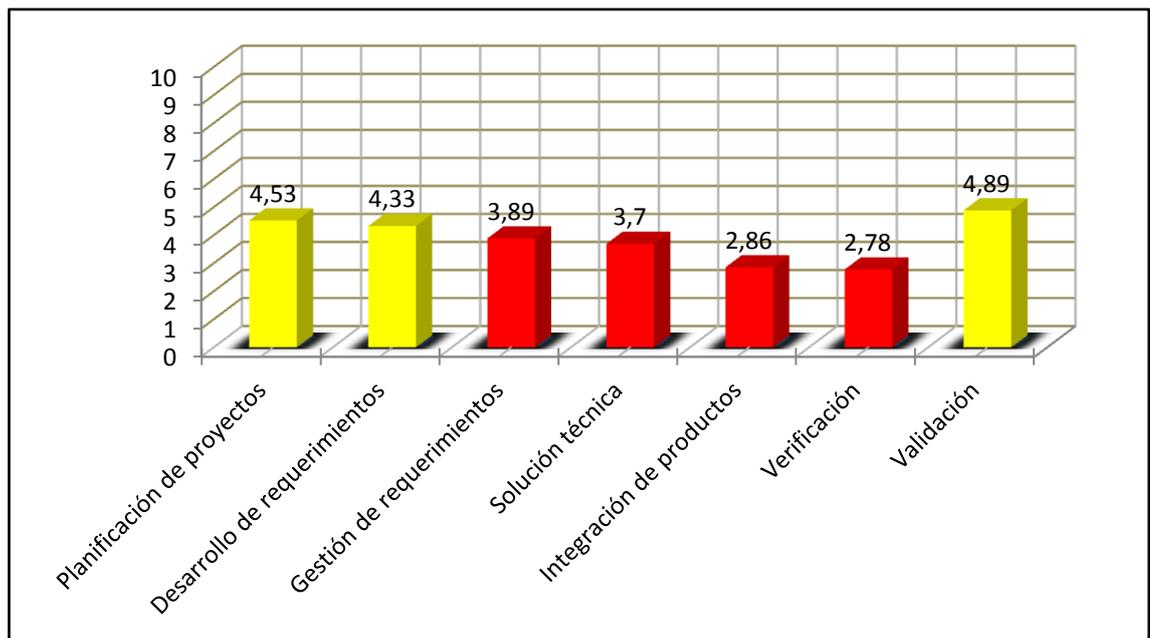


Figura 3.3: Nivel de cumplimiento de los objetivos de CMMI

Mediante los resultados obtenidos en la presente evaluación, y representados en la Figura 3.3, se puede detectar que, cuatro de las siete áreas de proceso evaluadas, Gestión de requerimientos, Solución técnica, Integración de productos y Verificación, no se encuentran definidas ni implementadas en la entidad, también se puede notar que las actividades que se llevan a cabo habitualmente en los procesos de Planificación de proyectos, Desarrollo de requerimientos y Validación, mantienen un enfoque que se acerca medianamente a los objetivos de CMMI.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA DEL MODELO DE EVALUACIÓN Y MEJORA DE PROCESOS

4.1 CARACTERÍSTICAS DEL MODELO

En el capítulo anterior se evaluaron los procesos de la disciplina de ingeniería y se incluyó el proceso de planificación del proyecto de acuerdo al modelo CMMI, esto con la finalidad de establecer una línea base del nivel de capacidad de estos procesos. El siguiente paso es el de proponer las características del modelo de mejora de procesos de acuerdo al tamaño de la empresa, que en este caso se trata de una MIPYMES con proyectos de duración en promedio de cinco meses, con un equipo de desarrollo conformado por cinco o seis personas. Hay que considerar que los modelos de evaluación y mejora de procesos señalan lo que se debe hacer y no cómo, el cómo lo debe realizar de acuerdo a criterio que considere la organización.

- Específico para el desarrollo de software con enfoque en los procesos.
- Fácil de entender.
- Fácil de aplicar.
- De bajo costo, tanto para su adopción como para su evaluación.
- Tenga una buena aproximación a modelos utilizados por la industria ISO 9000:2000, CMMI, ISO/IEC 15504, ISO/IEC 12207 o las mejores prácticas de PMBOK.
- Se considere práctico en su aplicación, principalmente en organizaciones pequeñas, con bajos niveles de madurez.
- Resulte acorde con la estructura de la empresa en estudio, considerada como PYME.
- Orientada a mejorar los procesos, para contribuir a los objetivos de negocio, y no simplemente ser un marco de referencia o certificación.

- La evaluación debe indicar el estado real de la organización en un momento dado.

4.2 PROPUESTA DEL MODELO DE MEJORA DE PROCESOS

4.2.1 NOMBRE

Modelo de Evaluación y Mejora de Procesos de Desarrollo - MEMPD.

4.2.2 OBJETIVO

Definir un modelo de Evaluación de Mejora de Procesos de Desarrollo que se adapte a la estructura organizativa de la empresa “Icono Sistemas”, que permita definir un proceso de producción de software tendiente a obtener software de la forma más eficiente y de calidad.

4.2.3 ARQUITECTURA DEL MODELO

Compuesto por dos procesos uno de soporte y otro de desarrollo. El proceso de soporte constituido por el Plan de Gestión del Proyecto Software (PGPS); y el proceso de desarrollo se conforma de una o más iteraciones de desarrollo. Cada iteración está compuesto de 6 fases: inicio, ingeniería de requerimientos, análisis y diseño, construcción, integración y pruebas, y cierre.

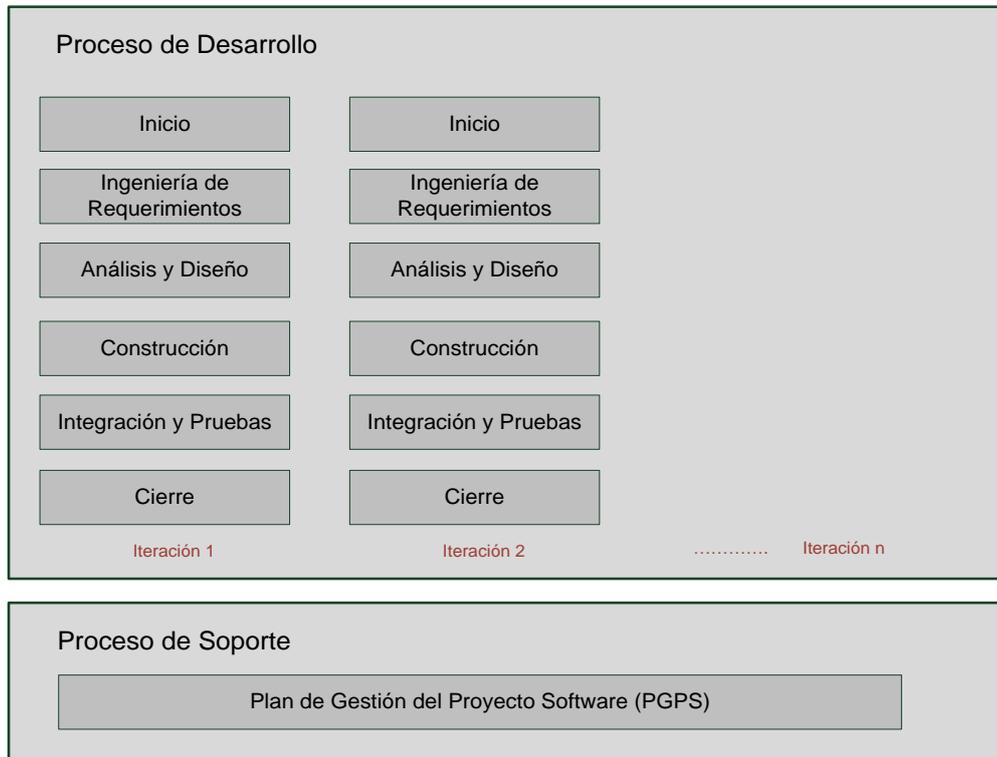


Figura 4.1: Arquitectura del Modelo de Evaluación y Mejora de Procesos de Desarrollo - MEMPD

A continuación se describe cada uno de los elementos constitutivos del modelo propuesto:

Tabla 4.1: Descripción de los elementos del MEMPD

| Proceso de Soporte | | |
|--------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Id. | Proceso | Descripción |
| 1 | Generación del Plan de Gestión del Proyecto Software (PGPS) | Elaborar un plan controlador para un proyecto software, que especifique los enfoques técnicos y administrativos a ser usados en el desarrollo de un producto software. El plan debe especificar las funciones, actividades y tareas técnicas y administrativas, en suficiente detalle para asegurar que el resultado del proyecto satisfaga las necesidades, requerimientos y acuerdos establecidos del proyecto. |

| Proceso de Desarrollo | | |
|-----------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Id. | Fase | Descripción |
| 1 | Inicio | Revisión del PGPS por los miembros del Equipo de trabajo para lograr un entendimiento común del proyecto y para obtener el compromiso de su realización. |
| 2 | Ingeniería de Requerimientos | Conjunto de actividades cuya finalidad es obtener la documentación de la Especificación de Requerimientos y Plan de Pruebas de Sistema, para conseguir un entendimiento |

| | | |
|---|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | común entre el cliente y el proyecto. |
| 4 | Análisis y Diseño | Conjunto de actividades en las cuales se analizan los requerimientos especificados para producir una descripción de la estructura de los componentes de software, la cual servirá de base para la construcción. Como resultado se obtiene la documentación del <i>Análisis y Diseño</i> y <i>Plan de Pruebas de Integración</i> . |
| 5 | Construcción | Conjunto de actividades para producir <i>Componente(s)</i> de software que correspondan al <i>Análisis y Diseño</i> , así como la realización de pruebas unitarias. Como resultado se obtienen el (los) <i>Componente(s)</i> de software probados. |
| 6 | Integración y Pruebas | Conjunto de actividades para integrar y probar los componentes de software, basadas en los <i>Planes de Pruebas de Integración y de Sistema</i> , con la finalidad de obtener el <i>Software</i> que satisfaga los requerimientos especificados. Se genera la versión final del <i>Manual de Usuario</i> , <i>Manual de Operación</i> y <i>Manual de Mantenimiento</i> . Como resultado se obtiene el producto de <i>Software</i> probado y documentado. |
| 7 | Cierre | Integración final de la <i>Configuración de Software (producto obtenido en cada iteración)</i> generada en las fases para su entrega. Identificación y documentación de las <i>Lecciones Aprendidas</i> . Generación del <i>Reporte de Mediciones y Sugerencias de Mejora</i> . |

MEMPD contempla que en cada *proceso* se debe definir varios *roles* (Analista, Programador, Revisor, Administrador del Proyecto, Cliente, Usuario, etc.), responsables de la ejecución de las *prácticas* y *actividades*. Como consecuencia de los *objetivos* de cada *proceso* generará *productos* o *artefactos software*, como son los diagramas, el código, los casos de pruebas, lecciones aprendidas entre otros. Se considera al cliente y al usuario como roles externos a la organización

4.2.4 PRODUCTOS

Configuración de Software: Es un conjunto consistente de productos de software.

Producto de Software: Es el producto que se genera en el proceso de Desarrollo de Software. Los productos de software se clasifican de manera general como

Especificación de Requerimientos, Análisis y Diseño, Software, Prueba, Registro de Rastreo y Manual.

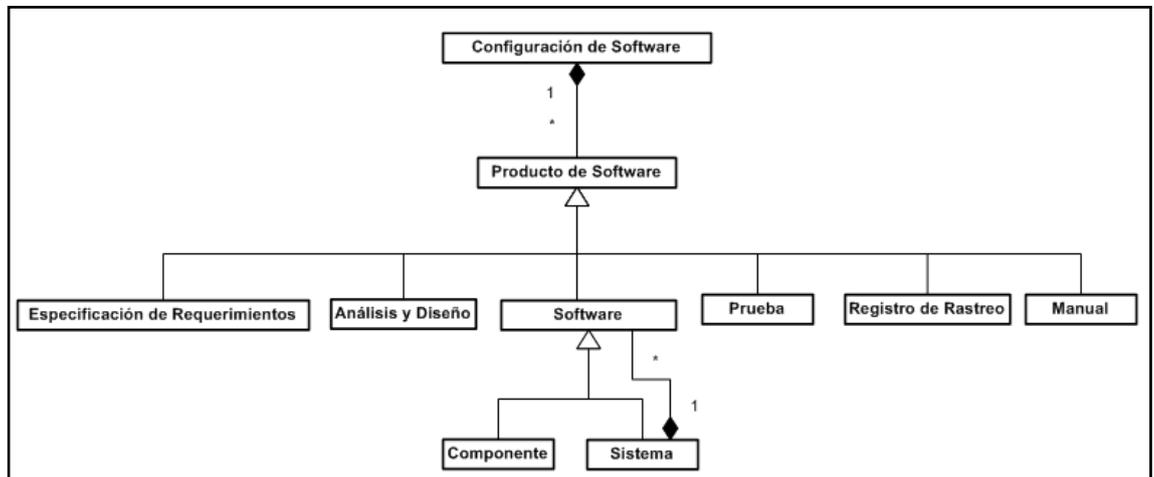


Figura 4.2: Productos de Software

Otros Productos: Producto distinto a los anteriores que también es generado en los procesos; por ejemplo: Reporte, Registro, Lección aprendida, entre otros.

Registro: Evidencia de actividades desempeñadas.

Reporte: Informe del resultado de las actividades realizadas.

Lección Aprendida: Experiencia positiva o negativa obtenida durante la realización de alguna actividad.

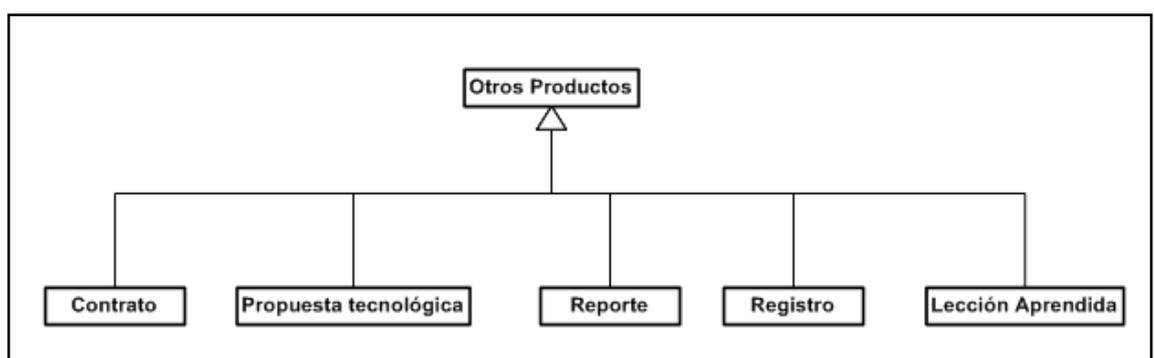


Figura 4.3: Otros Productos generados

4.2.5 OBJETIVOS E INDICADORES DEL PROCESO DE DESARROLLO

OBJETIVOS

Objetivo 1: Lograr que los productos de salida sean consistentes con los productos de entrada en cada fase de una iteración de desarrollo mediante las actividades de verificación y/o validación (pruebas).

Objetivo 2: Sustentar la realización de iteraciones posteriores o proyectos de mantenimiento futuros mediante la integración de la *Configuración de Software* de la iteración actual.

Objetivo 3: Llevar a cabo las actividades de las fases de una iteración mediante el cumplimiento del *Plan de Gestión del Proyecto Software* actual.

INDICADORES

Indicador 1: En cada fase de una iteración se efectúan todas las actividades de verificación y/o validación (pruebas), así como las correcciones correspondientes.

Indicador 2: La *Configuración de Software* está integrada por los productos generados en la iteración.

Indicador 3: Las actividades planificadas en cada fase de una iteración se realizan conforme a lo establecido en el *Plan de Gestión del Proyecto Software*.

Los indicadores tienen asociadas unas Metas Cuantitativas que son valores numéricos o rangos de satisfacción por indicador.

4.2.6 RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD

AUTORIDAD

- Responsable del Plan de Gestión del Proyecto Software o Administrador del Proyecto.

RESPONSABLE

- Responsable del Desarrollo del Software.

4.2.7 ENTRADAS, SALIDAS Y PRODUCTOS INTERNOS DEL PROCESO DE DESARROLLO

ENTRADAS

Tabla 4.2: Entradas del proceso de Desarrollo

| Nombre |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Plan de Gestión del Proyecto Software: <ul style="list-style-type: none">▪ Estudio de Viabilidad▪ Planificación▪ Organización▪ Staffing⁶⁸▪ Dirección▪ Control |

SALIDAS

Tabla 4.3: Salidas del proceso de Desarrollo

| Nombre | Descripción |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Especificación de Requerimientos | Se compone de una introducción y una descripción de requerimientos. <i>1. Introducción:</i> Descripción general del software y su uso en el ámbito de negocio del cliente. <i>2. Descripción de requerimientos:</i> <i>a) Funcionales:</i> |

⁶⁸ Staffing: dotación de personal

| | |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>Necesidades establecidas que debe satisfacer el software cuando es usado en condiciones específicas. Las funcionalidades deben ser adecuadas, exactas y seguras.</p> <p>b) Interfaz con usuario: Definición de aquellas características de la interfaz de usuario que permiten que el software sea fácil de aprender, entender y usar; que genere satisfacción al usuario, donde pueda desempeñar su tarea eficientemente. Incluyendo la descripción del prototipo de la interfaz.</p> <p>c) Interfaces externas: Definición de las interfaces con otro software o con hardware.</p> <p>d) Confiabilidad: Especificación del nivel de desempeño del software con respecto a la madurez, tolerancia a fallas y recuperación.</p> <p>e) Eficiencia: Especificación del nivel de desempeño del software con respecto al tiempo y a la utilización de recursos.</p> <p>f) Mantenimiento: Descripción de los elementos que facilitarán la comprensión y la realización de las modificaciones futuras del software.</p> <p>g) Portabilidad: Descripción de las características del software que permitan su transferencia de un ambiente a otro.</p> <p>h) Seguridad Mecanismos de protección del sistema contra manipulación y utilización indebida (confidencialidad, integridad, virus, etc.)</p> <p>i) Restricciones de diseño y construcción: Necesidades impuestas por el cliente.</p> <p>j) Requerimientos legales y normativos: Necesidades impuestas por leyes, reglamentos, entre otros.</p> |
| Manual de Mantenimiento | Documento electrónico o impreso que describe la configuración de software y el ambiente usado para el desarrollo y pruebas (compiladores, herramientas de análisis y diseño, construcción y pruebas). Este deberá ser redactado en términos comprensibles al personal de mantenimiento. |
| Reporte de Actividades | <p>Registro periódico de actividades, fechas de inicio y fin, responsables y mediciones, tales como:</p> <p>a) Tiempo de producción, de corrección, de verificación y/o validación (pruebas).</p> <p>b) Defectos encontrados en verificación y/o validación</p> |

| | |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | (pruebas). c) Tamaño de productos. |
| Lecciones Aprendidas | Registro de mejores prácticas, problemas recurrentes y experiencias exitosas en la solución de problemas, encontrados en una iteración de desarrollo y mantenimiento. |
| Reporte de Mediciones y Sugerencias de Mejora | Registro que contiene: a) Mediciones de los indicadores del proceso de Desarrollo de Software. b) Sugerencias de mejora al proceso de Desarrollo de Software (métodos, herramientas, formatos, estándares, etc.). |
| Registro de Rastreo | Relación entre los requerimientos, elementos de análisis y diseño, componentes de software y planes de pruebas. |
| Plan de Pruebas de Sistema | Identificación de pruebas requeridas para el cumplimiento de los requerimientos especificados. |
| Reporte de Pruebas de Sistema | Registro de participantes, fecha, lugar, duración y de defectos encontrados. |
| Plan de Pruebas de Integración | Descripción que contiene: a) El orden de integración de los componentes o subsistemas, guiado por la parte arquitectónica del Análisis y Diseño. b) Pruebas que se aplicarán para verificar la interacción entre los componentes. |
| Reporte de Pruebas de Integración | Registro de participantes, fecha, lugar, duración y de defectos encontrados. |

PRODUCTOS INTERNOS

Tabla 4.4: Productos Internos del proceso de Desarrollo

| Nombre | Descripción |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Reporte(s) de Verificación | Registro de participantes, fecha, lugar, duración y defectos encontrados. |
| Reporte(s) de Validación | Registro de participantes, fecha, lugar, duración y defectos encontrados. |

4.2.8 ROLES Y COMPETENCIAS

En las Prácticas se identifican los roles involucrados en el proceso y la competencia requerida, se describen las actividades en detalle, asociándolas a los objetivos del proceso, se presenta un diagrama de flujo de trabajo, se describen las

verificaciones y validaciones requeridas, se listan los productos que se incorporan a la base de conocimiento, se identifican los recursos de infraestructura necesarios para apoyar las actividades, se establecen las mediciones del proceso, así como las prácticas para la capacitación, manejo de situaciones excepcionales y uso de lecciones aprendidas.

Tabla 4.5: Roles Involucrados en el Modelo Propuesto

| Rol | Abreviatura | Competencia |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Responsable de Administración del Proyecto Específico. (Administrador del Proyecto) | AP | Capacidad de liderazgo con experiencia en la toma de decisiones, planificación estratégica, manejo de personal y desarrollo de software. |
| Responsable de Desarrollo de Software | DS | Conocimiento y experiencia en el desarrollo y mantenimiento de Software. |
| Analista | AN | Conocimiento y experiencia en la obtención, especificación y análisis de los requerimientos. |
| Diseñador de Interfaz de Usuario | DIU | Conocimiento en diseño de interfaces de usuario y criterios ergonómicos. |
| Diseñador | DI | Conocimiento y experiencia en el diseño de la estructura de los componentes de software. |
| Programador | PR | Conocimiento y/o experiencia en la programación, integración y pruebas unitarias |
| Responsable de Pruebas | PU | Conocimiento y experiencia en la planificación y realización de pruebas de integración y de sistema. |
| Revisor | RE | Conocimiento en las técnicas de revisión y experiencia en el desarrollo y mantenimiento de software. |
| Responsable de Manuales | RM | Conocimiento en las técnicas de redacción y experiencia en el desarrollo y mantenimiento de software. |
| Equipo de Trabajo | ET | Conocimiento y experiencia de acuerdo a su rol. |
| Cliente | CL | Interpretación del estándar de la especificación de requerimientos. |
| Usuario | US | Manejo del sistema. |

4.2.9 FLUJO DE TRABAJO DEL MODELO PROPUESTO

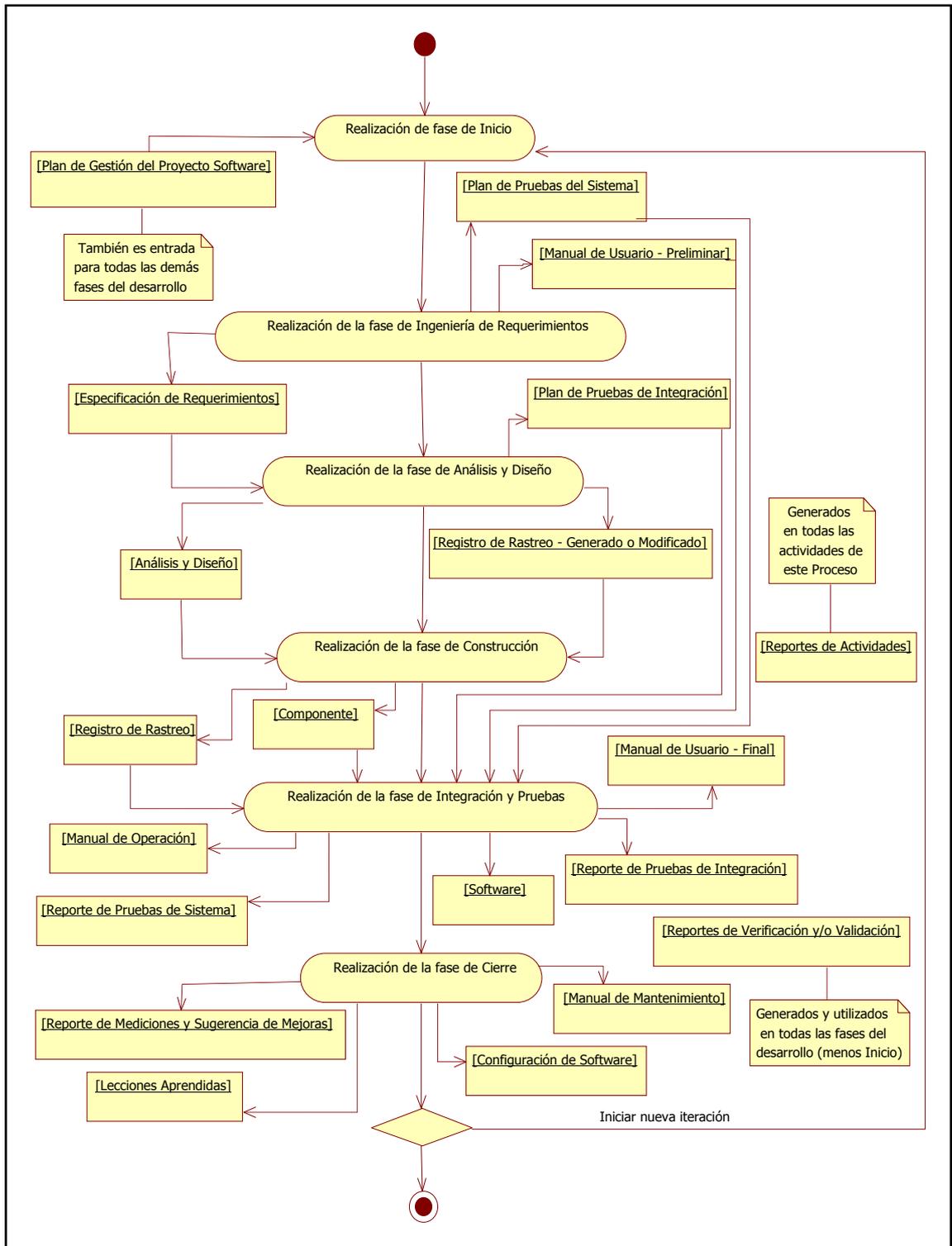


Figura 4.4: Flujo de Trabajo del Modelo Propuesto

4.2.10 PRÁCTICAS

PROCESO DE SOPORTE

GENERACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DEL PROYECTO SOFTWARE

Objetivo 1: Elaborar un plan controlador para el proyecto software, que especifique los enfoques técnicos y administrativos a ser usados en el desarrollo de un producto software.

Tabla 4.6: Número de Prácticas del Proceso de Soporte

| Proceso | Número de Prácticas |
|------------------------|---------------------|
| PGPS | 6 |
| Total Prácticas | 6 |

Tabla 4.7: Prácticas del Proceso de Soporte

| Rol | Descripción |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ▪ Administrador del Proyecto | <p>PS⁶⁹ 1.1. Realizar un <i>Estudio de viabilidad</i>: Producto de lo cual se elaborará un informe tanto del equipo de desarrollo del proyecto como del usuario o cliente, donde se verificará si el proyecto vale la pena desarrollarlo.</p> <p>PS 1.2. Realizar la <i>Planificación</i>: Predeterminación de un curso de acción para alcanzar los objetivos organizacionales.</p> <p>PS 1.3. Establecer la <i>Organización</i>: Arreglo de las relaciones entre las unidades de trabajo para el cumplimiento de objetivos y el otorgamiento de responsabilidad y autoridad para obtener esos objetivos.</p> <p>PS 1.4. Encargarse del <i>Staffing</i>: Selección y entrenamiento de personas para puestos en la organización.</p> <p>PS 1.5. Asumir la <i>Dirección</i> del proyecto: Creación de una atmósfera que apoye y motive a la gente para alcanzar los resultados finales deseados.</p> <p>PS 1.6. Realizar <i>Control</i> de las actividades: Establecimiento, medición y evaluación del desempeño de las actividades a través de los objetivos planeados.</p> |

⁶⁹ PS: Práctica de Soporte

PROCESO DE DESARROLLO

Tabla 4.8: Número de Prácticas del Proceso de Desarrollo

| Fase | Número de Prácticas |
|------------------------------|---------------------|
| Inicio | 3 |
| Ingeniería de Requerimientos | 16 |
| Análisis y Diseño | 11 |
| Construcción | 6 |
| Integración y Pruebas | 12 |
| Cierre | 6 |
| Total Prácticas | 54 |

Fase 1: INICIO

Objetivo 3: Llevar a cabo las actividades de las fases de una iteración mediante el cumplimiento del *Plan de Gestión del Proyecto Software* actual.

Tabla 4.9: Prácticas de la Fase de Inicio

| Rol | Descripción |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none">Administrador del ProyectoEquipo de trabajo | PD ⁷⁰ 1.1. Revisar con los miembros del equipo de trabajo el Plan de Gestión del Proyecto Software actual para lograr un entendimiento común y obtener su compromiso con el proyecto. |
| <ul style="list-style-type: none">Administrador del Proyecto | PD 1.2. Distribuir tareas a los miembros del equipo de trabajo según su rol, de acuerdo al Plan de Gestión del Proyecto Software actual. |
| <ul style="list-style-type: none">Administrador del Proyecto | PD 1.3. Elaborar el Reporte de Actividades registrando las actividades realizadas, fechas de inicio y fin, responsable por actividad y mediciones requeridas. |

Fase 2: INGENIERÍA DE REQUERIMIENTOS

Objetivo 1: Lograr que los productos de salida sean consistentes con los productos de entrada en cada fase de una iteración de desarrollo mediante las actividades de verificación y/o validación (pruebas).

⁷⁰ PD: Práctica de Desarrollo

Objetivo 3: Llevar a cabo las actividades de las fases de una iteración mediante el cumplimiento del *Plan de Gestión del Proyecto Software* actual.

Tabla 4.10: Prácticas de la Fase de Ingeniería de Requerimientos

| Rol | Descripción |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Responsable del Desarrollo de Software ▪ Analista | PD 2.1. Distribuir tareas a los miembros del equipo de trabajo según su rol, de acuerdo al Plan de Desarrollo actual. |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Analista | PD 2.2. Realizar la captura de requerimientos, mediante varias fuentes de información (clientes, usuarios, sistemas previos, documentos, etc.). |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Responsable del Desarrollo de Software ▪ Analista | PD 2.3. Analizar los requerimientos identificados para delimitar el alcance, considerando las restricciones del ambiente del negocio del cliente o del proyecto. |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Analista | PD 2.4. Documentar o modificar la Especificación de Requerimientos. |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisor | PD 2.5. Verificar la Especificación de Requerimientos (Verificación 1). |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Analista ▪ Diseñador de Interfaz de Usuario | PD 2.6. Corregir los defectos encontrados en la Especificación de Requerimientos con base en el Reporte de Verificación y obtener la aprobación de las correcciones. |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cliente ▪ Usuario ▪ Responsable de Pruebas ▪ Revisor | PD 2.7. Validar la Especificación de Requerimientos (Validación 1). |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Analista ▪ Diseñador de Interfaz de Usuario | PD 2.8. Corregir los defectos encontrados en la Especificación de Requerimientos con base en el Reporte de Validación y obtener la aprobación de las correcciones. |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Responsable de Pruebas ▪ Analista | PD 2.9. Elaborar o modificar Plan de Pruebas de Sistema. |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisor | PD 2.10. Verificar el Plan de Pruebas de Sistema (Verificación 2). |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Responsable de Pruebas | PD 2.11. Corregir los defectos encontrados en el Plan de Pruebas de Sistema con base en el Reporte de Verificación y obtener la aprobación de las correcciones. |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Responsable de Manuales | PD 2.12. Documentar la versión preliminar del Manual de Usuario o modificar el manual existente. |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisor | PD 2.13. Verificar el Manual de Usuario (Verificación 3). |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Responsable de Manuales | PD 2.14. Corregir los defectos encontrados en el Manual de Usuario con base en el Reporte de Verificación y obtener la aprobación de las correcciones. |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Responsable del Desarrollo de Software | PD 2.15. Incorporar Especificación de Requerimientos, Plan de Pruebas de Sistema y Manual de Usuario como líneas base a la Configuración de Software. |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Responsable del Desarrollo de Software | PD 2.16. Elaborar el Reporte de Actividades registrando las actividades realizadas, fechas de inicio y fin, responsable por actividad y mediciones requeridas. |

Fase 3: ANÁLISIS Y DISEÑO

Objetivo 1: Lograr que los productos de salida sean consistentes con los productos de entrada en cada fase de una iteración de desarrollo mediante las actividades de verificación y/o validación (pruebas).

Objetivo 3: Llevar a cabo las actividades de las fases de una iteración mediante el cumplimiento del *Plan de Gestión del Proyecto Software* actual.

Tabla 4.11: Prácticas de la Fase de Análisis y Diseño

| Rol | Descripción |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Responsable del Desarrollo de Software ▪ Analista ▪ Diseñador | PD 3.1. Distribuir tareas a los miembros del equipo de trabajo según su rol, de acuerdo al Plan de Desarrollo actual. |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Analista ▪ Diseñador ▪ Diseñador de Interfaz de Usuario | PD 3.2. Documentar o modificar el Análisis y Diseño: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Analizar la Especificación de Requerimientos para generar la descripción de la estructura interna del sistema y su descomposición en subsistemas, y éstos a su vez en componentes, definiendo las interfaces entre ellos. ▪ Describir el detalle de la apariencia y el comportamiento de la interfaz con base en la Especificación de Requerimientos de forma que se puedan prever los recursos para su implementación. ▪ Describir el detalle de los componentes que permita su construcción de manera evidente. ▪ Generar o actualizar el Análisis y Diseño. ▪ Generar o modificar el Registro de Rastreo. |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisor | PD 3.3. Verificar el Análisis y Diseño y el Registro de Rastreo (Verificación 4). |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Analista ▪ Diseñador | PD 3.4. Corregir los defectos encontrados en el Análisis y Diseño y en el Registro de Rastreo con base en el Reporte de Verificación |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Diseñador de Interfaz de Usuario | y obtener la aprobación de las correcciones. |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cliente ▪ Responsable de Pruebas ▪ Revisor | PD 3.5. Validar el Análisis y Diseño (Validación 2). |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Analista ▪ Diseñador ▪ Diseñador de Interfaz de Usuario | PD 3.6. Corregir los defectos encontrados en el Análisis y Diseño con base en el Reporte de Validación y obtener la aprobación de las correcciones. |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Responsable de Pruebas | PD 3.7. Elaborar o modificar Plan de Pruebas de Integración. |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisor | PD 3.8. Verificar el Plan de Pruebas de Integración (Verificación 5). |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Responsable de Pruebas | PD 3.9. Corregir los defectos encontrados en el Plan de Pruebas de Integración con base en el Reporte de Verificación y obtener la aprobación de las correcciones. |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Responsable del Desarrollo de Software | PD 3.10. Incorporar el Análisis y Diseño, el Registro de Rastreo y el Plan de Pruebas de Integración como líneas base a la Configuración de Software. |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Responsable del Desarrollo de Software | PD 3.11. Elaborar el Reporte de Actividades registrando las actividades realizadas, fechas de inicio y fin, responsable por actividad y mediciones requeridas. |

Fase 4: CONSTRUCCIÓN

Objetivo 1: Lograr que los productos de salida sean consistentes con los productos de entrada en cada fase de una iteración de desarrollo mediante las actividades de verificación y/o validación (pruebas).

Objetivo 3: Llevar a cabo las actividades de las fases de una iteración mediante el cumplimiento del *Plan de Gestión del Proyecto Software* actual.

Tabla 4.12: Prácticas de la Fase de Construcción

| Rol | Descripción |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Responsable del Desarrollo de Software | PD 4.1. Distribuir tareas a los miembros del equipo de trabajo según su rol, de acuerdo al Plan de Desarrollo actual. |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Programador | PD 4.2. Construir o modificar el(los) Componente(s) de software: |

| | |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Implementar o modificar Componente(s) con base a la parte detallada del Análisis y Diseño. ▪ Definir y aplicar pruebas unitarias para verificar que el funcionamiento de cada componente esté acorde con la parte detallada del Análisis y Diseño. ▪ Corregir los defectos encontrados hasta lograr pruebas unitarias exitosas (sin defectos). ▪ Actualizar el Registro de Rastreo, incorporando los componentes construidos o modificados. |
| ▪ Revisor | PD 4.3. Verificar el Registro de Rastreo (Verificación 6). |
| ▪ Programador | PD 4.4. Corregir los defectos encontrados en el Registro de Rastreo con base en el Reporte de Verificación y obtener la aprobación de las correcciones. |
| ▪ Responsable del Desarrollo de Software | PD 4.5. Incorporar Componentes y Registro de Rastreo como líneas base a la Configuración de Software. |
| ▪ Responsable del Desarrollo de Software | PD 4.6. Elaborar el Reporte de Actividades, registrando las actividades realizadas, fechas de inicio y fin, responsable por actividad y mediciones requeridas. |

Fase 5: INTEGRACIÓN Y PRUEBAS

Objetivo 1: Lograr que los productos de salida sean consistentes con los productos de entrada en cada fase de una iteración de desarrollo mediante las actividades de verificación y/o validación (pruebas).

Objetivo 3: Llevar a cabo las actividades de las fases de una iteración mediante el cumplimiento del *Plan de Gestión del Proyecto Software* actual.

Tabla 4.13: Prácticas de la Fase de Integración y Pruebas

| Rol | Descripción |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ▪ Responsable del Desarrollo de Software | PD 5.1. Distribuir tareas a los miembros del equipo de trabajo según su rol, de acuerdo al Plan de Desarrollo actual. |
| ▪ Programador ▪ Responsable de Pruebas | PD 5.2. Realizar integración y pruebas. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Integrar los componentes en subsistemas o en el sistema del Software y aplicar las pruebas siguiendo el Plan de Pruebas de Integración, documentando los resultados en un Reporte de Pruebas de Integración. ▪ Corregir los defectos encontrados, con base en Reporte de Pruebas de Integración, hasta lograr una prueba de integración exitosa (sin defectos). ▪ Actualizar el Registro de Rastreo. |

| | |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ▪ Responsable de Manuales | PD 5.3. Documentar el Manual de Operación o modificar el manual existente. |
| ▪ Revisor | PD 5.4. Verificar el Manual de Operación (Verificación 7). |
| ▪ Responsable de Manuales | PD 5.5. Corregir los defectos encontrados en el Manual de Operación con base en el Reporte de Verificación y obtener la aprobación de las correcciones. |
| ▪ Responsable de Pruebas | PD 5.6. Realizar las pruebas de sistema siguiendo el Plan de Pruebas de Sistema, documentando los resultados en un Reporte de Pruebas de Sistema. |
| ▪ Programador | PD 5.7. Corregir los defectos encontrados en las pruebas de sistema con base en el Reporte de Pruebas de Sistema y obtener la aprobación de las correcciones. |
| ▪ Responsable de Manuales | PD 5.8. Documentar el Manual de Usuario o modificar el existente. |
| ▪ Revisor | PD 5.9. Verificar el Manual de Usuario (Verificación 8). |
| ▪ Responsable de Manuales | PD 5.10. Corregir los defectos encontrados en el Manual de Usuario con base en el Reporte de Verificación y obtener la aprobación de las correcciones. |
| ▪ Responsable del Desarrollo de Software | PD 5.11. Incorporar Software, Reporte de Pruebas de Integración, Registro de Rastreo, Manual de Operación y Manual de Usuario como líneas base a la Configuración de Software. |
| ▪ Responsable del Desarrollo de Software | PD 5.12. Elaborar el Reporte de Actividades registrando las actividades realizadas, fechas de inicio y fin, responsable por actividad y mediciones requeridas. |

Fase 6: CIERRE

Objetivo 2: Sustentar la realización de iteraciones posteriores o proyectos de mantenimiento futuros mediante la integración de la *Configuración de Software* de la iteración actual.

Tabla 4.14: Prácticas de la Fase de Cierre

| Rol | Descripción |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ▪ Responsable de Manuales | PD 6.1. Documentar el Manual de Mantenimiento o modificar el existente. |
| ▪ Revisor | PD 6.2. Verificar el Manual de Mantenimiento (Verificación 9). |
| ▪ Responsable de Manuales | PD 6.3. Corregir los defectos encontrados en el Manual de Mantenimiento con base en el Reporte de Verificación y obtener la aprobación de las correcciones. |
| ▪ Responsable del Desarrollo de Software | PD 6.4. Incorporar Manual de Mantenimiento como línea base a la Configuración de Software. |
| ▪ Responsable | PD 6.5. Identificar las Lecciones Aprendidas e integrarlas a la |

| | |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| del Desarrollo de Software ▪ Equipo de Trabajo | Base de Conocimiento. Como ejemplo, se pueden considerar mejores prácticas, experiencias exitosas de manejo de riesgos, problemas recurrentes, entre otras. |
| ▪ Responsable del Desarrollo de Software ▪ Equipo de Trabajo | PD 6.6. Generar el Reporte de Mediciones y Sugerencias de Mejora. |
| ▪ Responsable del Desarrollo de Software | PD 6.7. Elaborar el Reporte de Actividades registrando las actividades realizadas, fechas de inicio y fin, responsable por actividad y mediciones requeridas. |

4.3 OTRAS RECOMENDACIONES PARA MEJORAR LOS PROCESOS DE DESARROLLO DE SOFTWARE

4.3.1 DE LA ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL PROYECTO

El proceso de la dirección de proyectos denota el influjo interpersonal mediante el cual los gerentes o directores se comunican con sus subalternos para la ejecución de un trabajo. La justificación de este proceso radica en que se facilita el trabajo cuando existe una buena comunicación acerca de los problemas técnicos, de coordinación y de motivación. Para poder realizar la dirección de una forma efectiva, es necesaria la utilización de una estructura organizacional. [15]

Por lo cual para la administración de los proyectos de la empresa, se recomienda la estructura organizacional denominada “Organización de Proyecto”, que determina que todos los recursos necesarios para realizar un proyecto son separados de sus unidades funcionales regulares y se reúnen como una unidad independiente de trabajo dirigida por un Administrador de Proyectos, al cual se le concede una amplia autoridad sobre los recursos del proyecto y pueden adquirir nuevos recursos ya sea dentro o fuera de la organización. Todo el personal del proyecto está bajo la autoridad del Administrador del Proyecto por el periodo que el proyecto dure.

Las ventajas de este tipo de organización vienen de su objetivo único y su unidad de comando. Se desarrolla un verdadero espíritu de equipo bajo un claro entendimiento de las actividades y enfocado a un objetivo único. La comunicación informal es efectiva en un equipo fuertemente enlazado, y el Administrador del Proyecto tiene todos los recursos bajo su disposición.

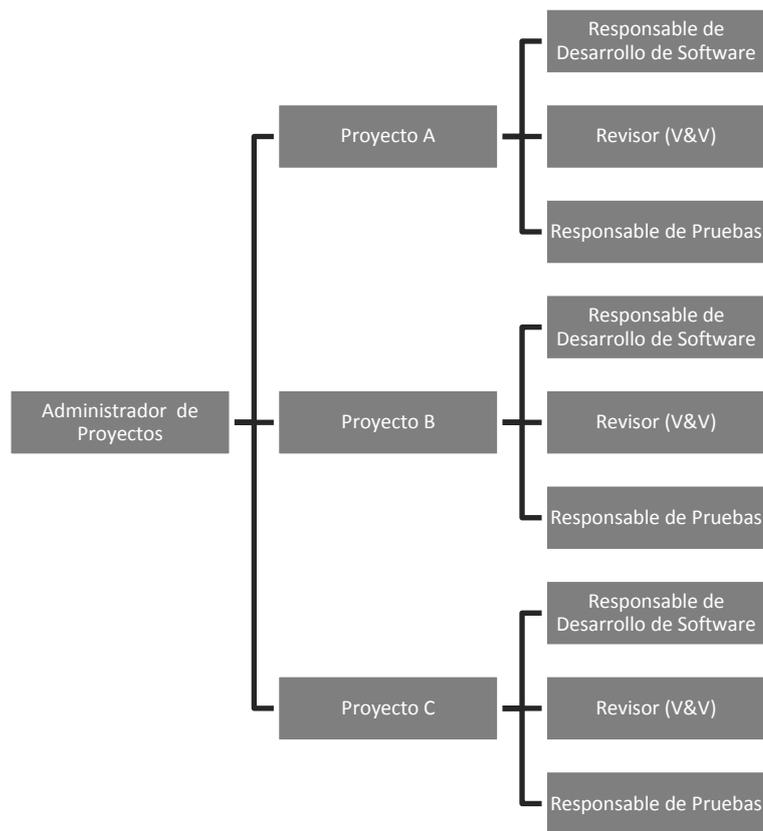


Figura 4.5: Estructura organizacional para la Administración de Proyectos

4.3.2 LO QUE NO SE DEBE HACER EN EL DESARROLLO

- Descuidar la calidad en las etapas iniciales, conlleva a perder mucho tiempo corrigiendo defectos justo cuando es más caro, por lo que el proyecto se retrasará.
- Pasar por alto el axioma de desarrollo, de crear un buen diseño antes de comenzar a codificar; el programa fallará cuando cambie la concepción del producto durante el proceso de desarrollo, y el proyecto se retrasará.

- No contar con un plan de riesgos que permitan mitigar los riesgos del proyecto.
- Descuidar a más del proceso de desarrollo formal, los otros pilares del desarrollo óptimo como son personas (peopleware), producto y tecnología.
- No considerar la verdadera dimensión del producto en cuanto a su tamaño y características.

- No utilizar hardware de buenas prestaciones y software de desarrollo efectivas.
- Planificación no realista e insuficiente.
- Falta de control directivo.

Del personal de equipo de desarrollo se debe tomar en cuenta cinco principios de selección del personal (Barry Boehm, 2001):

- Máximo talento. Usar poco y buen personal
- Trabajo adecuado. Asignar tareas según la habilidad y motivación de la gente disponible.
- Progreso profesional. Ayudar a la gente a actualizarse por sí misma.
- Equilibrio de Equipo. Seleccionar personas que se complementen y armonice con los demás.
- Eliminar la inadaptación. Eliminar y reemplazar a los miembros problemáticos del equipo lo antes posible.

4.4 PROPUESTA DEL MODELO DE EVALUACIÓN DE PROCESOS

4.4.1 CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Una vez establecido el modelo de mejora de procesos, donde se señalan Prácticas de Soporte (6) y las Prácticas de Desarrollo (54), y tomando como base que el proceso de evaluación de procesos puede ser realizado por un equipo interno de la empresa, mediante un método de cuestionarios, tabulación y análisis de resultados utilizando gráficos, para determinar la capacidad de los procesos de la empresa.

Con la finalidad de que el proceso de evaluación se ajuste lo más posible a la realidad, se considera que se deben evaluar por lo menos de tres proyectos (P) realizados con anterioridad.

4.4.2 VALORACIÓN DE LAS PRÁCTICAS

A continuación se señala la valoración de cada una de las prácticas de acuerdo a su nivel de cumplimiento.

Tabla 4.15: Puntajes de las prácticas

| Puntuación | Significado |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0-1 | Esta práctica no se requiere y casi nunca se realiza. |
| 2-3 | Esta práctica a veces se requiere y a veces se realiza. |
| 4-5 | Esta práctica es requerida pero no siempre se realiza o la práctica es regularmente realizada aunque no es supervisada. |
| 6-7 | Esta práctica es normalmente requerida y usualmente realizada. |
| 8-9 | Esta práctica es requerida, es realizada y supervisada (la práctica está institucionalizada). |
| 10 | Esta práctica es institucionalizada y es un ejemplo de clase mundial. |
| ? | El participante no conoce la respuesta. |

4.4.3 EVIDENCIAS DEL CUMPLIMIENTO DE LOS PRÁCTICAS

Con la finalidad de registrar evidencias del cumplimiento de las Prácticas, estas se las realizará a través de artefactos directos, indirectos y afirmaciones.

- **Artefacto directo:** aquello que demuestra claramente el cumplimiento de una práctica.
- **Artefacto indirecto:** aquellos artefactos de los que se puede derivar el correcto cumplimiento de una práctica.
- **Afirmación:** Testimonio dado durante la fase de entrevistas que confirman el cumplimiento de las prácticas.

Para probar que una práctica se cumple es necesario que exista un artefacto directo o uno indirecto más una afirmación, en caso contrario la práctica no será válida.

4.4.4 CUESTIONARIOS DE EVALUACIÓN

Para este proceso se cuenta con 7 cuestionarios con un total de 60 prácticas a ser evaluadas.

Tabla 4.16: Evaluación del proceso de Soporte

| PROCESO DE SOPORTE: GENERACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DEL PROYECTO SOFTWARE | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| Criterio de Evaluación | P1 | P2 | P3 | Valor |
| PS 1.1. Realiza un Estudio de viabilidad: Producto de lo cual se elabora un informe tanto del equipo de desarrollo del proyecto como del usuario o cliente, donde se verifica si el proyecto vale la pena desarrollarlo. | | | | |
| PS 1.2. Realiza Planificación: Predeterminación de un curso de acción para alcanzar los objetivos organizacionales. | | | | |
| PS 1.3. Establece la Organización: Arreglo de las relaciones entre las unidades de trabajo para el cumplimiento de objetivos y el otorgamiento de responsabilidad y autoridad para obtener esos objetivos. | | | | |
| PS 1.4. Se encarga del Staffing: Selección y entrenamiento de personas para puestos en la organización. | | | | |
| PS 1.5. Se asume la Dirección del proyecto: Creación de una atmósfera que apoye y motive a la gente para alcanzar los resultados finales deseados. | | | | |
| PS 1.6. Se realiza Control de las actividades: Establecimiento, medición y evaluación del desempeño de las actividades a través de los objetivos planeados. | | | | |
| Total: | | | | |

Tabla 4.17: Evaluación de la Fase de Inicio

| PROCESO DE DESARROLLO: INICIO | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| Criterio de Evaluación | P1 | P2 | P3 | Valor |
| PD 1.1. Revisa con los miembros del equipo de trabajo el Plan de Gestión del Proyecto Software actual para lograr un entendimiento común y obtener su compromiso con el proyecto | | | | |
| PD 1.2. Distribuye tareas a los miembros del equipo de trabajo según su rol, de acuerdo al Plan de Gestión del | | | | |

| | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|
| Proyecto Software actual. | | | | |
| PD 1.3. Elabora el Reporte de Actividades registrando las actividades realizadas, fechas de inicio y fin, responsable por actividad y mediciones requeridas. | | | | |
| Total: | | | | |

Tabla 4.18: Evaluación de la Fase de Ingeniería de Requerimientos

| PROCESO DE DESARROLLO: INGENIERÍA DE REQUERIMIENTOS | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| Criterio de Evaluación | P1 | P2 | P3 | Valor |
| PD 2.1. Distribuir tareas a los miembros del equipo de trabajo según su rol, de acuerdo al Plan de Desarrollo actual. | | | | |
| PD 2.2. Realiza la captura de requerimientos, mediante varias fuentes de información (clientes, usuarios, sistemas previos, documentos, etc.). | | | | |
| PD 2.3. Analiza los requerimientos identificados para delimitar el alcance, considerando las restricciones del ambiente del negocio del cliente o del proyecto. | | | | |
| PD 2.4. Documenta o modifica la Especificación de Requerimientos. | | | | |
| PD 2.5. Verifica la Especificación de Requerimientos (Verificación 1). | | | | |
| PD 2.6. Corrige los defectos encontrados en la Especificación de Requerimientos con base en el Reporte de Verificación y obtiene la aprobación de las correcciones. | | | | |
| PD 2.7. Valida la Especificación de Requerimientos (Validación 1). | | | | |
| PD 2.8. Corrige los defectos encontrados en la Especificación de Requerimientos con base en el Reporte de Validación y obtiene la aprobación de las correcciones. | | | | |
| PD 2.9. Elaborar o modificar Plan de Pruebas de Sistema. | | | | |
| PD 2.10. Verifica el Plan de Pruebas de Sistema (Verificación 2). | | | | |
| PD 2.11. Corrige los defectos encontrados en el Plan de Pruebas de Sistema con base en el Reporte de Verificación y obtiene la aprobación de las correcciones. | | | | |
| PD 2.12. Documenta la versión preliminar del Manual de Usuario o modifica el manual existente. | | | | |
| PD 2.13. Verifica el Manual de Usuario (Verificación 3). | | | | |
| PD 2.14. Corrige los defectos encontrados en el Manual de Usuario con base en el Reporte de Verificación y obtiene la aprobación de las correcciones. | | | | |
| PD 2.15. Incorpora Especificación de Requerimientos, Plan de Pruebas de Sistema y Manual de Usuario como líneas base a la Configuración de Software. | | | | |
| PD 2.16. Elabora el Reporte de Actividades registrando las actividades realizadas, fechas de inicio y fin, responsable por | | | | |

| | | | | |
|------------------------------------|--|--|--|--|
| actividad y mediciones requeridas. | | | | |
| Total: | | | | |

**Tabla 4.19: Evaluación de la Fase de Análisis y Diseño
PROCESO DE DESARROLLO: ANÁLISIS Y DISEÑO**

| Criterio de Evaluación | P1 | P2 | P3 | Valor |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| PD 3.1. Distribuye tareas a los miembros del equipo de trabajo según su rol, de acuerdo al Plan de Desarrollo actual. | | | | |
| PD 3.2. Documenta o modifica el Análisis y Diseño: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Analiza la Especificación de Requerimientos para generar la descripción de la estructura interna del sistema y su descomposición en subsistemas, y éstos a su vez en componentes, definiendo las interfaces entre ellos. ▪ Describe el detalle de la apariencia y el comportamiento de la interfaz con base en la Especificación de Requerimientos de forma que se puedan prever los recursos para su implementación. ▪ Describe el detalle de los componentes que permita su construcción de manera evidente. ▪ Genera o actualiza el Análisis y Diseño. ▪ Genera o modifica el Registro de Rastreo. | | | | |
| PD 3.3. Verifica el Análisis y Diseño y el Registro de Rastreo (Verificación 4). | | | | |
| PD 3.4. Corrige los defectos encontrados en el Análisis y Diseño y en el Registro de Rastreo con base en el Reporte de Verificación y obtiene la aprobación de las correcciones. | | | | |
| PD 3.5. Valida el Análisis y Diseño (Validación 2). | | | | |
| PD 3.6. Corrige los defectos encontrados en el Análisis y Diseño con base en el Reporte de Validación y obtiene la aprobación de las correcciones. | | | | |
| PD 3.7. Elabora o modifica Plan de Pruebas de Integración. | | | | |
| PD 3.8. Verifica el Plan de Pruebas de Integración (Verificación 5). | | | | |
| PD 3.9. Corrige los defectos encontrados en el Plan de Pruebas de Integración con base en el Reporte de Verificación y obtiene la aprobación de las correcciones. | | | | |
| PD 3.10. Incorpora el Análisis y Diseño, el Registro de Rastreo y el Plan de Pruebas de Integración como líneas base a la Configuración de Software. | | | | |
| PD 3.11. Elabora el Reporte de Actividades registrando las actividades realizadas, fechas de inicio y fin, responsable por actividad y mediciones requeridas. | | | | |
| Total: | | | | |

Tabla 4.20: Evaluación de la Fase de Construcción

| PROCESO DE DESARROLLO: CONSTRUCCIÓN | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| Criterio de Evaluación | P1 | P2 | P3 | Valor |
| PD 4.1. Distribuye tareas a los miembros del equipo de trabajo según su rol, de acuerdo al Plan de Desarrollo actual. | | | | |
| PD 4.2. Construye o modifica el(los) Componente(s) de software: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Implementa o modifica Componente(s) con base a la parte detallada del Análisis y Diseño. ▪ Define y aplica pruebas unitarias para verificar que el funcionamiento de cada componente esté acorde con la parte detallada del Análisis y Diseño. ▪ Corrige los defectos encontrados hasta lograr pruebas unitarias exitosas (sin defectos). ▪ Actualiza el Registro de Rastreo, incorporando los componentes construidos o modificados. | | | | |
| PD 4.3. Verifica el Registro de Rastreo (Verificación 6). | | | | |
| PD 4.4. Corrige los defectos encontrados en el Registro de Rastreo con base en el Reporte de Verificación y obtiene la aprobación de las correcciones. | | | | |
| PD 4.5. Incorpora Componentes y Registro de Rastreo como líneas base a la Configuración de Software. | | | | |
| PD 4.6. Elabora el Reporte de Actividades, registrando las actividades realizadas, fechas de inicio y fin, responsable por actividad y mediciones requeridas. | | | | |
| Total: | | | | |

Tabla 4.21: Evaluación de la Fase de Integración y Pruebas

| PROCESO DE DESARROLLO: INTEGRACIÓN Y PRUEBAS | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| Criterio de Evaluación | P1 | P2 | P3 | Valor |
| PD 5.1. Distribuye tareas a los miembros del equipo de trabajo según su rol, de acuerdo al Plan de Desarrollo actual. | | | | |
| PD 5.2. Realiza integración y pruebas. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Integra los componentes en subsistemas o en el sistema del Software y aplica las pruebas siguiendo el Plan de Pruebas de Integración, documentando los resultados en un Reporte de Pruebas de Integración. ▪ Corrige los defectos encontrados, con base en Reporte de Pruebas de Integración, hasta lograr una prueba de integración exitosa (sin defectos). ▪ Actualiza el Registro de Rastreo. | | | | |
| PD 5.3. Documenta el Manual de Operación o modifica el manual existente. | | | | |
| PD 5.4. Verifica el Manual de Operación (Verificación 7). | | | | |

| | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|
| PD 5.5. Corrige los defectos encontrados en el Manual de Operación con base en el Reporte de Verificación y obtiene la aprobación de las correcciones. | | | | |
| PD 5.6. Realiza las pruebas de sistema siguiendo el Plan de Pruebas de Sistema, documentando los resultados en un Reporte de Pruebas de Sistema. | | | | |
| PD 5.7. Corrige los defectos encontrados en las pruebas de sistema con base en el Reporte de Pruebas de Sistema y obtiene la aprobación de las correcciones. | | | | |
| PD 5.8. Documenta el Manual de Usuario o modifica el existente. | | | | |
| PD 5.9. Verifica el Manual de Usuario (Verificación 8). | | | | |
| PD 5.10. Corrige los defectos encontrados en el Manual de Usuario con base en el Reporte de Verificación y obtiene la aprobación de las correcciones. | | | | |
| PD 5.11. Incorpora Software, Reporte de Pruebas de Integración, Registro de Rastreo, Manual de Operación y Manual de Usuario como líneas base a la Configuración de Software. | | | | |
| PD 5.12. Elabora el Reporte de Actividades registrando las actividades realizadas, fechas de inicio y fin, responsable por actividad y mediciones requeridas. | | | | |
| Total: | | | | |

Tabla 4.22: Evaluación de la Fase de Cierre

| PROCESO DE DESARROLLO: CIERRE | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| Criterio de Evaluación | P1 | P2 | P3 | Valor |
| PD 6.1. Documenta el Manual de Mantenimiento o modifica el existente. | | | | |
| PD 6.2. Verifica el Manual de Mantenimiento (Verificación 9). | | | | |
| PD 6.3. Corrige los defectos encontrados en el Manual de Mantenimiento con base en el Reporte de Verificación y obtiene la aprobación de las correcciones. | | | | |
| PD 6.4. Incorpora Manual de Mantenimiento como línea base a la Configuración de Software. | | | | |
| PD 6.5. Identifica las Lecciones Aprendidas e integra a la Base de Conocimiento. Como ejemplo, se pueden considerar mejores prácticas, experiencias exitosas de manejo de riesgos, problemas recurrentes, entre otras. | | | | |
| PD 6.6. Genera el Reporte de Mediciones y Sugerencias de Mejora. | | | | |
| PD 6.7. Elabora el Reporte de Actividades registrando las actividades realizadas, fechas de inicio y fin, responsable por actividad y mediciones requeridas. | | | | |
| Total: | | | | |

4.4.5 ACERCA DE LA INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La evaluación maneja tres niveles de métrica (alto, medio y bajo), los mismos que son relacionados con los colores semáforo (verde, amarillo y rojo). Estos niveles se encargan de caracterizar la práctica del modelo, indicando el nivel de satisfacción del objetivo y si los procesos propuestos fueron implementados.

Tabla 4.23: Tabla de valores para la evaluación

| Rango de valores | Color | Grado de satisfacción de los objetivo del modelo | Descripción |
|------------------|-----------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| De 0 a 3,99 | Rojo | Baja | El enfoque del proceso es crítico, no se alinea a los objetivos del modelo. |
| De 4 a 6,99 | Amarillo | Medio | Los objetivos del modelo se cumplen medianamente. |
| De 7 a 10 | Verde | Alto | El proceso presenta un alto nivel de adhesión a los objetivos del modelo. |

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Un software de buena calidad debe principalmente satisfacer las expectativas de clientes y usuarios. Es en este punto donde fallan la mayoría de las empresas de nuestro país dedicadas a la elaboración de software.
- Existen dos enfoques para lograr la calidad del software, el primero centrado en la calidad el producto y se lo puede alcanzar con la implementación de Modelos como ISO/IEC 9126, ISO/IEC 14598, ISO/IEC 25000 (SQuaRe) y la otra centrada en la calidad del proceso de desarrollo, para lo cual existen Modelos como CMMI, ISO/IEC 15504 (SPICE), ISO/IEC 12207, ISO/IEC 29110.
- Actualmente en Ecuador existen 500 empresas desarrolladoras de software, las cuales se encuentran principalmente en los polos de desarrollo del país, como son las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca. De estas empresas aproximadamente el 90% son consideradas como MIPYMES.
- De las todas las empresas, aproximadamente el 20% tiene algún tipo de certificación internacional que les permite mejorar la productividad y la calidad de sus productos, lo que les permite extender su mercado. Sin embargo, son muy pocas las empresas que tienen una de las certificaciones internacionales más reconocidas a nivel mundial, como es la asociada con el CMMI, principalmente debido al elevado costo y esfuerzo que esto involucra.
- Al realizar la evaluación de las Áreas de Procesos de la Disciplina de Ingeniería y del proceso de Planificación de Proyectos, se determinó que actualmente en la

empresa, los procesos de Gestión de requerimientos, Solución técnica, Integración de productos y Verificación, no se encuentran definidos ni implementados, mientras que las actividades de los procesos de Planificación de proyectos, Desarrollo de requerimientos y Validación, mantienen un enfoque que se acerca medianamente a los objetivos de CMMI.

- Se logró proponer un modelo de evaluación y mejora de procesos de software para la empresa Icono Sistemas definida como MIPYMES, tomando como base las mejores prácticas de los modelos de desarrollo existentes, los cuales están enfocados a empresas grandes de desarrollo.

5.2 RECOMENDACIONES

- Debido a que las proyecciones de crecimiento de la industria de software del Ecuador son alentadoras, debería haber un acercamiento entre el gobierno, las empresas de desarrollo de software y la academia para alinear sus esfuerzos con la finalidad de generar una marca país.
- Debido a que el nicho de mercado del Ecuador es pequeño, la mayoría de empresas desarrolladoras de software debe propender a la exportación de sus productos, pero para ser tomada en cuenta en estas esferas, las empresas deben obtener certificaciones internacionales reconocidas por la industria del sector, como por ejemplo el CMMI.
- Debido a que la mayoría de empresas de desarrollo de software del Ecuador son MIPYMES, estas no pueden comprometer ingentes cantidades de recursos para involucrarse en la aventura que involucra una certificación internacional, por lo que se recomienda primero utilizar la presente propuesta, para que estas puedan evaluarse y prepararse de alguna manera para dar el paso hacia una certificación internacional.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ROJAS Daniel, “Teorías de la calidad. Orígenes y tendencias de la calidad total”, disponible en <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/teocalidad.html>
- [2] Pressman Roger, “Ingeniería del Software: Un Enfoque Práctico”, McGraw-Hill, Sexta Edición, 2005
- [3] Watts S. Humphrey , “Introducción al Proceso Software Personal (PSP)”, Addison-Wesley, 2001.
- [4] Estándar ISO 12207, “Procesos de Ingeniería del Software”, Universidad de Cantabria, disponible en <http://www.ctr.unican.es/asignaturas/is1/is1-t02-trans.pdf>.
- [5] Carnegie Mellon University, SEI, “The Capability Maturity Model Integration (CMMI SM) v 1.1”, Addison Wesley, USA, 2002.
- [6] CMMI® for Development, Version 1.2 - <http://www.sei.cmu.edu/reports/06tr008.pdf>
- [7] CALERO Coral / MORAGA, Mª Angeles / PIATTINI Velthuis, MARIO G, “Calidad del Producto y Proceso Software”, RA-MA Editorial, 2010.
- [8] JACKSON Michael, “ISO 15504 TR: 1998 Software Process Assessment - Software Requirements & Specifications”, Addison Wesley; Estados Unidos de America; 1998.
- [9] Oktaba H, Esquivel C; et al., “Modelo de Procesos para la Industria del Software. MoProSoft. Versión 1.3”, Secretaría de Economía – México, Mayo 2005.
- [10] M.C.Paulk, C.V.Weber, B.Curtis y M.B.Chrissis, “The Capability Maturity Model: Guidelines for Improving the Software Process”, Addison-Wesley, 2004.
- [11] Guía de PMBOK, “PMBOK, Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos, Cuarta Edición.
- [12] JENNER, Michael; “Software Quality Management and ISO 9000: How to make them work for you”, John Wiley & Sons, 2001.
- [13] Mark C. Paulk, Bill Curtis, Mary Beth Chrissis and Charles Weber, “Capability Maturity Model”, versión 1.1. IEEE Software, jul/ago 1993. Vol. 10, No. 4, pp. 18-27.
- [14] IEEE Computer Society. “Guide to the Software Engineering Body of Knowledge”, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2004.
- [15] McConnell Steve, “Desarrollo y Gestión de Proyectos Informáticos: Cómo dominar planificaciones ajustadas al software”, McGrawwHill Microsoft Press, 2010.