

INGENIERÍA DE SOFTWARE

INSTRUCCIÓN EN EL ESTANDAR ISO/IEC 15504 SPICE COMO MODELO DE CALIDAD DEL SOFTWARE Y SUS APLICACIONES EN OTRAS ÁREAS EMPRESARIALES

BRANDON ESTIVEN FRANCO QUICENO

1093221924

PROYECTO DE GRADO

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍAS: ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, FÍSICA Y CIENCIAS
DE LA COMPUTACIÓN
INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN
PEREIRA**

2016

INGENIERÍA DE SOFTWARE

**INSTRUCCIÓN EN EL ESTANDAR ISO/IEC 15504 SPICE COMO MODELO DE
CALIDAD DEL SOFTWARE Y SUS APLICACIONES EN OTRAS ÁREAS
EMPRESARIALES**

**BRANDON ESTIVEN FRANCO QUICENO
1093221924**

PROYECTO DE GRADO

**DIRECTOR DEL PROYECTO
JORGE ALBERTO GÁLVEZ CORREA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍAS: ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, FÍSICA Y CIENCIAS
DE LA COMPUTACIÓN
INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN
PEREIRA**

2016

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	7
2. DISEÑO METODOLÓGICO.....	8
2.1. TIPO DE INVESTIGACION	8
2.2. DELIMITADOR	8
2.3. COLABORADORES	8
2.4. RECURSOS DISPONIBLES	8
2.5. METODOLOGIA.....	9
3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	10
4. OBJETIVOS	11
4.1. OBJETIVO GENERAL	11
4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	11
5. JUSTIFICACIÓN	12
6. MARCO REFERENCIAL.....	13
6.1. MARCO CONCEPTUAL	13
6.2. MARCO CONTEXTUAL.....	15
6.3. MARCO TEÓRICO	16
6.3.1. MODELOS DE CALIDAD DE SOFTWARE	16
6.4. ESTADO DEL ARTE	29
7. MODELO DE CALIDAD ISO/IEC 15504 SPICE	33
7.1. MODELO DE EVALUACIÓN.....	36
7.2. NIVELES DE MADUREZ SEGÚN LA NORMA ISO/IEC 15504.....	38
7.2.1. NIVEL DE MADUREZ 0: ORGANIZACIÓN INMADURA.....	38
7.2.2. NIVEL DE MADUREZ 1: ORGANIZACIÓN BASICA	38
7.2.3. NIVEL DE MADUREZ 2: ORGANIZACIÓN GESTIONADA	39
7.2.4. NIVEL DE MADUREZ 3: ORGANIZACIÓN ESTABLECIDA.....	40
7.2.5. NIVEL DE MADUREZ 4: ORGANIZACIÓN PREDECIBLE.....	40
7.2.6. NIVEL DE MADUREZ 5: ORGANIZACIÓN OPTIMIZADA	41
7.3. ENTIDADES CERTIFICADORAS.....	41
8. COMPARATIVA CMMI/SPICE	42

9. ANALISIS44

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....45

11. APORTES46

12. BIBLIOGRAFÍA.....48

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Criterios asociados a los factores de calidad – Modelo de MCCALL

Tabla 2. Relación entre propiedades del producto y atributos de calidad – Modelo de Dromey

Tabla 3. Características y sub-características de calidad – Modelo ISO/IEC 9126

Tabla 4. Niveles de capacidad y atributos del proceso

Tabla 5. Practicas de Atributo de cada Atributo de Proceso

Tabla 6. Procesos evaluados en el nivel 1

Tabla 7. Procesos evaluados en el nivel 2

Tabla 8. Procesos evaluados en el nivel 3

Tabla 9. Comparativa CMMI/SPICE

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Características de alto nivel, nivel intermedio y bajo nivel

Figura 2. Estructura de las representaciones continua y por etapas

Figura 3. Estructura del estándar ISO/IEC 15504

Figura 4. Niveles de madurez de la parte 7 del estándar ISO/IEC 15504

Figura 5. Componentes del modelo de evaluación

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad esta predominando la tecnología, cada día se ven más innovaciones tecnológicas y también se puede observar como esas innovaciones se van volviendo obsoletas y van siendo reemplazadas por nuevas versiones, se mantiene en un cambio constante. Pero esto conlleva a una exigencia cada vez más alta en los procesos de desarrollo y en la calidad del resultado final.

Es a partir de este punto donde entran los estándares de calidad, los cuales son usados por las empresas desarrolladoras de software para mejorar sus procesos y la calidad de sus productos, cumpliendo satisfactoriamente las expectativas no solo de las mismas con sus productos sino también las del usuario que adquirirá el producto final.

Habiendo diferentes estándares de calidad, los más utilizados por las empresas desarrolladoras de software son CMMI e IT Mark; y se pretende con esta monografía dar a conocer a esas empresas y al público en general el estándar de calidad SPICE a manera de resaltar los beneficios y las posibilidades de aplicación de este estándar frente a los modelos CMMI e IT Mark.

2. DISEÑO METODOLÓGICO

2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación acorde al presente trabajo se denomina como: Modelo Teórico.

2.2. DELIMITADOR

El alcance del trabajo se verá limitado a brindarle al usuario solamente un conocimiento básico de la norma ISO/IEC 15504 (SPICE) como modelo de calidad de software; no se pretende dar soporte para la implementación del modelo, solo se quiere dar a los usuarios lo necesario para que tengan el criterio de elegir en su debido momento que modelo de calidad quieren implementar.

2.3. COLABORADORES

Profesor Guía: Jorge Alberto Gálvez Correa

Estudiante: Brandon Estiven Franco Quiceno

2.4. RECURSOS DISPONIBLES

Entre los recursos disponibles para la realización del presente trabajo de grado, se tienen:

- Recursos humanos
- Recursos tecnológicos
- Internet
- Papelería: Hojas de impresión, grapadora, carpeta
- Información alojada en la WEB, como: Artículos científicos y demás trabajos relacionados.

2.5. METODOLOGIA

ETAPA 1: BUSQUEDA DE INFORMACIÓN

En esta etapa, se definirá la amplitud del tema a realizar, se buscare información pertinente acerca de los modelos de calidad CMMI, IT Mark y SPICE, y se buscaran trabajos previos realizados en la temática, como artículos científicos y fuentes confiables en la web.

ETAPA 2: ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

En esta etapa, se examinara la información encontrada, y se buscare satisfacer los objetivos que abarca el tema a desarrollar; también se dará orden a los documentos encontrados, y se seleccionara solo la información que valide y de respuestas a las interrogantes del tema.

ETAPA 3: RESULTADO DE LA INFORMACIÓN

Después de analizar la información, se reunirán las ideas proporcionadas para aplicar al tema a elaborar, se realizaran comparaciones entre los modelos de calidad CMMI y SPICE, se planteara las posibles áreas empresariales en las que se podrían aplicar el modelo de calidad SPICE, anexando las ventajas y desventajas en su uso y los costos que conllevaría su aplicación.

ETAPA 4: DESARROLLO DEL PROYECTO

Con ayuda de la información recolectada, se llevara a cabo la ejecución y finalización del proyecto propuesto, con el estado del arte del mismo y las respectivas conclusiones que plasmen todo lo aprendido durante el desarrollo de este.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El desarrollo de software en Colombia ha crecido rápidamente, según datos de la página web Colombia Bring IT on¹, 78 empresas están certificadas en CMMI y 66 se encuentran en procesos de certificación, 50 empresas están certificadas en IT Mark y otras 63 están en proceso.

De acuerdo a la información de la página web Colombia Bring IT on², los modelos de calidad más conocidos y en los cuales se han certificado las empresas son CMMI e IT Mark, razón por la cual esta monografía pretende instruir en el modelo de calidad SPICE.

Con esto se pretende, que el público conozca más acerca del modelo de calidad SPICE, las fortalezas que este puede presentar frente a las metodologías CMMI e IT Mark y que sea una opción más para las industrias que inician y pretenden crecer en el desarrollo del software.

¹ Colombia Bring IT on. Disponible en: <http://colombiabringiton.procolombia.co/es/sectores#/certificaciones>
[Citado en mayo del 2015]

² Colombia Bring IT on. Disponible en: <http://colombiabringiton.procolombia.co/es/content/colombia-se-abre-espacio-internacional-en-software> [Citado en diciembre del 2015]

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Instruir en el estándar ISO/IEC 15504 (SPICE) mediante una monografía en la cual quedaran registros del estado del arte, de las principales características y ventajas que favorezcan el estándar SPICE.

4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Llevar a cabo una correcta búsqueda de información acerca del estándar de calidad SPICE, priorizando en sus modelos de procesos y de evaluación.
- Establecer las posibles áreas empresariales en las que puede aplicarse la metodología SPICE.
- Definir con ayuda de la documentación encontrada el estado del arte del modelo de calidad SPICE.
- Con ayuda del estudio realizado en el modelo de calidad SPICE, presentar conclusiones que resalten los conocimientos aprendidos.

5. JUSTIFICACIÓN

Debido a que se presenta un desconocimiento y un poco uso del estándar ISO/IEC 15504 (SPICE) como modelo de calidad para el desarrollo del software, se realizara un documento para instruir en él; en el cual se anexaran comparaciones con el estándar CMMI; con la intención de reunir las ventajas que favorezcan el uso del estándar SPICE; también se detallara minuciosamente en su modelo de procesos y de evaluación no solo en el desarrollo de software sino también orientadas a otras áreas empresariales.

El instruir en este modelo, ayudara económicamente a las industrias del software, porque se dará a conocer las ventajas económicas que presenta la metodología SPICE sobre la metodología CMMI.

6. MARCO REFERENCIAL

6.1. MARCO CONCEPTUAL

CMMI: (Capability Maturity Model Integrated)

Marco de mejora de procesos que guía a las organizaciones en las operaciones de alto rendimiento.

CMMI-DEV: CMMI para el desarrollo.

CMMI-ACQ: CMMI para la adquisición.

CMMI-SVC: CMMI para servicios.

SEI: (Software Engineering Institute)

Ayuda a las organizaciones gubernamentales y de la industria para adquirir, desarrollar, operar y mantener los sistemas de software.

SPICE: (Software Process Improvement Capability Determination)

Modelo de evaluación y mejora de los procesos de desarrollo y mantenimiento de sistemas y productos de software.

ISO: (International Standards for Organization)

Organización dedicada al desarrollo y publicación de las normas internacionales.

IEC: (International Electro-technical Commission)

Organización dedicada a la elaboración y publicación de las Normas Internacionales para todas las tecnologías eléctricas, electrónicas y relacionadas.

AEC: (Asociación Española para la Calidad)

Fundada en 1961 por un grupo de profesionales que deseaban mejorar sus conocimientos en las técnicas de Control de Calidad.

ESI: (European Software Institute)

Es una división de TECNALIA, uno de los institutos de investigación más importantes de Europa. Su principal actividad se basa en ayudar a la industria del software en sus objetivos o en producir un mejor software de mayor calidad, a tiempo, de la mejor manera y con un coste menor.

6.2. MARCO CONTEXTUAL

La realización del presente trabajo de grado como nuevo modelo teórico beneficiara principalmente en el área social, debido a la instrucción que se pretende impartir a las personas y aun mas a las empresas desarrolladoras de software que desconocen mucho o poco el estándar de calidad SPICE.

También es posible ayudar en la solución frente a los problemas económicos en las empresas desarrolladoras de software, ya que la certificación en el estándar SPICE presenta costos más bajos frente al estándar CMMI, de igual manera ayudaran en la solución de problemas de calidad de procesos y productividad en empresas que aun no estén certificadas y vean este estándar como una opción más de certificación.

6.3. MARCO TEÓRICO

6.3.1. MODELOS DE CALIDAD DE SOFTWARE

MODELO DE CALIDAD MCCALL

Fue el primer modelo de calidad en ser presentado, en 1977 motivado por Air Forcé y Dod. Se enfoca en el producto final identificando atributos claves desde el punto de vista del cliente; los cuales se denominan factores de calidad y son normalmente atributos externos.

Según MCCALL algunos criterios de calidad son atributos internos que tienen efectos directos en atributos externos.

En el modelo MCCALL, los factores de calidad se concentran en tres aspectos importantes de un producto de software:

- Operación del producto
- Transición del producto
- Revisión del producto

Y se basan en 11 factores de calidad:

- Operación del producto:
 1. Facilidad de uso
 2. Integridad
 3. Corrección
 4. Eficiencia
 5. Fiabilidad

- Transición del producto:
 6. Portabilidad
 7. Reusabilidad
 8. Interoperabilidad

- Revisión del producto:
 9. Facilidad de mantenimiento
 10. Facilidad de prueba
 11. Flexibilidad

En la tabla que se muestran a continuación, se pueden observar los criterios asociados a los factores de calidad³:

Tabla 1. Criterios asociados a los factores de calidad – Modelo de MCCALL

Factor	Criterio
Correctitud	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Rastreadibilidad ✓ Completitud ✓ Consistencia
Confiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Consistencia ✓ Exactitud ✓ Tolerancia a fallas
Eficiencia	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Eficiencia de ejecución ✓ Eficiencia de almacenamiento
Integridad	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Control de acceso ✓ Auditoría de acceso
Usabilidad	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Operabilidad ✓ Entrenamiento ✓ Comunicación
Mantenibilidad	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Simplicidad ✓ Concreción
Capacidad de Prueba	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Simplicidad ✓ Instrumentación ✓ Auto-descriptividad ✓ Modularidad
Flexibilidad	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Auto-descriptividad ✓ Capacidad de expansión ✓ Generalidad ✓ Modularidad
Portabilidad	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Auto-descriptividad ✓ Independencia del sistema ✓ Independencia de máquina
Reusabilidad	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Auto-descriptividad ✓ Generalidad ✓ Modularidad ✓ Independencia del sistema ✓ Independencia de máquina
Interoperabilidad	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Modularidad ✓ Similitud de comunicación ✓ Similitud de datos.

³ Erika Camacho, Fabio Cardeso, Gabriel Núñez. ARQUITECTURA DE SOFTWARE. p. 12

MODELO DE CALIDAD BOEHM

Es el segundo estándar más conocido y fue propuesto por Barry Boehm en el año 1978; es similar al modelo de MCCALL definiendo la calidad en términos de atributos cualitativos y métricas para realizar las medidas.

Presenta 3 niveles para las características: de alto nivel, de nivel intermedio y nivel primitivo. El modelo se centra en:

- Sus características operativas
- Su capacidad para soportar los cambios
- Su adaptabilidad a nuevos entornos
- La evaluación del desempeño del hardware

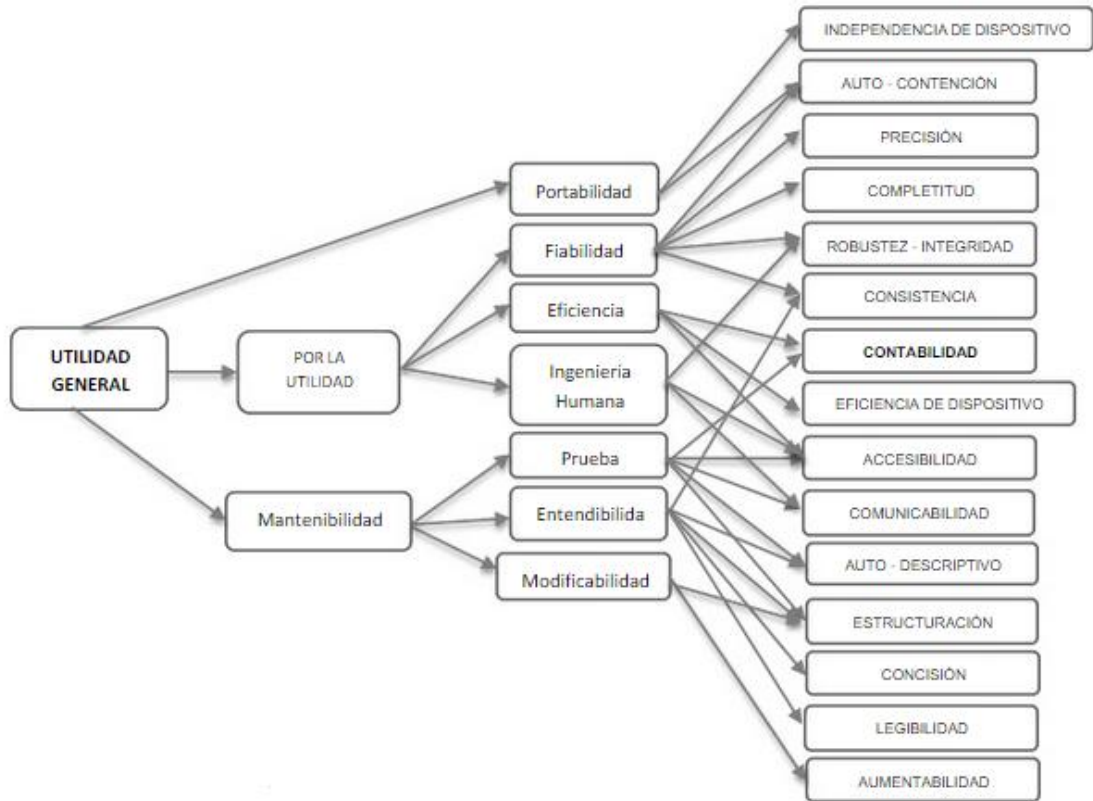
Las características de alto nivel representan requerimientos generales de uso: utilidad, mantenimiento y portabilidad.

Las características de nivel intermedio representan factores de calidad: portabilidad, fiabilidad, eficiencia, usabilidad, capacidad de prueba, comprensión y flexibilidad.

Las características de nivel bajo representan: independencia, completitud, exactitud, consistencia, eficiencia, accesibilidad, comunicatividad, estructuración, autodescriptividad, concisión, legibilidad y expansividad.

A continuación, se muestra un gráfico que introduce a las características de alto nivel, de nivel intermedio y de bajo nivel:

Figura 1. Características de alto nivel, nivel intermedio y bajo nivel



MODELO DE CALIDAD DE DROMEY

Derivado del modelo MCCALL, fue propuesto por Dromey en 1996, como un marco de referencia para la construcción de modelos de calidad, mostrando como las propiedades medibles de un producto de software pueden afectar a los atributos de calidad, como por ejemplo: confiabilidad y mantenibilidad.

El problema que se plantea es como conectar tales propiedades del producto con los atributos de calidad de alto nivel. Para lo cual, Dromey sugiere el uso de cuatro categorías que implican propiedades de calidad, las cuales son: correctitud, internas, contextuales y descriptivas.

A continuación, se presenta una tabla la cual muestra la relación entre las propiedades de calidad del producto y los atributos de calidad de alto nivel:

Tabla 2. Relación entre propiedades del producto y atributos de calidad – Modelo de Dromey

Propiedades del producto	Atributos de Calidad
Correctitud	✓ Funcionalidad ✓ Confiabilidad
Internas	✓ Mantenibilidad ✓ Eficiencia ✓ Confiabilidad
Contextuales	✓ Mantenibilidad ✓ Reusabilidad ✓ Portabilidad ✓ Confiabilidad
Descriptivas	✓ Mantenibilidad ✓ Reusabilidad ✓ Portabilidad ✓ Usabilidad

Este modelo de calidad consta de 5 pasos, basados en las propiedades mencionadas. Los pasos propuestos son⁴:

- Especificación de los atributos de calidad de alto nivel.
- Determinación de los distintos componentes del producto a un apropiado nivel de detalle.
- Para cada componente, determinación y categorización de sus implicaciones más importantes de calidad.
- Proposición de enlaces que relacionan las propiedades implícitas a los atributos de calidad.
- Iteración sobre los pasos anteriores, utilizando un proceso de evaluación o refinamiento.

⁴ Erika Camacho, Fabio Cardeso, Gabriel Núñez. ARQUITECTURAS DE SOFTWARE. p. 13

MODELO DE CALIDAD ISO 9126

El modelo de calidad ISO 9126 “Software Product Evaluation: Quality Characteristics and Guidline for Their Use” es una nueva variante simplificada del modelo MCCALL fue propuesta como estándar internacional para medición de la calidad en el software.

Clasifica la calidad del software en un conjunto estructurado de características y sub-características que a su vez se dividen en atributos, el cual es una entidad que puede ser verificada o medida en el producto de software. Los atributos no están definidos en el estándar, ya que varían entre diferentes productos de software.

Los factores de calidad son:

- Funcionalidad
- Fiabilidad
- Usabilidad
- Eficiencia
- Mantenibilidad
- Portabilidad

A continuación, se muestra una tabla en la cual se puede observar las características mencionadas anteriormente junto con las sub-características correspondientes⁵:

⁵ Erika Camacho, Fabio Cardeso, Gabriel Núñez. ARQUITECTURAS DE SOFTWARE. p. 15

Tabla 3. Características y sub-características de calidad – Modelo ISO/IEC 9125

Característica	Subcaracterística
Funcionalidad	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Adecuación ✓ Exactitud ✓ Interoperabilidad ✓ Seguridad
Confiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Madurez ✓ Tolerancia a fallas ✓ Recuperabilidad
Usabilidad	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Entendibilidad ✓ Capacidad de aprendizaje ✓ Operabilidad
Eficiencia	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Comportamiento en tiempo ✓ Comportamiento de recursos
Mantenibilidad	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Analizabilidad ✓ Modificabilidad ✓ Estabilidad ✓ Capacidad de pruebas
Portabilidad	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Adaptabilidad ✓ Instalabilidad ✓ Reemplazabilidad

MODELO DE CALIDAD CMMI (CAPABILITY MATURITY MODEL INTEGRATION)

En 1983 se realizo un comité el cual concluyo que se “tiene que crear un instituto de la ingeniería del software, dedicado exclusivamente a los problemas del software, y a ayudar al Departamento de Defensa”. Esto debido a que en Estados Unidos se presentaba problemas con el software que encargaban a otras empresas.

Dicho comité convoco a un concurso público, y este lo gano la Universidad Carnegie Mellon en 1985, creando el SEI (Software Engineering Intitute).

Fue el SEI quien creó el modelo de calidad CMMI. El cual clasifica a las empresas en niveles de madurez, de esta manera se conoce la madurez de los procesos que se realizan para producir software.

Los niveles de madurez en CMMI son 5:

Nivel 1 (Inicial): No hay control en la realización del proyecto.

Nivel 2 (Gestionado): La realización del proyecto es gestionada y controlada.

Los procesos necesarios para alcanzar este nivel son:

- Gestión de requisitos
- Planificación de proyectos
- Seguimiento y control de proyectos
- Gestión de proveedores
- Aseguramiento de la calidad
- Gestión de la configuración

Nivel 3 (Definido): En este nivel existe un conjunto de procesos estándar que definen la forma en que se desarrollara el proyecto.

Los procesos necesarios para alcanzar este nivel son:

- Desarrollo de requisitos
- Solución técnica
- Integración del producto
- Verificación
- Validación
- Desarrollo y mejora de los procesos de la organización
- Definición de los procesos de la organización
- Planificación de la formación
- Gestión de riesgos
- Análisis y resolución de toma de decisiones

Nivel 4 (Cuantitativamente Gestionado): Las decisiones se toman con estadísticas y modelos cuantitativos.

Los procesos necesarios para alcanzar este nivel son:

- Gestión cuantitativa de proyectos
- Mejora de los procesos de la organización.

Nivel 5 (Optimizado): Se centra en la mejora de procesos.

Los procesos necesarios para alcanzar este nivel son:

- Innovación organizacional
- Análisis y resolución de las causas

Según la AEC, “la versión actual de CMMI es la versión 1.3 y hay tres constelaciones de CMMI disponibles”⁶ que son:

⁶ Asociación Española para la Calidad. Disponible en: <http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/cmmi>
[Citado en mayo del 2016]

- CMMI para el desarrollo (CMMI-DEV)
- CMMI para la adquisición (CMMI-ACQ)
- CMMI para servicios (CMMI-SVC)

CMMI da soporte a dos caminos de mejora los cuales se asocian con los dos tipos de niveles: niveles de capacidad y niveles de madurez. Las cuales corresponden a las dos aproximaciones de mejora de procesos denominadas “representaciones”.

Las dos representaciones son:

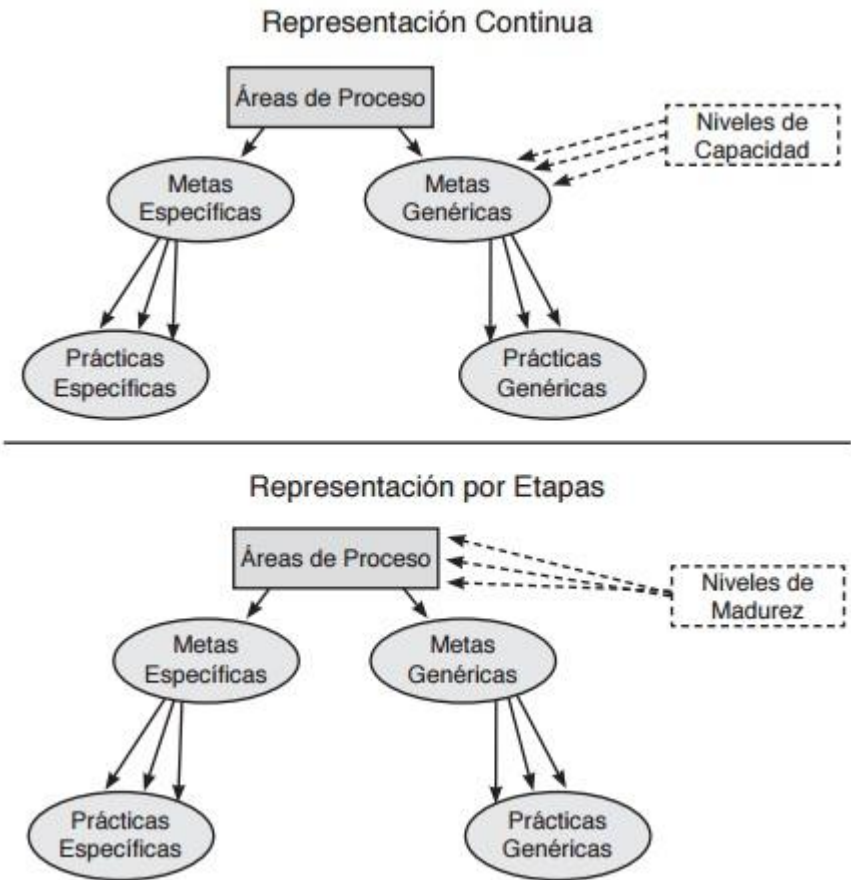
- Continua
- Por etapas

El uso de la representación continua permite alcanzar “niveles de capacidad” que se aplica cuando se elige certificar solo una parte, y el uso de la representación por etapas permite alcanzar “niveles de madurez” que se aplica cuando se elige certificarse completamente.⁷

A continuación, se muestra un grafico en el cual se observa la estructura de la representación continua y por etapas:

⁷ CMMI para Desarrollo, Versión 1.3. Disponible en: <http://www.sei.cmu.edu/library/assets/whitepapers/Spanish%20Technical%20Report%20CMMI%20V%201%203.pdf> [Citado en febrero del 2016] p. 32

Figura 2. Estructura de las representaciones continua y por etapas



MODELO DE CALIDAD IT MARK

Es una metodología desarrollada por el ESI (European Software Institute), diseñado particularmente para las pequeñas y micro empresas, es un modelo escalable y tiene por objetivo brindar un sello de calidad para las pequeñas y micro empresas de tecnologías de la información. También tiene como objetivo mejorar la efectividad organizacional y el éxito en el mercado mediante la mejora de sus procesos.⁸

IT-Mark evalúa la calidad de las Pymes en tres áreas:

- La gestión general de la empresa, basada en el modelo 10-squared.
- La seguridad de la información, basada en la norma ISO-17799 y que se encuentra definida en 3 niveles:
 - Centrado en la organización de la seguridad y controles de seguridad
 - Que la gestión de la seguridad se convierta en un proceso estandarizado
 - Mejora constante del sistema de gestión de la seguridad de la información
- Los procesos de desarrollo de software y sistemas, basado en el modelo CMMI. El cual posee tres tipos de certificación:
 - **IT-Mark:** Acredita empresas conscientes de sus problemas en gestión técnica, de seguridad y del negocio; y que usualmente los mantiene bajo control.
 - **IT-Mark Premium:** Acredita empresas que han logrado una madurez en sus procesos técnicos, de seguridad y del negocio.
 - **IT-Mark Elite:** Acredita empresas que han logrado un nivel superior en sus procesos técnicos, de seguridad y del negocio.

Esta metodología ayuda a identificar fortalezas, debilidades y oportunidades en la mejora de procesos para las PYMEs.

⁸ Luz Stella Valencia A., Paula Andrea Villa, Carlos Alberto Ocampo. MODELO DE CALIDAD DE SOFTWARE, Scientia et Technica. p. 174

6.4. ESTADO DEL ARTE

En esta parte del trabajo, se mencionaran los principales autores sobre el tema y se hara una descripción de sus artículos, libros o tesis; para ampliar de manera conceptual la Norma ISO/IEC 15504.

Título

Guía para pymes desarrolladoras de software, basada en la norma ISO/IEC 15504

Autores

Andrea Catherine Alarcón Aldana

Juan Sebastián Gonzales Sanabria

Sandra Lucia Rodríguez Torres

Descripción

Los autores profundizan en la norma ISO/IEC 15504 con la intención de darle a conocer a las empresas nuevas opciones de certificación. Y resaltan el hecho de ser propuesta por las organizaciones desarrolladoras de estándares con mayor reconocimiento a nivel mundial, la ISO y la IEC. Esta norma proporciona un marco de trabajo para la evaluación de procesos y adicionalmente establece los requisitos mínimos necesarios para un desarrollo de software de calidad.

Título

Una aplicación de ISO/IEC 15504 para la evaluación por niveles de madurez de PYMEs y pequeños equipos de desarrollo

Autores

Javier Garzas

Carlos Manuel Fernández

Mario Piattini

Descripción

En este artículo resaltan la importancia de la calidad de software como factor diferenciador en las organizaciones en los costes finales, la competencia y la imagen para los clientes. Y se habla sobre la orientación de este modelo hacia las grandes organizaciones, razón por la cual se presenta un modelo de evaluación de procesos en PYMEs, por niveles de madurez y basado en la norma ISO/IEC 15504.

Título

Estudio comparativo de los modelos y estándares de calidad del software

Autores

Fernanda Scalone

Descripción

La autora nos habla sobre la firmeza del modelo SPICE en la calidad y actualización, así como en la vigencia del producto. Debido a la tecnología cambiante, las fases que marcan a este modelo, son sin duda los pilares en los que se deben trabajar para obtener calidad en el producto y que el servicio ofrecido sea excelente.

Título

ISO/IEC 15504 – Introducción a la Norma de Evaluación de Procesos de Software

Autores:

Alfred Kobayashi Gutiérrez

Descripción

El autor presenta una introducción a la evaluación de procesos donde se incluyen los elementos y los niveles de madurez del modelo de calidad SPICE, también algunas partes de la ISO/IEC 15504 y se hace mención de algunos campos de aplicación de la misma.

Título

Adaptación de las Normas ISO/IEC 12207:2002 e ISO/IEC 15504:2003 para la Evaluación de la Madurez de Procesos Software en Países en Desarrollo.

Autores

F. J. Pino, F. García, F. Ruiz, M. Piattini

Descripción

El autor nos presenta un modelo ligero de evaluación de la calidad para procesos de desarrollo de software llamado Light MECPDS, el cual es un modelo aplicable a las PYMEs; el cual está basado en la norma ISO/IEC 15504. Esta se convierte en una manera de motivar a las empresas del sector informático colombiano a mejorar sus procesos de desarrollo de software, ya que ofrece una implementación fácil y económica, con pocos recursos y en poco tiempo.

Título

Implantación de las Normas ISO/IEC15504 e ISO/IEC 12207 con métodos ágiles y SCRUM

Autor

Javier Garzas

Descripción

El autor plantea la necesidad de controlar y mejorar la calidad del software en las organizaciones, pero habla sobre los problemas de aplicar modelos de calidad de software en las PYMEs y la incompatibilidad de estas con las metodologías ágiles. Por tal motivo nos comparte algunas de las iniciativas orientadas a la unión de PYMEs, procesos y metodologías ágiles, conforme a la norma ISO/IEC 15504.

Título

Estudio comparativo entre los estándares ISO/IEC 15504 y CMMI

Autores

Mariela Zulay Torres Samaniego

Descripción

Aquí se plantea la situación en la que se encuentran las empresas desarrolladoras de software, las cuales buscan mejorar su rendimiento a través de la calidad para lograr ser competitivas en el mercado internacional, de tal manera que intentan desarrollar sus aplicaciones y productos bajo modelos y estándares internacionales. La autora de este trabajo de grado, nos dice, que es al momento de escoger un modelo para la evaluación y mejora de procesos de desarrollo que las empresas se encuentran frente a un panorama confuso, debido a la abundancia de modelos y estándares; razón por la cual realiza este estudio comparativo entre CMMI y SPICE.

Título

Modelo de madurez de ingeniería del software

Autores

Francisco J. Pino Correa, Mario Piattini Velthuis y Carlos Manuel Fernández Sánchez

Descripción

Los autores plantean en este libro una serie de capítulos en los cuales se describe el modelo de madurez de ingeniería del software, que ayuda en la utilización e implantación de la ISO/IEC 15504 en las organizaciones de software. Aquí se encuentra información sobre la serie de normas ISO/IEC 15504 y sus tipos de evaluación, como también una guía de implementación en la ingeniería del software.

7. MODELO DE CALIDAD ISO/IEC 15504 SPICE

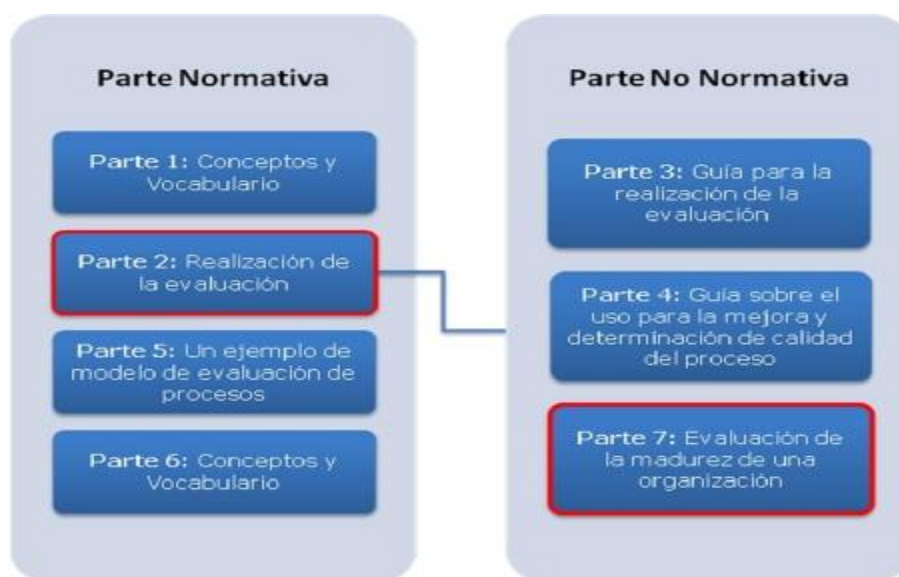
En 1993 la ISO aprobó un programa de trabajo para el desarrollo de un modelo que fuera la base de un estándar internacional para la evaluación de los procesos del ciclo de vida del software, el cual fue nombrado SPICE (Software Process Improvement and Capability Determination). Tras las primeras evaluaciones en 1998, el trabajo pasó a la fase de informe técnico con la denominación ISO/IEC TR 15504.

Oficialmente el estándar apareció en el año 2003, con el objetivo de ser un estándar de certificación, el cual provee un modelo conceptual y marco para la evaluación, validación, optimización y certificación del proceso de desarrollo o construcción de software de calidad.

Puede implementarse en empresas con departamentos de desarrollo a partir de 10 a 15 personas. Al igual que CMMI, requiere gran cantidad de herramientas, de las cuales muchas de ellas tienen un coste elevado.

En la figura 3, se muestra la estructura de la ISO/IEC 15504:

Figura 3. Estructura del estándar ISO/IEC 15504



Su estructura contempla dos partes: normativa y no normativa. Las normativas 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 las no normativas, dan las guías de interpretación de los requisitos mínimos y en si sobre la norma.

A continuación, se darán unas breves definiciones de las 7 partes que conforman la estructura del estándar ISO/IEC 15504⁹:

- Parte 1: Describe la relación entre las partes, su uso e informa que partes seleccionar. Aquí se da una presentación del estándar ISO/IEC 15504 (SPICE), cuáles son sus objetivos y de qué manera se compone.
- Parte 2: Describe el modelo de referencia para los procesos, definiéndolo en termino de su propósito y resultados. Y se define un marco de evaluación, para ver la capacidad de los procesos a través de una valoración de sus atributos.
- Parte 3: Define los requerimientos para evaluar los procesos de software, con la intención de que los resultados puedan ser repetibles, fiables y consistentes.
- Parte 4: Describe una guía para evaluar los procesos de software en 3 ámbitos diferentes, los cuales son: la selección y uso de un proceso documentado para la evaluación, un modelo de evaluación compatible para la evaluación, y herramientas o medios de apoyo para la evaluación.
- Parte 5: Proporciona un modelo para evaluar los procesos.
- Parte 6: Describe las cualidades y formación necesarias para poder realizar una adecuada evaluación de los procesos.

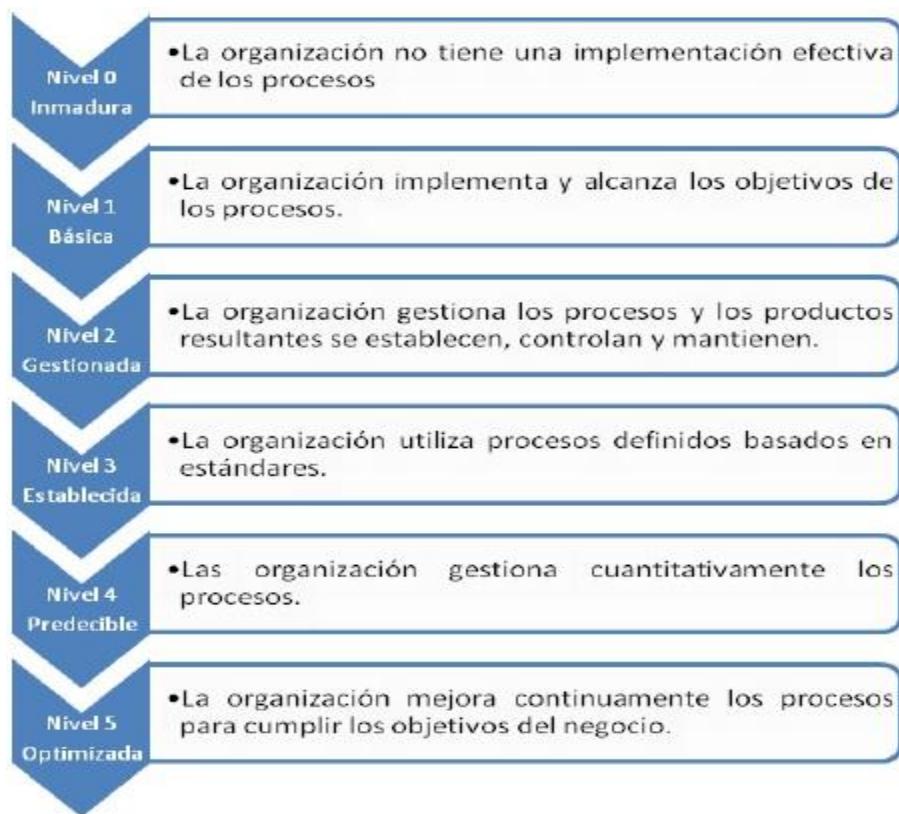
⁹ Fernanda Scalone. ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS MODELOS Y ESTANDARES DE CALIDAD DEL SOFTWARE. p. 171-172

- Parte 7: Describe las entradas y como usar los resultados de una evaluación para mejorar los procesos.

Una de las partes en las que se realiza una mayor profundización 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 figura que se muestra a continuación, se pueden observar los 6 niveles de madurez que se manejan en la parte 7 del estándar ISO/IEC 15504:

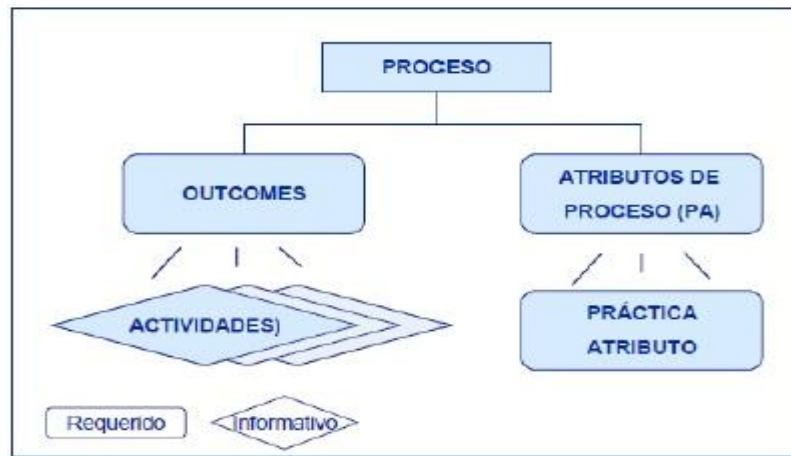
Figura 4. Niveles de madurez de la parte 7 del estándar ISO/IEC 15504



7.1. MODELO DE EVALUACIÓN

En la ISO/IEC 15504, se plantean diferentes aspectos que se deben considerar al momento de obtener la certificación, los cuales podemos observar en la siguiente figura:

Figura 5. Componentes del modelo de evaluación



Como se observa en la figura, en cada nivel serán evaluados los procesos de acuerdo a sus atributos y resultados que se denominan “outcomes”.

En la tabla que se muestra a continuación, se pueden observar los atributos que apoyan el desarrollo de cada nivel de capacidad de acuerdo a la parte 2 de la norma:

Tabla 4. Niveles de capacidad y atributos del procesos

Nivel de capacidad	Atributo de Proceso (PA)
Nivel 1: Proceso Realizado	PA 1.1 Realización del proceso
Nivel 2: Proceso Gestionado	PA 2.1 Gestión de la realización PA 2.2 Gestión del producto de trabajo
Nivel 3: Proceso Establecido	PA 3.1 Definición del proceso PA 3.2 Despliegue del proceso
Nivel 4: Proceso Predecible	PA 4.1 Medición del proceso PA 4.2 Control del proceso
Nivel 5: Proceso Optimizado	PA 5.1 Innovación del proceso PA 5.2 Optimización continua

Se debe tener en cuenta que los atributos de proceso son comunes para todos los procesos. Es decir, que aunque parecen estar relacionados con un nivel de capacidad, se deben tener en cuenta progresivamente para determinar el nivel de capacidad del proceso. Anexo a esto es necesario evaluar las practicas de atributo (AP) para evaluar cada atributo de proceso.

A continuación se muestra una tabla en la cual se pueden observar algunas de las prácticas de atributo de cada atributo de proceso:

Tabla 5. Practicas de Atributo de cada Atributo de Proceso

Atributo de Proceso (PA)	Prácticas de Atributo (AP)
PA 1.1 Realización del proceso	AP 1.1.1 Alcanzar las salidas del proceso
PA 2.1 Gestión de la realización	AP 2.1.1 Definir los objetivos del proceso AP 2.1.2 Planificar y controlar el proceso AP 2.1.3 Adaptar la realización del proceso AP 2.1.4 Asignar la responsabilidad y autoridad para el proceso AP 2.1.5 Asignar los recursos y la información para el proceso AP 2.1.6 Gestionar la comunicación entre las partes involucradas
PA 2.2 Gestión de los productos de trabajo	AP 2.2.1 Definir los requisitos para los productos de trabajo AP 2.2.2 Definir los requisitos para la documentación y control de los productos de trabajo AP 2.2.3 Identificar, documentar y controlar los productos de trabajo AP 2.2.4 Revisar y adaptar los productos de trabajo para cumplir los requisitos definidos

El alcance de un proceso o un atributo de proceso se representan mediante los resultados del proceso, también llamados “outcomes”. Las actividades y outcomes de cada proceso se definen en el modelo de procesos basado en la norma ISO/IEC 12207, mientras que los atributos de proceso y las prácticas de atributo se describen en la norma ISO/IEC 15504 en las partes 2 y 5 respectivamente.

7.2. NIVELES DE MADUREZ SEGÚN LA NORMA ISO/IEC 15504

Con la norma ISO/IEC 15504, las organizaciones pueden aspirar a 6 niveles de madurez, de acuerdo a la calidad y al manejo de los procesos de desarrollo del software. A continuación se describen los 6 niveles de madurez propuestos por la ISO/IEC 15504.

7.2.1. NIVEL DE MADUREZ 0: ORGANIZACIÓN INMADURA

En este nivel no se alcanzan los propósitos de la organización, ni se identifican productos o salidas de proceso, debido a que no se implementan procesos para el desarrollo de software. Por consiguiente no hay atributos a evaluar.

7.2.2. NIVEL DE MADUREZ 1: ORGANIZACIÓN BÁSICA

En este nivel la organización implementa y alcanza de manera básica los resultados del proceso; al alcanzar los resultados propuestos es posible identificar satisfactoriamente las salidas del proceso evaluado. Para esto, se tienen en cuenta los procesos básicos que se describen en la siguiente tabla:

Tabla 6. Procesos evaluados en el nivel 1

No.	Nombre del Proceso	Objetivo	Resultados del Proceso
1	Suministro (SUM)	Proporcionar al cliente un producto o servicio que cumpla con los requisitos acordados.	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación del cliente. - Respuesta a solicitud del cliente. - Acuerdo entre cliente y proveedor, en cuanto al desarrollo, mantenimiento, explotación, entrega e implantación. - Desarrollo del producto. - Entrega de producto. - Implantación del producto.
2	Definición de los Requisitos de Usuario (RQU)	Definir los requisitos del sistema para proporcionar los servicios necesarios a usuarios y otros afectados en un entorno definido.	<ul style="list-style-type: none"> -Especificar características y contexto de los servicios. -Definir restricciones del sistema. -Definir requisitos. -Validación de conformidad a los servicios. -Base para negociar y acordar la entrega del producto.
3	Análisis de los Requisitos del Sistema (RQSI)	Transformar los requisitos de los stakeholders en un conjunto deseado de requisitos técnicos del sistema que guiarán el diseño del sistema.	<ul style="list-style-type: none"> -Definir requisitos funcionales y no funcionales. -Aplicar técnicas para solución del proyecto. -Comprobar precisión de requisitos. -Establecer costos, calendario e impacto de los requisitos del sistema en el entorno de explotación. -Priorizar y aprobar los requisitos del sistema. -Establecer la trazabilidad entre los requisitos del sistema y los requisitos del cliente.

7.2.3. NIVEL DE MADUREZ 2: ORGANIZACIÓN GESTIONADA

En este nivel se adoptan los mismos procesos del nivel 1, con la diferencia de que las organizaciones deben demostrar una planificación, seguimiento y control tanto de los procesos como de sus productos de trabajo asociados. Los procesos a tener en cuenta en este nivel, se describen en la siguiente tabla:

Tabla 7. Procesos evaluados en el nivel 2

No.	Nombre del Proceso	Objetivo	Resultados del Proceso
1	Gestión del Modelo del Ciclo de Vida (MCV)	Definir, mantener y asegurar la disponibilidad de políticas, procesos y modelos del ciclo de vida, para que sean utilizados por la organización.	<ul style="list-style-type: none"> -Establecer políticas y procedimientos para la gestión y el despliegue de modelos y procesos del ciclo de vida. -Definir autoridad y responsabilidades para la gestión del ciclo de vida. -Definir, mantener e implementar mejoras en los procesos, modelos y procedimientos del ciclo de vida.
2	Planificación del Proyecto (PP)	Elaborar y comunicar los planes de proyecto, de forma efectiva y viable.	<ul style="list-style-type: none"> -Definir el alcance del proyecto. -Evaluar la viabilidad del proyecto (objetivos, recursos y restricciones). -Estimar recursos, tamaño y esfuerzo de las tareas. -Identificar relación entre los elementos del proyecto, con otros proyectos y con unidades de la organización. -Definir plan de ejecución del proyecto. -Puesta en marcha de los planes.
3	Evaluación y Control del Proyecto (ECP)	Determinar el estado del proyecto y asegurar que se realiza de acuerdo con los planes y el calendario establecido, presupuestos planificados y satisfaciendo los objetivos técnicos.	<ul style="list-style-type: none"> -Control e informes sobre proceso del proyecto. -Control de la relación entre los elementos del proyecto, con otros proyectos y con unidades de la organización. -Tomar acciones para corregir las desviaciones de los planes y prevenir problemas. -Alcanzar y registrar los objetivos del proyecto.
4	Gestión de la Configuración del Software (GCS)	Establecer y mantener la integridad de los elementos que forman el producto software de un proceso o proyecto y ponerlos a disposición de las partes interesadas.	<ul style="list-style-type: none"> -Establecer una estrategia de gestión de configuración. -Definir los productos generados por los procesos y el proyecto. -Control de modificaciones y versiones. -Registrar e informar el estado de los elementos y modificaciones. -Asegurar la integridad y consistencia de los elementos. -Controlar el almacenamiento, tratamiento y entrega de los productos.
5	Gestión de la Configuración (GC)	Establecer y mantener la integridad de todos los productos de trabajo identificados de un proyecto o proceso y ponerlos a disposición de las partes interesadas.	<ul style="list-style-type: none"> -Definir elementos para la gestión de la configuración. -Gestionar cambios en los elementos, si es necesario. -Controlar la configuración de los entregables. -El estado de los elementos que están bajo gestión de la configuración debe estar disponible durante todo el ciclo de vida.
6	Medición (MED)	Recoger, analizar e informar sobre los datos relativos a los productos desarrollados y procesos implementados dentro de la unidad organizacional, para apoyar una gestión efectiva de los procesos y demostrar objetivamente la calidad de los productos.	<ul style="list-style-type: none"> -Identificar las necesidades a evaluar de los procesos. -Desarrollar un conjunto de medidas a partir de dichas necesidades. -Se planifican actividades de medición. -Los datos requeridos se recogen, almacenan, analizan y los resultados se interpretan. -Los resultados facilitan la toma de decisiones. -Se evalúa el proceso de medición y las medidas tomadas. -Las mejoras se comunican al responsable del proceso de medición.
7	Aseguramiento de la Calidad Software (ACS)	Asegurar que los productos de trabajo y los procesos cumplen con las disposiciones y planes predefinidos.	<ul style="list-style-type: none"> -Definir estrategia para asegurar la calidad. -Producir y mantener evidencias para aseguramiento de la calidad. -Identificar y registrar problemas con los requisitos. -Verificar que los productos, procesos y actividades cumplen con estándares, procedimientos y requisitos.

7.2.4. NIVEL DE MADUREZ 3: ORGANIZACIÓN ESTABLECIDA

En el nivel 3, los procesos se estandarizan para toda la organización. Se deben implementar los procesos y requisitos exigidos en los dos niveles anteriores para que una organización alcance este nivel de madurez.

Actualmente se compone de 11 procesos, todos ellos pertenecientes al modelo de procesos de referencia para la industria del software “ISO 12207:2008. En la tabla que se muestra a continuación, se pueden observar los procesos a evaluar:

Tabla 8. Procesos evaluados en el nivel 3

Nombre del proceso
Análisis de requisitos del software
Diseño de la arquitectura del software
Diseño de la arquitectura del sistema
Gestión de infraestructuras
Gestión de recursos humanos
Gestión de riesgos
Gestión de la decisión
Integración del software
Integración del sistema
Verificación del software
Validación del software

7.2.5. NIVEL DE MADUREZ 4: ORGANIZACIÓN PREDECIBLE

Para poder ser alcanzado este nivel, se requiere cumplir con los procesos de los anteriores niveles. En este nivel la organización gestiona cuantitativamente los procesos, es decir, se mide y se analiza el tiempo de su reutilización. Se diferencia del nivel 3 en que el proceso se lleva a cabo, de manera consistente dentro de unos límites predefinidos.

7.2.6. NIVEL DE MADUREZ 5: ORGANIZACIÓN OPTIMIZADA

Este nivel corresponde a la adaptación de todos los procesos trabajados en los primeros cuatro niveles, pero busca que estos tengan una mejora continua de tal manera que contribuyan al alcance de los objetivos de negocio de la empresa. Se realiza una monitorización continua de los procesos, permitiendo que los procesos estándar, definidos dentro de la organización cambien dinámicamente, para adaptarse de forma efectiva a los actuales y futuros objetivos de la empresa.

7.3. ENTIDADES CERTIFICADORAS

Entre las empresas autorizadas en certificar en la ISO/IEC 15504, a nivel internacional se encuentra la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).

Para el caso de Colombia, se encuentran¹⁰:

- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
- Societe Generale de Surveillance (SGS)
- Bureau Veritas Quality International
- International Certification and Training (IC&T)
- Procesix Inc.
- ITERA

¹⁰ Andrea Catherine A., Juan Sebastián G., Sandra Lucia R. Guía para pymes desarrolladoras de software, basada en la norma ISO/IEC 15504. p. 291-305

8. COMPARATIVA CMMI/SPICE

Tabla 9. Comparativa CMMI/SPICE

CRITERIOS	CMMI	ISO/IEC 15504 (SPICE)
Ámbito de aplicación	Software y Sistemas Aplicable a áreas de la organización (Continuo) Aplicable a todos los procesos de la organización (Etapas)	Software y Sistemas Aplicable a toda la organización o a una área de la misma
Nivel de reconocimiento	Internacional	Internacional
En su favor	Mayor Prestigio	Mas consensuado y probado
En su contra	Difícil de entender, mayor inversión, prescriptivo	Difícil en capacidad, complejo para evaluar
Procesos	Estructura propia	Delega en ISO 12207, por mayor aplicabilidad
Áreas de procesos en las que se aplica	22 Áreas de proceso	8 Áreas de proceso
Niveles de capacidad o madurez en las que se aplica	5 Niveles	6 Niveles
Validación	Realización de encuestas y casos de estudio	Ensayos y esfuerzo empírico
Objetivo	Determinar la capacidad y madurez de procesos, para la mejora de procesos	Valoración de procesos
Tipo de Representación	Continua y por etapas	Continua, (por etapas a nivel de proceso)
Técnicas de análisis	Cuestionarios de evaluación	Varios

Método para la mejora de procesos	IDEAL, mapa guiado	SPICE cuarta parte (ISO/IEC 15504-4)
Personal para la implantación	Interno y Externo	Interno
Recursos Financieros para la implantación	Alto al inicio (CMMI por etapas) Bajo al inicio (CMMI continuo) Costos Internos (Alto)	Alto Costos Internos (Bajo)
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
Popularidad	Popular y muy difundido	Popular y poco difundido
Tipo de Framework	Modelo de madurez y capacidad	Estándar para la evaluación de procesos
Escala de medición del mejoramiento	Niveles de capacidad (CMMI Continuo) Niveles de madurez (CMMI por etapas)	Niveles de capacidad y áreas de procesos
Tamaño de la organización	Empresas grandes (CMMI por etapas) Empresas pequeñas (CMMI Continuo)	Aplicable a cualquier tamaño de la organización.
Respaldo	Avalado por el SEI	Avalado por la ISO
Basado	En CMM	En el proyecto SPICE

9. ANALISIS

De acuerdo a la Tabla 9, se puede observar que aunque SPICE es un modelo de calidad poco difundido, ha sido uno de los modelos más probado y consensuado, lo que le ha dado gran popularidad. Y presenta una mayor factibilidad de aplicación en PYMEs frente al modelo de calidad CMMI, pero requiriendo de igual manera grandes costos.

También se puede analizar que tanto SPICE como CMMI requieren altos recursos financieros para su implantación, pero se favorece SPICE debido a sus costos internos bajos.

CMMI a pesar de tener sus inicios en EE.UU, debido a su reconocimiento internacional¹¹, al 1 de diciembre del 2011 ha sido implementada en 18 empresas colombianas, al 1 de marzo del 2015 a 56¹² y para el 30 de noviembre del 2015 se encuentran 143 empresas colombianas certificadas en los modelos de calidad CMMI e IT Mark

Mientras que la ISO/IEC 15504 aunque reconocida internacionalmente, no es muy prestigiosa en Colombia, pero se ha convertido en la norma “europea” de referencia, implementada en 36 empresas españolas.

¹¹ Mintic. Disponible en: <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-8571.html> [Citado en mayo del 2016]

¹² Ingenian Software. Disponible en: <http://www.ingenian.com/#!Con-apoyo-del-MINTIC-100-empresas-TI-se-han-certificado-en-modelos-de-calidad/c1sog/565c5eaa0cf2099ad66cc805> [Citado en mayo del 2016]

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Durante el desarrollo del presente trabajo de grado, se obtuvo un conocimiento mucho más amplio sobre los modelos de calidad de software; es este mismo conocimiento el cual se quiere compartir con todas las personas, a través de esta monografía.
- Se cumplieron satisfactoriamente cada uno de los objetivos propuestos en el presente trabajo de grado, tanto el objetivo principal, el cual era elaborar una monografía para instruir en el estándar ISO/IEC 15504, como también cada uno de los objetivos específicos.
- De acuerdo a las investigaciones y análisis realizados, se observó que en la actualidad, Colombia ha dado grandes pasos en el sector de software, posicionándose como líder en software de calidad en Latinoamérica.
- Entre los hallazgos encontrados, se destacó el notorio progreso en Colombia frente al sector del software, pero es importante resaltar que siguen apareciendo nuevas PYMEs desarrolladoras de software en Colombia, razón por la cual es adecuado propiciarles un conocimiento completo sobre las posibles opciones que pueden elegir al momento de obtener una certificación en un modelo de calidad de software.
- Es necesario seguir evolucionando en este ámbito del desarrollo del software, y uno de los requisitos más importantes para lograrlo es la implementación de modelos de calidad de software; lo que conlleva a pensar en una forma de brindarles a las empresas desarrolladoras de software nuevas opciones de certificación, las cuales podrían surgir mediante una combinación de los modelos de calidad más usados, aprovechando sus similitudes e incluso sus diferencias de manera que se complementen en un nuevo modelo de calidad de software.

11. APORTES

Mediante la realización de ese trabajo de grado se pretendía instruir en el estándar ISO/IEC 15504 (SPICE), pero otra de sus finalidades es ver la posibilidad de aplicar este modelo de calidad en áreas empresariales donde no se incluye el desarrollo de software.

Como bien se pudo detectar durante el desarrollo de este trabajo, implementar un modelo de calidad de software en el departamento de desarrollo de software de una empresa, permite mejorar la calidad, los tiempos y establecer estándares en los procesos, como: análisis de requisitos del software, diseño de la arquitectura del software, diseño de la arquitectura del sistema, gestión de infraestructuras, gestión de recursos humanos, gestión de riesgos, gestión de decisión, integración del software, integración del sistema, verificación del software y validación del software.

Esto le permite a las empresas entregar al cliente un producto de calidad, como también posicionarse en el mercado del software.

Cabe destacar que las empresas se componen de diferentes departamentos, como lo son: dirección/gerencia, compras, recursos humanos, producción, control de gestión, marketing, comercial/ventas, administración y finanzas. De los cuales depende la empresa y al igual que el departamento de desarrollo de software, se dividen en diferentes procesos.

Este trabajo plantea la posibilidad de utilizar y acomodar el estándar ISO/IEC 15504 e incluso otros modelos de calidad del software a los diferentes departamentos de una empresa, con la finalidad de mejorar la calidad y los tiempos de los mismos; dándole un nivel de prestigio más alto a cualquier empresa.

Servirá para que las organizaciones tengan un campo de selección más amplio al momento de implementar un modelo de calidad del software; y también para ampliar el campo laboral para toda persona que certifique en estas Normas de calidad.

Adicionalmente, servirá como complemento en la carrera de Ingeniería de Sistemas y Computación, para la materia de Ingeniería del Software I, II, o III, ya que este modelo no es tratado dentro del contenido de dichas materia.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Aldana, A. C., Gonzales Sanabria, J. S., & Rodríguez Torres, S. L. (2010). Guía para pymes desarrolladoras de software, basada en la norma ISO/IEC 15504. *COLCIENCIAS*, 291-305.
- ASOCIACION ESPAÑOLA PARA LA CALIDAD. (s.f.). Obtenido de <http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/cmmi>
- Beth Chrissis, M., Konrad, M., & Shrum, S. (2012). CMMI para Desarrollo, Version 1.3. Editorial Universitaria Ramón Areces.
- Camacho, E., Cardesco, F., & Nuñez, G. (2004). ARQUITECTURAS DE SOFTWARE. 11-15. *COLOMBIA Bring IT on*. (s.f.). Obtenido de <http://colombiabringiton.procolombia.co/es/content/colombia-se-abre-espacio-internacional-en-software>
- Ehsan, N., Perwaiz, A., Arif, J., Mirza, E., & Ishaque, A. (2010). CMMI/SPICE Based Process Improvement. *IEEE*, 4.
- Franco Escobar, J. A. (2011). REVISION DE PROPUESTAS DE CERTIFICACION PARA PYMES COLOMBIANAS QUE PRODUCEN SOFTWARE. 127-128.
- Garzas, J. (s.f.). *233 grados de TI*. Obtenido de <http://www.233gradosdeti.com/implantacion-iso15504-con-scrum/>
- Garzas, J., Fernandez, C. M., & Piattini, M. (2009). Una aplicación de ISO/IEC 15504 para la evaluación por niveles de madurez de PYMEs y pequeños equipos de desarrollo. *Revista Española de Innovación*, 88-98.
- Gutiérrez, A. K. (29 de Diciembre de 2010). Obtenido de slideshare: <http://es.slideshare.net/quasarprocess/isoiec-15504-introduccion-a-la-norma-de-evaluacion-de-procesos-de-software>
- Murillo Montaña, R. (s.f.). *CALIDAD DE SOFTWARE*. Obtenido de <http://regimurillo.jimdo.com/m%C3%B3dulos/unidad-3-modelos/modelo-de-boehm/>
- Peláez Valencia, L. E., Hurtado Mosquera, R. A., & Franco Escobar, J. A. (2011). Certificación de la calidad del proceso y producto: ruta para pymes colombianas que fabrican software. *VENTANA INFORMÁTICA*, 56-58.

- Pino Correa, F. J., Piattini Velthuis, M., & Fernandez Sanchez, C. M. (2014). *Modelo de madurez de ingeniería del software*. Madrid: AENORediciones.
- Pino, F. J., Garcia, F., Ruiz, F., & Piattini, M. (2006). Adaptación de las Normas ISO/IEC 12207:2002 e ISO/IEC 15504:2003 para la Evaluación de la Madurez de Procesos Software en Países en Desarrollo. *IEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS*, 85-92.
- Torres Samaniego, M. Z. (2007). ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LOS ESTANDARES ISO/IEC TR 15504 Y CMMI. 81-96.
- Valencia A., L. S., Villa, P. A., & Ocampo, C. A. (2009). MODELO DE CALIDAD DE SOFTWARE. *Scientia et Technica*, 5.
- Villa, M., Ruiz, M., & Ramos, I. (s.f.). Modelos de Evaluación y Mejora de Procesos: Análisis Comparativo. 13-15.