



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

**IMPLEMENTACIÓN DE CMMI Y LA NORMA ISO SPICE 15504 PARA LA MEJORA DE
PROCESOS DE LAS EMPRESAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE GUATEMALTECAS**

Ana Patricia Rodríguez Fernández

Asesorado por el Ing. Roberto René Arreaga Coloma

Guatemala, noviembre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE CMMI Y LA NORMA ISO SPICE 15504 PARA LA MEJORA DE
PROCESOS DE LAS EMPRESAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE GUATEMALTECAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ANA PATRICIA RODRIGUEZ FERNÁNDEZ

ASESORADO POR EL ING. ROBERTO RENÉ ARREAGA COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA EN CIENCIAS Y SISTEMAS

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Elvia Miriam Raballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Fernández Cáceres
EXAMINADOR	Ing. Ludwing Federico Altan Sac
EXAMINADOR	Ing. Luis Fernando Quiñonez López
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

IMPLEMENTACIÓN DE CMMI Y LA NORMA ISO SPICE 15504 PARA LA MEJORA DE PROCESOS DE LAS EMPRESAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE GUATEMALTECAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, con fecha junio de 2011.



Ana Patricia Rodriguez Fernández

Guatemala, 13 de abril 2012

Ing. Carlos Alfredo Azurdia Morales
Coordinador Comisión de Trabajos de Graduación
Dirección de la Escuela de Ciencias y Sistemas
Facultad de Ingeniería
Universidad San Carlos de Guatemala

Por medio de la presente hago de su conocimiento que he tenido a bien revisar el trabajo de graduación de Ana Patricia Rodriguez Fernández, titulado "Implementación de CMMI y la Norma ISO SPICE 15504 para la Mejora de Procesos de las Empresas de Desarrollo de Software Guatemaltecas".

En mi calidad de asesor, he revisado el contenido y a mi juicio, el mismo cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo.

Sin otro particular me despido,


Ing. Roberto René Arreaga
Asesor de Trabajo de Graduación
Colegiado No. 9688

Roberto René Arreaga Coloma
Ingeniero en Ciencias y Sistemas
Colegiado: 9688



Universidad San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

Guatemala, 18 de Abril de 2012

Ingeniero
Marlon Antonio Pérez Turk
Director de la Escuela de Ingeniería
En Ciencias y Sistemas

Respetable Ingeniero Pérez:

Por este medio hago de su conocimiento que he revisado el trabajo de graduación de la estudiante **ANA PATRICIA RODRIGUEZ FERNÁNDEZ** carné 2003-13212, titulado: **"IMPLEMENTACIÓN DE CMMI Y LA NORMA ISO SPICE 15504 PARA LA MEJORA DE PROCESOS EN LAS EMPRESAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE GUATEMALTECAS"**, y a mi criterio el mismo cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo, según el protocolo.

Al agradecer su atención a la presente, aprovecho la oportunidad para suscribirme,

Atentamente,


Ing. Carlos Alfredo Azurdia
Coordinador de Privados
y Revisión de Trabajos de Graduación



E
S
C
U
E
L
A

D
E

C
I
E
N
C
I
A
S

Y

S
I
S
T
E
M
A
S

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIENCIAS Y SISTEMAS
TEL: 24767644

*El Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor con el visto bueno del revisor y del Licenciado en Letras, del trabajo de graduación titulado **“IMPLEMENTACIÓN DE CMMI Y LA NORMA ISO SPICE 15504 PARA LA MEJORA DE PROCESOS DE LAS EMPRESAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE GUATEMALTECAS”**, presentado por la estudiante ANA PATRICIA RODRIGUEZ FERNÁNDEZ, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.*

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Marlon Antonio Pérez Turk
Director, Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas



Guatemala, 07 de noviembre 2012



Ref.DTG.566.2012

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, al trabajo de graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE CMMI Y LA NORMA ISO SPICE 15504 PARA LA MEJORA DE PROCESOS DE LAS EMPRESAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE GUATEMALTECAS**, presentado por la estudiante universitaria: **Ana Patricia Rodríguez Fernández**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A large, handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn oval shape.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, noviembre de 2012



/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Mi madre

Por todo su apoyo y amor, gracias a su esfuerzo es que pude estudiar Ingeniería en Ciencias y Sistemas.

Mi tío Israel Fernández

Por haberme dado todo su apoyo y consejos, siempre es recordado y extrañado.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por haberme permitido llegar hasta este momento, ya que Él es el dador de vida y de la inteligencia.
- Mi madre** Por haberme dado la vida y apoyado para cumplir mis metas y mis sueños, por ser la persona que día a día alegra mi existir y llena de alegría mi corazón.
- Rubén Coloma** Por ser la persona con quien he vivido mis grandes éxitos, así como mis fracasos y ha sido quien me ha ayudado a levantarme durante estos años de carrera universitaria, por ser quien me impulsa a seguir adelante y alcanzar mis metas.
- Mi hijo** Pablo Andrés Coloma Rodríguez, por ser mi motivación para seguir adelante.
- Familia Coloma** Por haberme acogido como un integrante más de su familia y haberme apoyado desde el primer momento, los quiero mucho.
- Universidad de San Carlos de Guatemala** Por ser el alma mater de mis estudios, por darme la oportunidad de cultivar mis conocimientos y convertirme en una profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
TABLAS.....	VI
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. LA MEJORA DE LOS PROCESOS DE DESARROLLO PARA OBTENER MAYOR CALIDAD EN EL SOFTWARE	1
1.1. Identificación y documentación de los procesos como inicio de la mejora.....	1
1.2. Definición de modelo de procesos de software	4
1.2.1. Modelo en cascada o lineal secuencial	5
1.2.2. Modelo iterativo..	5
1.2.3. Modelo basado en componentes	7
1.3. Definición de modelo de actividades	8
1.3.1. Notación	9
1.3.2. Ejemplo de diagrama de actividad	10
1.3.3. Notas importantes	12
1.4. Definición de modelo de flujo de trabajo.....	12
1.5. ¿Por qué mejorar los procesos?.....	13
1.6. Características de las organizaciones de software inmaduras	14
1.7. Modelo de gestión de procesos de software	15
2. DOS ALTERNATIVAS: CMMI E ISO 15504.....	17
2.1. CMMI.....	17

2.1.1.	Historia y evolución de CMMI	19
2.1.2.	Objetivo	21
2.1.3.	Estructura y componentes	22
2.1.3.1.	Estructura	22
2.1.3.1	Componentes Informativos	26
2.1.4.	Representaciones	29
2.1.4.1	Madurez	30
2.1.4.2	Capacidad.....	30
2.1.5.	Costos de implementación.....	37
2.1.6.	Evaluación	37
2.1.7.	Primeros pasos	40
2.2.	ISO SPICE 15504	42
2.2.1.	Historia y evolución de ISO 15504.....	43
2.2.2.	Objetivos	44
2.2.3.	Estructura y componentes	45
3.	IMPLEMENTACIÓN DE CMMI EN GUATEMALA.....	55
6.1.	Implementación de CMMI en <i>Latín American Byte</i> , S.A.....	55
6.1.1.	Datos generales.....	55
6.1.2.	Antecedentes de la empresa	56
6.1.3.	Acerca de la implementación de CMMI.....	56
6.2.	Implementación de CMMI en BDG, S.A.	58
6.2.1.	Datos generales.....	58
6.2.2.	Antecedentes de la empresa	58
6.2.3.	Acerca de la implementación de CMMI.....	60
6.3.	Implementación de CMMI en empresa X.....	62
6.3.1.	Acerca de la implementación de CMMI.....	62
6.3.2.	Motivación.....	63
6.3.3.	Avances en la implementación	63

6.3.4.	Retos encontrados	63
6.3.5.	Beneficios esperados y encontrados.....	64
6.3.6.	Costos	64
4.	COMPARATIVAS	65
4.2.	Características propias de ISO 15504 SPICE	67
4.2.1.	Ventajas de ISO 15504 SPICE.....	69
4.2.2.	Desventajas de ISO SPICE.....	70
4.2.3.	Aplicación del modelo.....	70
4.3.	Características propias de CMMI	70
4.3.1.	Ventajas de CMMI.....	71
4.3.2.	Desventajas de CMMI	71
4.3.3.	Aplicación del modelo.....	72
4.4.	Comparativa entre ISO SPICE y CMMI	73
4.4.1.	Principales características.....	73
4.4.2.	Escala de medición de mejora	74
4.4.3.	Categoría de procesos	75
4.4.3.1	Prácticas específicas	80
4.4.3.2	Prácticas específicas	81
4.4.4.	Matriz comparativa entre estándares	82
	CONCLUSIONES	85
	RECOMENDACIONES.....	89
	BIBLIOGRAFÍA.....	91

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Modelo de ciclo de desarrollo de software inicial	1
2.	Modelo de ciclo de vida de desarrollo de software ampliado	2
3.	Subprocesos de “Definición de requerimientos del cliente”	3
4.	Modelo de ciclo de vida incremental	3
5.	Representación gráfica del modelo en cascada.....	5
6.	Ciclo de vida iterativo	6
7.	Modelo basado en componentes	8
8.	Diagrama de actividad del proceso: ingreso de pacientes	11
9.	Diagrama de proceso de trámite de ideas de negocio.	13
10.	Evolución de CMM a CMMI.....	21
11.	Constelaciones CMMI	22
12.	Componentes de CMMI	25
13.	Representación por etapas	31
14.	Niveles de capacidad representación continua.....	36
15.	Ciclo de vida modelo ideal	42
16.	Estructura de ISO 15504 SPICE	46
17.	Niveles de capacidad de ISO SPICE 15504	49
18.	Categoría de procesos ISO SPICE.....	69
19.	Esquema comparativo de procesos de Ingeniería de ISO SPICE y CMMI.....	82

TABLAS

I.	Notación del diagrama de actividades	9
II.	Áreas de proceso de CMMI	23
III.	Áreas de proceso por cada nivel de madurez.....	32
IV.	Áreas de proceso agrupadas por categoría.....	34
V.	Comparativa de tipos de SCAMPI	39
VI.	Atributos de proceso de ISO 15504	50
VII.	Comparativa entre características de los modelos	73
VIII.	Niveles de medición de mejora de ISO 15504 SPICE Y CMMI	75
IX.	Categorías de proceso de CMMI continuo e ISO SPICE.....	76
X.	Áreas de proceso de ingeniería de ISO SPICE	76
XI.	Tareas de procesos de ingeniería de ISO SPICE	77
XII.	Prácticas de los procesos de ingeniería de CMMI	79
XIII.	Matriz comparativa entre estándares.....	83

GLOSARIO

Benchmark	En informática, un <i>benchmark</i> es hacer una comparativa para medir rendimientos y poder comparar los resultados entre organizaciones, programas de software, productos y otros.
BP	Prácticas básicas.
Bug	Es un defecto en el software que hace que su funcionamiento no sea normal o defectuoso.
Codificación	Fase del ciclo de vida del <i>software</i> en donde se transforman los requerimientos en programas de software.
Código	Es el texto escrito en un programa de computación, que es interpretado y ejecutado por una computadora.
Facto	De hecho, (sin ajustarse a una norma previa) según la Real Academia Española.
Funcionalidad	Conjunto de características que hacen que un software sea práctico y útil.

IEC	Es el acrónimo de Comisión Electrotécnica Internacional, organización de normalización de campos de tecnología que trabaja numerosas normas conjuntamente con la Organización Internacional para la Estandarización (ISO).
IPD	Desarrollo de integrada para CMMI.
ISO	Es la organización internacional para la estandarización, que regula una serie de normas para fabricación, comercio y comunicación, en todas las ramas industriales.
Iteración	Es la repetición de un conjunto de instrucciones de programas de computación.
Madurez	Es la capacidad que tiene la organización para asegurar la calidad de sus proyectos (en fecha, coste y funcionalidad), la homogeneidad y repetitividad y la capacidad de aprendizaje de su propia experiencia para la mejora continua.
PA	<i>Process Attribute.</i>
Práctica	Ejercicio continuado de una actividad.
Requerimiento	Características o funcionalidad que se desea que tenga un sistema de <i>software</i> .

SCAMPI	Método estándar de evaluación de CMMI.
SEI	Es el Instituto Federal estadounidense de investigación y desarrollo, fundado para desarrollar modelos de evaluación y mejora de desarrollo de software.
Software	Es el conjunto de componentes de computación que hacen posible la realización de tareas específicas.
<i>Swimlane</i>	Para un diagrama de actividad, un <i>swimlane</i> o carril, representa a cada actor que está llevando a cabo dicha actividad.
UML	Es el acrónimo de Lenguaje Unificado de Modelado, es lenguaje de modelado de sistemas más conocido y utilizado para diseñar y modelar gráficamente un sistema.
Versión	Se refiere a versión de <i>software</i> . Es el nombre o número único que tiene un componente de software como diferenciación del componente con un nivel de desarrollo menor, normalmente se compone de dos valores [mayor].[menor] que incrementan conforme el <i>software</i> va aumentando su desarrollo.
WG10	<i>Working Group</i> 10.
WP	Productos entregables o resultantes.

RESUMEN

Para realizar una mejora en los procesos de desarrollo, el área gerencial de la empresa debe estar convencida de la necesidad y ventajas de realizarlo; además debe estar comprometida e involucrar a las otras áreas en el proceso de mejora para que se motiven y el cambio sea alcanzable.

Lo primero que debe hacer una organización, es investigar y avocarse a su gremial que le brindará apoyo para emprender la mejora, mediante el modelo que sea más indicado; para Guatemala implementar una mejora de procesos mediante la Norma ISO 15504 SPICE o la Norma CMMI es factible, ya que tiene acceso a las entidades certificadoras, por la parte de ISO 15504 está AENOR (www.aenorcentroamerica.com) que es una de las entidades certificadoras ISO y por el lado de CMMI existe la posibilidad de contactar a consultores extranjeros con grado de auditores de CMMI, capaces de evaluar los procesos a perfeccionar y las actividades que se realizan para alcanzar el cambio

CMMI es el modelo de mejora de procesos más implementado y conocido en la región, gracias a esto hay mucha información y documentación de las experiencias con las prácticas genéricas y específicas que se deben realizar.

Este modelo no es un estándar internacional como lo es ISO 15504 SPICE, pero es un estándar de *facto* para la mejora de procesos de software a nivel organizacional, por lo que el resultado de la mejora aplicando la evaluación SCAMPI tipo A de CMMI es un documento que el auditor entrega a la organización con el resultado de la evaluación realizada.

Los resultados son publicados en la página del SEI, donde están vigentes por tres años, pasado este período son dados de baja de la lista.

CMMI tiene dos tipos de representaciones: por etapas y continua, la representación por etapas es la más intuitiva, presenta una serie de áreas de proceso a mejorar, según el nivel de madurez de la organización, es la representación óptima para una organización que comienza su proceso de mejora, mientras que la representación continua está orientada mayormente a las organizaciones que ya habían comenzado un proceso de mejora con CMM y están cambiando a CMMI, su enfoque es culminar una determinada área de proceso antes de comenzar con otra.

Por su lado, el estándar ISO 15504 fue desarrollado a partir de 1991, por la Comisión Internacional de Estandarización (IEC), debido a la necesidad de regular las buenas prácticas, minimizar los altos costos de mantenimiento, pérdidas de relaciones con los clientes por incumplimientos de contratos, atrasos, etc.

Su representación es por niveles de *capacidad*, los cuales son: incompleto, realizado, administrado, establecido, predecible y optimizado, los cuales brindan los mecanismos para mejorar los procesos de forma gradual y estructurada hasta obtener resultados cuantitativos e indicadores que permiten hacer mediciones de estatus y mejora continua.

En Guatemala el único modelo que fue implantado ha sido CMMI por el escaso conocimiento que hay en la región, acerca de la Norma ISO 15504 SPICE como otra alternativa; el tiempo promedio para alcanzar un nivel de CMMI en la representación por etapas es de doce a dieciocho meses.

OBJETIVOS

General

Hacer un análisis comparativo de ambos modelos, para determinar sus diferencias, similitudes, ventajas y desventajas.

Específicos

1. Dar a conocer las experiencias de las organizaciones que están implementando CMMI o ISO 15504 SPICE en Guatemala.
2. Trasladar el conocimiento para quienes estén por emprender una mejora de procesos de software o para quienes ya lo estén haciendo.
3. Servir como motivación para emprender acciones de conocimiento y mejora de procesos de software.

INTRODUCCIÓN

La industria de software guatemalteca, en su mayoría, no está preparada para competir internacionalmente debido a problemas como: la dependencia tecnológica del país, procesos de desarrollo inmaduros, desconocimiento sobre la importancia del perfeccionamiento de los procesos de software para la mejora del producto final y otros; son los factores principales que inciden en la baja calidad del software desarrollado, en los altos costos de mantenimiento y soporte, y en los proyectos que nunca entran a producción, y a pesar de esto, esta industria va en crecimiento

Guatemala cuenta con más de 100 empresas dedicadas a ofrecer soluciones de software, entre las cuales, la gran mayoría de ellas lo hacen con menos de 75 empleados, esta industria alcanzó un total de ventas de cien mil dólares en el 2006, de las cuales el cuarenta por ciento fue exportado.

Según un artículo de prensa publicado por el diario El Periódico, el sábado 10 de diciembre de 2011, acerca de varias cooperativas textiles de Quetzaltenango que en el 2000 se certificaron ISO 9001 y obtuvieron cinco años más tarde un aumento en sus ventas y exportaciones en un 500 por ciento, ven el Tratado de Libre Comercio con buenos ojos, como una oportunidad para hacer crecer los negocios y las ventas. En esta nota periodística, el gerente de Federación de Cooperativas de Producción Artesanal ARTEXCO, Joaquín Alfonso indicó:

Los más exigentes en cuanto a calidad son los europeos, por eso es importante para nosotros brindar productos certificados para seguir creciendo.

Análogamente a estas experiencias de mejora, los beneficios de que las organizaciones desarrolladoras de software guatemaltecas se apeguen a normas de calidad internacionalmente aceptadas se reflejarían en el aumento de las exportaciones de software.

Sofex (Comisión de software de exportación) está conformado por un gremio de empresas dedicadas al desarrollo de software en Guatemala, cuya visión es: “posicionar la industria de tecnologías de información de Guatemala en el mercado internacional¹ para lo cual organiza actividades como capacitaciones, congresos, talleres, conferencias, etc., para que las empresas guatemaltecas alcancen una posición en el mercado internacional.

Entre las actividades que organiza, está el apoyo a las empresas que tienen el interés en mejorar sus procesos por medio de CMMI, contactando a especialistas capacitadores provenientes de México u otros países, para comenzar el proceso de mejora, posteriormente contactan al personal auditor para hacer la evaluación SCAMPI correspondiente y determinar si se ha alcanzado un nivel CMMI

En una entrevista con el ingeniero Edgar Santos, expresidente de Sofex, realizada el 24 de octubre 2011, comenta que apoyan la mejora continua de los procesos por medio de CMMI para obtener mejores productos, llenar las expectativas de los clientes internacionales y competir con otras compañías,

¹ <http://www.sofex.org.gt/>. Consulta: 6 de agosto de 2012.

además, desconoce otro modelo de madurez de ingeniería de software como ISO 15504 SPICE, razón por la cual, esta organización no promueve su aplicación, como lo hace con CMMI.

La industria de software guatemalteca ha avanzado gracias a iniciativas privadas e instituciones académicas comprometidas con mejorar la competitividad a nivel local e internacional, no sería correcto decir que este sector ha crecido gracias a políticas gubernamentales, puesto a que ni siquiera hay en la legislación actual, medidas que regulen los aspectos básicos de la industria del software guatemalteco.

Estas instituciones deben mantener la competitividad de la mano de obra y las buenas prácticas de desarrollo de software en un alto nivel, para que continúe produciendo ingresos al país en materia de exportación de productos de *software* de calidad, por tal razón no se deben quedar atrás; el conocimiento en cuanto a mejora de procesos de software para aumentar la calidad del producto final debe actualizarse, teniendo en cuenta las opciones actuales como ISO 15504 y CMMI, antes que nada, hay que tener presente la existencia de ambos modelos, para entender sus diferencias, ventajas y desventajas y decidirse por la mejor opción y no por la que consideren que está *de moda* utilizar.

Antes de abordar los capítulos relacionados con la mejora de procesos de desarrollo para obtener mayor calidad en el software, se definirá lo que es calidad:

La Norma ISO 8402 define calidad como: “conjunto de características de una entidad, que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades establecidas y las implícitas”.

Se considera que un producto es de calidad a aquel producto que le dé satisfacción al cliente, que llene sus expectativas y que le sirva para el propósito para el cual fue elaborado.

Las características de un producto de software de calidad dependen de los requerimientos del cliente², algunas pueden ser:

- Rapidez de respuesta
- Información presentada de manera entendible
- Seguridad
- Amigabilidad
- Confiabilidad

Para garantizar la calidad del producto hay que mejorar la calidad de los procesos involucrados en la fabricación del mismo; hay que tener en cuenta que los consumidores priorizan los productos cuya calidad está asegurada, tomando en cuenta que la calidad es algo que proporciona una ventaja competitiva por medio de reducciones importantes de costos de bienes y servicios, posicionando a la organización a enfrentar al mercado globalizado (Carro, R.Y. Normas de calidad ISO 9000: una mirada y su aplicación de las empresas. 2010).

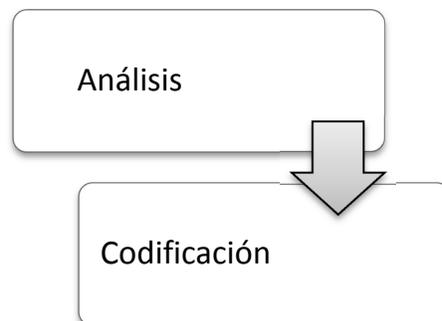
² Requerimientos funcionales y no funcionales.

1. LA MEJORA DE LOS PROCESOS DE DESARROLLO PARA OBTENER MAYOR CALIDAD EN EL SOFTWARE

1.1. Identificación y documentación de los procesos como inicio de la mejora

Cada organización define sus políticas y prácticas de desarrollo de software, desde escoger una metodología de desarrollo, hasta definir, documentar y estandarizar cada uno de sus procesos. Existen dos procesos fundamentales en el ciclo de desarrollo de software, los cuales todas las organizaciones realizan desde sus inicios, estos son: análisis y codificación, se muestran en la figura 1.

Figura 1. **Modelo de ciclo de desarrollo de software inicial**

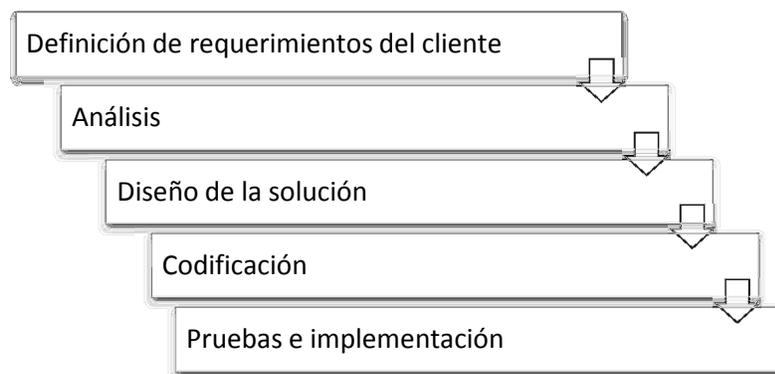


Fuente: elaboración propia.

El análisis y la codificación son los pasos esenciales para el desarrollo del software, de aquí se derivan otros pasos adicionales los cuales contribuyen directamente en la calidad del producto y aumentan el esfuerzo y costos finales.

Las empresas pequeñas, incluso los desarrolladores inexpertos podrían ofrecer una solución de software que haya pasado únicamente por estas fases (por supuesto, una solución ineficiente). En la figura 2, se presenta un modelo de desarrollo de software ampliado, con una etapa o proceso previo al análisis, posteriormente se encuentra el diseño de la solución, el cual es un proceso que debe realizarse antes que la codificación *para obtener mejores resultados*³ y *mejorar la calidad de lo realizado*, seguido a este, se encuentran las pruebas y la implementación.

Figura 2. **Modelo de ciclo de vida de desarrollo de software ampliado**



Fuente: elaboración propia.

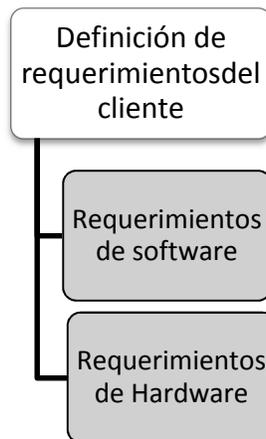
De estos pasos o procesos de software⁴, la organización puede subdividir muchos subprocesos más, dependiendo de la madurez sus procesos y del modelo de desarrollo de software que utilice; la manera en cómo interactúan cada uno de estos procesos entre sí es definida por el modelo de desarrollo elegido (cascada, iterativo incremental, y otros), pero lo importante es: “Comprender su complejidad” (Sommerville, 2005). Diferentes tipos de sistemas

³ Que produzca el resultado esperado, se realice en un tiempo planificado y sea más eficiente.

⁴ **Proceso de software:** Especificación del software donde los clientes y los ingenieros definen el software a producir y las restricciones del mismo (Sommerville, 2005).

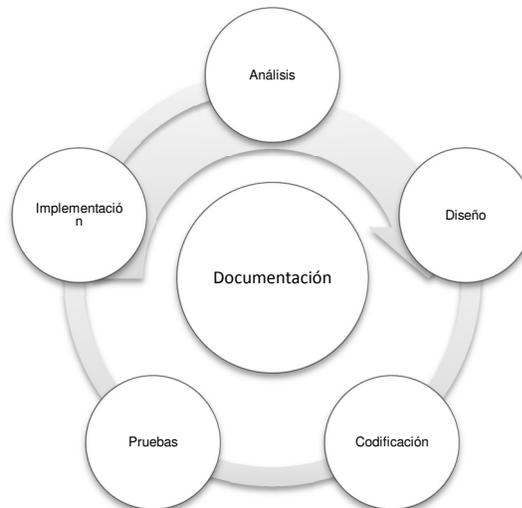
de software conllevan a diferentes procesos de desarrollo del mismo, diferente planificación y ejecución de las tareas para producirlo y diferentes áreas involucradas.

Figura 3. **Subprocesos de “Definición de requerimientos del cliente”**



Fuente: elaboración propia.

Figura 4. **Modelo de ciclo de vida incremental**



Fuente: elaboración propia.

La tarea inicial de las organizaciones para mejorar sus procesos de desarrollo, es definir qué modelo de procesos de software⁵ utilizará, ya que trabajar siguiendo las fases de desarrollo de un modelo ya definido se pueden hacer diagnósticos, buscar fortalezas y debilidades de cada uno de los procesos, entre otras ventajas.

De este modelo se subdividen dos modelos principales:

- Modelo de actividades
- Modelo de flujo de trabajo

Los modelos de procesos de software son simplificaciones de procesos de software reales, se basan mayormente en uno de los tres paradigmas de desarrollo de software: cascada, iterativo y basado en componentes (Sommerville, 2005), estos modelos sirven para identificar, comprender, plasmar y gestionar la forma en que se realizan los procesos dentro de la organización.

1.2. Definición de modelo de procesos de software

Una ventaja de definir los procesos de software mediante modelos, es que el traslado del conocimiento es mucho mejor, ya que los procesos y sus relaciones entre ellos son mejor explicados debido a que por medio de los modelos se representan sucesos, sistemas, comportamientos, etc., y definirlos mediante modelos, ayuda a identificar prontamente sus fortalezas y debilidades para una mejora continua.

⁵ Descripción simplificada del proceso del software mediante gráficos, descripciones, las cuales pueden incluir actividades involucradas en cada proceso y/o subproceso y el personal involucrado.

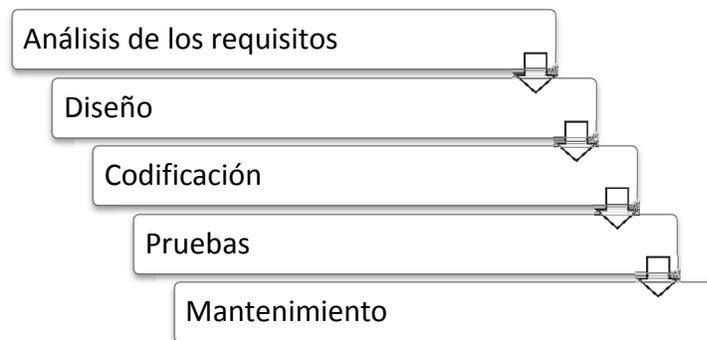
A continuación se presenta los tres paradigmas principales de desarrollo de software:

1.2.1. Modelo en cascada o lineal secuencial

En este modelo, se ordenan las etapas del ciclo de vida de desarrollo del software de forma tan rigurosa que cada proceso debe esperar la finalización del anterior, además es el modelo más conocido y el primer modelo empleado por lo que es llamado Ciclo de Vida Clásico.

Abarca las etapas mostradas en la figura 5.

Figura 5. **Representación gráfica del modelo en cascada**



Fuente: elaboración propia.

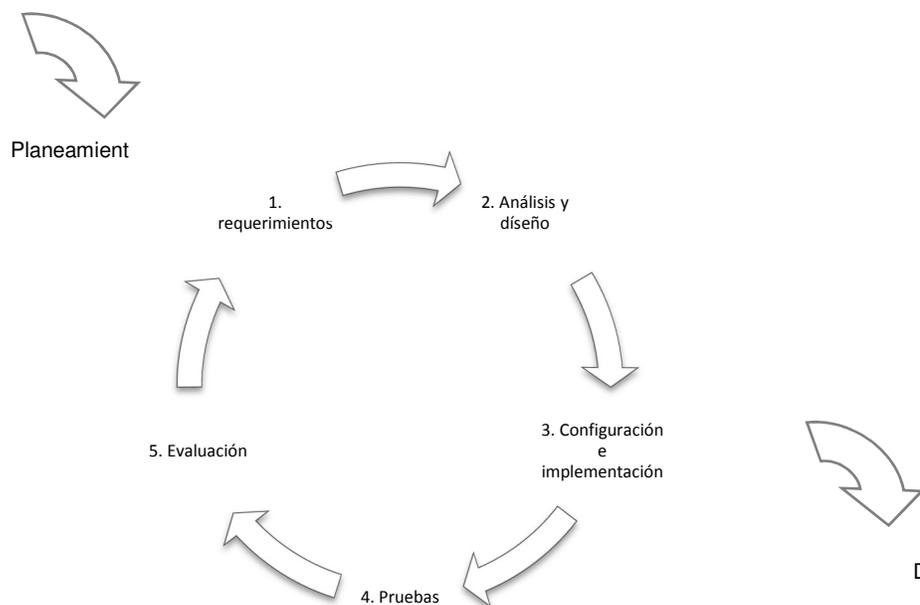
1.2.2. Modelo iterativo

Este modelo fue creado para solucionar los problemas y debilidades encontradas al utilizar el modelo en cascada, su idea principal es dividir el desarrollo en etapas (*iteraciones*).

Con este modelo nació el concepto de *versión*, la cual cambia en cada iteración, cada versión mejora a la anterior, permite cambiar funcionalidades o agregar requerimientos nuevos de los usuarios.

Con este modelo, el equipo desarrollador tiene dos aprendizajes, el primero por el uso de la versión anterior y el segundo por parte de las pruebas del cliente, lo que promueve la mejora en cada versión y disminuye los riesgos porque lo que no fue previsto en la iteración anterior, se prevé en la actual. En la figura 6 se muestra un ejemplo de modelo iterativo.

Figura 6. **Ciclo de vida iterativo**



Fuente: elaboración propia.

1.2.3. Modelo basado en componentes

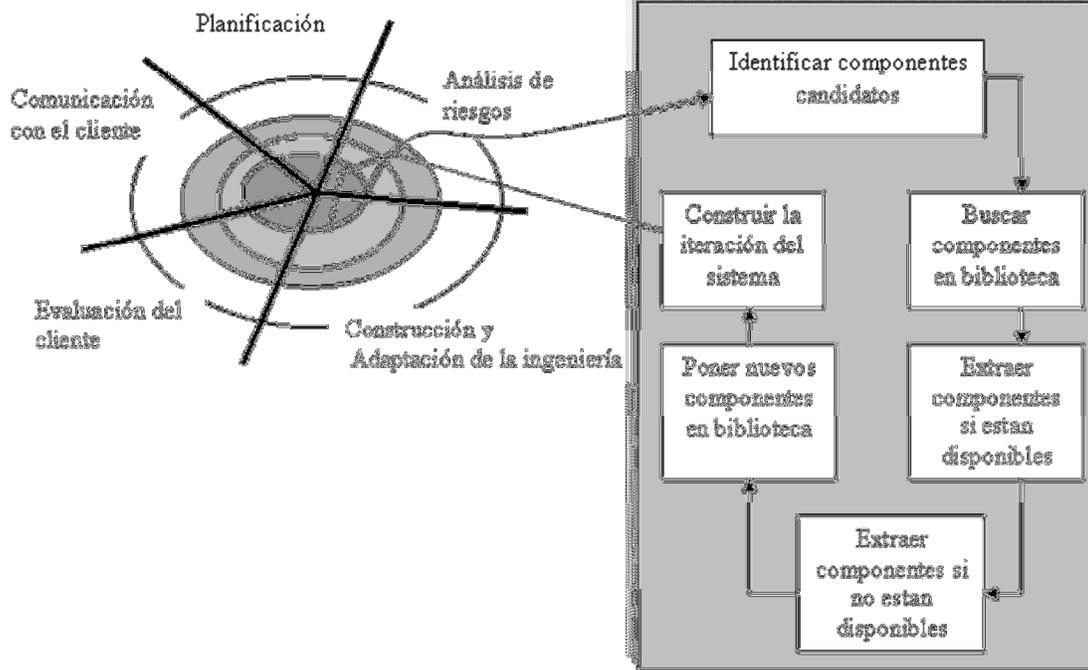
En ingeniería de Software se le denomina componente a una porción de código que tiene una funcionalidad específica. Este modelo posee algunas características del modelo iterativo incremental, ya que es evolutivo por naturaleza, posee la característica principal de promover la reutilización de componentes, o partes reutilizables de código que se ensamblan, la reutilización de componentes de software promueve beneficios para el grupo de programadores ya que reduce el ciclo de desarrollo en un setenta por ciento y un ochenta y cuatro por ciento el costo del proyecto, según estudios de reutilización de *QSM Associates, Inc* en el 2008.

Claro está que estos valores dependen del grado de reutilización que se hace de los componentes, no todos los desarrollos son iguales o no todos los desarrollos tienen los mismos componentes.

Cuando se han identificado las etapas involucradas para el desarrollo del software, conviene identificar y definir las actividades por proceso de desarrollo, la secuencia del trabajo, los roles y responsabilidades de los involucrados en el desarrollo.

Para esto se puede utilizar UML para modelar lo que se necesita representar, mediante una notación gráfica entendible por los demás desarrolladores, analistas, líderes de proyecto, etc.

Figura 7. **Modelo basado en componentes**



Fuente:http://www.itpuebla.edu.mx/Alumnos/Cursos_Tutoriales/Ana_Sosa_Pintle/SISTEMAS/ARCHIVOS_FUNDAMENTOS/ARCHIVOS/U5_6.htm. Consulta: 6 de mayo de 2012.

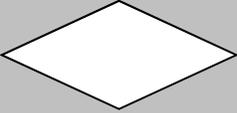
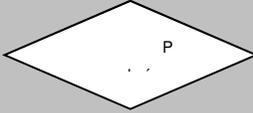
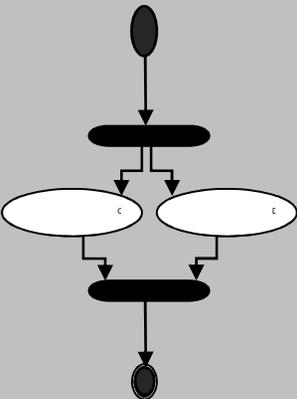
1.3. Definición de modelo de actividades

Antes de realizar este modelo, es conveniente dedicar un tiempo, para enumerar las actividades que corresponden a cada proceso de desarrollo. Un modelo o diagrama de actividades, representa el comportamiento interno de un proceso o sub proceso, su propósito es modelar el flujo de las tareas y operaciones, tiene como característica principal establecer el orden en el que se realizan las actividades.

1.3.1. Notación

La siguiente nomenclatura de símbolos, son utilizados para describir y modelar las tareas y subtareas que corresponden a cada actividad de los procesos en general.

Tabla I. Notación del diagrama de actividades

Elemento	Notación	Ejemplo
Nombre del diagrama	Clase: Operación	Fabrica:Distribuir
Estado de acción		
Transición		
Barras de sincronización		
Nodo de decisión		
Nodo de bifurcación y unión		

Continuación de la tabla I.

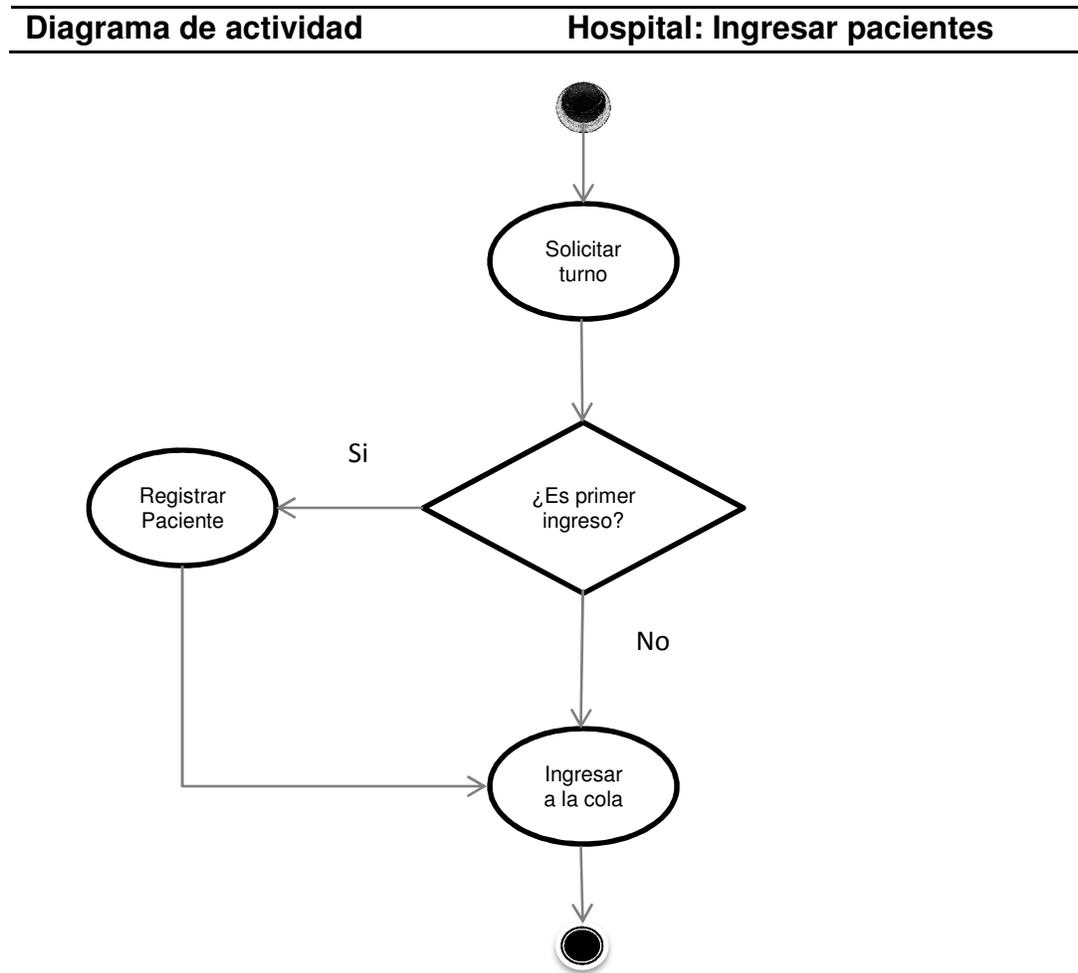
Elemento	Notación	Ejemplo
Nodo de inicio		
Nodo de fin		

Fuente: elaboración propia.

1.3.2. Ejemplo de diagrama de actividad

A continuación se presenta un ejemplo de un diagrama de actividad para el proceso: ingreso de pacientes de un hospital:

Figura 8. Diagrama de actividad del proceso: ingreso de pacientes



Fuente: elaboración propia.

Es conveniente identificar y definir la estructura de las tareas y actividades que corresponden a cada proceso de desarrollo, para alinear cada una de éstas a la estrategia del negocio, se establecen métricas, indicadores y metas alcanzables para conseguir los objetivos del negocio, hecho todo esto, se conducirá a la ejecución y gestión estratégica de cada una de las actividades.

1.3.3. Notas importantes

Hay que notar que el nombre de la actividad debe ser simple y debe ser un verbo o estar en infinitivo, también debe incluir el objeto de la actividad.

Un diagrama de actividad indica qué sucede, pero no indica quién es el responsable de cada actividad, en programación esto equivale a no indicar qué clase es la que está involucrada en la actividad. Una forma de mitigar esta deficiencia, es utilizar carriles o *swimlanes*⁶. Una ventaja de este diagrama es que maneja el comportamiento en paralelo.

1.4. Definición de modelo de flujo de trabajo

Los procesos de negocio determinan la forma en que un conjunto de actividades pueden lograr los objetivos específicos de una organización, mediante la descripción de su forma de operar, la toma de decisiones y el establecimiento del flujo de trabajo entre los participantes del proceso, cada proceso es influenciado por elementos de entrada y de salida, eventos internos y externos de la organización, la información de entrada es procesada y manipulada, se genera información o elementos de salida, que es aprovechada por otro proceso, estos procesos están restringidos por reglas de negocio, y a su vez, poseen uno o varios sub procesos, cada proceso está compuesto por un flujo de trabajo.

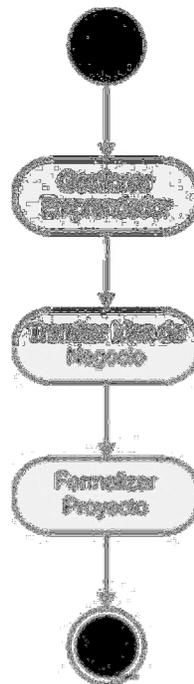
Mientras los diagramas de actividades definen la secuencia de las acciones que se realizan durante la ejecución de un proceso o actividad, los

⁶ Separadores verticales, en donde se puede especificar al inicio el responsable de las actividades colocadas en esa área.

flujos de trabajo representan a los procesos de negocio, facilitando la comunicación entre los integrantes del grupo de trabajo y el entendimiento de los procesos del negocio en general.

Un flujo de trabajo es un diagrama que permite gestionar los procesos de negocio con la integración de sub procesos y actividades, permite la automatización y mejora continua de los procesos de negocio.

Figura 9. **Diagrama de proceso de trámite de ideas de negocio**



Fuente: elaboración propia.

1.5. ¿Por qué mejorar los procesos?

Existen varias razones por las que es conveniente mejorar los procesos, entre estas se encuentran:

- Predecir los resultados finales, es decir, reducir la incertidumbre en los resultados.
- Conocer todas las fases del proceso productivo, para mejora continua e introducir cambios fácilmente.
- Mejorar el traslado de conocimiento.
- Menos dependencia de las personas.
- Mayor control y trazabilidad del estado de los proyectos.
- Identificar fortalezas y debilidades, entre otros.
- Mejorar el resultado final de los procesos, ya que la mala calidad del *software* equivale a costos extras en mantenimiento, corrección de *bugs*, y soporte para resolver problemas inmediatos, por lo que mejorar el *software* producido, equivale a reducir costos en el mantenimiento y la implementación.

1.6. Características de las organizaciones de software inmaduras

Se dice que una organización es inmadura cuando tiene las siguientes características:

- Hacen cambios en las actividades de producción de forma improvisada, para evitar el retraso del proyecto.
- Invierten tiempo en resolver problemas inmediatos.
- No tienen definidos sus procesos y/o fases del proceso de producción de software.
- No hay planes de contingencia o riesgos.
- No tienen métricas cuantificables para medir la calidad de su software.
- Normalmente padecen de atrasos en las entregas de proyectos.

- Carecen de una forma de estimar tiempos, únicamente se basan en la experiencia.
- Carecen de manejo de estándares y una forma de compararlas con otras empresas nacionales e internacionales.

1.7. Modelo de gestión de procesos de *software*

Los esfuerzos de las organizaciones de desarrollo de *software* para mejorar su producto final las han llevado a emprender acciones como:

- Capacitación del personal
- Inclinación a una metodología de desarrollo
- Implementación de un modelo de mejora de procesos como CMMI o ISO 15504, entre otros

Los modelos de mejora de procesos de *software* CMMI e ISO SPICE 15504 se crearon con los siguientes objetivos:

- Hacer diagnósticos de estado de los procesos actuales
- Establecer objetivos de mejora
- Definir prioridades
- Obtener procesos capaces y maduros
- Ser una guía para la mejora de los procesos

De estos dos modelos hay que resaltar principalmente que CMMI es más conocido por las organizaciones guatemaltecas.

2. DOS ALTERNATIVAS: CMMI E ISO 15504

2.1. CMMI

CMMI es el acrónimo de *Capability Maturity Model Integration* (Integración de modelos de madurez de capacidades) es un modelo que ofrece una guía para obtener calidad en los procesos de software, además CMMI proporciona una referencia para evaluar y comparar sus procesos con los de otras organizaciones.

Este modelo es la recopilación de las mejores prácticas que tratan de actividades de desarrollo y mantenimiento que cubren el ciclo de vida del producto, desde la concepción hasta la entrega.

CMMI integra los conocimientos esenciales para la mejora de procesos de *software* que se han tratado por separado en los modelos CMM, las denominaciones anteriores han sido reemplazadas por el marco de referencia de CMMI, reflejando la integración completa de estos modelos de conocimiento y la aplicación del modelo en las organizaciones ya que CMMI provee una solución integrada y completa para todas las actividades y procesos del desarrollo y mantenimiento del *software* para productos y servicios.

A partir de la versión 1.2 nace el concepto de “constelación”, que es un conjunto de componentes utilizados para construir modelos, materiales de capacitación y evaluación de un área de interés. Desde la versión 1.2, existen tres constelaciones fundamentales:

- CMMI-DEV (agosto 2006) Gestión del desarrollo y mantenimiento de productos y servicios.
- CMMI-ACQ (noviembre 2007) Guía para mejorar el proceso de adquisición de productos y servicios.
- CMMI-SVC (febrero 2009) Guía para proporcionar servicios a los clientes internos y externos de una organización.

CMMI no otorga una certificación, sino que una calificación de nivel de madurez o capacidad mediante una evaluación SCAMPI (*Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement*), con la cual se conoce la situación actual de los procesos de una organización, establecen prioridades, identifican oportunidades de progreso y se establecen las bases para la siguiente mejora.

Los resultados de esta evaluación con SCAMPI clase A se obtiene un nivel de madurez o capacidad que le sirve a las empresas como medida de comparación con otras en el mismo mercado.

Las organizaciones buscan obtener una calificación o valoración de un nivel CMMI por las siguientes razones:

- Demostrar a los clientes internos y externos, qué tan bien se encuentran los procesos de la organización.
- Garantizar la competitividad internacional, debido a los requisitos contractuales que solicitan en algunos países.
- Hacer de sus proyectos, unidades administrables, eficaz y eficientemente.

2.1.1. Historia y evolución de CMMI

En 1984 el Departamento de Defensa de los Estados Unidos impulsó la creación del SEI bajo la operación de la universidad Carnegie Mellon, con el propósito principal ayudar a las empresas estadounidenses a mejorar sus procesos de software en base a métricas.

En 1988, debido al éxito obtenido con su programa de entrenamiento para organizaciones y a que hubo personas ajenas a la organización que comenzaron a dar entrenamientos particulares de mejora de procesos, el SEI decidió trabajar en un proyecto amplio llamado *Capability Maturity Model* (CMM).

Mediante investigaciones y encuestas el SEI observó que el proceso de *software* necesitaba un método de asesoramiento para apoyar la comparación entre compañías de *software* y ofrecer algún tipo de evaluación sobre la madurez de los procesos, siendo esto, el objetivo de crear el proyecto CMM.

En 1991 publicó el modelo SW-CMM (*Software Capability Maturity Model*), orientado a la mejora de procesos de ingeniería de *software*, incluyó las mejores prácticas de gestión y administración de procesos de *software* hasta el momento, a partir de este modelo el Departamento de Defensa de los Estados Unidos exige a sus proveedores acreditarse en CMM, por lo que CMM alcanza gran aceptación y se convirtió en un estándar en la industria del *software*.

Gracias a la aceptación que tuvo SW-CMM, el SEI publicó otros modelos de capacidad y madurez para múltiples disciplinas, siendo las principales:

- Ingeniería de software
- Adquisición de software
- Gestión de Personal
- Seguridad en la Ingeniería de Sistemas
- Desarrollo Integrado de Productos y Procesos (IPPD)⁷

Estos modelos resultaron ser muy útiles para la mejora de procesos de diferentes organizaciones, pero les resultó difícil trabajar con varios modelos al mismo tiempo por las desventajas encontradas, entre las cuales las más significativas fueron:

- Diferencias en los modelos (Arquitectura, contenido y otros)
- Costos de actividades de mejora y evaluación de cada modelo
- Escasa estandarización

Por estas desventajas, se formó el equipo del producto de CMMI⁸ con el objetivo de crear un modelo que combinaría los tres modelos de CMM principales: SW-CMM (*Capability Maturity Model for Software*), SECM (*Systems Engineering Capability Model*) y IPD-CMM (*Integrated Product Development Capability Maturity Model*) (Chrissis, Konrad, & Shrum, 2009), elegidos por su extensa adopción por la comunidad de desarrollo de sistemas y porque son los más apreciados entre los demás modelos de CMM.

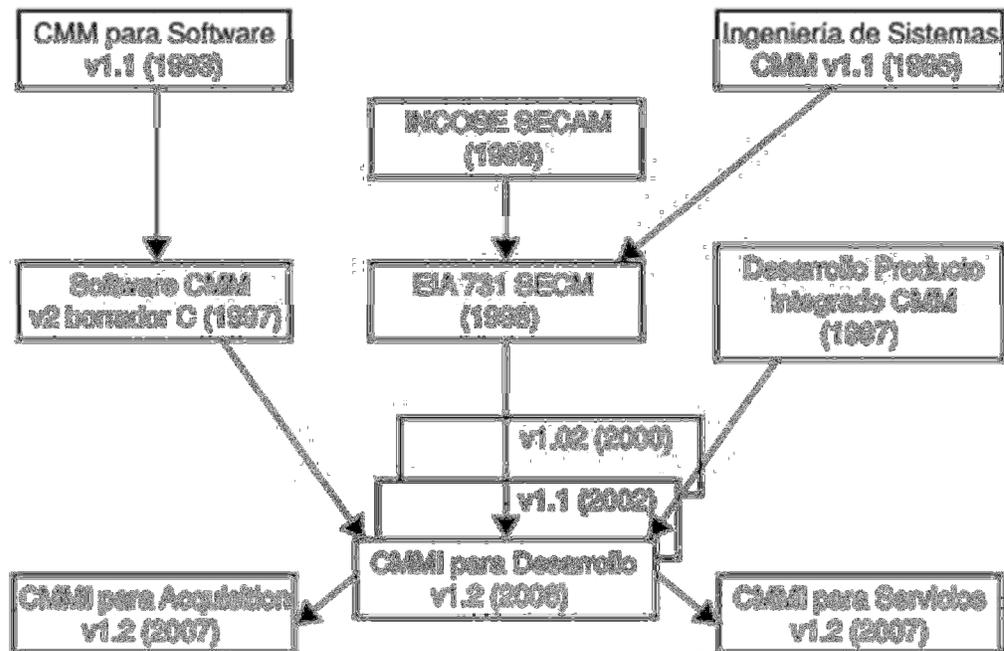
A partir del 2001, el SEI presentó CMMI dejando de desarrollar SW-CMM, además finalizaron las formaciones de los evaluadores de CMM en diciembre 2003, quienes tuvieron dos años para capacitarse para evaluar CMMI; las organizaciones podrían ser evaluadas de algún modelo CMM hasta finales del

⁷ (Chrissis, Konrad, & Shrum, 2009)

⁸ CMMI Product Team (Chrissis, Konrad, & Shrum, 2009)

2005, a partir de entonces solo se evaluarían niveles de madurez y capacidad con CMMI. En la figura 10 se muestra la evolución de CMM a CMMI.

Figura 10. Evolución de CMM a CMMI



Fuente: http://www.icesi.edu.co/wiki/images/1/1b/Evolucion_CMMs.jpg.

Consulta 8 de agosto de 2012.

2.1.2. Objetivo

El objetivo de CMMI, es proporcionar una guía que comparta las mejores prácticas de mejora de procesos de la organización y la capacidad para gestionar el desarrollo, la adquisición y el mantenimiento de productos y servicios, de manera que satisfaga las necesidades, en constante cambio, de las organizaciones de software.

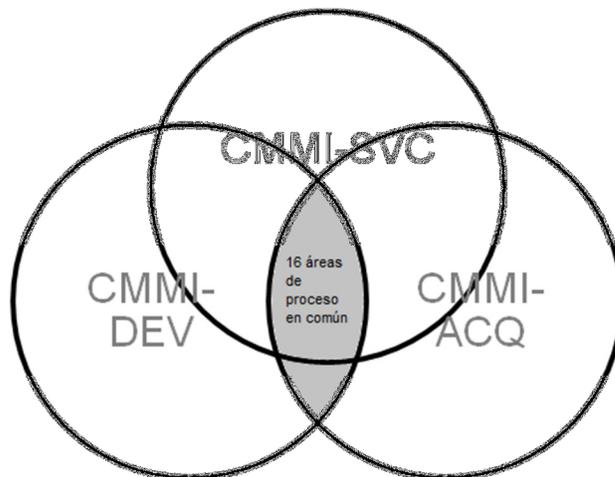
2.1.3. Estructura y componentes

La estructura de CMMI, se compone de tres orientaciones distintas, llamadas constelaciones, cada una de las cuales tiene componentes en común, sirven para apoyar la evaluación de CMMI de una organización.

2.1.3.1. Estructura

Desde CMMI v1.2 se creó el concepto de constelaciones, las cuales son conjuntos de componentes comunes de un área de interés, como el desarrollo, las cuales incluyen un modelo, su material de formación y documentos de evaluación, pueden ser ampliadas mediante contenido adicional denominado extensiones. En la figura 11 se muestra las tres constelaciones contenidas en CMMI v1.2.

Figura 11. Constelaciones CMMI



Fuente: elaboración propia.

CMMI, está compuesto por áreas de proceso, algunas de estas áreas son específicas para cada constelación y otras son comunes en las tres constelaciones. Las áreas de proceso, son un conjunto de prácticas que satisfacen metas importantes para la mejora de un área en particular cuando son implementadas en conjunto, en total son 25 y se muestran en la tabla II.

Tabla II. **Áreas de proceso de CMMI**

Área de proceso	Acrónimo
Administración cuantitativa del proyecto	QPM
Administración de acuerdos de proveedores	SAM
Administración de proveedores Integrados	ISM
Administración de requisitos	REQ M
Innovación organizacional y aplicación	OID
Administración de riesgos	RSK M
Administración del proyecto integrado	IPM
Ambiente organizacional para la integración	OEI
Análisis causal y resolución	CAR
Análisis de decisión y resolución	DAR
Capacitación organizacional	OT
Configuración administrativa	CM
Definición de procesos Organizacionales	OPD
Desarrollo de requisitos	RD
Desempeño de procesos Organizacionales	OPP
Área de proceso	Acrón

	imo
Enfoque de procesos Organizacionales	OPF
Equipos de trabajo integrados	IT
Garantía de calidad del producto y proceso	PPQ A

Continuación de la tabla II.

<i>Área de proceso</i>	Acrón imo
Integración del producto	PI
Medición y análisis	MA
Monitoreo y control del proyecto	PMC
Planeación del Proyecto	PP
Soluciones técnicas	TS
Validación	VAL
Verificación	VER

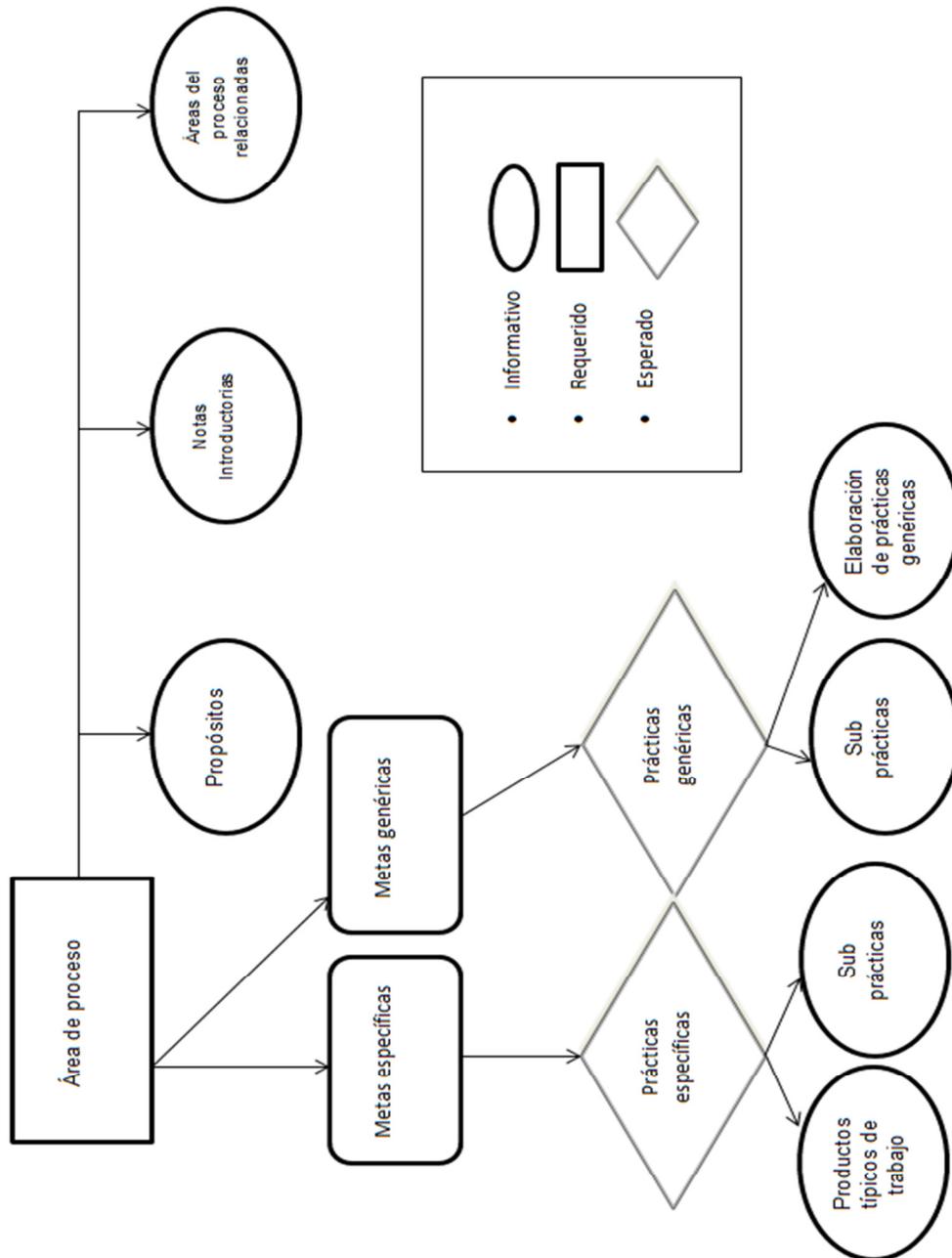
Fuente: elaboración propia.

Las 16 áreas de proceso que son comunes para las tres constelaciones de CMMI v1.2 aparecen marcadas en negrita en la tabla II.

2.1.3.2. Componentes

Las áreas de proceso están formadas de varios componentes que sirven como herramientas con las que se realiza la evaluación de CMMI, existen 3 tipos de componentes: Informativo, Requerido y Esperado, los cuales se describen a continuación y se ilustran en la figura 12.

Figura 12. Componentes de CMMI



Fuente: elaboración propia.

- Componentes Informativos

Estos componentes, proporcionan detalles a la organización para aproximarse a los componentes requeridos y esperados

- Propósito

Aquí se describe la finalidad del área de proceso, por ejemplo: el propósito de análisis causal y resolución es: identificar las causas de defectos y de otros problemas, y tomar acción para prevenir que no ocurran en el futuro.

- Notas introductorias

En esta sección, se describen los conceptos principales utilizados en el área de proceso, por ejemplo:

Un párrafo de la nota introductoria de análisis de decisión y resolución es: un proceso de evaluación formal es un enfoque estructurado para evaluar soluciones alternativas frente a criterios establecidos con el fin de determinar una solución recomendada para tratar un problema.

- Áreas de proceso relacionadas

Enumera las relaciones con otras áreas de proceso, por ejemplo: una referencia del área de proceso Análisis de Decisión y Resolución es: para más información sobre la planificación general para los proyectos, consúltese el área de proceso de planificación de proyecto.

- Productos de trabajo típicos

La sección de productos de trabajo típicos lista muestras de resultados de una práctica específica. Ejemplo: el producto de trabajo típico del área de proceso medición y análisis es: objetivos de medición.

- Subprácticas

Son una descripción detallada que indican la forma de interpretar y de implantar una práctica específica o genérica, son un componente informativo ya que son un apoyo para procurar la implantación exitosa de la práctica y por ende, la mejora del proceso, por ejemplo:

La subpráctica del área de proceso innovación y despliegue de la organización es: recoger las propuestas de mejora de proceso y de tecnología.

- Elaboración de prácticas genéricas

Es una guía para las prácticas genéricas, describen la forma en que la práctica genérica debería aplicarse de forma exclusiva al área de proceso, por ejemplo: la elaboración de la práctica genérica de gestión de la configuración. Establecer una política de la organización es: esta política establece las expectativas de la organización para establecer y mantener las líneas base.

- Componentes requeridos

Estos componentes describen lo que una organización debe cumplir para satisfacer un área de proceso de CMMI, estos componentes son las metas

específicas y los objetivos genéricos, se deben alcanzar estos objetivos para demostrar en las evaluaciones, que un área de proceso ha sido realizada satisfactoriamente.

- Metas específicas

La meta específica describe las características que deben cubrirse para completar el área de proceso, por ejemplo: una meta específica para análisis causal y resolución es: tratar las causas de los defectos.

- Metas genéricas

Se denominan así, debido a que son aplicadas a más de un área de proceso. Por ejemplo: una meta genérica de análisis causal y resolución es: institucionalizar un proceso gestionado cuantitativamente.

- Componentes esperados

Estos componentes describen lo que se puede implementar para lograr los componentes requeridos, son una guía para las personas que implementan la mejora de procesos, estos incluyen prácticas específicas y genéricas.

- Prácticas específicas

Son las tareas que deben ser realizadas para la consecución de una meta específica, son consideradas importantes para alcanzar dicha meta, por ejemplo: una práctica específica de análisis causal y resolución es evaluar el efecto de los cambios.

- Prácticas genéricas

Igual que las metas genéricas, las prácticas genéricas se denominan de esta forma, debido a que la misma práctica aplica a múltiples áreas de proceso, por ejemplo: para análisis causal y resolución una práctica genérica es: formar al personal.

La descripción del anterior ejemplo es: formar, según sea necesario, a las personas, para realizar o dar soporte al proceso de análisis causal y resolución. En la siguiente sección se detallan las áreas de proceso de las dos representaciones de CMMI.

2.1.4. Representaciones

Una representación, no es más que una forma en la cual las organizaciones pueden mejorar sus procesos con CMMI, hay dos representaciones: por etapas y continua, en esencia, las dos representaciones proporcionan la misma información, pero definen una ruta distinta para lograr la mejora de la organización. Antes de abordar el análisis de ambas representaciones, conviene conocer primero algunos conceptos básicos que se tocan en el tema:

2.1.4.1. Conceptos básicos

A continuación se presentan varios conceptos importantes, previo a abordar las definiciones de las dos representaciones de CMMI, estos conocimientos son importantes para comprender la diferencia entre las dos representaciones de CMMI.

- Madurez

Se refiere a la madurez organizacional; es la medida en la que las empresas llevan a cabo su trabajo siguiendo procesos, y en la que éstos se encuentran continuamente mejorados, conocidos e implantados.

- Capacidad

Este es un atributo de los procesos, indica si los procesos son únicamente ejecutados, o si también son gestionados, medidos, planificados y mejorados continuamente.

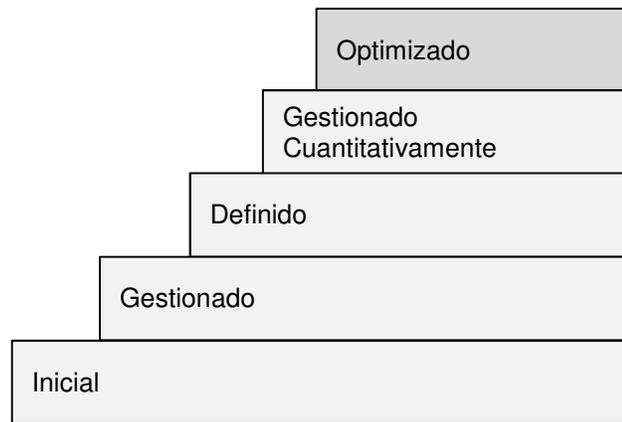
2.1.4.2. Representación por etapas

Esta representación es una forma organizada y predefinida de ejecutar el proceso de mejoramiento de los procesos organizacionales, mediante CMMI. Es la representación ideal para una organización que quiere mejorar sus procesos, pero no tiene idea de por dónde comenzar, ni ha tenido experiencias anteriormente con CMMI o CMM. Permite hacer comparativas entre varias organizaciones evaluadas en CMMI, por medio de los niveles de madurez como métrica de evaluación.

Los niveles de madurez con los que se evalúa a la organización son cinco y se van alcanzando conforme se alcancen ciertas metas que no es más que la mejora de las áreas de proceso que corresponden a cada nivel de madurez en esta representación. Los niveles de madurez son cinco e inicialmente todas las organizaciones se encuentran en el nivel 1, donde no tiene procesos gestionados, presentan problemas en el soporte de los procesos, cumplimiento

de fechas límite y otros. En total son cinco niveles de madurez y se describen en la figura 13 a continuación.

Figura 13. **Representación por etapas**



Fuente: elaboración propia.

Cada nivel de madurez, desde el gestionado hasta el optimizado (ya que todas las organizaciones comienzan por el inicial) comprende un conjunto de área de procesos a ser mejoradas y evaluadas en cada nivel; a continuación se listan las áreas de proceso agrupadas por cada nivel de madurez al cual pertenecen en la tabla III.

Tabla III. **Áreas de proceso por cada nivel de madurez**

Nivel	Área de proceso
2	<ol style="list-style-type: none"> 1. REQM 2. PP 3. PMC 4. SAM 5. MA 6. PPQA 7. CM
3	<ol style="list-style-type: none"> 1. RD 2. TS 3. PI 4. VER 5. VAL 6. OPF 7. OPD 8. OT 9. IPM 10. RSKM 11. DAR
4	<ol style="list-style-type: none"> 1. OPP 2. QPM
5	<ol style="list-style-type: none"> 2. OID 3. CAR

Fuente: elaboración propia.

- Nivel 1 - Inicial

En este nivel se encuentran todas las organizaciones que presentan las siguientes características:

- No hay control sobre el estado del proyecto.
 - Alto porcentaje de retrasos en las entregas pactadas con el cliente.
 - El desarrollo del proyecto es completamente desorganizado.
 - El costo de mantenimiento es alto por la corrección de BUGS.
 - Los procesos de desarrollo de software no están definidos ni administrados.
-
- Nivel 2 - Gestionado
El proyecto es gestionado durante su desarrollo, se inician las prácticas de gestión de proyectos, requisitos, versiones en los nuevos proyectos.

 - Nivel 3 - Definido
Los procesos para el desarrollo de software están documentados en una biblioteca accesible a los equipos de desarrollo, los objetivos para alcanzar las metas de la organización están ya establecidos, los procesos son conocidos por el personal. Este es un nivel que proporciona muchos beneficios para las empresas, por lo que muchas se detienen aquí, por haber mejorado los procesos más importantes.

 - Nivel 4 - Gestionado cuantitativamente
En este nivel, la organización puede medir la calidad de su producto y proceso de forma cuantitativa, puede prever la capacidad de los procesos empleados.

 - Nivel 5 - Optimizado
En este nivel, la mejora continua de los procesos afecta a toda la organización, se tienen datos relativos a la eficacia de los procesos de software para analizar los beneficios y costos de las mejoras y cambios.

2.1.4.3. Representación continua

Con esta representación, la organización tiene mayor flexibilidad para elegir las áreas de proceso a mejorar, uno de los objetivos de la existencia de esta representación es para hacer posible la transición de las organizaciones que tienen certificaciones CMM a CMMI cuidando las grandes inversiones realizadas. La flexibilidad de la representación continua está limitada únicamente por los requerimientos de algunas áreas de procesos.

Las metas alcanzadas son medidas con niveles de capacidad para cada área de proceso enumeradas desde el nivel 0 al 5, a su vez agrupadas en categorías de capacidad. En la tabla IV se agrupan las áreas de proceso por categoría de capacidad de esta representación.

Tabla IV. **Áreas de proceso agrupadas por categoría**

Categoría	Área de proceso
Administración de procesos	1. OPF 2. OPD 3. OT 4. OPP 5. OID
Administración de proyectos	1. PP 2. PMC 3. SAM 4. IPM 5. RSKM 6. IT 7. ISM 8. QPM

Continuación de la tabla IV.

Categoría	Área de proceso
Ingeniería	1. REQM 2. TD 3. TS 4. PI 5. VER 6. VAL
Soporte	1. CM 2. PPQA 3. MA 4. DAR 5. OEI 6. CAR

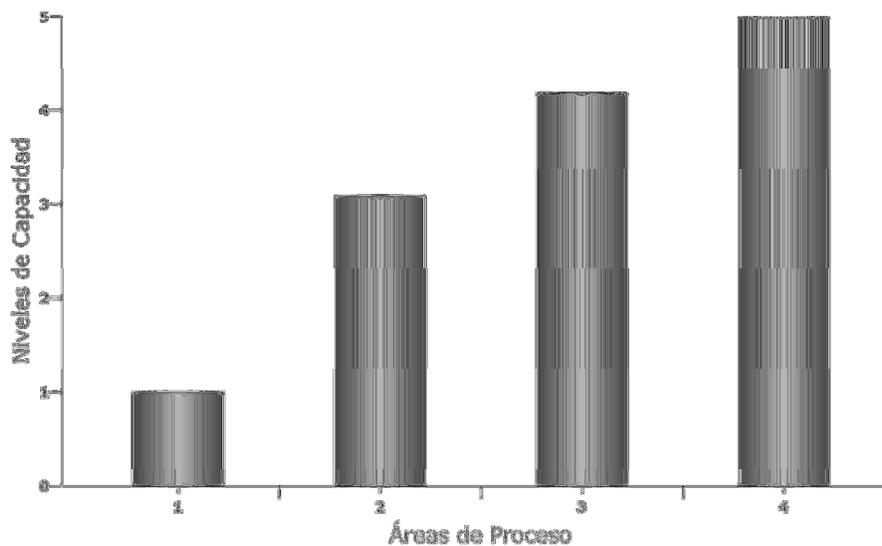
Fuente: elaboración propia.

A continuación se detallan los 6 niveles de capacidad de la representación continua:

- Nivel 0: incompleto
En este nivel, los procesos no se ejecutan completamente o no se han satisfecho las metas específicas de las áreas de proceso de este nivel.
- Nivel 1: realizado
Es cuando los procesos cumplen sus objetivos.
- Nivel 2: gestionado
Es cuando los procesos son planificados, realizados, evaluados.

- Nivel 3: definido
Los procesos están definidos dentro de la organización, se apegan a una política de procesos existente dentro de la misma, esta política está alineada a las directivas de la empresa.
- Nivel 4: gestionado cuantitativamente
Los procesos están siendo monitoreados utilizando métricas cuantitativas.
- Nivel 5: administrado
Los procesos se revisan y modifican adaptándolos a los objetivos de la organización, son mejorados continuamente por medio de las mediciones de los procesos. Además los procesos están gestionados e integrados a un plan.

Figura 14. **Niveles de capacidad representación continua**



Fuente: elaboración propia.

2.1.5. Costos de implementación

Según David Arteaga, consultor de la empresa *Process Consulting*, los costos son variables en las organizaciones, particularmente dependen, entre otros, de cuatro factores primordiales:

- El estado inicial de la organización. Una organización que ya ha incorporado en su forma de trabajo la mayoría de prácticas requerirá un menor esfuerzo y plazo de implementación, pues sólo debe implementar lo que le falta.
- Los costos externos, que incluyen el costo del consultor que les imparte la capacitación y asesoría y el costo del evaluador líder para la evaluación. Este costo puede variar, dependiendo si vive cerca (en el mismo país) o si es extranjero (gastos de desplazamiento).
- Costo interno, para el pago del líder de la mejora de procesos, que se puede estimar en una persona dedicada a medio tiempo durante dos años.
- El costo interno de 7-10 reuniones durante un año, para un promedio de 7 grupos de 2 a 3 personas por grupo en alrededor de 2 horas por reunión, para tratar temas de seguimiento de CMMI.

2.1.6. Evaluación

Para la evaluación del progreso utilizando CMMI, las organizaciones deben ajustar sus procesos a los requisitos mínimos contenidos en el documento *Appraisal Requirements for CMMI* (ARC), actualmente en su versión

1.3 publicada en abril del 2011, por el SEI. Este documento contiene criterios de evaluación del modelo CMMI.

Los resultados de estas evaluaciones ayudan a identificar oportunidades de mejora en los procesos, además, se los puede comparar con las mejores prácticas de CMMI.

El método de evaluación oficial de CMMI es el SCAMPI que su significado al español es “Método de evaluación de mejora de procesos de CMMI”, utilizado para determinar los niveles de capacidad y madurez en las valoraciones, las cuales se hacen sobre observaciones preliminares, conclusiones, valoraciones, informes y actividades de seguimiento.

Existen tres tipos de SCAMPI, el tipo A, B, C; siendo el tipo A el más formal, por lo que es el único en donde se obtiene una clasificación de nivel de madurez o capacidad como resultado. El SCAMPI tipo B es menos costoso y riguroso que el A, pero tiene mayor fiabilidad que el C, a menudo es utilizado para predecir si las evaluaciones de los procesos darán resultados positivos en una evaluación tipo A antes de decidirse a realizarla. La evaluación tipo C es la más liviana, proporciona análisis de resultados rápidos sobre la diferencia en la ejecución de los procesos actuales y las buenas prácticas de CMMI; a grandes rasgos, se puede decir que el SCAMPI tipo C es el menos riguroso, pero es el menos fiable a diferencia que el tipo A.

A continuación se analizan los tres tipos de SCAMPI existentes por medio de la tabla V:

Tabla V. **Comparativa de tipos de SCAMPI**

CARACTERÍSTICA	A	B	C
Cantidad de pruebas objetivas	Alto	Medio	Bajo
Calificaciones generadas	Si	No	No
Recursos requeridos	Alto	Medio	Bajo
Tamaño del equipo	Grande	Medio	Pequeño

Fuente: elaboración propia.

El ARC describe la forma de realizar la evaluación con SCAMPI tipo A, para los tipos B y C, la evaluación está contenida en el documento Manual para la realización de los procesos de evaluaciones estándar de CMMI (SCAMPI) B y C, en su versión 1.1, ambos documentos están contenidos en el sitio del SEI.

La evaluación SCAMPI A debe ser realizado por un *Lead Appraiser*, quien es una persona acreditada por el SEI para realizar estas evaluaciones SCAMPI, cuando la evaluación ha concluido, él emite un documento denominado *Appraisal Disclosure statement* (documento de divulgación de la evaluación) en el cual se enuncia el resultado de la evaluación.

Cuando la evaluación ha finalizado, el *Appraiser* envía los documentos de evaluación al SEI para que sean revisados, cuando la revisión ha culminado, el SEI emite un comunicado al *sponsor* y al *lead appraiser* con su aprobación, desde ya, los resultados son publicados en el sitio del SEI, en el apartado donde se muestra la lista de resultados de evaluaciones (*Published Appraisa*

Results) mostrados en el sitio: <http://sas.sei.cmu.edu/pars/pars.aspx>, para Guatemala, la empresa que lidera la lista es Latín American Byte que ha alcanzado un nivel de madurez 3, en la representación por etapas.

Hay que tener claro que no toda la organización será evaluada, al subconjunto de la organización a evaluarse se llama “unidad organizacional”, puede tratarse de una sede de una multinacional, un departamento o la empresa completa en caso que sea pequeña, además no todos los proyectos serán evaluados, sino una muestra de ellos.

Para determinar el nivel de madurez, durante la evaluación se comienza por verificar la correcta realización de las prácticas genéricas y específicas en la muestra de proyectos, después, el cumplimiento de las metas, por último las áreas de proceso, completado eso se determina el nivel de madurez alcanzado.

2.1.7. Primeros pasos

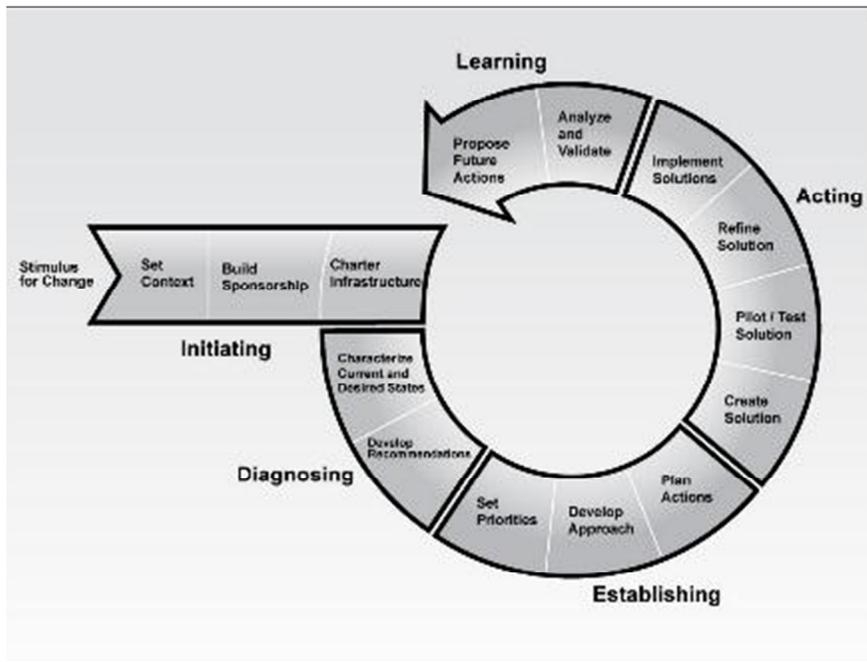
Para David Arteaga, consultor de *Process Consulting*, una empresa peruana dedicada a brindar capacitaciones, consultorías, cursos en línea y evaluaciones de CMMI, entre otros, indica que los pasos esenciales para empezar una mejora con CMMI son:

- Identificar los problemas más importantes en la organización, identificar los objetivos del negocio y cuáles son las mejoras que se pretenden lograr con la mejora.
- Establecer al patrocinador de la organización, la persona que proporcionará el presupuesto, realice la supervisión y entre otras cosas, asigne al responsable o jefe del proyecto.

- Contactar a una empresa o persona individual que brinde servicios de consultoría de CMMI para brindar capacitaciones al equipo de mejora de procesos y/o a los agentes de cambio en la organización.
- Con apoyo del consultor, se debe realizar un diagnóstico del estatus de los procesos de la organización.
- Definir un plan de mejora de acuerdo al diagnóstico anterior, donde se definirá el plan de mejora, hacia el siguiente nivel a donde se desea llegar.
- La empresa debe formar grupos de trabajo, de 3 a 7 personas por grupo, estos deben proponer métricas cuantificables para medir los avances y el seguimiento del plan de mejora.
- Implementar el plan de mejora
- Probar las soluciones a la mejora de procesos antes de difundirlas en la organización, (en algunas empresas, definen las pruebas en fase piloto).
- Realizar el despliegue de la mejora de procesos, una vez probadas, dar capacitación al resto del equipo de trabajo de la organización.

Adicional a seguir estos pasos, se puede tomar como referencia el modelo IDEAL (*Initiating, Diagnosing, Establishing, Acting, Learning*) para apoyarse al momento de la definición del plan de mejora y la implementación de cada una de las etapas para alcanzar un nivel de CMMI.

Figura 15. Ciclo de vida modelo Ideal



Fuente: http://www.sei.cmu.edu/productlines/frame_report/Figure_15.jpg.

Consulta: 2 de junio de 2012.

2.2. ISO SPICE 15504

SPICE es el acrónimo de *Software Process Improvement and Capability Determination* (Determinación de la capacidad de mejora del proceso de *Software*), es un estándar internacional orientado a la mejora de la calidad del software mediante la mejora de sus procesos; establece los requisitos mínimos para la evaluación que asegure la mejora continua y la permanencia de los avances obtenidos. Provee un marco de referencia para la determinación de la capacidad de los procesos de software.

Su modelo tiene dos dimensiones: dimensión de capacidad y de procesos, donde hay 6 niveles de capacidad que contienen un grupo de atributos de

proceso (PA) cada uno de los cuales representa una característica medible que ayuda a determinar el nivel de capacidad. En la dimensión de procesos, define un conjunto de procesos, agrupados en categorías, cada proceso tiene 2 indicadores de realización BP y WP.

Este estándar estimula el comercio internacional debido a que permite el *benchmark* entre organizaciones de varios países y la mejora continua.

2.2.1. Historia y evolución de ISO 15504

Esta norma nace de la necesidad vista por ISO de crear un estándar de evaluación y mejora de procesos de software, en 1991 debido al creciente incumplimiento de plazos y metas de las empresas de software ante los clientes. A raíz de esta necesidad se elaboró en 1992 el reporte titulado “*The Need and Requirements for a Software Process Assessment Standard*” (La necesidad y requerimientos de un estándar de *software* para evaluación de procesos), el cual fue revisado y aprobado por ISO en 1992; ese mismo año ISO creó el WG10 para desarrollar el estándar.

El primer borrador fue revisado en 1995, fue aplicado en muchas empresas, revisado y refinado de acuerdo a los procedimientos para desarrollar estándares ISO. En 1998 se publicó la primera versión bajo el título “ISO/IEC TR 15504”. En el 2005 fue publicado el estándar que sigue vigente hasta hoy ISO/IEC 15504 SPICE que tiene siete partes completas y tres partes aún en desarrollo.

Este estándar tiene compatibilidad con CMMI y comprende la evaluación, mejora y determinación de la capacidad de los procesos, junto con la norma

ISO 12207 puede ser utilizado para cualquier tipo de procesos, no únicamente de desarrollo de software.

2.2.2. Objetivos

- Promover la transferencia de conocimiento y tecnología entre las empresas de software.
- Construir un marco de referencia para la mejora de procesos de software con base a la experiencia de empresas grandes, medianas y pequeñas.
- Crear un estándar para el desarrollo de software independientemente del tipo de organización, modelo de ciclo de vida y metodología de desarrollo utilizada.
- Establecer mecanismos que permitan migrar desde otros estándares, además evitar la aparición de otro estándar de facto.
- Fomentar la optimización de la productividad.

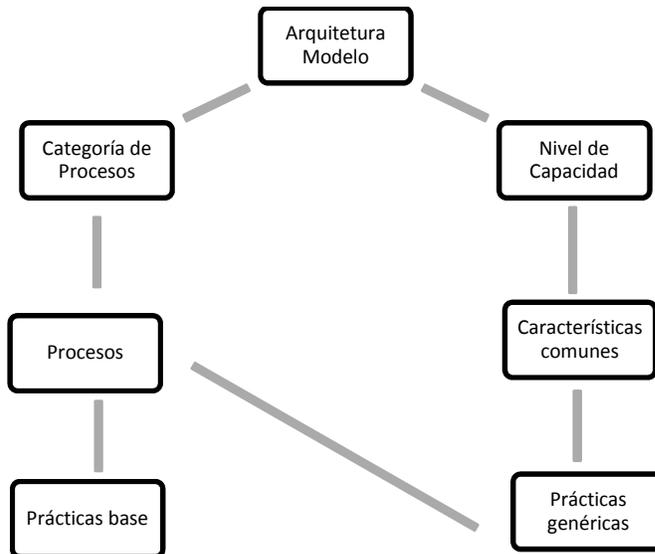
2.2.3. Estructura y componentes

La ISO/IEC 15504 presenta la estructura de la figura 16, contempla las partes normativas (1, 2, 7), que se refieren a aquellas donde se definen los requisitos mínimos para realizar una mejora de procesos de desarrollo y para medir el nivel de madurez de la organización en cuanto al desarrollo de software, y por otro lado, las no normativas (3, 4, 5, 6), en donde se dan las guías de interpretación de los requisitos mínimos y en sí sobre la norma.

2.2.3.1. Estructura

Una de las partes en las que se realiza una mayor profundización en la norma, es la parte 7, en donde se definen los requisitos mínimos para realizar una evaluación de determinación de la madurez de una organización, en la cual, como se describe en la figura 16, y de acuerdo a lo mencionado por García y Garzás (2008), se manejan nueve niveles.

Figura 16. Estructura de ISO 15504 SPICE



Fuente: elaboración propia.

Los procesos están agrupados en categorías, a su vez los niveles de capacidad de los procesos sustentan un conjunto de atributos de procesos, que representan características medibles para obtener la capacidad de los procesos.

Debido a que existe un conjunto de procesos que tienen características comunes entre ellos, las prácticas se dividen en prácticas base y genéricas, en donde las prácticas genéricas contienen actividades generales para estos procesos y las prácticas base contienen actividades para procesos puntuales.

Por esta estructura se considera inapropiado aplicar la certificación a organizaciones con menos de veinte personas porque podría resultar improductivo por factores como:

- Gran cantidad de documentación solicitada sobre los procesos de software.
- Recursos financieros y de disponibilidad de personal limitados.
- Costos en contratación de personal con experiencia en la materia.
- Alto compromiso por parte de los integrantes.

2.2.3.2. Componentes

El estándar ISO/IEC 15504 tiene nueve partes listadas a continuación:

- Conceptos y guía de introducción: ofrece una introducción al estándar y un glosario de conceptos.
- Un modelo para la administración de procesos: ofrece una guía para la administración de los procesos previa a la evaluación.
- Realización de la evaluación: indica los requisitos mínimos que se deben cumplir para obtener resultados satisfactorios en la evaluación.
- Guía para conducir evaluaciones: establece una guía para la realización de las evaluaciones de procesos.
- Construcción, selección y uso de herramientas de evaluación: esta guía contiene un apoyo para el uso de las herramientas de evaluación.
- Cualificación y entrenamiento de los asesores: está enfocado en el entrenamiento básico de los asesores de la norma, describe las

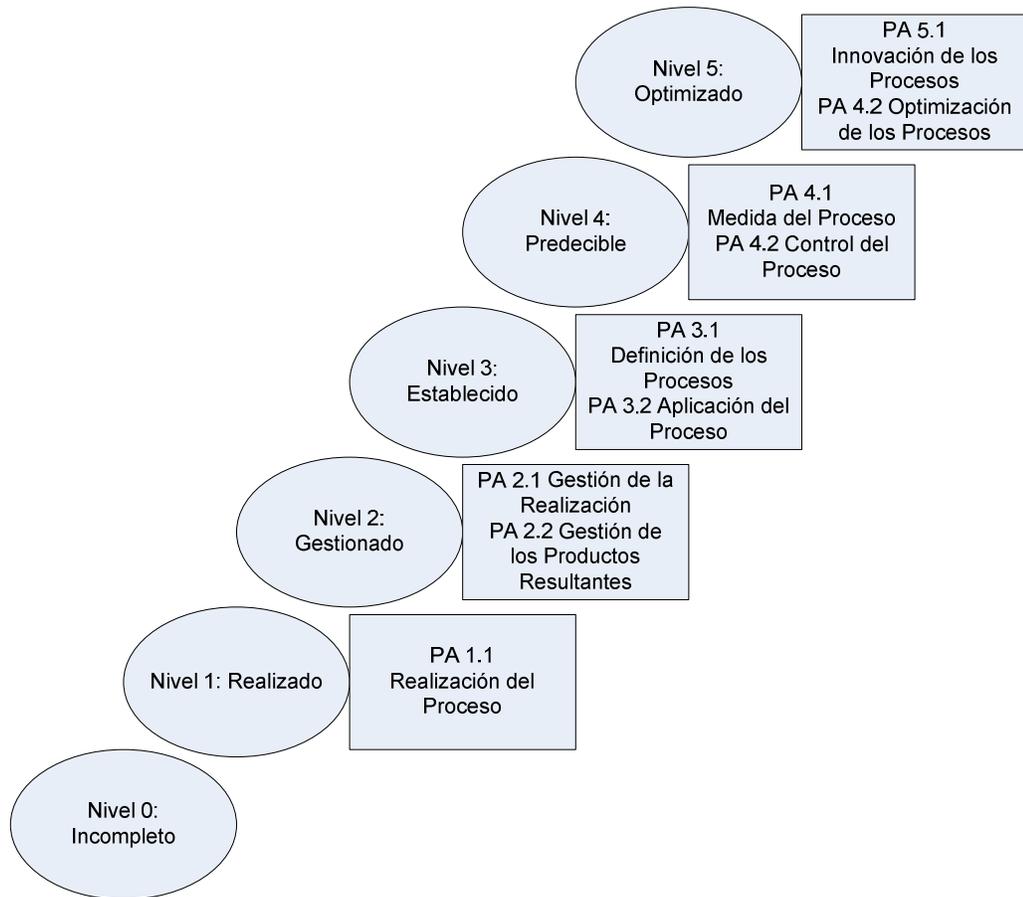
habilidades, cualidades, experiencia y educación que deben tener los involucrados en el proceso de evaluación.

- Guía para el uso en el mejoramiento de procesos: describe cómo definir las entradas de los procesos con el objetivo de conducir a una mejora de procesos.
- Guía para el uso de determinación de capacidad de procesos de terceros: es una guía que describe aspectos para determinar la capacidad de los procesos de los proveedores o de terceros.
- Vocabulario.
- Contiene la información de los conceptos de los términos utilizados en el estándar.

2.2.3.3. Niveles de capacidad de los procesos

Los niveles de capacidad permiten a las organizaciones hacer las mejoras de los procesos de una forma organizada, identificando por dónde comenzar a realizarlas.

Figura 17. Niveles de capacidad de ISO SPICE 15504



Fuente: elaboración propia.

- Nivel 0 incompleto: no existe trazabilidad en los procesos, no se puede identificar las salidas de los mismos ni se obtienen los resultados esperados.
- Nivel 1 realizado: el proceso consigue los resultados esperados, las prácticas bases de los proyectos son generalmente ejecutados de forma no muy rigurosa, en este nivel se identifican algunos procesos.

- Nivel 2 administrado: los procesos están administrados y gestionados, hay planificación, control, comienzan a verse los progresos.
- Nivel 3 establecido: los procesos son ejecutados de acuerdo a su definición y están debidamente documentados.
- Nivel 4 predecible: el rendimiento de los procesos es conocido de forma cuantitativa, es posible la predicción de sus resultados.
- Nivel 5: optimizado: los procesos son ejecutados y cambiados continuamente de acuerdo a los objetivos del negocio, existen metas eficientes basadas en los objetivos de la organización.

Además de los niveles de capacidad, para hacer la valoración de la capacidad de los procesos, se utilizan los atributos de proceso (PA), ya que estos son características medibles de cada proceso y ayudan a hacer una base para la valoración de cada nivel.

Estos atributos son medidos de acuerdo al porcentaje de realización de los procesos como se muestra en la tabla VI.

Tabla VI. **Atributos de proceso de ISO 15504**

Símbolo	Porcentaje (%)	Significado
N	0-15	No conseguido
P	16-50	Conseguido Parcialmente

Continuación de la tabla VI.

Símbolo	Porcentaje (%)	Significado
L	51-85	Conseguido Suficientemente
F	86-100	Conseguido Completamente

Fuente: elaboración propia.

Los atributos de proceso, son descritos a continuación:

- PA 1.1. Realización del proceso: el proceso actualmente utilizado genera resultados.
- PA 2.1. Gestión de la realización: el proceso se ejecuta de forma en que cumple con los resultados.
- PA 2.2. Gestión de productos resultantes: se asegura la generación de productos controlados y documentados.
- PA 3.1. Definición de los procesos: los procesos se ejecutan dentro de las normas establecidas.
- PA 3.2. Aplicación del proceso: el proceso se ajusta con los recursos físicos existentes.

- PA 4.1. Medida del proceso: las medidas realizadas son utilizadas para trazar nuevos objetivos.
- PA 4.2 Control del proceso: los procesos son controlados por medio del análisis de las mediciones hechas.
- PA 5.1 Innovación de los procesos: los cambios en los procesos son controlados.
- PA 5.2 Optimización de los procesos: se aseguran prácticas de mejora continua para los procesos.

2.2.3.4. Evaluación

Según el portal ISO SPICE 15504 en castellano⁹, existen dos esquemas de certificación para este estándar: el esquema AENOR y el *Pathfinder* descritos a continuación, las empresas certificadas bajo ISO SPICE 15504 se listan en la página del sitio <http://www.iso15504.es/>, se actualiza conforme las organizaciones notifiquen a los editores del sitio.

- Esquema de certificación AENOR

Este esquema ha sido desarrollado para acoplarse a los estándares ISO 15504 e ISO 12207 en su actualización del 2008 con el objetivo de apoyar a la implantación de estas normas, además, apoyar la mejora e integración de los procesos con metodologías de desarrollo. Define una serie de niveles de madurez para posicionar a las organizaciones evaluadas, según los procesos certificados que cumplan los requisitos mínimos de mejora según ISO 15504.

⁹<http://www.iso15504.es>. Consulta: 7 de agosto de 2012.

Su gran ventaja es que cuenta con el prestigio de AENOR una organización líder en certificaciones de sistemas de gestión, elaboración de productos y prestación de servicios, tiene presencia en Europa; es el esquema de certificación elegido por las organizaciones evaluadas con la norma ISO 15504. Para la región centroamericana AENOR tiene una sede en El Salvador y otra en Panamá.

- Esquema de certificación *Pathfinder*

Este esquema fue desarrollado de acuerdo con las normas ISO 15504 e ISO 12207 en su versión 1995, desarrollado por Pathfinder Alliance, con el objetivo de certificar a las organizaciones por niveles de madurez. La desventaja de este esquema con respecto al de AENOR, es que Pathfinder fue desarrollado de acuerdo con una norma ISO 12207 desactualizada, incluso, sus niveles de madurez contemplan más procesos que los de AENOR y los de otros modelos de certificación (p.e. CMMI), lo cual lo vuelve una mala opción para certificarse.

3. IMPLEMENTACIÓN DE CMMI EN GUATEMALA

A continuación se presentan los datos de 3 empresas entrevistadas, acerca de sus experiencias implementando CMMI.

6.1. Implementación de CMMI en *Latín American Byte, S.A.*

Esta empresa, goza actualmente de mucho prestigio a nivel nacional, como una de las organizaciones con mayor éxito dentro de su clase, ya que cuenta con múltiples logros y reconocimientos, uno de estos logros, es ser la única compañía guatemalteca con un nivel 3 de CMMI, alcanzado conjuntamente con el nivel 2, en la evaluación.

6.1.1. Datos generales

- Dirección de la empresa: 1^a av. 1-78 Fraijanes, kilómetro 17,5 San José Pínula, Guatemala
- Teléfonos: (502) 23846868 Ext. 461
- Página Web: www.bytesw.com
- Persona Entrevistada: *Homero Bosch*
- Correo electrónico: *hbosch@bytesw.com*

6.1.2. Antecedentes de la empresa

Inició sus operaciones en 1989, desarrollando software a la medida, dos años después se orientó hacia mercados específicos encontrando necesidades de soluciones de software en empresas de telefonía y banca guatemalteca, ya que el software existente provenía de Estados Unidos y de Europa por lo cual no estaba ajustado a las necesidades regionales¹⁰.

Desde su fundación, han acumulado una gran experiencia en desarrollo de software, logrando expandirse internacionalmente mediante relaciones estratégicas de negocios y un buen equipo de trabajo, manteniendo relaciones a largo plazo con clientes.

Actualmente cuenta con soluciones para industrias de telecomunicaciones y banca.

6.1.3. Acerca de la implementación de CMMI

En noviembre de 2009, *Byte* alcanzó el nivel No. 3 de CMMI, lo que les tomó cuatro años conseguir, siendo la primera empresa centroamericana en tener este nivel de madurez.

6.1.3.1. Aprendizajes

- Invertir en la mejora de los procesos internos de la empresa ha cambiado la organización en su conjunto ya que se han implementado buenas prácticas del negocio, que se quedarán por el bien de todos, los costos

¹⁰ En cuanto a parámetros de: impuestos, contabilidad, signos de moneda entre otros.

iniciales se han visto opacados por los beneficios que hoy por hoy estamos experimentando.

- Los clientes son la mejor referencia.
- Un buen clima organizacional y una buena estrategia de motivación para los empleados ayuda a que el rendimiento y la eficacia de los trabajadores mejore, motivando a los empleados, se logra un mejor desempeño.
- Un cliente satisfecho es la mejor referencia.
- Se puede expandir el negocio mediante sistemas de asociados.
- No es una limitación estar en Guatemala para entregar software de calidad.

6.1.3.2. Mejoras internas gracias a CMMI

- Mejor clima organizacional.
- Estimación de costos y tiempos de proyectos
- Cumplimiento de los proyectos
- Valoración de la gente, buscando la motivación de los empleados

6.2. Implementación de CMMI en BDG, S.A.

Business Development Group cuenta con más de 50 clientes en la región de Centroamérica, incluyendo clientes del sector financiero, comercio, industria y gobierno.

6.2.1. Datos generales

- Dirección de la empresa: 15 avenida. 6-01 zona 13 4to. Nivel, oficina 402A Century Plaza, Guatemala.
- Teléfonos: PBX (502)2361-8333: Fax: (502)2361-7646
- Página Web: www.bdgsa.net
- Persona entrevistada: *Jeaneth Mérida*
- Email: jmerida@bdgsa.net

6.2.2. Antecedentes de la empresa

BDG nace en el 2002 como una empresa integradora de soluciones de software la cual ha desarrollado desde entonces más de 80 proyectos al lado de varios de los bancos y aseguradoras más grandes de Centroamérica. A su vez ha aportado mejoras de gran magnitud en instituciones de gobierno para la gestión y mejora en la eficiencia operacional y servicio al cliente.

A su vez, cuenta con una gran gama de servidores de alto desempeño la cual cuenta con máquinas virtuales como ambiente de prueba, *testing* y desarrollo de aplicaciones.

Algunas de las soluciones que brinda:

- CRM Sigma7
- Servicio al cliente
- Automatización de fuerza de ventas
- *Telemarketing y call center*
- IVR
- *Cash Management*
- Banca electrónica
- Fábrica de créditos con *scoring* crediticio
- Banca telefónica
- Solución de imágenes

6.2.2.1. Motivación

A nivel externo

- Alcanzar un nivel internacional de competitividad
- Obtener mejores oportunidades de negocios
- Ser un modelo para otras empresas guatemaltecas

A nivel interno

- Organizar los procesos de la empresa
- Mejorar la evaluación del rendimiento del negocio
- Obtener métricas de resultados
- Mejor estimación de costos y tiempos de proyectos

6.2.3. Acerca de la implementación de CMMI

El proyecto de mejora de procesos utilizando el modelo de CMMI, se inició en BDG a principios de febrero del 2009. Se procedió a hacer mejoras en dos áreas de procesos y productos de trabajo utilizando las buenas prácticas que CMMI propone para el nivel 2 (representación por etapas).

Las áreas de proceso trabajadas fueron: administración de requerimientos (REQM) y aseguramiento de calidad de procesos y productos (PPQA).

Se realizó un piloto con un proyecto de Visanet, el cual sirvió de referencia para probar los procesos y los productos de trabajo definidos y hacer mejoras a los mismos.

Un estimado de costos incurridos por la empresa, que incluyen capacitación al líder de la mejora de procesos y capacitaciones internas son 15000 dólares, según Jeaneth Merida.

6.2.3.1. Objetivos de implementar CMMI

- Incrementar y mejorar continuamente la calidad de los procesos y productos de BDG.
- Establecer lineamientos base para estandarizar los procesos y procedimientos de BDG.
- Estandarizar los procesos y procedimientos de BDG.
- Mejorar la planificación y administración de los proyectos y recursos.
- Identificar las necesidades de capacitación del recurso humano.
- Mejorar la calidad en el levantado, interpretación y estimación de los requerimientos.

- Implementar procedimientos para el manejo de versiones y la evolución de los productos, alineado a estándares internacionales.

6.2.3.2. Infraestructura del proceso de mejora

Los grupos de trabajo que participan en la mejora de procesos son:

- MSG (*Management Steering Group*) – Presidencia.
- EPG (*Engineering Process Group*) – Coordinadores de área.
- TWG (*Technical Working Group*) – Personal operative.
- Líder del EPG – Encargado del proyecto de CMMI.

Las áreas de proceso a trabajar en el proyecto de mejora requieren una infraestructura sobre la cual van a ser implementadas.

La cual incluye:

- Definición de “Organización”.
- Tres áreas de trabajo: consultoría, desarrollo y ventas (únicamente para SAM).
- No está incluido soporte ni área administrativa.
- Definición de tipos de proyectos.
- Definición de ciclo de vida de proyectos.
- Definición de hitos en el ciclo de vida.
- Definición de nomenclatura a utilizar en la documentación.
- Establecimiento de un repositorio de documentos.
- Definición de roles por ciclo de vida y responsabilidades.
- Plantillas de productos de trabajo.
- Productos por ciclo de vida.

6.2.3.3. Mejoras alcanzadas

Se han logrado establecer los procesos de la organización, se está logrando cuantificar resultados, medir y encontrar problemas organizacionales, de manera que con los datos es posible tener una visualización más certera del estado de los proyectos y procesos de la organización. A continuación se muestra en la figura 17 estadísticas hechas por el personal de PPQA, para del control de las prácticas de esta área de proceso.

6.3. Implementación de CMMI en empresa X

Por políticas de confidencialidad y términos firmados en el acuerdo de privacidad, esta empresa guatemalteca no permitió publicar el nombre de la empresa entrevistada, únicamente la información referente a la mejora de procesos con CMMI que están realizando.

6.3.1. Acerca de la implementación de CMMI

Inició actividades de mejora de procesos por medio de CMMI en febrero 2011, actualmente se encuentran en el nivel inicial y buscan obtener el segundo nivel. Contactaron al Ing. mexicano Oscar Morndragon, instructor de CMMI certificado por el SEI como consultor, este los ha apoyado con las capacitaciones y consultoría en general.

De febrero a marzo 2011 han gestionado capacitaciones con duración de una semana para los MSG (Gerencia), EPG (Grupo de ingenieros de procesos seleccionados por su antigüedad y experiencia en la organización), TWG

(Grupos de trabajo que se constituirán de equipos multidisciplinarios de diversos puestos) y el personal de desarrollo.

En enero 2012 han logrado establecer reuniones semanales para los líderes de cada grupo de trabajo para identificar avances, nuevas ideas y comparar mejoras. Se dedica el 40 por ciento de la jornada laboral (8 horas) para temas relacionados a CMMI.

6.3.2. Motivación

- Organizar los proyectos que se tienen actualmente, para tener una mejor trazabilidad del estado de los mismos, así rendir mejores cuentas al cliente interno.

6.3.3. Avances en la implementación

En agosto 2011 lograron terminar la implementación de las prácticas específicas para las áreas de proceso de PPQA y REQM, con lo que hicieron diversas actividades informativas hacia el personal y equipo involucrado, regalando *mouse pads* y accesorios con el logo de la empresa y con las siglas CMMI en la parte inferior del logo, lo cual motivó al personal a continuar trabajando con las nuevas prácticas para alcanzar los objetivos propuestos.

6.3.4. Retos encontrados

- Resistencia al cambio.
- Altos costos en recurso humano, ya que el personal involucrado en los grupos de trabajo de CMMI de las áreas organizacionales a evaluar, no

dedican el 100 por ciento de su tiempo laboral en atender sus actividades laborales, sino que únicamente dedican el 60 por ciento del tiempo, lo demás lo invierten en actividades de CMMI.

- Costos en mejora de infraestructura para capacitaciones. En el transcurso del 2011 se habilitaron tres nuevos salones de reuniones, con equipo audiovisual para atender capacitaciones.
- Costos en investigación sobre nuevas herramientas que les ayuden a cumplir con las metas de las prácticas genéricas y específicas de cada área de proceso. Se está utilizando una aplicación *web* como repositorio de la documentación y proyectos desarrollados, otra aplicación para manejo de incidentes, otra para el registro de las actividades diarias de los empleados y más.

6.3.5. Beneficios esperados y encontrados

- Ordenamiento
- Seguimiento
- Definición de proyectos

6.3.6. Costos

Esta empresa tiene planificado invertir alrededor de doscientos mil dólares durante el proceso para alcanzar el nivel 2.

4. COMPARATIVAS

4.1. Aspectos generales

Ya se ha mencionado que la calidad de un producto de software está determinada por la calidad de los procesos que se utilizaron en su desarrollo, y producir software de calidad hace que muchas empresas mantengan su posición en el mercado además de garantizar su supervivencia.

Para tener un concepto claro, un proceso de software se define como un conjunto de etapas parcialmente ordenadas con la intención de lograr un objetivo, en este caso, la obtención de un producto de software de calidad. Ahora bien, un proceso diseñado o ejecutado incorrectamente puede provocar serios problemas, desperdicio de recursos y tiempo, además de pérdidas económicas.

Los modelos y estándares internacionales que proveen ISO SPICE y CMMI tienen como principal objetivo medir la calidad de los procesos de desarrollo de software de una compañía a través de un análisis minucioso de cada uno de ellos, para así determinar si éstos están cumpliendo con su objetivo. Ambos estándares se basan en modelos de calidad de procesos para establecer un ambiente que dé lugar a la mejora continua y finalmente conseguir o aumentar:

La calidad de los productos, eficiencia, productividad del equipo de desarrollo de software, y eventualmente disminuir costos. Por su parte la mejora continua permite a las empresas ganar competitividad y orientando sus esfuerzos a tratar de ir más allá de satisfacer las necesidades de los clientes.

ISO 15504 SPICE y CMMI a pesar de perseguir el mismo fin tienen diferencias, empezando por su estructura, además, ISO 15504 SPICE ha tenido mucha aceptación en países europeos dando muy buenos resultados, por su parte CMMI, es ampliamente utilizado en Estados Unidos y por consiguiente en Latinoamérica debido a la influencia que tiene este país en toda la región.

Como ya se mencionó, ISO 15504 SPICE y CMMI se basan en modelos de calidad de procesos por lo cual pueden ser utilizados para:

- Reconocer las fortalezas y oportunidades de mejoramiento de los procesos.
- Validar que todos los procesos creados dentro de la organización se sigan correctamente.
- Gestionar y planificar mejoras concretas a partir del escenario actual.
- Establecer la calidad con la prioridad más alta.
- Analizar los resultados después de aplicar las prácticas de mejoramiento.

Comúnmente se considera un gran avance si se llega a cumplir con objetivos anteriores, pero ISO 15504 SPICE y CMMI van más allá; es necesario tener claro cuál de estos dos estándares se adapta mejor a las necesidades de

la organización, por ello en este capítulo se comparan aspectos como: ventajas, desventajas, enfoque y generalidades de cada uno.

El análisis presentado en este capítulo, permitirá establecer parámetros de referencia entre los estándares, para comprender en qué condiciones se obtienen los mejores resultados tras su aplicación, y cómo impacta su implementación a nivel organizacional, además no se profundiza en detalles de cada estándar porque esto ya se hizo en capítulos previos.

4.2. Características propias de ISO 15504 SPICE

ISO 15504 SPICE proporciona un marco de referencia para los aspectos de evaluación que se pueden utilizar para determinar la capacidad de los procesos de una organización de desarrollo o construcción de software. Se debe tener en cuenta que la aplicación de esta norma es independiente del tipo de organización, modelo de ciclo de vida, metodología y tecnología.

Compuesto por nueve partes, siendo las siguientes:

- Parte 1: conceptos y guía de instrucción.
- Parte 2: un modelo para administración de procesos.
- Parte 3: realización de la evaluación.
- Parte 4: guía para conducir las evaluaciones.
- Parte 5: construcción, selección y uso de las herramientas e instrumentos de evaluación.
- Parte 6: cualificación y entrenamiento de los asesores.
- Parte 7: guía para usarse en el mejoramiento de los procesos.
- Parte 8: guía para usarse en la determinación de la capacidad de procesos de terceros.

- Parte 9: vocabulario.

El modelo SPICE describe los procesos que una organización puede ejecutar, adquirir, suplir, desarrollar, operar, evolucionar, brindar soporte de software y todas las prácticas genéricas que caracterizan las potencialidades de estos procesos. La arquitectura del modelo SPICE divide las prácticas en dos categorías:

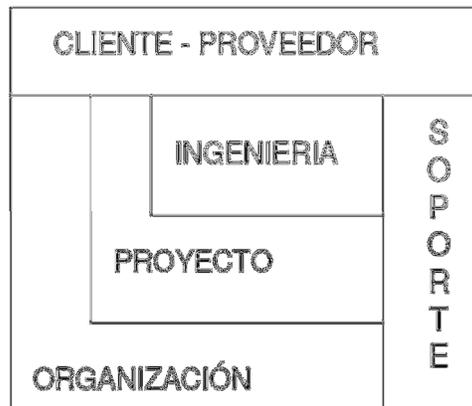
- Prácticas base: son todas aquellas actividades propias de un proceso específico.
- Prácticas genéricas: que agrupa a todas aquellas actividades que son aplicables a cualquier proceso, y son objeto de una mejora.

A su vez agrupa los procesos en cinco categorías:

- Procesos cliente
- Procesos de ingeniería
- Procesos de proyecto
- Procesos de soporte
- Procesos de la organización

Las cinco categorías están interrelacionadas, y unas proceden a otras como se muestra en la figura 18.

Figura 18. **Categoría de procesos ISO SPICE**



Fuente: http://ingenieria.ucaldas.edu.co/auditoria/index.php/ISO/IEC_15404:SPICE,_ISO/IEC_15408:2005,_ISO/IEC_19770:2006_ISO_12207. Consulta: 6 de julio de 2012.

4.2.1. **Ventajas de ISO 15504 SPICE**

Entre las ventajas del modelo están:

- El modelo provee dimensiones independientes para los procesos y para la capacidad.
- Tiene costos de certificación menores que otros estándares de su tipo.
- Establece un conjunto de criterios que permite la comparación con modelos de proceso externos para encontrar mejoras inmediatas.
- Tiene integración fácil con otras Normas ISO del sector TIC, como: ISO 27000, ISO 20000, de servicios IT e ISO 9000.
- Aumenta la productividad ya que se realiza menos repetición del trabajo.

4.2.2. Desventajas de ISO SPICE

Entre las desventajas del modelo están:

- Debido a que abarca un amplio espectro de procesos de ciclo de vida, hace difícil y confusa la evaluación de los atributos de los procesos.
- Existe un traslape entre las dimensiones de proceso.
- Las dimensiones de capacidad han alcanzado un alto grado de dificultad.

4.2.3. Aplicación del modelo

ISO 15504 SPICE está dirigido a grandes y pequeñas organizaciones de software, además a asesores de procesos de software. El modelo provee una guía de trabajo en la gestión de procesos y aplicación de actividades en proyectos, aplicando como una lista de chequeo de tareas de desarrollo. El modelo debe ser usado durante los procesos de desarrollo y en un plan de mejoramiento continuo.

4.3. Características propias de CMMI

Existe abundante información sobre CMMI, incluso más que de ISO 15504 SPICE, pero en síntesis, CMMI constituye un marco de referencia de la capacidad de las organizaciones de desarrollo de software en el desempeño de sus diferentes procesos, proporcionando una base para la evaluación de la madurez de las mismas y una guía para implementar una estrategia para la mejora continua. La estructura de CMMI provee dos presentaciones del modelo: continua y por etapas.

La representación continúa está relacionada con cada área de proceso, se enfoca en la capacidad que cada área de proceso, y con base a la capacidad; se establece un parámetro que determina la calidad para que a partir de este se mida la mejora individual de cada proceso.

En la representación por etapas, las etapas son equivalentes a niveles de madurez, cada nivel de madurez tiene un conjunto de áreas de proceso que indica dónde una organización debería enfocar la mejora de procesos, una vez ha conseguido la mejora aumenta el nivel de madurez.

4.3.1. Ventajas de CMMI

Entre las ventajas del modelo están:

- Mejora la gestión de proyectos
- Guía paso a paso la mejora de procesos, a través de los niveles de madurez.
- Genera base del conocimiento.
- Inclusión de prácticas de internacionalización, que permiten certificar que los procesos asociados con cada área de proceso sean efectivos.
- Mejora la planificación.
- Permite la adopción de las mejores prácticas.

4.3.2. Desventajas de CMMI

Entre las desventajas del modelo están:

- Es un modelo muy grande y complejo en comparación con los modelos de otros estándares.
- Tiene un proceso de evaluación con alto costo, tiempo y esfuerzo.
- Puede ser difícil de entender
- Requiere mayor inversión que ISO SPICE para ser completamente implementado.

4.3.3. Aplicación del modelo

CMMI integra perfectamente bien las actividades de ingeniería de software y administración de los objetivos del negocio, esto lo hace especialmente apropiado para medianas y grandes empresas, ya que potencia el ciclo de vida de los productos, actividades y servicios, asegurando que se cumplan las especificaciones del cliente.

Por la naturaleza y diseño de CMMI este puede ser usado como herramienta para *Benchmarking*, guía de mejoramiento, y como criterio para elegir proveedores de software.

Como guía de mejoramiento permite que solo se enfoque en áreas de proceso específicas (a través de la representación continua), y conseguir una mejora en los procesos de la organización. Como guía aplicada en la representación por etapas, se pueden usar los tradicionales niveles de madurez.

Un gran beneficio de la implementación de CMMI, es que permite que la empresa pueda comparar sus áreas de procesos y practicas con otras que también tengan el estándar, esto contribuye a crear un gremio de empresas apegado a las mejores prácticas.

Algunas empresas, prefieren o exigen que sus proveedores de software cuenten con un nivel de CMMI, ya que esto garantiza en cierta medida que el proveedor aplique estándares internacionales de calidad total en los procesos del ciclo de vida del software.

4.4. Comparativa entre ISO SPICE y CMMI

La comparación entre los dos estándares se lleva a cabo con base a cuatro criterios básicos: alcance del modelo, arquitectura, funcionalidad y características de la organización.

4.4.1. Principales características

Anteriormente se enumeraron algunas características que distinguen a cada modelo, pero a manera de resumen, la tabla VII muestra una comparativa directa entre las características de ISO 15504 SPICE y CMMI.

Tabla VII. **Comparativa entre características de los modelos**

CARACTERÍSTICA	CMMI	ISO 15504
Ámbito de aplicación	Software y Sistemas	Software y Sistemas
En su favor	El de mayor prestigio.	Más consensuado y probado.
En su contra	Difícil de entender, mayor inversión, prescriptivo.	Difícil en capacidad, complejo para evaluar.

Continuación de la tabla VII.

CARACTERÍSTICA	CMMI	ISO 15504
Procesos	Estructura propia.	Delega en ISO 12207, por mayor aplicabilidad.
Objetivo	Mejora del proceso, determinación capacidad contratista.	Valoración del proceso y guía para la mejora.
Representación	Continua y por etapas.	Continúa (por etapas a nivel de proceso).
Técnicas análisis	Cuestionarios de evaluación.	Varios.
Método para mejora de procesos	IDEAL, mapa guiado.	SPICE 4ª Parte. ISO-IEC-15504-4.

Fuente: <http://www.sc.ehu.es/jiwdocoj/remis/docs/DelaVillaadis2004.doc>. Consulta: 5 de junio de 2012.

4.4.2. Escala de medición de mejora

Existe mucha similitud en la escala de medición de mejora de procesos de ambos estándares, ya que buscan cuantificar la calidad de los procesos de software y promover su mejoramiento, por lo cual no existe mucha diferencia tal como se puede apreciar en la tabla VIII.

Tabla VIII. **Niveles de medición de mejora de ISO 15504 SPICE y CMMI**

Nivel	ISO 15504 SPICE	CMMI
0	Incompleto	Incompleto
1	Desarrollado	Desarrollado
2	Administrado	Administrado
3	Establecido	Definido
4	Predecible	Cuantitativamente Administrado
5	Optimizado	Optimizado

Fuente: elaboración propia

4.4.3. Categoría de procesos

En la tabla IX se muestran las categorías de proceso de ISO 15504 SPICE y CMMI, lo cual permite hacer una comparación directa entre estos dos. La tabla demuestra que CMMI en su categoría de procesos cubre actividades de desarrollo y mantenimiento de ingeniería de sistemas y de ingeniería *software*, mientras ISO 15504 SPICE se centra en el mantenimiento, implementación y documentación de sistemas.

Tabla IX. **Categorías de proceso de CMMI continuo e ISO SPICE**

CATEGORIAS DE ÁREAS DE PROCESOS CMMI	CATEGORIAS DE ÁREA DE PROCESO DE ISO 15504 SPICE
Administración de procesos	Organización
Administración de proyectos	Administración
Ingeniería	Ingeniería
Soporte	Soporte
	Cliente-Proveedor

Fuente:<http://www.cimat.mx/~yolanda/cursos/semestre2/ingenieria/Proyecto/reporte.pdf>
 Consulta: 1 de mayo de 2012.

Por otra parte, el área de procesos de ingeniería de CMMI y el área de procesos ENG de ISO SPICE, tiene cierta similitud, aunque en la práctica ISO SPICE está orientado a la implementación y mantenimiento de *software* y CMMI al desarrollo y mantenimiento de Ingeniería de Sistemas, e Ingeniería de *Software*.

En la tabla X se puede apreciar una comparativa entre los estándares.

Tabla X. **Áreas de proceso de Ingeniería de ISO SPICE y CMMI**

ISO SPICE Áreas de Proceso ENG	CMMI Continuo Áreas de Procesos de Ingeniería
ENG. 1. Desarrollo de requisitos y diseño del sistema.	Gestión de requerimientos (REQM).
ENG. 2. Desarrollar los requerimientos de <i>software</i> .	Desarrollo de requerimientos (RD).

Continuación de la tabla X.

ISO SPICE Áreas de Proceso ENG	CMMI Continuo Áreas de Procesos de Ingeniería
ENG. 3. Desarrollar el diseño.	Gestión de Cambios Tecnológicos (TCM).
ENG. 4. Implementar el diseño de <i>software</i> .	Solución Técnica (TS).
ENG. 5. Integrar y probar el <i>software</i> .	Integración de Productos (PI).
ENG. 6. Integrar y probar el sistema.	Verificación (VER).
ENG. 7. Mantener el sistema de <i>software</i>	Validación (VAL).

Fuente: elaboración propia.

Cada una de las áreas de proceso tiene sus particularidades. Para tener una mejor comprensión, es necesaria una representación completa de cada una de las áreas, por esta razón, en la tabla XI se muestran las áreas y tareas de los procesos de ingeniería de ISO SPICE y en la tabla XI se muestran áreas de procesos y las prácticas de ingeniería correspondientes a CMMI.

Tabla XI. **Tareas de procesos de ingeniería de ISO SPICE (Torres, 2007)**

Áreas de proceso ENG	Tareas
ENG. 1 Desarrollar los requisitos y diseño de sistemas.	ENG. 1.1 Especificar requerimientos del sistema.
	ENG. 1.2 Describir arquitectura del sistema.
	ENG. 1.3 Localizar requerimientos.
	ENG. 1.4 Determinar estrategias de versión.

Continuación de la tabla XI.

Áreas de proceso ENG	Tareas
ENG. 2 Desarrollo de requisitos de <i>software</i> .	ENG. 2.1 Determinar requerimientos de <i>software</i> .
	ENG. 2.2 Analizar requerimientos de <i>software</i> .
	ENG. 2.3 Determinar el impacto en el ambiente de operación.
	ENG. 2.4 Evaluar requerimientos con el cliente.
	ENG. 2.5 Actualizar requerimientos para próxima iteración.
ENG. 3 Desarrollar el diseño.	ENG. 3.1 Desarrollar el diseño de la arquitectura del <i>software</i> .
	ENG. 3.2 Diseñarlas interfaces.
	ENG. 3.3 Desarrollar el diseño detallado.
	ENG. 3.4 Establecer seguimiento.
ENG. 4 Implementar el diseño del <i>software</i>	ENG. 4.1 Desarrollar unidades de <i>software</i> .
	ENG. 4.2 Desarrollar procedimientos para verificación de las unidades.
	ENG. 4.3 Verificar las unidades de <i>software</i> .
ENG. 5 Integrar y probar el <i>software</i>	ENG. 5.1 Determinar estrategias de pruebas de regresión.
	ENG. 5.2 Construir agregados de unidades de <i>software</i> .
	ENG. 5.3 Desarrollar pruebas de agregados.
	ENG. 5.4 Probar agregados de <i>software</i> .
	ENG. 5.5 Desarrollar pruebas de <i>software</i> .
	ENG. 5.6 Probar integración de <i>software</i> .
	ENG. 6 Integrar y probar el sistema
	ENG. 6.2 Desarrollar pruebas de agregados.
	ENG. 6.3 Probar los agregados del sistema.
	ENG. 6.4 Desarrollar las pruebas del sistema.
	ENG. 6.5 Probar integración del sistema.
ENG. 7 Mantener el sistema y el <i>software</i>	ENG. 7.1 Determinar requerimientos de mantenimiento.
	ENG. 7.2 Analizar problemas de usuario.
	ENG. 7.3 Determinar modificaciones para próximas actualizaciones.
	ENG. 7.4 Implementar y probar modificaciones.
	ENG. 7.5 Actualizar sistemas de usuarios.

Fuente: elaboración propia

Tabla XII. Prácticas de los procesos de ingeniería de CMMI

Áreas de procesos de Ingeniería	Prácticas específicas
Gestión de requerimientos (REQM)	<p><i>SG1. Requerimientos de Administración.</i> SP1.1 Obtener un entendimiento del requerimiento. SP1.2 Obtener requerimiento finales SP1.3 Administrar cambios en requerimiento. SP1.4 Mantener seguimiento de requerimientos. SP1.5 Indicar inconsistencias entre trabajo de proyecto y requerimientos</p>
Desarrollo de requerimientos (RD)	<p><i>SG1. Desarrollar requerimientos del cliente</i> SP1.1 Identificar necesidades del cliente SP1.2 Desarrollar requerimientos del cliente.</p> <p><i>SG2. Desarrollar requerimientos del producto</i> SP2.1 Establecer productos y requerimientos de componentes de productos SP2.2 Ubicar requerimientos de productos y componentes SP2.3 Identificar requerimientos de productos e interfaces.</p> <p><i>SG3. Analizar y validar requerimientos de operación</i> SP3.1 Establecer conceptos y escenarios de operación SP3.2 Establecer una definición de los requerimientos funcionales SP3.3 Analizar requerimientos SP3.4 Analizar requerimientos a llevar a cabo SP3.5 Validar requerimientos con métodos comprensivos</p>
Gestión de Cambios Tecnológicos (TCM)	<p><i>SG 1. Administración de cambios de tecnología</i> SP1.1 Gestión de cambios tecnológicos.</p>
Solución Técnica (TS)	<p><i>SG 2. Desarrollar y diseñar componentes del producto</i> SP2.1 Desarrollar productos y componentes del producto SP2.2 Establecer paquete técnico de datos SP2.3 Diseñar interfaces usando criterios SP2.4 Ejecutar análisis de creación, compra y reusabilidad</p> <p><i>SG 3. Implementar el diseño del producto</i> SG3.1 Implementar el diseño SP3.2 Documentar el soporte del producto</p>

Continuación de la tabla XII.

Áreas de procesos de Ingeniería	Prácticas específicas
Solución Técnica (TS)	SG 2. Desarrollar y diseñar SP2.1 Desarrollar productos y componentes del producto SP2.2 Establecer paquete técnico de datos SP2.3 Diseñar interfaces usando criterios SP2.4 Ejecutar análisis de creación, compra y reusabilidad SG 3. Implementar el diseño del producto SG3.1 Implementar el diseño SP3.2 Documentar el soporte del producto
Integración de Productos (PI)	SG 1. Preparar la integración de productos SP1.1 Determinar secuencia de integración SP1.2 Establecer desarrollo de integración de productos SP1.3 Establecer procedimientos y criterios de integración de productos SG 2. Asegurar compatibilidad de interfaces SP2.1 Revisión de interfaces para perfección SP2.2 Administrar interfaces SG 3. Ensamblar componentes del producto y entregar el producto SP3.1 Reunir componentes de productos y entrega de productos SP3.2 Confirmar facilidad de componentes de productos para integración SP3.3 Evaluar unión de componentes de productos. SP3.4 Empaquetar y entregar componentes de producto
Verificación (VER)	SG 1. Preparar la verificación SP1.1 Seleccionar productos para verificación SP1.2 Establecer ambiente de verificación SP1.3 Establecer procedimientos y criterios de verificación SG 2. Ejecutar revisiones SP2.1 Preparar para revisión SP2.2 Conducir la revisión SP2.3 Analizar datos de la revisión SG 3. Verificar productos seleccionados SP3.1 Ejecutar verificación SP3.2 Analizar resultados de verificación e identificar acciones correctivas

Continuación de la tabla XII.

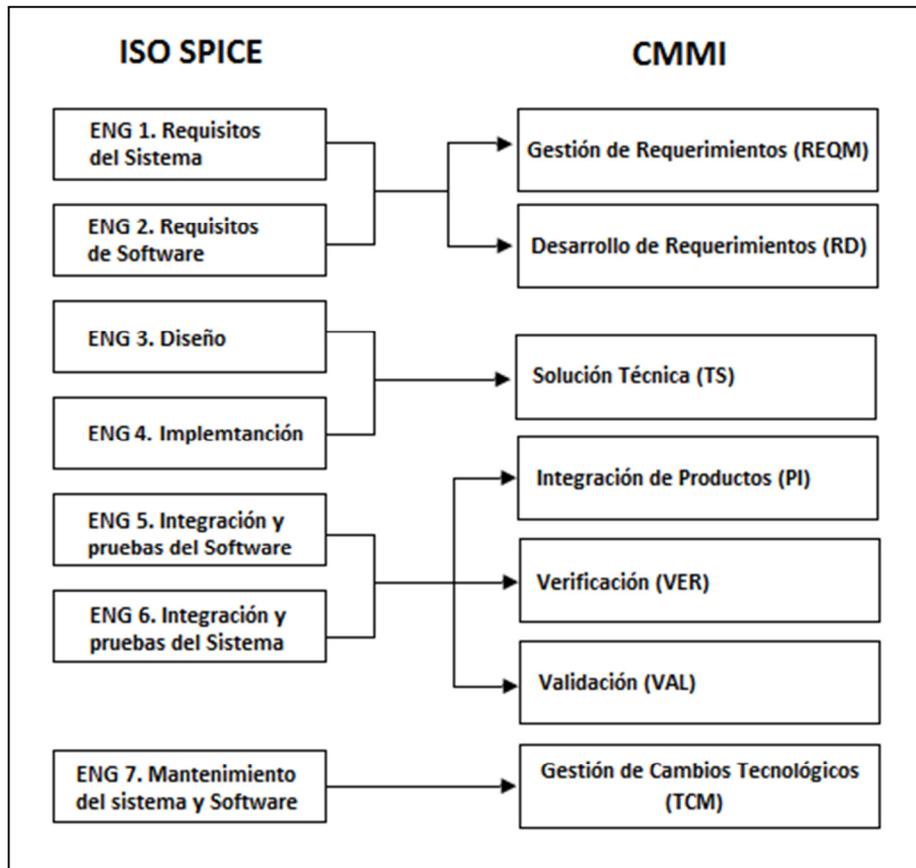
Áreas de procesos de Ingeniería	Prácticas específicas
Validación (VAL)	SG 1. Preparar la validación SP1.1 Seleccionar productos para validación SP1.2 Establecer ambiente de validación SP1.3 Establecer procedimientos y criterios de validación
	SG 2. Validar productos y componentes del producto SP2.1 Ejecutar validación SP2.2 Analizar resultados de validación

Fuente: elaboración propia.

La compatibilidad y similitud entre los modelos se puede observar claramente a través de una representación de los procesos de ingeniería de ambos estándares.

Un esquema que los vincula directamente se puede apreciar en la figura 20, también se puede ver como encajan las áreas de procesos.

Figura 19. **Esquema comparativo de procesos de Ingeniería de ISO SPICE y CMMI**



Fuente: <http://www.sqi.gu.edu.au/cmml/report/docs/MappingReport.pdf>

Consulta: 1 de mayo de 2012.

4.4.4. **Matriz comparativa entre estándares**

Con el objetivo de tener clara la elección del modelo, es necesario comparar directamente los modelos en base a sus atributos propios, y parámetros comunes. La tabla VIII hace una comparación en términos

generales de los dos estándares, con base a criterios prácticos y de fácil comprensión.

Como se ha visto a lo largo de este capítulo, ambos estándares tiene muchas similitudes, lo que hace la elección aún más difícil, y muchas veces tiene a confundir, pero si se hace un acercamiento a cada uno se podrán disipar las dudas, seleccionar la mejor opción y conseguir un impacto positivo de la implementación.

Tabla XIII. **Matriz comparativa entre estándares**

CRITERIO	MODELO CMMI	ESTÁNDAR ISO SPICE
Tipo de Framework	Modelo de madurez y capacidad.	Estándar para la evaluación de procesos.
Ámbito de aplicación	Aplicable a áreas de la organización (Continuo). Aplicable a todos los procesos de la organización (Etapas).	Aplicable a toda la organización o un área de la misma.
Objetivo	Determinar la capacidad de madurez de procesos, para mejora de procesos.	Valoración de procesos.
Tipo de representación	Por etapas y continua	Continua.
Validación	Realización de encuestas y casos de estudio.	Ensayos y esfuerzos empíricos.

Continuación de la tabla XIII.

CRITERIO	MODELO CMMI	ESTÁNDAR ISO SPICE
Escala de medición del mejoramiento	Niveles de capacidad (CMMI Continuo). Niveles de madurez (CMMI por etapas).	Niveles de capacidad y áreas de proceso.
Tamaño de la organización	Empresas grandes (CMMI por etapas). Empresas pequeñas (CMMI continuo).	Aplicable a cualquier tamaño de organización.
Personal para la implantación	Interno y externo.	Interno.
Recursos financieros para la implantación	Alto al inicio (CMMI por etapas). Bajo al inicio (CMMI continuo).	Alto.
Tiempo promedio de implantación	Del nivel 1 al 2: 23 meses Del nivel 2 al 3: 22 meses Del nivel 3 al 4: 28 meses Del nivel 4 al 5: 17 meses	Relativo de acuerdo a los procesos que evalúa.

Fuente: Estudio comparativo entre los estándares ISO/IEC TR 15504 y CMMI.

CONCLUSIONES

1. CMMI e ISO 15504 SPICE persiguen el mismo objetivo, aunque con distinta amplitud, como se mencionó en el capítulo 4, ISO 15504 SPICE abarca cualquier tipo de procesos, no solo de ingeniería de *software*, pero CMMI ha sido más aplicado, tiene más documentación y soporte.
2. En Estados Unidos y América Latina CMMI es el más conocido y utilizado, debido a la influencia que Estados Unidos tiene en la región, además, CMMI tiene mucho prestigio en el ámbito de las organizaciones dedicadas a desarrollo de software.
3. Si el grupo objetivo no sólo es América, sino que también Europa, entonces la mejor elección sería implantar ISO 15504 SPICE, porque es un estándar internacional, certificado mayoritariamente por una entidad internacional con mucho renombre (AENOR), la cual tiene presencia en Centro América, con sede en El Salvador.
4. En cuanto a costos, el valor mínimo para implementar una mejora de procesos para alcanzar un nivel 2 de CMMI es de 15 000 dólares eso es alrededor de 110 000,00 quetzales en el 2012.
5. Consideraciones a tomar en cuenta en el cálculo de los costos de implementar CMMI:

- La empresa debe contar con personal certificado con el curso oficial CMMI.
 - Para realizar la evaluación, el equipo debe estar conformado con personal de la organización (mínimo cuatro personas), dedicados el cien por ciento del tiempo a la evaluación (costos internos).
 - Para la capacitación se utiliza material certificado por el SEI, además esta entidad revisa el resultado de la evaluación.
6. Igual que CMMI, los costos de implementación de ISO SPICE 15504 varían dependiendo de determinados factores, los principales son:
- El valor del asesoramiento disminuye si se contrata a un consultor independiente, con certificación como auditor o evaluador ISO SPICE en lugar de contratar a una firma de consultoría como Tecnalía, Borland, Accentura, KPMG y otros.
 - El tiempo de implementación es determinante, porque gasta menos recursos una organización que consigue certificarse con un nivel de ISO SPICE 15504 en 18 meses por ejemplo, que una que se ha tardado 36.
 - El tamaño de la organización es determinante, ya que el valor de las consultorías y capacitaciones dependen de la cantidad de personal de la misma.
7. Para que las empresas de software guatemaltecas enfrenten el reto de la globalización, deben realizar esfuerzos de mejora la calidad de sus productos, la cual, para los clientes extranjeros puede significar contar con

una certificación, la cual mejoraría grandemente su competitividad a nivel internacional.

8. CMMI es un modelo muy prestigioso y muy utilizado, permite que las organizaciones sigan una guía de mejora de sus procesos, además, permite que las empresas obtengan una medición de la madurez de los mismos, con lo que se puede obtener comparaciones entre organizaciones.
9. Las buenas prácticas de los modelos ISO 15504 y CMMI son compatibles, por lo que una empresa puede implementar lo mejor de cada modelo.
10. El estándar ISO 15504 SPICE es una guía de mejora de procesos no solo para organizaciones de *software*, sino para toda aquella organización que desee mejorar y certificar sus procesos.
11. Para una organización con certificaciones ISO previas, será más fácil implantar ISO 15504 SPICE que CMMI por la similitud de aplicación y evaluación con los otros estándares ISO.
12. Se debe considerar que mejorar los procesos mediante CMMI o ISO 15504 SPICE no garantizará el éxito de las soluciones de *software*, pero evitará que estas no fracase por : falta de planificación, entregas tardías, altos costos en soporte post implementación, falta de control del estatus, desconocimiento de las actividades y tareas de cada etapa de desarrollo y otros.

RECOMENDACIONES

1. Identificar y documentar los factores que afectan el proceso de desarrollo de *software*, encontrar debilidades y fortalezas para evaluar qué representación elegir antes de iniciar el proceso de mejora.
2. Hacer un análisis de la viabilidad de realizar los primeros pasos descritos en la sección 2.1.5.6 de CMMI o si es más accesible seguir el proceso con ISO SPICE 15504.
3. Establecer una política interna de mejora continua de procesos independientemente del modelo elegido
4. Evaluar los recursos en tiempo, personal y económicos de la organización antes de comenzar un proceso de certificación bajo alguno de estos dos modelos ya que la meta para la organización al comenzar, debe ser alcanzar un mayor nivel de madurez, de lo contrario sería una pérdida de recursos y tiempo muy grande.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALARCÓN ALDANA, A. C.; GONZÁLEZ SANABRIA, J. S.; RODRÍGUEZ TORRES, S. L. "Guía para pymes desarrolladoras de software, basada en la norma ISO/IEC 15504". Revista *Virtual* Universidad Católica del Norte. 2011, No. 34, p. 7-19.
2. CARRO, R. Y. *Normas de calidad. Serie ISO 9000: una mirada y su aplicación de las empresas*. Argentina: Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, 2010. Vol 1. p. 73-81.
3. CHRISSIS, M. B.; KONRAD, M.; SHCRUM, S. *CMMI Guía para la Integración de Procesos y Mejora de Productos*. [en línea] Pearson Educación, 2009. ISBN: 9788478290963. <http://www.sei.cmu.edu/library/assets/cmmi-dev-v12-spanish.pdf>. [Consulta: 12 de septiembre de 2012].
4. HAMMER, M.; CHAMPY, J. *Más allá de la reingeniería*. México: CECSA, 4 p. ISBN: 9580426503.
5. GARZÁS, J. *Pregunta sobre mejora diferencias entre CMMI y la norma ISO 15504*. mensaje en <javier.garzas@urjc.es>. Comunicación personal. 2 de octubre de 2011.

6. MOREY, E. *Evolución de los modelos CMMI*. [en línea] European Software Institute. <http://innovawww.euskandinnova.net/documentos/1086.aspx>. [Consulta: 2 de marzo de 2012].
7. ORTÍN IBÁÑEZ, M. J.; GARCÍA MOLINA, J.; *Modelado basado en roles en UML*. [en línea]. 2008. p. 5-11, <http://dis.um.es/~jmolina/rolesuml.pdf>. [Consulta: 7 de septiembre de 2012].
8. TABARES, M. S.; PINEDA, J. D.; BARRERA, A. F. *Un patrón de interacción entre diagramas de actividades UML y sistemas WorkFlow*. 2008. Vol 10, p. 105-120.
9. TORRES, Mariela. *Estudio comparativo entre los estándares ISO/IEC TR 15504 y CMMI*. Director: Ing. Victor Aguilar. Quito: Escuela Politécnica Nacional, Escuela de Ingeniería. 105 p.