



Ingeniería en Desarrollo de Software

6º Semestre

Programa de la asignatura:
Modelos de calidad de software

Unidad 3. Modelos de calidad de software

Clave:
15143635

Ciudad de México, febrero del 2025

Universidad Abierta y a Distancia de México





Índice

Unidad 3. Modelos de calidad de software	3
Presentación de la unidad.....	3
Logros.....	4
Competencia específica	5
3.1. Modelos clásicos de calidad de software.....	5
3.1.1. Modelo de McCall.....	5
3.1.2. Modelo de Boehm	10
3.2. Modelos de calidad de producto.....	16
3.2.1. ISO 9126. Calidad de producto de ingeniería de software	16
3.2.2. ISO 14598. Evaluación de producto de software	23
3.3. Modelos de calidad de proceso	31
3.3.1. ISO 15504 SPICE. Determinación de la capacidad de mejora del proceso de software	31
3.3.2. CMM. Modelo de madurez de capacidades.....	38
Cierre de la unidad.....	46
Para saber más.....	47
-Abiztar (2016). Representaciones del modelo CMMi. [video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=uTJIXImgCls	48
Fuentes de consulta.....	49



Unidad 3. Modelos de calidad de software

Presentación de la unidad

Bienvenidos a la unidad 3. *Modelos de calidad de software*. Con el fin de enfrentar los problemas con respecto al desarrollo, utilización y calidad del software, que surgen como consecuencia de desarrollar el software sin procesos establecidos, algunos de los problemas en el desarrollo, por mencionarse algunos, son la inapropiada organización de objetivos para satisfacer las necesidades de los usuarios, inadecuada planeación de requisitos, errores de diseño, errores de codificación, errores de pruebas de operación, mantenimiento, etcétera. La creación de modelos de procesos de calidad en el software tuvo como objetivo el poder contribuir a la “identificación, generación, promoción y adopción de estándares y mejores prácticas relacionadas con la calidad en la ingeniería de software, implementar disciplina en los procesos de desarrollo, mejorar la calidad en los productos y en los procesos de desarrollo de software mediante el uso de herramientas necesarias, establecer estándares de medición de calidad y rendimiento” (Jiménez, 2005, p. VI). Existen diversos modelos de calidad para el desarrollo de software los cuales proporcionan métodos o lineamientos a seguir para un buen desarrollo.

Por modelo se entiende que es un “arquetipo o punto de referencia para imitarlo o reproducirlo” (RAE, 2014a). Calidad se define como “Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor. Condición o requisito que se pone en un contrato” (RAE. 2014b).

En el ámbito del software, un modelo de calidad se define como “el conjunto de factores de calidad, y de relaciones entre ellos, que proporciona una base para la especificación de requisitos de calidad y para la evaluación de la calidad de los componentes software” según el estándar ISO 8402 (Carvallo, Franch, Quer, 2010, p.290).

Se puede decir que un modelo de calidad es la referencia para valorar las características o propiedades de algo, para el caso de esta asignatura, para valorar las características o propiedades de un producto o de un servicio de software.

En esta unidad se estudiarán los modelos precedentes a los modelos actuales en el tema 3.1. *Modelos clásicos de calidad de software* abarcando el modelo McCall y el Modelo de Boehm, debido al impacto que estos modelos tuvieron en la conformación de los modelos actuales con los cuales se implementó la división entre la revisión de la calidad de proceso y de producto, considerando que ambos elementos de análisis de la calidad del software abarcan ámbitos muy complejos que requieren una revisión específica, ante



ello, el siguiente tema que se abordará es el tema *3.2 Modelos de calidad de producto y 3.3 Modelos de calidad de proceso*.

Un modelo de calidad de producto comprende un catálogo de características y subcaracterísticas que se descomponen en atributos para ser evaluados utilizando métricas (Carvallo, Franch, Quer, 2010) y el modelo de calidad de proceso proporciona una guía de mejoras para la gestión de los procesos en la organización dedicada al desarrollo de software (Scalone, 2006). El modelo de calidad de producto comprende el modelo ISO/IEC 9126 y el modelo ISO/IEC 14598.

Los modelos calidad proceso de software que abarca el modelo 15504 y el modelo de madurez de capacidades CMM, siendo estos modelos los más comunes aplicados a los procesos y productos de software como parte de un sistema de gestión de calidad en las organizaciones con el fin de obtener y garantizar productos de software de calidad. El modelo de calidad permite la definir de manera estructurada las características del producto software para su evaluación, especificar los requisitos y establecer una relación entre ellos, etcétera.

En esta unidad es importante conocer los diferentes modelos de calidad de software que se han implantado por parte de ISO en el área del desarrollo de software para la evaluación de la calidad de productos y/o procesos. Una vez estudiados estos modelos podrás lograr la competencia general de la asignatura.

Logros

Esta unidad tiene como propósitos:

- Analizar los modelos de calidad de software de acuerdo con los procesos o productos de un proyecto de desarrollo de software específico.
- Analizar los modelos de calidad de software clásicos y los más utilizados en las organizaciones.
- Analizar y proponer alternativas de mejora para los proyectos de software dentro de un proyecto de ingeniería en desarrollo de software.



Competencia específica

- Analizar los modelos de calidad de software más comunes para guiar la mejora de procesos en un proyecto de desarrollo de software mediante los niveles de capacidad y madurez del modelo.

3.1. Modelos clásicos de calidad de software

Como ya se ha revisado en las unidades anteriores, la calidad es un compuesto de diversas características que contiene un producto de software y que le da valor. Pero la calidad no solo se presenta en el producto final, para que haya una calidad que se refleje en el producto se deben considerar todos los procesos durante el desarrollo del software.

Los requisitos que el cliente inicialmente solicita son la base para medir la calidad del producto software cuando los requisitos no satisfacen las necesidades del cliente no existe la calidad, se puede decir que la calidad es proporcional a la satisfacción del cliente. Es por eso que las organizaciones desarrolladoras de software buscan la manera de implantar nuevos modelos de calidad de productos y/o procesos que los conduzcan a la evaluación del producto y a la satisfacción del cliente.

Un modelo de calidad de software es un conjunto de buenas prácticas para el ciclo de vida del software, enfocadas en los procesos de gestión y desarrollo de proyectos, este indica qué hacer y no cómo hacerlo (ECURED, 2014).

En un primero momento, los modelos de calidad aparecieron como una necesidad de “reducir la brecha entre usuarios y desarrolladores” identificando factores de calidad basadas en las prioridades de ambos, ante ello, surgen modelos considerados clásicos por reconocerse como precursores de los modelos actuales, estos modelos clásicos se revisarán en el subtema 3.1.1. *Modelo de McCall* y subtema 3.1.2. *Modelo de Boehm* en ellos conocerás las características o factores de calidad en los que se basan.

3.1.1. Modelo de McCall

En este subtema se expone, como propuesta de ayuda para mejorar la calidad del software, el modelo de McCall por ser uno de los más difundidos y porque además sirvió



de base para otros modelos como el modelo de Boehm y el Software de Gestión de Calidad SQM (por sus siglas en inglés *Software Quality Management*).

“El Modelo de calidad de McCall fue creado en 1977 para las fuerzas aéreas norteamericana con la intención de acercar las visiones de calidad de los desarrolladores y los usuarios. Es de especial importancia por ser históricamente el primero y la base de esfuerzos posteriores, y se organiza en torno a tres tipos de características de calidad” (Sánchez, Sicilia, Rodríguez, 2012, p. 385) que se enlistan a continuación:

Factores de calidad. Permiten identificar los aspectos exteriores que al usuario son importantes en el momento de conocer el producto final.

Criterios de calidad. Indican cómo debe construirse internamente el software desde la perspectiva del desarrollador.

Métricas de calidad. Indican cómo controlar y medir la calidad (Sánchez, Sicilia, Rodríguez, 2012, p. 385).

El modelo de McCall basándose en las características anteriores, comprende once factores de calidad: corrección, fiabilidad, eficiencia, integridad, usabilidad, facilidad de mantenimiento, facilidad de evaluación, flexibilidad, portabilidad, reusabilidad e interoperabilidad que evalúan la calidad de un producto software. Cada factor de calidad considera criterios específicos de calidad que ayudan a la evaluación específica del producto software y poder asignar métricas o medidas de calidad.

Es importante señalar que los factores de calidad están divididos para su estudio en tres perspectivas.

a) Revisión del producto. Se integra por todos los factores de calidad que permitan al evaluador del producto conocer la capacidad que tiene el software para adaptarse a los cambios ante alguna modificación propia del software o de acuerdo al objetivo de la empresa.

b) Transición del producto. Incluye factores de calidad que proporcionan la adaptabilidad que tiene el software a nuevos sistemas informáticos o a la comunicación que puede establecer con otras aplicaciones.

c) Operación del producto. Se especifican los factores de calidad referentes a las características operativas del producto software. Identificando el cumplimiento del objetivo para la satisfacción del cliente, el tiempo de ejecución, el esfuerzo requerido para manipularlo, etc.



Las perspectivas, los once factores y criterios de evaluación de la calidad según el modelo de McCall, se exponen en la tabla siguiente.

Perspectivas	Factores de calidad	Descripción del factor y criterios de evaluación de la calidad
Operación del producto	Corrección.	Cumple con el objetivo para el cual fue creado. Criterios a considerar: completitud de implementación de las funciones, consistencia en el diseño e implementación y trazabilidad o rastreabilidad desde los requisitos de inicio de la creación del producto software hasta la ejecución final del producto.
	Fiabilidad	Involucra el tiempo de la realización de un proceso en el producto software. Criterios a considerar: Exactitud en los cálculos realizados, consistencia y tolerancia a fallos para continuar la ejecución y funcionamiento del software bajo situaciones no usuales.
	Eficiencia	Identificación de los recursos hardware y software para el funcionamiento adecuado del producto software. Criterios a considerar: En la ejecución y almacenamiento de la información.
	Integridad	La información no deba ser alterada por terceros. Criterios a considerar: Control de accesos a usuarios y la facilidad para realizar auditoría de accesos al software.
	Usabilidad	Verifica el esfuerzo que realiza el usuario para el manejo del producto software. Criterios a considerar: facilidad de operabilidad del software, facilidad para proporcionar datos y obtener resultados.



Revisión del producto	Facilidad de mantenimiento	Facilidad para localizar las fallas y errores del sistema. Criterios a considerar: Independencia en los módulos, simplicidad en la implementación de las funciones y auto descripción de las funciones a implementar.
	Facilidad de evaluación	Se prueban todas las opciones del producto software. Criterios a considerar: la simplicidad, auto descripción, modularidad, etcéteras.
	Flexibilidad	Indica el esfuerzo que se requiere para modificar el producto software en funcionamiento. Criterios a considerar: simplicidad, posibilidad de expansión según sus funciones y datos.
Transición del producto	Portabilidad	Capacidad que tiene el software de ser utilizado en otro entorno. Criterios a considerar: simplicidad, independencia del producto software entre el hardware y software.
	Reusabilidad	Muestra la posibilidad de utilizar alguna parte del software en otras aplicaciones. Criterios a considerar: simplicidad, modularidad, independencia del hardware y software.
	Interoperabilidad	La capacidad del producto software para comunicarse con otras aplicaciones. Criterios a considerar: Modularidad, uso de protocolos de comunicación e interfaces estándar, estructura de datos.

Factores de calidad del modelo de McCall (Sánchez, Sicilia, Rodríguez, 2012)



Los factores mencionados en la tabla anterior, se consideran para realizar la evaluación de la calidad del software mediante un proceso que se conforma de tres etapas, según el modelo de McCall.

Para evaluar la calidad de un software con el modelo de McCall se realiza el siguiente proceso (Sánchez, Sicilia, Rodríguez, 2012, p. 387).

Fase 1. Especificar los requisitos de calidad del producto software. En esta fase del proceso se identifican los requisitos que solicita el usuario que tengan relación con la calidad final deseada. Se establece comunicación directa con el usuario.

Fase 2. Establecer los factores de calidad según las perspectivas del modelo de McCall. En esta fase se establecen los factores de calidad de acuerdo con los requisitos de calidad del software para ser aplicados en alguna de las etapas de ciclo de vida del proyecto de software. Los factores de calidad se revisaron en la tabla: Factores de calidad del modelo de McCall.

Fase 3. Evaluar los factores. En esta fase se aplican criterios de evaluación a cada factor de calidad. Los factores de calidad se revisaron en la tabla: Factores de calidad del modelo de McCall.





El modelo de McCall evalúa la calidad de los productos descomponiendo la calidad en once factores y criterios de calidad según tres perspectivas, operación, revisión y transición del producto.

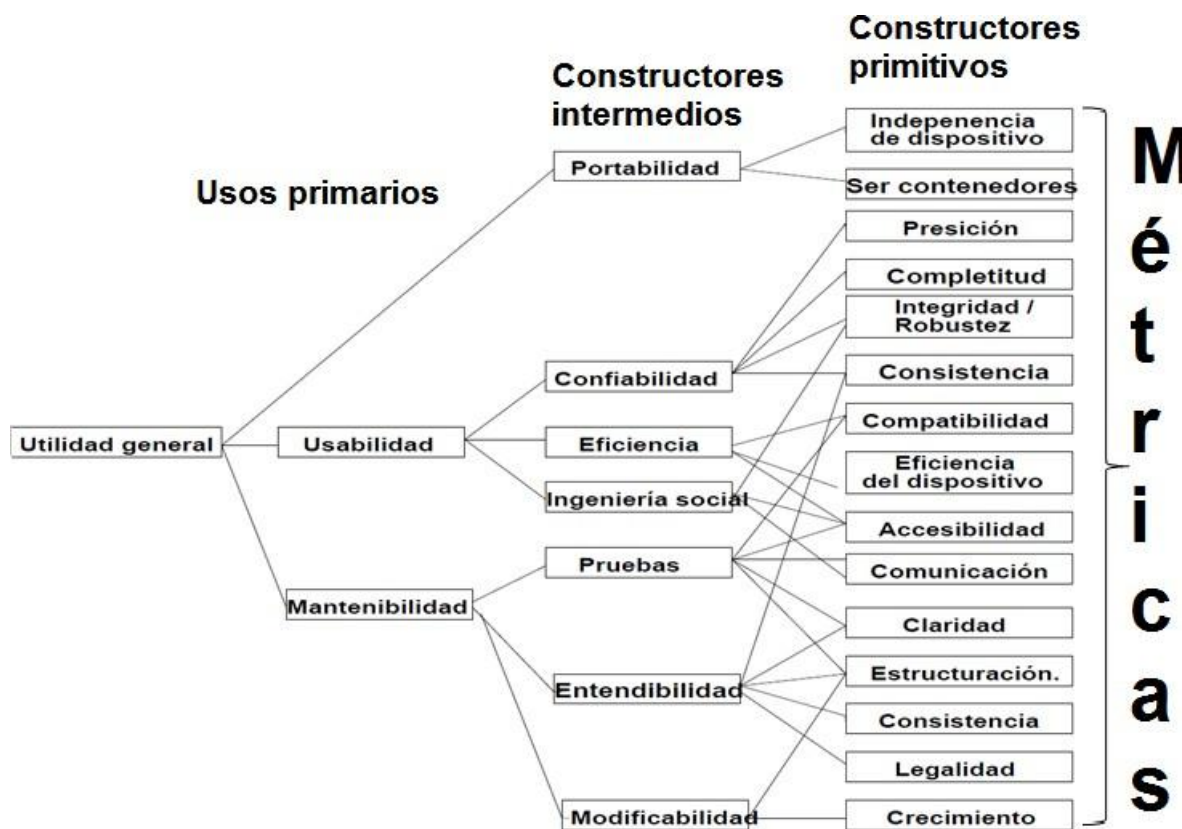
Este modelo es uno de los modelos clásicos más utilizados desde su creación, incluso con vigencia hasta nuestro días. (Piattini Velthuis, García Rubio, García Rodríguez de Guzmán, y Pino, 2012). A continuación se expone otro de los modelos considerados clásicos que es el Modelo de Boehm evalúa la calidad de un producto software.

3.1.2. Modelo de Boehm

La calidad de un producto ha sido motivo de estudio para más de un autor. Boehm ha contribuido con la implementación de un nuevo modelo de calidad que permita controlar y coordinar la calidad del software. El modelo fue creado en 1978 se basa en la identificación de las características de la calidad para el software. Su aportación más significativa fue que el software se consideraría de calidad siempre y cuando fuera verdaderamente útil. Así que basándose en el concepto de utilidad plantea el modelo de calidad.

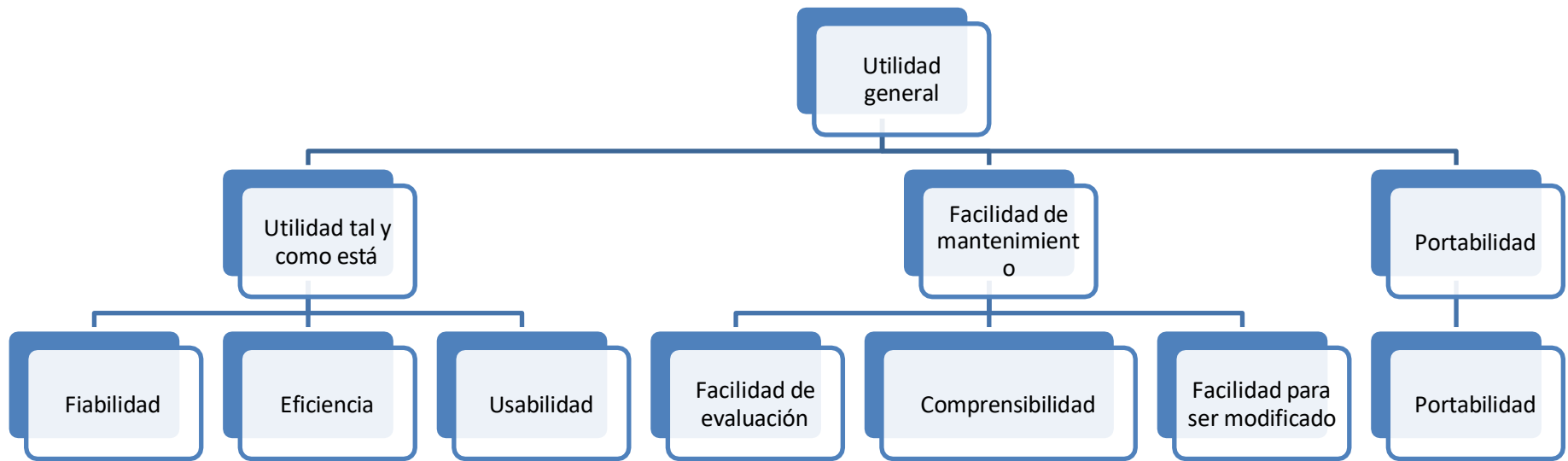
El modelo de calidad de Boehm contempla tres niveles jerárquicos. En el primer nivel define tres utilidades como factores para la calidad del software que son las siguientes:

- 1) *Utilidad del software tal y como está* en el momento de la evaluación, identificar la facilidad de uso, fiabilidad y eficiencia.
- 2) *La facilidad de mantenimiento* identificar lo que es modificable para realizar sus modificaciones pertinentes y las pruebas adecuadas.
- 3) *Portabilidad* facilidad que tiene el software de ser utilizado en entorno distinto.



Modelos de Bohem de clasificación de los criterios de calidad (Basado en: Dávila y Mejía, 2003 y González, 2008).

En el segundo nivel se encuentran siete factores de calidad que se asocian con los tres factores de utilidad del primer nivel. Los siete factores de calidad son: portabilidad, fiabilidad, eficiencia, usabilidad, facilidad de evaluación, comprensibilidad y flexibilidad. Estos siete factores los retoma del modelo de McCall (Sanchez , *et al*, 2012). A continuación se ilustra el modelo de calidad de Boehm .



Jerarquía del modelo de calidad de Boehm (Sánchez, Sicilia, Rodríguez, 2012, p. 388)



Los factores de calidad del modelo de Boehm se descomponen en criterios de evaluación que son llamados elementos primarios. La siguiente tabla muestra los elementos primarios.

Factores de calidad	Elementos primarios
Portabilidad	Independencia del dispositivo
	Autocontención
Fiabilidad	Autocontención
	Complejión
	Robustez/Integridad
	Consistencia
Eficiencia	Capacidad para rendir cuentas
	Eficiencia de dispositivos
	Accesibilidad
Ergonomía	Robustez/Integridad
	Accesibilidad
	Facilidad de comunicación
Facilidad de evaluación	Capacidad para rendir cuentas
	Accesibilidad
	Facilidad de comunicación
	Autodescripción
	Estructuración
Comprensibilidad	Consistencia
	Autodescripción
	Estructuración
	Concisión
	Legibilidad
Facilidad para ser modificado	Estructuración
	Extensibilidad

Elementos primarios de los factores del modelo de Boehm-McCall
(Sánchez, Sicilia, Rodríguez, 2012, p. 388)

En este tema conociste los niveles jerárquicos del modelo de Boehm, los factores correspondientes para cada nivel y los elementos primarios que pertenecen a cada factor de calidad. El modelo de Boehm, al igual que el modelo de McCall tienen niveles jerárquicos el objetivo final es medir la calidad desde los elementos primarios o criterios de evaluación según de modelo de calidad de Boehm o McCall respectivamente y utilizar estas medidas para mejorar los productos desarrollados (Sánchez, Sicilia, Rodríguez, 2012, p. 388). A continuación conocerás los modelos de calidad de producto software que permiten definir la calidad del producto que recibe el cliente. Cuando se conoce con



exactitud los requisitos que se quieren conseguir del producto software estos modelos son de gran ayuda para evaluar el producto software.

3.2. Modelos de calidad de producto

“Un modelo de calidad para la evaluación de un producto de software representa la totalidad de los atributos de calidad clasificados en niveles jerárquicos de características y subcaracterísticas. En el nivel más alto se encuentran las características y en el nivel más bajo los atributos de calidad del software” (Caponi, De Vera, Ibarra y Fojo, 2014, p. 5).

A lo largo de la historia autores como McCall, Boehm, Grady, etc. han definido conjuntos de características o factores, relacionados con criterios, elementos cuantificables o atributos como se revisó en el tema anterior. Como respuesta a estos autores, los organismos de estandarización internacional han publicado la norma de calidad de producto software como es el modelo ISO/IEC 9126 y el modelo ISO/IEC 14598 (Plaza, Medrano, Posa, 2010).

“La norma ISO/IEC 9126 define un modelo de calidad de propósito general, describe un conjunto de características de calidad y brinda ejemplos de métricas. Mientras que la norma ISO/IEC 14598 da una descripción general de los procesos para la evaluación de productos de software, así como también guías y requerimientos para la evaluación. Por esta razón se recomienda su uso conjunto” (Caponi, De Vera, Ibarra y Fojo, 2014). A continuación, analizarás estas normas.

3.2.1. ISO 9126. Calidad de producto de ingeniería de software

Como recordarás, en el tema 2.2.1. *Normas de calidad de producto*, se mencionó que ISO 9126 se publicó en 1991 con el objeto de promover un entorno que permitiera la evaluación de la calidad del software, definiendo la calidad de software como “un conjunto de aspectos con características y subcaracterísticas importantes según el propósito de la evaluación del software” (Sánchez, Sicilia, Rodríguez, 2012, p. 388). La calidad del software según el modelo de calidad del estándar ISO/IEC 9126 puede evaluarse con las características y subcaracterísticas del software, midiendo los atributos de calidad internos con medidas estáticas es decir cuando el software no está en ejecución, calidad externa midiendo atributos de calidad externos a través de medidas del código cuando se ejecuta o midiendo los atributos de calidad en uso sobre el software, es decir cuando se ejecuta en el ambiente final y trabaja en condiciones reales (Sánchez, Sicilia, Rodríguez, 2012).



El modelo ISO/IEC 9126 señala que mientras exista mayor calidad interna/externa del producto software influirá positivamente en la percepción que el usuario tiene acerca de la calidad del producto software. También el modelo ISO/IEC 9126 reconoce que las características que incluye el modelo pueden necesitar adaptarse a características específicas de ciertos productos software (Sánchez, Sicilia, Rodríguez, 2012). En 1994 se realizó la modificación de la norma ISO/IEC 9126 donde se introducen conceptos de calidad interna y externa. A partir de esta fecha se divide en cuatro partes: ISO 9126-1, ISO 9126-2, ISO 9126-3, ISO 9126-4, las cuales se explicarán a continuación (Sánchez, Sicilia, Rodríguez, 2012):

Parte 1. ISO 9126-1. Modelo de calidad. Describe un marco del modelo de calidad y las relaciones entre los diferentes enfoques de la misma e identifica las distintas características de la calidad de los productos software. Propone un modelo de evaluación de la calidad del producto de software categorizando la calidad de sus atributos en seis características: funcionalidad, fiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad y portabilidad, las cuales están subdivididas en subcaracterísticas que a continuación se describen (Calero, Moraga, y Piattini, 2010).

Parte 2. ISO 9126-2. Métricas externas. Proporciona métricas para medir el comportamiento del software en su conjunto y su ambiente. Esta parte se conforma de un reporte técnico y contiene terminología relacionada con las métricas, proporciona al usuario una guía de métricas para la evaluación de planificación, selección de métricas, diseño de métricas, aplicación de métricas e interpretación de medidas de datos (Sánchez, Sicilia y Rodríguez, 2012, p. 388).

Parte 3. ISO 9126-3. Métricas internas. Proporciona métricas para medir únicamente al sistema. En esta parte se proporcionan métricas internas para medir los atributos de las características de calidad definidas en la norma 9126-1 (Sánchez, Sicilia y Rodríguez, 2012, p. 388).

El conjunto de métricas está organizado igualmente por características y subcaracterísticas, donde tiene las mismas características y subcaracterísticas que la norma ISO 9126-2. Por lo tanto, las métricas son funcionalidad, fiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad y portabilidad. Las propiedades que se necesitan para las métricas son las siguientes: confiable, repetible, reproducible, disponible, indicable, correcta y con significado. Los pasos que se sugieren para establecer las métricas son los siguientes (Sánchez, Sicilia y Rodríguez, 2012):

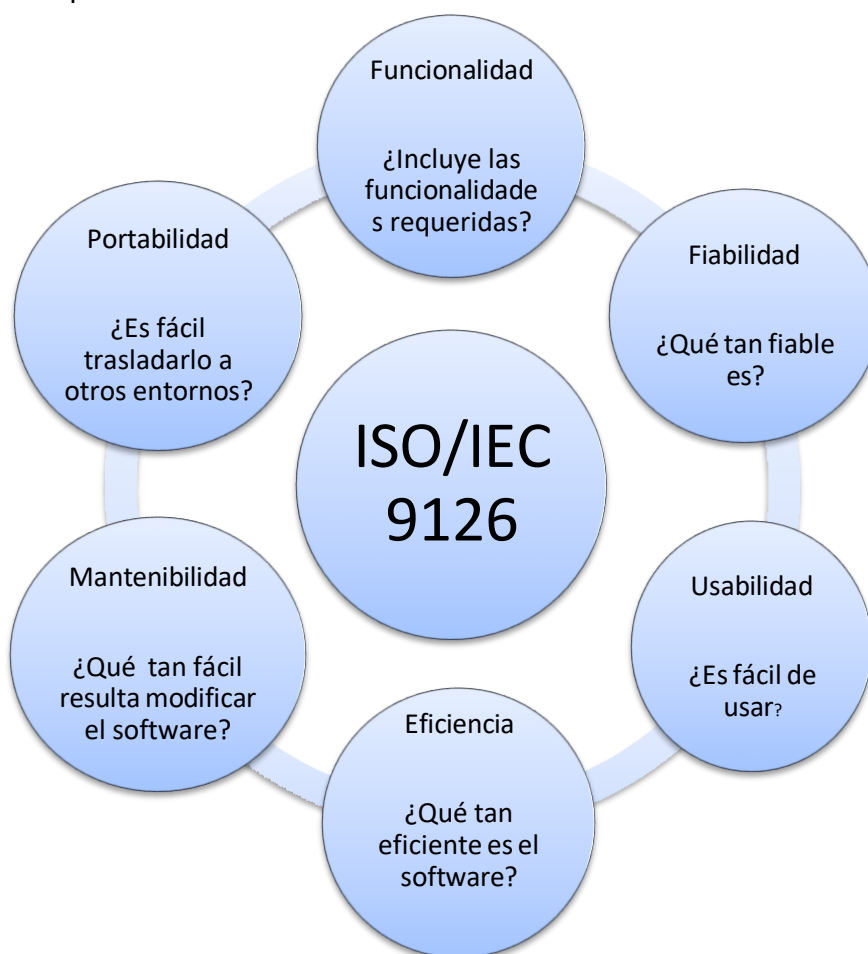
1. Identificación de los requisitos de calidad.
2. Especificación de la evaluación.
3. Diseño de la evaluación.



4. Ejecución de la evaluación.
5. Retroalimentación a la organización.

Respecto a las partes 2 y 3, es posible decir que las métricas se dividen en internas y externas en relación con el producto de software. Las métricas internas obtenidas durante la medición del proceso de creación del software deben servir de base para las decisiones de las actividades del plan de trabajo, en caso de que haya desviaciones de la calidad esperada. Las métricas externas verifican que la calidad de producto satisfaga las necesidades del usuario y el desarrollador del producto software deberá determinar las métricas que serán aplicadas. (Sánchez, Sicilia y Rodríguez, 2012).

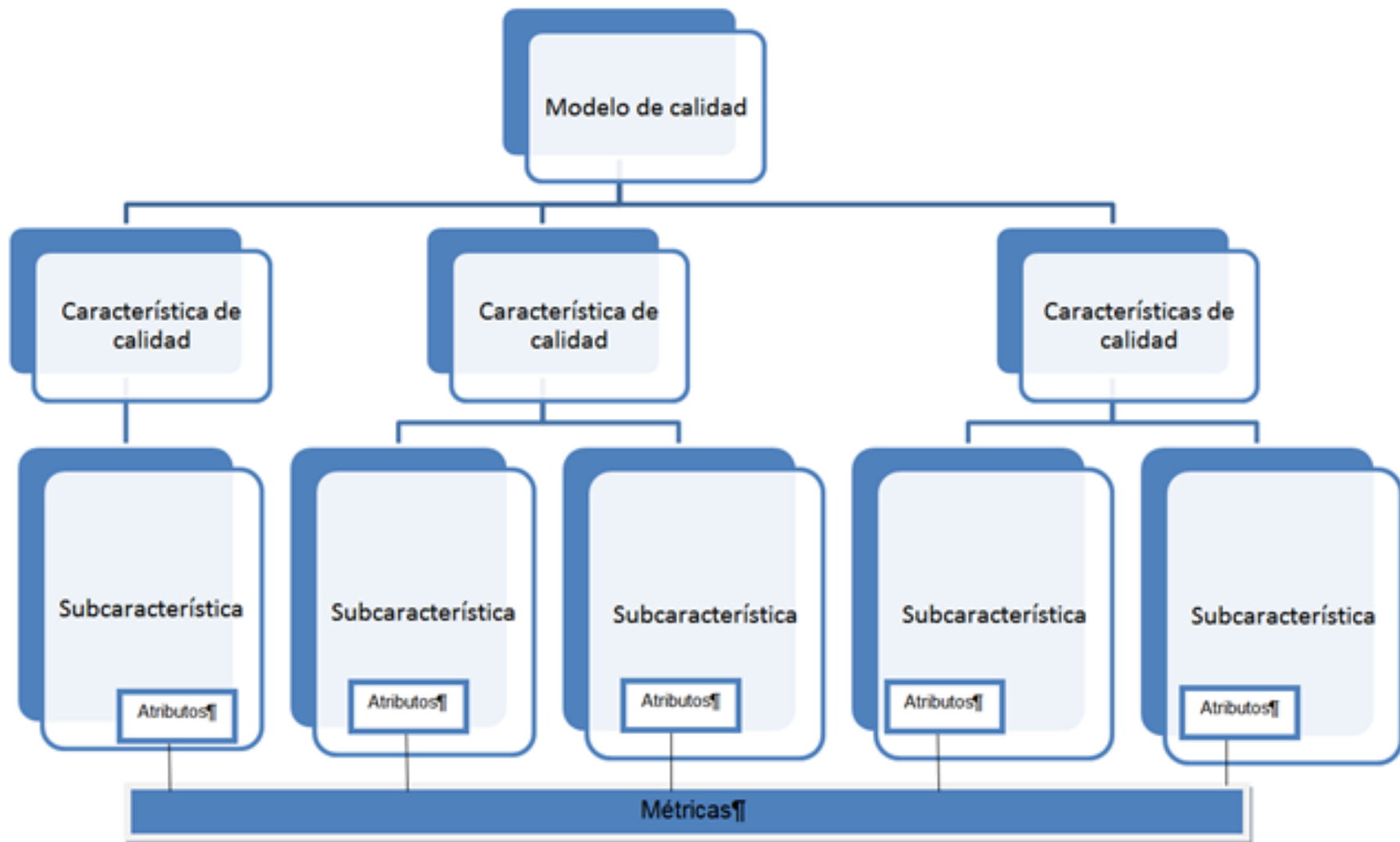
Parte 4. ISO 9126-4. Calidad en las métricas de uso. Proporciona métricas para medir la calidad desde el punto de vista del usuario.



Características del modelo de calidad ISO/IEC 9126 (Sánchez, Sicilia, Rodríguez, 2012, p. 391)



El modelo ISO/IEC 9126-1 se estructura como una jerarquía **multinivel** de **factores** de calidad. El nivel más alto de la jerarquía corresponde a características generales del software, que se desglosan en subcaracterísticas y que a la vez se dividen en atributos. “Los atributos del nivel inferior de la jerarquía deben ser atributos medibles, cuyo valor se puede calcular aplicando una métrica” (Carvallo, Franch, Quer, 2010).



Esquema general de un modelo de calidad de producto de software (Meléndez y Dávila, 2005).



A continuación, se describen las seis características para la evaluación de la calidad externa y su descomposición en subcaracterísticas, como se explican en ISO 9126-1 (Calero, *et al*, 2010).

1. **Funcionalidad:** Permite evaluar la satisfacción de las necesidades implícitas y explícitas para las que fue diseñado el producto software (Calero, *et al*, 2010).

Funcionalidad	
Subcaracterísticas	Definición
Adecuación	Evalúa que el software cumpla las tareas especificadas de acuerdo a los objetivos del usuario.
Exactitud	Evalúa la capacidad que tiene el software para proporcionar resultados correctos.
Interoperabilidad	Evalúa la capacidad del software para interactuarse con uno o más sistemas específicos.
Conformidad	Evalúa si el software se asocia a algún estándar.
Seguridad	Evalúa la prevención en el software del acceso no autorizado.

2. **Fiabilidad:** Conjunto de atributos que evalúan el nivel de rendimiento del software bajo condiciones normales y durante un período de tiempo establecido (Calero, *et al*, 2010).

Fiabilidad	
Subcaracterísticas	Definición
Madurez	Permite medir la frecuencia de falla por errores en el software
Tolerancia a fallo	Evalúa el nivel de funcionamiento en caso de fallas del software.
Recuperabilidad	Capacidad de restablecer el nivel de operación y recuperar los datos que hayan sido afectados por una falla, el tiempo y esfuerzo para lograrlos.

3. **Eficiencia:** Evalúa la relación entre el nivel de funcionamiento del software y la cantidad de recursos utilizados (Calero, *et al*, 2010).

Eficiencia	
Subcaracterísticas	Definición
Comportamiento temporal	Evalúa los tiempos de respuesta y de procesamiento de los datos.



Utilización de recursos	Atributos relativos a la cantidad de recursos utilizados en el software y la duración de su uso en la realización de sus funciones.
-------------------------	---

4. **Usabilidad:** Evalúa el esfuerzo necesario que deberá invertir el usuario para utilizar el sistema (Calero, *et al*, 2010).

Usabilidad	
Subcaracterísticas	Definición
Comprensibilidad	Esfuerzo requerido por el usuario para reconocer la estructura lógica del sistema y conceptos del software
Facilidad de aprendizaje	Esfuerzo del usuario para aprender a usar la aplicación.
Operabilidad	Evalúa la operación y control del sistema por parte del usuario.
Atractividad	Evalúa el ambiente del sistema. Esta subcaracterística fue añadida en el 2001 al igual que la calidad de uso como nuevo objetivo de la calidad a alto nivel dentro de usabilidad.

5. **Mantenibilidad:** Permite medir el esfuerzo necesario para realizar modificaciones al software (Calero, *et al*, 2010).

Mantenibilidad	
Subcaracterísticas	Definición
Facilidad de análisis	Evalúa el esfuerzo necesario para diagnosticar deficiencias o fallas que deberán ser modificadas.
Cambiabilidad	Mide el esfuerzo para modificar, remover fallas o adaptar al software a un ambiente diferente.
Estabilidad	Evalúa los riesgos de efectos inesperados debido a las modificaciones realizadas al software.
Facilidad de prueba	Evalúa el esfuerzo necesario para validar el software una vez que fue modificado.

6. **Portabilidad:** Se refiere a la habilidad del software de ser transferido de un ambiente a otro (Calero, *et al*, 2010).

Portabilidad	
Subcaracterísticas	Definición
Adaptabilidad	Evalúa la oportunidad para adaptar el software a diferentes ambientes sin necesidad de modificarlo.
Facilidad de instalación	Evalúa el esfuerzo para instalar el software en un ambiente determinado.



Co-existencia	Evalúa la capacidad de convivencia y de compartir recursos comunes que tiene el producto software con otros programas.
Reemplazabilidad	Capacidad del producto software de ser utilizado en lugar de otro producto software específico para el mismo propósito y en un ambiente similar.

En este subtema has identificado como está estructurada la norma ISO/IEC 9126, sus características y subcaracterísticas utilizadas en para la evaluación de la calidad. Es importante resaltar que se deben elegir adecuadamente las características según las que se relacionen con los requisitos iniciales del producto para poder pasar a la evaluación del producto final. A continuación, estudiarás la norma ISO/IEC 14598 es parte de la norma ISO/IEC 9126. La norma ISO/IEC 14598 ofrece el proceso de evaluación que se recomienda trabajar en conjunto con la norma ISO/IEC 9126 para la evaluación del producto software.

3.2.2. ISO 14598. Evaluación de producto de software

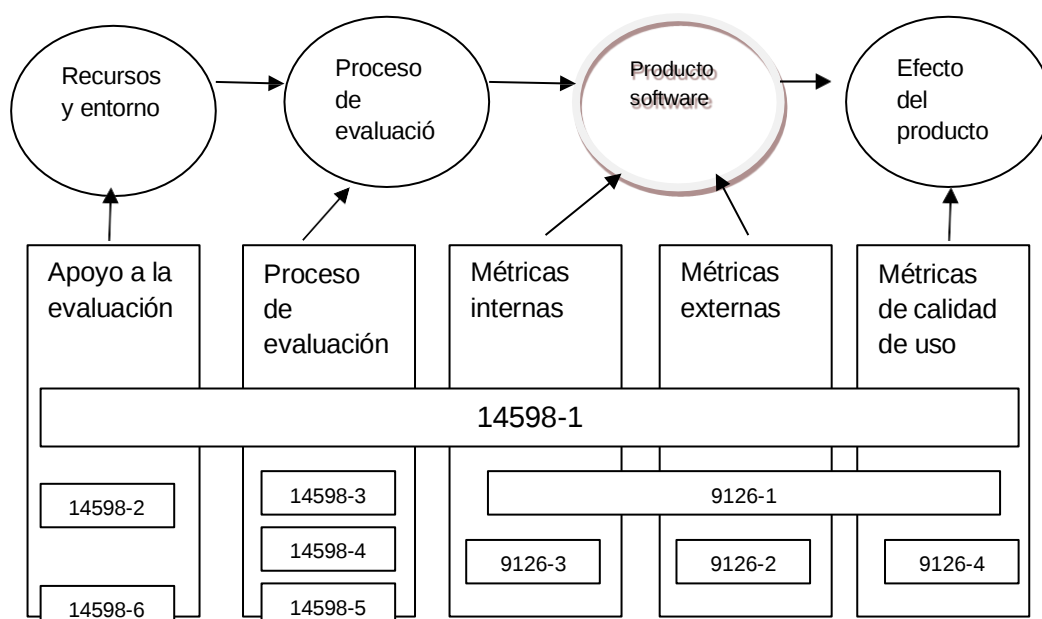
La evaluación de un producto de software es importante para determinar el grado de calidad que tiene el producto final de acuerdo a sus características, es decir, que se hayan cubierto en su totalidad las expectativas del cliente. Por lo tanto, el software diseñado deberá coincidir con los requisitos funcionales y de rendimiento explícitamente establecidos, estándares de desarrollo explícitamente documentados y características implícitas que se espera de todo software desarrollado profesionalmente (Caponi, De Vera, Ibarra y Fojo, 2014). Para que esto se cumpla se requiere implantar un modelo de evaluación del producto software

La norma ISO/IEC 14598 proporciona un marco de trabajo para evaluar la calidad de todos los tipos de productos software, indicando los requisitos que serán medidos y analizados en este proceso. Esta norma específicamente otorga métodos para medir y evaluar la calidad del producto software que pueden ser utilizados por las personas que van a adquirir el software, por los desarrolladores o los que van a evaluar el producto para obtener una certificación. Los resultados de la evaluación sirven como base para identificar el nivel de conformidad con los requisitos que el usuario solicito y realizar mejoras si es necesario (Caponi, De Vera, Ibarra y Fojo, 2014).

La norma ISO/IEC 14598 puede utilizarse conjuntamente con la norma ISO/IEC 9126, ya que el primer paso en la evaluación es seleccionar las características de calidad importantes, utilizando un modelo de calidad y precisamente la norma ISO/IEC 9126



describe un modelo de calidad de esa forma. En la siguiente figura se muestra la relación entre las normas ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 14598. El nivel superior corresponde a los procesos que realizan los modelos ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 14598, el nivel inferior son las actividades que se desglosan de cada proceso, indicado por la norma que se encarga de esa actividad.



Relación entre las normas ISO/IEC 9126 e ISO 14598 (Piattini, *et al*, 2012, p. 98)

La norma ISO/IEC 14598 contempla los siguientes seis estándares:

ISO/IEC 14598-1. Descripción general. Cuenta con estándares que se aplican a la visión general de la calidad del producto, se integra por un resumen de las otras cinco partes de la norma: ISO/IEC 14598-2, ISO/IEC 14598-3, ISO/IEC 14598-4, ISO/IEC 14598-5 y ISO/IEC 14598-6 y explica la relación entre la evaluación del producto y el modelo de calidad (Caponi, De Vera, Ibarra y Fojo, 2014). En esta primera parte de la norma se encuentra una explicación de la relación entre las normas ISO/IEC 14598 e ISO/IEC 9126, las definiciones de términos que utiliza, así como el marco de evaluación de la calidad de “todo tipo de producto de software y establece los requerimientos para los métodos de medición y evaluación de dichos productos” (Caponi, De Vera, Ibarra y Fojo, 2014, p.5).

ISO/IEC 14598-2. Planificación y gerenciamiento. Cuenta con estándares que guían la planificación y administración de la calidad. Tiene como objetivo explicar los requerimientos que deben ser brindados por una organización para asegurar el éxito de la



evaluación donde el soporte puede ser parte de la misma organización, así como también de las tecnologías necesarias para llevarla a cabo. Esta parte de la norma, está dirigida a las personas que son responsables de realizar las siguientes acciones (Caponi, De Vera, Ibarra y Fojo, 2014):

- **Administrar** el uso de la tecnología para la evaluación,
- **Dar soporte** en la evaluación del software.
- **Gestionar** organizaciones de desarrollo de software.

ISO/IEC 14598-3. Proceso para desarrolladores. Cuenta con estándares que guían el proceso de los desarrolladores. Debe ser utilizado por organizaciones que planean desarrollar un producto nuevo o mejorar uno existente, y quieren realizar evaluaciones de su producto, pueden utilizar a los miembros de su propio personal técnico. Se hace hincapié en el uso de indicadores gráficos, esquemas o listas de actividades que pueden predecir la calidad de los productos finales, midiendo los productos intermedios desarrollados a lo largo del ciclo de vida (Caponi, De Vera, Ibarra y Fojo, 2014).

Las actividades a realizar son: Organización, planteamiento, especificaciones, diseño y montaje

ISO/IEC 14598-4. Proceso para compradores. Debe ser utilizado por organizaciones que planean comprar o rehusar un producto de software existente o ya desarrollado. Puede aplicarse con el propósito de decidir sobre la aceptación de un producto o para seleccionar un producto entre un conjunto de productos alternativos (Caponi, De Vera, Ibarra y Fojo, 2014).

Las actividades a realizar son: Requerimientos, especificación de la evaluación, diseño de la evaluación, ejecución de la evaluación

ISO/IEC 14598-5. Proceso para evaluadores. El estándar define el proceso con sus respectivas actividades y entregables. Este proceso puede ser utilizado por laboratorios evaluadores que brindan servicios de evaluación a otras empresas, empresas desarrolladoras de software, las que podrían tener un laboratorio de evaluación propio, adquirientes de software los cuales podrían contratar con una institución evaluadora que realice una evaluación, usuarios de un producto los cuales podrían dado un informe de evaluación, poder determinar si la calidad del producto satisface sus requerimientos. Y en el caso de entidades certificadoras, podrían utilizar el estándar para realizar normas de calidad de productos (Caponi, *et al*, 2014).

En el anexo B (informativo) de la ISO/IEC 14598-5 se describen los criterios para la selección del nivel de evaluación.



Un ejemplo de selección de las características a medir dependiendo de su grado de importancia, se expone a continuación: En la siguiente tabla se exponen diferentes aspectos (seguridad, economía), la definición de la cantidad de medidas por realizar y las técnicas por utilizar. La pregunta que determina el nivel de evaluación es: si la funcionalidad no cumple los requerimientos, ¿qué clase de problema existe?. Se exponen en la tabla los niveles y condiciones por cada nivel considerando:

- Aspectos de seguridad física.
- Aspectos económicos.
- Aspectos de seguridad.
- Aspectos ambientales.

La elección del nivel se realiza adoptando, como mínimo, el nivel más alto que resulte del análisis de cada aspecto.

Niveles	Aspectos de seguridad física	Aspectos de economía	Aspectos de seguridad	Aspectos ambientales
A	muere mucha gente	desastre financiero (la compañía no sobrevive)	protección de datos y servicios estratégicos	daño irreparable al medio ambiente
B	amenaza para vidas humanas	gran pérdida económica (compañía comprometida)	protección de datos y servicios críticos	daño recuperable al medio ambiente
C	daño a la propiedad, poca gente herida	pérdida económica significativa(compañía afectada)	protección contra riesgo de error	contaminación local

Tabla de características a medir en el proceso de evaluación de la calidad (IRAM, 2009, p. 21)

ISO/IEC 14598-6. Documentación de módulos de evaluación del software. Contiene guía para documentar los módulos. Un módulo de evaluación es: Un paquete de tecnología de evaluación para una característica o sub-características de calidad. Este paquete incluye métodos de evaluación y técnicas. Los módulos de evaluación contienen características y subcaracterísticas aplicables a la información del producto software (Caponi, De Vera, Ibarra y Fojo, 2014).



Una vez explicadas las partes de la norma ISO/IEC 14598, ahora se hace referencia al proceso de evaluación. El cual, abarca las siguientes tres partes: la norma ISO/IEC 14598-3, ISO/IEC 14598-4 y ISO/IEC 14598-5 donde se contemplan a los desarrolladores, compradores y evaluadores respectivamente como protagonistas de la evaluación.

Antes de explicar el proceso de evaluación se consideran las siguientes características al evaluar un proceso según Caponi, De Vera, Ibarra y Fojo (2014):

Repetible: el proceso debe evaluarse en las mismas circunstancias, la misma configuración de las herramientas utilizadas, el mismo producto y el mismo evaluador para obtener el mismo resultado de evaluación.

Reproducible: En esta característica se deben mantener todas las condiciones iguales, salvo que el evaluador sea otro y se debe obtener el mismo resultado.

Imparcial: La evaluación del proceso debe resultar de los estudios realizados en esa instancia y no deben estar influenciados por resultados anteriores obtenidos para realizar la misma evaluación.

Objetivo: El evaluador no debe influenciarse por sentimientos propios o prejuicios sobre el producto u similares.

El evaluador debe asegurarse que el proceso cumpla las características de la norma en todas las etapas del proceso de evaluación: repetible, reproducible, imparcial y objetivo.

A continuación se presenta el proceso de evaluación de esta norma, consta de cinco etapas, se explican y posteriormente se ilustran en la figura (Caponi, De Vera, Ibarra y Fojo, 2014).

1. **Establecimiento de requerimientos.** Se define los objetivos de la evaluación de acuerdo a los requerimientos del cliente y se determina lo que se va a evaluar. Se aconseja basarse en la norma ISO/IEC 9126-1, para obtener un listado de los requerimientos a evaluar.
2. **Especificación de evaluación.** En esta etapa se especifican las mediciones a ser tomadas sobre los atributos de calidad. Asegurarse que el proceso sea repetible y reproducible para detallar los procesos. También se realiza un estudio de factibilidad para la evaluación,

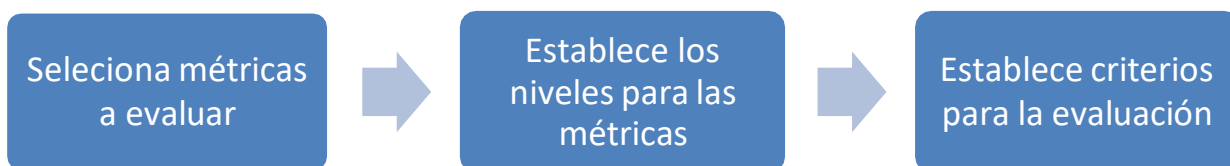


3. **Diseño de la evaluación:** Tiene como propósito documentar los procedimientos y métodos a ser usados en la evaluación y especificar los requerimientos a ser utilizados en la evaluación. Por ejemplo documentación de métodos y procedimientos, agenda de actividades a realizar de acuerdo a los recursos disponibles, optimización del plan inicial y generar un plan de evaluación.
4. **Ejecución de la evaluación.** Se aplica el plan de evaluación para valorar, registrar los resultados y acciones tomadas como el aseguramiento del correcto funcionamiento de las herramientas y brindar capacitación sobre el uso de estas herramientas.
5. **Conclusión de la evaluación.** En esta etapa se genera el informe final que contiene el objetivo de la evaluación, definición de características y subcaracterísticas del producto según la norma ISO/IEC 9126-1, actividades para la evaluación, etc. El contenido del informe varía de acuerdo a las especificaciones de la evaluación. Se hace una revisión conjunta del informe entre los evaluadores y el cliente con el fin de revisar los resultados finales.

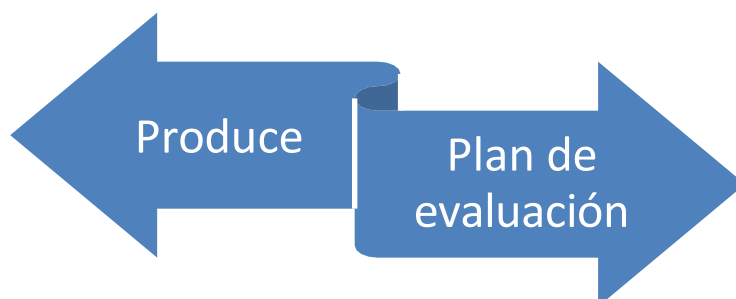
A continuación se exponen las etapas del proceso de evaluación de la norma ISO/IEC 14598 según Caponi, De Vera, Ibarra y Fojo (2014).



1. Establecimiento de requerimientos (Caponi, De Vera, Ibarra y Fojo, 2014)



2. Especificación de evaluación (Caponi, De Vera, Ibarra y Fojo, 2014)



3. Diseño de la evaluación (Caponi, De Vera, Ibarra y Fojo, 2014)



4. Ejecutar la evaluación mientras se desarrolla el software (Caponi, De Vera, Ibarra y Fojo, 2014)



5. Conclusión de la evaluación (Caponi, De Vera, Ibarra y Fojo, 2014)

Siguiendo las etapas del proceso de evaluación, se ejemplifican de manera básica las tres primeras etapas, donde se evalúa la interfaz de un dominio de correo electrónico (Caponi, De Vera, Ibarra y Fojo, 2014):



1. Establecer requisitos de evaluación:

Propósito de la evaluación: Evaluación de interfaz de en las siguientes tareas:

- Envío de mensaje de correo electrónico
- Uso de chat o charla virtual
- Integración de grupos en las charlas.
- Redireccionamiento a otra opción del correo electrónico

2. Especificación de la evaluación:

Características	Descripción de la característica para la interfaz de correo electrónico.
Efectividad	Para el correo electrónico se identificarán otras funciones que el usuario puede realizar aparte de enviar correo electrónico. Por ejemplo: uso del mensajero, eliminación de correos, creación de grupos para organizar contactos, cantidad de usuarios que puedan completar tareas específicas en el correo electrónico.
Productividad	Identificar el tiempo que tarda el responder el sistema de correo electrónico ante la exigencia del usuario. Por ejemplo: Cantidad de clics para abrir algún menú, para enviar un correo, tiempo para abrir el sistema de correo electrónico, etc.
Satisfacción	Identificar la relación entre opiniones positivas y negativas de los usuarios. Por ejemplo cuantos usuarios recomendarían la interfaz de correo electrónico, cuantos usuarios prefieren a la interfaz del correo electrónico en comparación a otro competidor.

Especificación de la evaluación (Caponi, De Vera, Ibarra y Fojo, 2014):

3. Diseño de la evaluación. Se crea el plan de evaluación para las encuestas que se le realizan al usuario, para tiempos insumidos en primer intento de acceso a las opciones de correo electrónico y para la cantidad de clic necesarios al activar alguna opción.

La norma ISO/IEC 14598 implementa estándares que garanticen una correcta evaluación al software y mitiga los errores que puedan presentarse cuando se esté ejecutando, recuerda que el cliente es parte fundamental de la organización y resultados obtenidos de la aplicación de la norma pueden ser utilizados para medir el cumplimiento y realizar mejoras, establecer relaciones entre métricas internas y externas que mejoraran la calidad



del producto software y cubrirán las expectativas del cliente. También es importante aplicar normas a los procesos del desarrollo de software. Dichas normas establecen un marco de trabajo que permitirá evaluar los procesos, recordará que sin un buen proceso de desarrollo será casi imposible obtener un buen producto. A continuación se explican los modelos de calidad de proceso más utilizados para la evaluación de la calidad de proceso software.

3.3. Modelos de calidad de proceso

Las principales razones de fracaso de los proyectos software se han observado en mayor medida en los procesos que desarrollan los recursos humanos que en la tecnología, razón por la cual, la industria del software en todo el mundo ha orientado su enfoque de calidad a los procesos en el desarrollo de software proponiendo el surgimiento de diferentes modelos para su mejora mismos que proponen métodos de evaluación de la capacidad de los procesos y diversas maneras de representar las actividades para mejorar la manera de guiar a la organización hacia su madurez (Tuya, Ramos y Dolado, 2007).

“Los modelos de calidad de proceso son un marco de referencia “de evaluación y mejora de procesos de software permiten calcular la capacidad o madurez de todos los procesos que intervienen en el ciclo de vida del software, detectar los puntos fuertes y los débiles de cada uno y proponer un conjunto de actividades o tareas orientadas a guiar a la organización hacia una mejora gradual y continuada de cada uno de estos procesos” (Tuya, Ramos y Dolado, 2007, p. 9).

En el siguiente tema analizarás los modelos de calidad de proceso más conocidos, el modelo ISO/IEC 15504 y el Modelo de Capacidad de Madurez CMM. El modelo ISO/IEC 15504 no restringe su aplicación a los procesos del ciclo de vida del software, sino que puede ser utilizado como mecanismo de evaluación en cualquier tipo de procesos (Tuya, Ramos y Dolado, 2007). El modelo CMM en su versión como CMMI es hoy en día un modelo prestigioso y ampliamente difundido, por lo que la certificación en cualquiera de los niveles, especialmente en los más altos, es exhibida por las organizaciones como una importante garantía de calidad (Sánchez, Sicilia y Rodríguez, 2012).

3.3.1. ISO 15504 SPICE. Determinación de la capacidad de mejora del proceso de software

El subcomité de ISO/IEC JTC1/SC7 analizó la necesidad de implementar un modelo de



calidad mediante el cual se pudiera evaluar el proceso de desarrollo del software, lo que dio inicio en 1991 al proyecto SPICE como parte del estándar ISO/IEC15504 (Moliner, 2005).

El modelo ISO 15504 de referencia para la evaluación de procesos surge por la necesidad de reducir riesgos en el desarrollo de software, de mejorar la calidad de los productos software y contar con un método común como un estándar internacional mediante el cual se definan los procesos y la forma de evaluarlos. En 1993 la comisión ISO/IEC JTC1 aprobó un programa de trabajo para el desarrollo de un modelo que fuera la base de un futuro estándar internacional para la evaluación de los procesos del ciclo de vida del software. Recibiendo este proyecto el nombre de SPICE que significa Mejora de Procesos de Software y Capacidad de Determinación (por sus siglas en inglés *Software Process Improvement and Capability Determination*) (Piattini, et al, 2012). El proyecto SPICE representa el mayor marco de colaboración internacional por diferentes países establecido con la finalidad de desarrollar un estándar de evaluación de procesos de software (Tuya, Ramos y Dolado, 2007, p. 16).

El modelo ISO 15504 está vigente y se denomina ISO/IEC 15504 *Information Technology - Process Assessment* se puede traducir como Tecnología de la información –evaluación de procesos. Es un estándar internacional aplicable a cualquier organización que requiera conocer y mejorar la capacidad de sus procesos, independientemente del tipo de organización, el modelo del ciclo de vida adoptado, de la metodología de desarrollo y de la tecnología utilizada (Tuya, Ramos y Dolado, 2007, p.16). El modelo ISO/IEC 15504 se dividió en cinco estándares (Tuya, Ramos y Dolado, 2007, p. 17):

ISO/IEC 15504-1:2004 Parte 1: Concepto y vocabulario. Este apartado se actualizó en el año 2004, como su nombre lo dice y representa una introducción general a la norma ISO/IEC 15504, proporciona una **guía de uso** de la misma. En este apartado se incluye el conjunto de **términos** definidos específicamente para comprender la norma.

ISO/IEC 15504-2:2004 Parte 2. Ejecución y evaluación. En este apartado se definen los requisitos que debe cubrir el proceso de evaluación para que produzca resultados repetibles, fiables y consistentes.

ISO/IEC 15504-3:2004 Parte 3. Guía en la ejecución de la evaluación. Establece una guía para la realización de evaluaciones de procesos, interpretando los requisitos de las partes normativas para diferentes contextos de evaluación.

ISO/IEC 15504-4:2004 Parte 4. Guía para la mejora de procesos y determinación de capacidad de procesos. Proporciona una guía para poder utilizar los resultados de una



evaluación en la mejora de los procesos evaluados. La guía incluye ejemplos de la aplicación de mejoras en una gran variedad de situaciones.

ISO/IEC 15504-5 Parte 5: Modelo de evaluación de procesos ejemplares. Proporciona un modelo totalmente compatible con la parte normativa, que incluye un conjunto de indicadores que facilitan el cálculo de la capacidad de los procesos.

La norma ISO/IEC 15504 con los 5 estándares mencionados, proporciona un modelo de referencia que puede ser la base para cualquier metodología para la evaluación del proceso software.

Este modelo de referencia se divide en dos dimensiones:

1. Dimensión del proceso. Está determinada por los propósitos que son los objetivos medibles del proceso. Esta dimensión está representada por un modelo de proceso de referencia que agrupa los procesos de desarrollo de software en tres niveles y a su vez contienen otras categorías de proceso, dependiendo del tipo de actividad realizada. En la siguiente tabla se muestra el modelo de proceso de referencia. En la columna de categoría del proceso se incluyen las siglas que hacen referencia a la categoría del proceso.

Niveles	Categorías del proceso	Subcategorías	Descripción
Procesos del ciclo de vida primario	Adquisición (ACQ)	ACQ.1. Preparación de la adquisición. ACQ.2 Selección del proveedor ACQ.3 Contrato ACQ.4 Monitorización del proveedor	Son los procesos que realiza el cliente para la adquisición de un producto o servicio.
	Suministro (SPL)	SPL.1 Preparación de la oferta SPL.2 Entrega del producto SPL.3 Soporte a la aceptación del producto	Abarca procesos realizados por el proveedor tanto en la propuesta como en la entrega de un producto o servicio
	Ingeniería (ENG)	ENG.1 Obtención de requisitos ENG.2 Análisis de requisitos del sistema ENG.3 Diseño de la	Agrupar a los procesos que directamente especifican, implementan o mantienen el producto software, su



		arquitectura del sistema ENG.4 Análisis de los requisitos de software ENG.5 Diseño del software	relación con el sistema y la documentación del cliente
	Operación (OPE)	OPE.1 Uso operacional OPE.2 Soporte al cliente	Describe los procesos directamente relacionados con la transición del producto o servicio al cliente y se ocupan del correcto uso y operación del mismo.
Procesos del ciclo de vida de soporte	Soporte (SUP)	SUP.1 Aseguramiento de la calidad SUP.2 Verificación SUP.3 Validación SUP.4 Revisión conjunta SUP.5 Auditora	Contiene procesos que pueden ser utilizados por cualquiera que gestione cualquier tipo de proyecto o de proceso del ciclo de vida del software.
Procesos del ciclo de vida de la organización	Gestión (MAN)	MAN.1 Alineación de la organización MAN.2 Gestión de la organización MAN.3 Gestión de proyectos MAN.4 Gestión de calidad MAN.5 Gestión de riesgos	Formada por los procesos que contienen prácticas que pueden ser utilizadas por cualquiera que gestione cualquier tipo de proyecto o de proceso del ciclo de vida del software.
	Mejora del proceso (PIM)	PIM.1 Preparación de la oferta PIM.2 Entrega del producto PIM.3 Soporte a la aceptación del producto	Está formada por los procesos que establecen, definen, despliegan e implantan, evalúan y mejoran los procesos que se realizan en la organización.
	Recursos e infraestructura (RIM)	PIM.1 Preparación de la oferta PIM.2 Selección del proveedor PIM.3 Contrato PIM.4 Monitorización del proveedor	Describe los procesos que se realizan para dotar a la organización tanto de los recursos humanos como de la infraestructura necesaria para que los demás procesos puedan realizarse de manera



			apropiada.
	Reutilización (REU)	REU.1 Gestión de activos REU.2 Gestión de programa de reutilización REU.3 Ingeniería del dominio	Contiene los procesos directamente relacionados con la realización de acciones destinadas a explotar las oportunidades de reutilización.

Modelo de proceso de referencia (Tuya, Ramos y Dolado, 2007, p. 19).

2. Dimensión de la capacidad del proceso. Se conforma de la definición de escalas de medida de valoración para determinar la capacidad de cualquier proceso. Representa una capacidad que va en incremento. Una escala de medida de valoración deriva la forma de mejorar cada proceso. Consta de seis niveles de capacidad y nueve atributos de procesos. En la siguiente tabla se desglosan estos niveles.

Escala de valoración	Descripción
Nivel 0 Incompleto	El proceso no existe o no se consigue su propósito.
Nivel 1 Realizado	Se alcanza el propósito del proceso en términos generales. El personal de la organización reconoce que el proceso se realiza cuando es necesario, pero no se hace de forma planificada ni se realiza ningún seguimiento. Las salidas del proceso se identifican fácilmente y este hecho confirma que el proceso de realiza.
Nivel 2 Gestionado	Se obtienen los productos del proceso de acuerdo a una planificación y seguimiento. Los productos se ajustan a las normas de calidad.
Nivel 3 Establecido	El proceso se realiza y se gestiona utilizando procedimientos definidos según los principios de la Ingeniería de software, es decir con procedimientos creados según un estándar y debidamente documentados. En este nivel se utilizan un proceso definido y con capacidad para alcanzar los resultados esperados.
Nivel 4 Predecible	La realización del proceso se gestiona en forma cuantitativa, es decir se recogen medidas detalladas del nivel de realización del proceso y se analizan. Esto permite mantener el proceso dentro de límites predefinidos y disponer de una mejor posición para poder



	cuantificar la capacidad del proceso y predecir su comportamiento.
Nivel 5. En optimización	La realización de un proceso se optimiza de forma continuada, para alcanzar los objetivos de negocio de la organización. Se lleva a cabo una monitorización continua de los procesos y se analizan los datos obtenidos. Esto permite que los procesos estándares definidos dentro de la organización cambien dinámicamente, para adaptarse de forma efectiva a los actuales y futuros objetivos de la empresa.

Niveles de la dimensión de capacidades de ISO/IEC 15504(Tuya, *et al*, 2007, p. 21)

En la siguiente tabla se muestran los atributos de procesos de acuerdo al nivel de capacidad especificada en la segunda dimensión.

Nivel de capacidad	Atributos de los procesos (PA)	Descripción
0	No hay atributos en este nivel	
1	Realización del proceso (PA1.1)	Representa la medida de cuándo se alcanza el propósito de un proceso, transformando los productos de entrada en productos de salida.
2	Gestión de la realización (PA.2.1)	Representa el grado de gestión de la realización del proceso, para que se obtengan productos que cumplan los objetivos definidos.
	Gestión de los productos resultantes (PA.2.2)	Representa el grado de gestión de los productos resultantes producidos por los procesos.
3	Definición de los procesos (PA.3.1)	Representa el nivel de realización del proceso, según el cual utiliza una definición de proceso basada en un proceso estándar para conseguir sus objetivos.
	Aplicación del proceso (PA.3.2.)	Representa el nivel de adecuación de la implementación o despliegue efectivo del proceso estándar.
4	Medida del proceso (PA.4.1.)	Representa el nivel en que las medidas y los objetivos de los productos y de los procesos son utilizados para asegurar que la realización del proceso soporte el alcance de los objetivos definidos como apoyo a los objetivos de negocio.
	Control del proceso	Representa el nivel de control del proceso a través de



	(PA.4.2.)	la recopilación, análisis y uso de medidas de proceso y de producto, para corregir en caso necesario, su rendimiento y para conseguir los objetivos de proceso y de producto definidos.
5	Innovación de los procesos (PA.5.1)	Representa el nivel de control de los cambios en la definición, gestión y realización del proceso con el fin de alcanzar los objetivos de negocio fijados en la organización
	Optimización de los procesos (PA.5.2.)	Representa el nivel bajo el cual se identifican e implantan los cambios en los procesos, para conseguir una mejora continua en el cumplimiento de los objetivos de negocio de la organización.

Atributos de los procesos asociados a los niveles de capacidad de ISO/IEC 15504 (Tuya, Ramos y Dolado, 2007, p. 22)

El nivel de capacidad que tiene un proceso depende de los atributos que posee y del grado con el cual se alcanzan dichos atributos. La escala de valoración de los atributos se muestra en la siguiente tabla:

Valores posibles del atributo	Grado de alcance	Situación para determinar el grado de alcance del atributo
N No alcanzado	0%-5%	Indica un poco o nula evidencia de que se ha alcanzado este atributo en el proceso evaluado.
P Parcialmente alcanzado	16%-50%	Se evidencia una aproximación sistemática del alcance del atributo, pero algunas de sus características no se dan.
L Ampliamente alcanzado	51%-85%	Hay bastantes evidencias de que se alcanza el atributo, pero la realización del proceso diverge en alguna área
F Completamente alcanzado	86%-100%	Hay evidencia de que el atributo se alcanza plenamente de manera sistemática en el proceso evaluado y no hay debilidades importantes en la unidad organizacional en la que se ubica el proceso.

Escala de valoración de los atributos de los procesos según ISO/IEC 15504(Tuya, Ramos y Dolado, 2007, p. 23).

Los cuatro valores posibles del atributo obligan a evaluar empezando desde el Nivel 1 y en caso de que sean alcanzados ampliamente (L) o completamente (F) los atributos del proceso asociados a un cierto nivel, permite evaluar el nivel siguiente.

Una organización de software puede implantar cualquiera de las dimensiones para la



evaluación de sus procesos, le permitirá determinar la capacidad de los procesos de software, comprender cuáles procesos y prácticas puede evaluar un asesor, qué haya que hacer para mejorar los procesos de software. Puede utilizar las dimensiones durante la aplicación de los procesos de software de la organización, durante el desarrollo y/o revisión de los procesos de la organización y como parte de una actividad de mejoramiento continuo (Torres, 2007).

Recuerda el objetivo principal de evaluar los procesos es conocer la capacidad que tiene una organización. La norma ISO/IEC 15504 es un marco de referencia para la mejora de los procesos. A continuación estudiarás otro modelo de calidad de procesos. El Modelo de madurez de capacidades CMM es una guía que describe las características que hacen efectivo a un proceso. Presenta un enfoque para la mejora de procesos que proporciona a una organización.

3.3.2. CMM. Modelo de madurez de capacidades

Hay gran cantidad de modelos y de normas para servir de referencia en la organización de los procesos que realiza el área de desarrollo de software de una empresa. En el ámbito de la informática prevalece la utilización del modelo de referencia CMM *Capability Maturity Model* se puede traducir como Modelo de capacidad de madurez el cual tuvo un auge a partir de los años 90 en la industria del software (Pantaleo, 2011, p. 167). Desde el año 1991, el modelo CMM desarrollado por el Instituto de Ingeniería de Software (*Software Engineering Institute SEI*) de la Universidad Carnegie Mellon, el cual surgió con el objetivo agrupar un marco de referencia o modelo de calidad que fuera la base para establecer un sistema de capacitación de las compañías que proveían de software al gobierno de los Estados Unidos. (Sánchez, Sicilia y Rodríguez, 2012, p. 394).

El CMM fue adaptado a múltiples disciplinas tales como la ingeniería de sistemas, ingeniería del software y a distintas áreas organizacionales como compras, ventas, desarrollo de procesos y productos integrales, etc., derivándose en modelos diferentes de acuerdo con la disciplina o el área requerida. Para las organizaciones que ya habían implantado el modelo de calidad CMM en alguna área, no era redituable implementarlo en otra área de la organización. Porque, tendría otro enfoque y aplicación con relación al modelo ya implantado. Se debía capacitar al personal, evaluar los procesos actuales, etc. para implementar el modelo CMM en otra área. Por lo tanto, surge modelo CMMI Modelo Integral de Capacidad de Madurez, (por sus siglas en inglés *Capability Maturity Model Integration*), como solución a los problemas de falta de integración y uso de múltiples de los modelos CMM (Tuya, Ramos y Dolado, 2007). Un modelo de madurez es un conjunto



de características que describen ciertos aspectos de equilibrio, experiencia y formalidad en una organización (Sánchez, Sicilia y Rodríguez, 2012).

El Modelo CMMI, es una versión perfeccionada del modelo CMM, CMMI creada en el año 2000 del modelo anterior denominado CMM. El objetivo del CMMI es contar con “un enfoque para la mejora de procesos que proporciona a una organización los elementos esenciales para llevar a cabo sus procesos de manera efectiva. Puede utilizarse para guiar la mejora de procesos en un proyecto, en un departamento, o en una organización completa. CMMI ayuda a integrar funciones de la organización tradicionalmente separadas, a establecer prioridades y objetivos en la mejora de procesos, proporciona guías para los procesos de calidad y sirve como referencia para la evaluación de los procesos actuales” (Sanchez, Sicilia y Rodríguez, 2012, p. 394).

CMMI se enfoca en la mejora de los procedimientos y procesos que las personas de una organización llevan a cabo integrando el apoyo de los avances tecnológicos y otras herramientas administrativas pues se considera que si los procesos no están correctamente definidos, los procesos no son maduros y no son ampliamente conocidos por quienes están implicados en los procesos, ninguna personas por más capaz que sea, podrá rendir a su mejor nivel aun disponiendo de las mejores herramientas tecnológicas o estratégicas. Los elementos más importantes que considera el CMMI son (Sanchez , *et al*, 2012): los procedimientos realizados en la organización, métodos y herramientas para organizar el proceso de evaluación y los recursos humanos que intervienen en la realización de los procesos de la organización y evaluación.





El modelo CMMI se representa mediante dos formas de evaluación:

1) Continua. Se basa en los niveles de capacitación.

2) Por etapas: Se emplean los niveles de madurez.

Tanto los niveles de capacitación como los de madurez proporcionan una forma adecuada para medir la mejora de procesos. A continuación se explican a detalle la representación continua y por etapas:

Representación continua. Es la representación mediante niveles de capacitación consiste en la definición de objetivos y prácticas generales para cada área de procesos. Estos niveles pueden considerarse, por tanto, un medio para mejorar progresivamente los procesos de una cierta área en la organización. CMMI define seis niveles de capacitación, etiquetados de 0 a 5 (Sánchez, Sicilia, Rodríguez, 2012, p. 325) que son los siguientes:

Nivel 0. Incompleto: Se refiere a un proceso que no se lleva a cabo, o que se lleva a cabo parcialmente.

Nivel 1. Realizado: Se refiere a un proceso que satisface los objetivos específicos del área a la cual pertenece.

Nivel 2. Gestionado: El proceso se planifica y ejecuta de acuerdo con ciertas reglamentaciones, emplea personal cualificado, se monitoriza y controla.

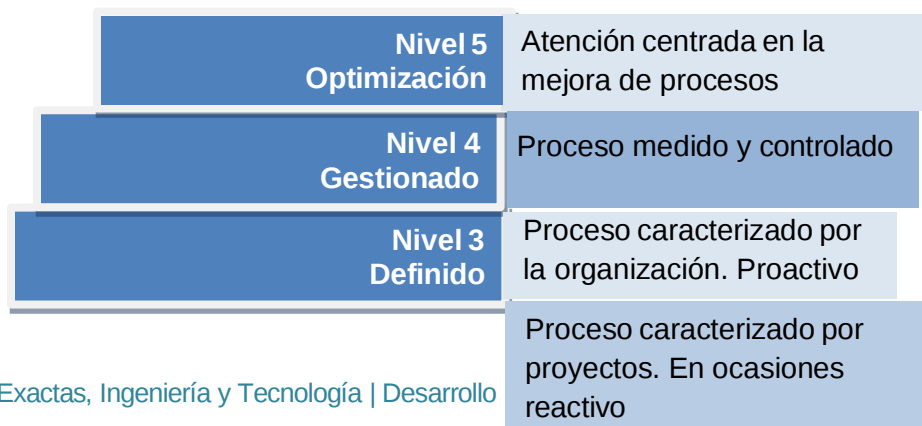
Nivel 3. Definido: el proceso se ajusta a los estándares de la organización y proporcionan, tanto medidas de la producción como otras informaciones valiosas desde la perspectiva de la mejora de procesos.

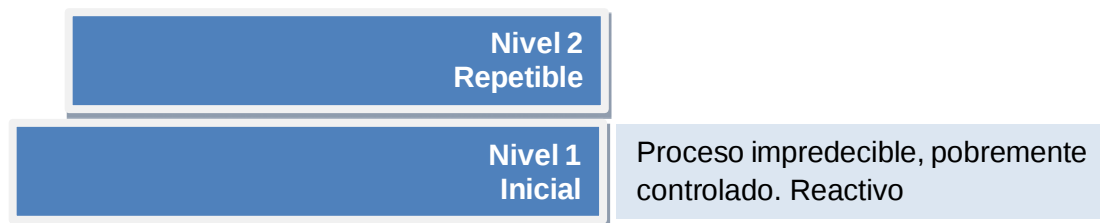
Nivel 4. Gestionado cuantitativamente: Un proceso definido que además, es controlado mediante técnicas cuantitativas o estadísticas.

Nivel 5. En optimización: Un proceso gestionado cuantitativamente sujeto a mejoras basadas en la comprensión de las causas de la variabilidad inherente al propio proceso.

Representación por etapas. En este modo de representación mediante niveles de madurez CMMI define cinco niveles en los que una organización puede categorizarse de acuerdo con la disposición global de sus procesos internos. Es decir, no se enfoca a un área en particular sino que se refiere a múltiples áreas de procesos. Los cinco niveles que define CMMI se muestran en siguiente figura (Sánchez, *et al*, 2012, p. 325):

Cada nivel de madurez representa un escalón en el camino hacia una organización madura. Cada uno es una capa en la carrera de mejora de procesos





Niveles de madurez en CMMI (Sánchez, Sicilia y Rodríguez, 2012)

En la figura anterior se muestran los niveles de madurez en forma escalonada dirigiendo a la organización hacia un nivel de madurez alto. Esto se logrará mejorando sus procesos en cada nivel. (Sánchez, Sicilia y Rodríguez, 2012).

El nivel 1 inicial: es el más bajo de la escala se encuentran aquellas organizaciones sin procesos definidos gran parte del trabajo se realiza sin procedimientos preestablecidos y controlados.

El nivel 2 repetible: Se implantan actividades de gestión de proyectos permitiendo posteriormente repetir los procesos exitosos con la desventaja de no poderlos aplicar para todos los proyectos. Para estar en este nivel la organización debe documentar los procedimientos: monitoreo y control de proyectos, planeación de proyectos, administración de requerimientos, etc. con todos aquellos formatos o planes que haya creado para mejorar los procesos.

El nivel 3 Definido: Las organizaciones cuentan con procesos estandarizados en el desarrollo y mantenimiento de software, los procesos se encuentran con expectativas a mejora continua.

Nivel 4 Gestionado: Los procesos de la organización cuentan con un programa detallado y organizado de medición de procesos de desarrollo de software.

Nivel 5 Optimización: Las organización de este nivel tienen implementado un proceso de mejora continua para todos los procesos, recopilan datos de todos sus proyectos para mejorar innovaciones de los propios procesos de la organización (Picazzo M., Villegas M., y Tamura M., 2008).

Los niveles de capacidad y madurez del modelo CMMI como ya se mostró se conforma de peldaños progresivos permitiendo un enfoque según las necesidades de quien vaya a implantarlo. Los niveles de capacidad muestra el nivel de capacidad que tiene cada área de proceso. Es decir, que tan bien se desempeña la organización en un área de proceso de forma individual. Los niveles de madurez clasifica a la organización en función de qué áreas de proceso consiguen sus objetivos y se gestionan con principios de ingeniería. Es



decir, cómo se desempeña una organización con base en la capacidad y madurez en un conjunto de áreas de proceso (Pantaleo, 2011).

Las áreas de proceso están agrupadas en **soporte**, **ingeniería**, **administración de proyectos** y **administración de procesos** en estas áreas de proceso se puede implantar el modelo CMMI (Pantaleo, 2011).

El modelo CMMI comprende los siguientes componentes:

- 1) **Objetivos.** Deberán ser satisfactorios en el resultado de su evaluación. Hay dos tipos según a donde se apliquen. Específicos para cada área de proceso y genéricos relacionados a la organización.
- 2) **Prácticas.** Comprenden las prácticas que se realizaron para cumplir satisfactoriamente los objetivos.
- 3) **Subprácticas.** Son componentes informativos que ayudan a la interpretación e implementación de las prácticas.

Para la implantación del Modelo CMMI se toma en cuenta el proceso de mejoras con CMMI, abarca dos etapas las cuales se describen a continuación.

1. Estrategia. Consiste en un relevamiento de la empresa donde se observa una interacción entre la tecnología, organización y recursos humanos, con la finalidad de preparar a los miembros de la organización al cambio. Las actividades que se realizan son las siguientes: Elaboración de reportes de resultados del trabajo de relevamiento para utilizarse como base para el proceso de mejoras; invitación a los integrantes a participar con su aportación, elaborar plan de mejoras con un cronograma de tiempo del trabajo a realizar, objetivos individuales, asignación de recursos humanos, materiales y de una persona encargada el proyecto (Pantaleo, 2011).

2. Metodología de trabajo. Se realiza la mejora de procesos basada en el modelo IDEAL por sus siglas en inglés Initiating, Diagnosing, Establishing, Acting and Learning, las fases del proceso son cuatro, se describen a continuación:

Inicio. Aplicación de SCAMPI por sus siglas en inglés *Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement*. Determina el nivel madurez o capacidad que tiene la organización. Los resultados de SCAMPI permiten a la organización conocer la situación actual de los procesos para establecer mejoras.



El proceso de evaluación del modelo SCAMPI. Está compuesto por tres fases que generalmente se aplican por 15 días aproximadamente (Pantaleo, 2011, p. 177).

Fase 1. Planear y preparar para el *appraisal* (evaluación). En esta fase se analizan los requerimientos, se desarrolla un plan de trabajo, se selecciona y prepara al equipo de trabajo, se obtienen y analiza la evidencia objetiva inicial.

Fase 2. Conducir el *appraisal*. En esta etapa se examina, verifica, valida y documenta la evidencia objetiva evaluando las prácticas. Se generan resultados calificando a la unidad organizacional.

Fase 3. Informar resultados del *appraisal*. En esta etapa se publican los resultados del *appraisal*, se empaqueta y archivan las evidencias.

- a) **Diseño.** Se elabora el plan de implementación de mejoras, plan de acción, se define la estructura del grupo responsable de la definición de los procesos de la organización, documentación de trabajo, capacitación para todos los involucrados, se establecen proyectos pilotos, objetivos, cronogramas, recursos humanos. Todo lo correspondiente a la fase de diseño será dispuesto según las debilidades, fortalezas y oportunidades encontradas por SCAMPI.
- b) **Piloto.** Se da soporte a todos los integrantes del grupo de desarrollo para la implementación del proyecto. Según los resultados después del soporte se realizan modificaciones y se institucionaliza.
- c) **Implementación.** Se institucionaliza los resultados resultantes de la fase piloto, Los pilotos serán una buena estrategia para que las organizaciones las realice por ella misma (Pantaleo, 2011).

Para concluir con la unidad 3, se expone a continuación un ejemplo de aplicación de estándares de calidad de producto.

Una institución de desarrollo de software que se dedica a ofrecer soluciones tecnológicas innovadoras, adaptables a las necesidades de la población en México, tiene a su cargo un proyecto de desarrollo de un software para coordinar los servicios de información, rescate y protección civil en caso de un terremoto en la Ciudad de México (IPN, 2014). Uno de los requisitos importantes es que no tenga errores o defectos, por ello, se requiere determinar la densidad de errores o defectos en el programa, este será el objetivo de la evaluación.

La característica a evaluar será: fiabilidad, recuerda que la fiabilidad es la capacidad del producto para mantener un especificado nivel de desempeño cuando se usa bajo unas condiciones específicas.



La subcaracterística: madurez (*maturity*) indica la capacidad del producto para evitar errores.

Atributo que se analizará: densidad de errores o defectos

Una vez definido el modelo de calidad, se seleccionan las métricas más adecuadas (recuerda las métricas revisadas en la asignatura *Métricas de desarrollo de software PSP*). En este caso se selecciona la siguiente fórmula para estimar fallos:

$FDV = (EELOC - ELOC) / NCLOC$, donde:

EELOC (Erroneous Lines of Code): Número de líneas de código en las que se han detectado fallos y se han modificado.

ELOC (Estimated Erroneous Lines of Code) Número estimado de líneas de código erróneas. (Normalmente se suelen utilizar los históricos previos para determinar este valor.

NCLOC (Non-Commented Lines of Code) Número de líneas de código sin comentarios.

FDV (Fault Density Value) Valor que indica el número de fallos por unidad de volumen de producto.

Como elemento de entrada se utilizará el código fuente. Como elemento de salida, varios informes: de prueba, de revisión y de verificación.

Para la interpretación de los resultados se utilizarán clasificaciones de la institución y sus criterios de evaluación por ejemplo:

$FDV < 10E-4$	Excelente
$10E-4 \leq FDV < 10E-3$	Bueno
$10E-3 \leq FDV < 10E-2$	Débil
$FDV < 10E-2$	Insuficiente

La información que se recopilará será:

1. Identificación del código fuente
2. Valor FDV
3. Clasificación correspondiente, según los criterios de la compañía (Excelente, bueno, débil, insuficiente).

A continuación se define el plan de métricas en que se documentarán todos los datos obtenidos. Un plan de métricas debe contener, los siguientes apartados según ISO/IEC 14598-(Plaza, Medrano, Posa, 2010, p. 257):



Introducción: propósito del plan, a quién está destinado y uso previsto.

Objetivos de la evaluación:

Características de calidad aplicables:

Lista de prioridades: ordenar de forma razonada las características de acuerdo con la importancia para el caso concreto.

Objetivos de calidad: objetivos cuantificables de calidad, que puedan ser medidos (por ejemplo, el número de errores por línea de código en la fase de pruebas final).

Calendario: plazos claros con hitos y liberación del producto.

Definición de responsabilidades: contemplando todas las actividades derivadas de la implementación del plan-toma de datos, análisis, etcétera.

Categorías de medida: medidas que se van a realizar, tanto si son de producto como si son de proceso.

Uso y análisis de datos: la forma en que se analizarán los datos (por ejemplo, mediante técnicas estadísticas y cómo se van a representar).

Comunicación: indicar cómo hay que informar del análisis de resultados (por ejemplo: dentro o fuera del proyecto) y definir cómo resolver los aspectos pendientes o excepcionales.

Otros requisitos: incluir aspectos que no se han citado; por ejemplo, técnicas y métodos empleados, herramientas necesarias, estándares o guías de interés, evaluación de suministradores.

En el caso ejemplo que se está exponiendo, en el último apartado del plan se documentarían los siguientes aspectos ((Plaza, Medrano, Posa, 2010)., 2010):

Herramientas requeridas: no se requiere ninguna plataforma hardware o software especial. Como herramientas software se incluirán: una herramienta para contar líneas de código y líneas de código modificadas y opcionalmente una herramienta de recolección y análisis de datos de fiabilidad. Como conocimientos requeridos es necesario que el operario tenga conocimientos de métodos de estimación.

Instrucciones de evaluación generadas: se puede generar como un documento anexo o incluido en el propio plan. En este ejemplo, se indicaría cómo seleccionar la muestra (código fuente), cómo tomar los datos, el algoritmo de cálculo (incluyendo el algoritmo o método para estimación de potenciales errores) y los documentos (registros) donde se deben anotar datos internos o externos.

En este tema revisaste los modelos de evaluación y mejora de procesos de software. El modelo ISO/IEC 15504 y el modelo CMMI permiten identificar la capacidad o madurez de



todos o algunos procesos que intervienen en el ciclo de vida del software, detectan los puntos fuertes y débiles de cada proceso y proponen un conjunto de actividades que guían a la organización hacia una mejora gradual y continuada de cada uno de estos procesos.

Cierre de la unidad

En esta unidad se analizaron los modelos de calidad de software que han sido más importantes en la Ingeniería de software ya que el desarrollo de software ha sido un ámbito relevante para enriquecer aspectos de calidad en el software. Recuerda la calidad del software es el grado en que un software posee una combinación de atributos deseables (Sanchez , 2012, p. 284). Esto ha sido causa de que existan dos perspectivas de estudio: los modelos de calidad para el producto y modelos de calidad de proceso software. Los modelos clásicos como el de McCall, Boehm, el modelo ISO/IEC 9126 y el ISO/IEC 14598 han sido implantados en las organizaciones para favorecer a la calidad de producto. Mientras que los modelos CMMI y el modelo ISO/IEC 15504 se han clasificado en los modelos de calidad de proceso.

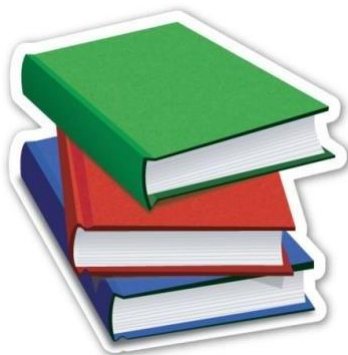
Los modelos de calidad de producto software comprenden un conjunto de características y subcaracterísticas que se relacionan entre ellas conformando el fundamento para especificar requerimientos de calidad y evaluarlas.

Los modelos de calidad de proceso software orientan a la mejora de los procesos de una organización y la capacidad para gestionar el desarrollo, la adquisición y el mantenimiento de productos y servicios.

La asignatura *Modelos de calidad de software* impacta para el logro del éxito en el desarrollo de software porque será necesario implantar un modelo de calidad que guíe el desarrollo del producto y/o procesos. Además producir el producto software con normas de calidad permite que otros ingenieros desarrolladores de software mejoren el producto porque todo estará debidamente documentado. La organización que implante modelos de calidad conseguirá una certificación añadiendo prestigio a su producto y organización.



Para saber más



Fuente: Imagen tomada de <https://www.pinterest.com.mx/>

Algunas aplicaciones prácticas del modelo CMMI puedes consultarlas en los siguientes materiales.

-Iglesias, A., Messino, A., Pedroza, P. y Llanos, R. (2014). Modelo aplicable a la gestión de procesos ágiles de desarrollo de software basado en CMMI –DEV 1.3 Y SCRUM. *Investig. Innov. Ing.* 1 (3) pp. 17-29.

https://www.researchgate.net/publication/318869923_Modelo_Aplicable_A_La_Gestion_De_Procesos_Agiles_De Desarrallo_De Software Basado En Cmmi -Dev 13 Y Scrum

- Pedroza B., P. (2013). *Elección de una metodología de desarrollo a partir de las ventajas de una metodología Ágil y un modelo robusto como CMMI-DEV 1.3*. INGENIARE, Universidad Libre-Barranquilla. 8 (14) pp. 113-122.

<https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ingeniare/article/view/618/480>



Algunos videos que aportan más datos sobre CMMI son los siguientes:



Fuente: Imagen tomada de <https://www.pinterest.com.mx/>

-Abiztar (2018). ¿Qué es CMMi? [video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=c1_0CoVeGq8

-Abiztar (2016). Representaciones del modelo CMMi. [video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=uTJIXImgClS>

-Alcenit Corporation (2015). **CMMI® y SCAMPI – Entrevista a Viviana Rubinstein**. [video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=qYcqS23yLyc>

- Castillo, J. M. (2019). **Buenas prácticas en el desarrollo SW**. [video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=rzW-tXoIA4Y>



Se recomienda que revises la siguiente obra donde se explica cómo trabajar con modelos de desarrollo que te ayudarán a profundizar en tus conocimientos sobre los modelos de calidad.

- Pantaleo, G. (2011). *Calidad en el desarrollo de software*. Buenos Aires, Argentina: Alfaomega.

Se recomienda revisar en la siguiente obra sobre la estandarización de las metodologías ISO/IEC 12207, ISO/IEC 15504 y métrica 3 como complemento del modelo ISO/IEC 15504

- De Pablos Heredero, C., López Hermoso Agius, J.J., Romo Romero, S.M., Medina Salgado, S., (2011). *Organización y transformación de los sistemas de información en la empresa*. Madrid: Universidad Rey JuanCarlos ESIC Editorial

Si deseas profundizar en la calidad de componentes software, los tipos de modelos y la estructura del estándar ISO/IEC 9126, consulta la siguiente obra.

- Piattini Velthuis, M. G., García Rubio, F. O., García Rodríguez de Guzmán, I., y Pino, F. (2012). *Calidad de sistemas de información*. México, D.F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.

Se recomienda investigar algunos recursos de video que se encuentran en internet sobre la aplicación de las normas revisadas en esta unidad.

En el siguiente sitio encontrarás información relevante respecto a los diversos estándares

- Kualikaans. Grupo de investigación en Métodos de ingeniería de software (2014). *Sitios de interés*. [En línea]
<http://kualikaans.fciencias.unam.mx/index.php/component/content/category/8-acerca-del-grupo>

Fuentes de consulta

Calero, C., Moraga, M. Á., & Piattini, M. G. (2010). *Calidad del producto y proceso software*. Ra-Ma.

Caponi, M., De Vera, D., Ibarra, J. L., & Fojo, S. (2014). *Gestión de software: Informe sobre evaluación de productos*. Universidad de la República - Facultad de Ingeniería.

Carvalho, J. P., Franch, X., & Quer, C. (2010). *Calidad de componentes software*. En *Calidad del producto y proceso software* (pp. XX-XX). Ra-Ma.



CMMI. (2020). Introducing CMMI® V2.0. <https://cmmiinstitute.com/cmmi>

Dávila Nicanor, L., & Mejía Álvarez, P. (2003). Evaluación de la calidad de software en sistemas de información en Internet. Congreso de Ingeniería Eléctrica, CINVESTAV-IPN, Sección de Computación.

De Pablos Heredero, C., López Hermoso Agius, J. J., Romo Romero, S. M., & Medina Salgado, S. (2011). Organización y transformación de los sistemas de información en la empresa. Universidad Rey Juan Carlos - ESIC Editorial.

Durán Camarillo, E. R., Calderón Osorno, J. L., & Ríos de la Torre, I. (2013). RISC: Revista Internacional de Sistemas Computacionales y Electrónicos (Vol. 6, Números 3 y 4, pp. 12-17). Escuela Superior de Cómputo, IPN.
<https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/17231>

ECURED.CU. (2014). Modelo de calidad. http://www.ecured.cu/index.php/Modelo_de_calidad

González Acatitla, C. J. (2008). Modelo cualimétrico para la evaluación de la calidad de los sistemas de información en dispositivos móviles (Tesis de posgrado). Centro de Investigación en Computación, Secretaría de Investigación y Posgrado, IPN.
<https://tesis.ipn.mx/xmlui/handle/123456789/5875>

Instituto Politécnico Nacional. (2014). RieSis.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2009). Esquema 1 de norma IRAM-ISO/IEC 14598-6: Evaluación del producto de software. Parte 6 - Documentación de los módulos de evaluación. IRAM.

ISO25000. (s.f.). La familia de normas ISO/IEC 25000. Recuperado de <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000>

Jiménez Ríos, R. (2005). Validación del software como requerimiento de desarrollo de modelos de calidad. ENEP Aragón, UNAM.

Kuali Kaans - Grupo de Investigación en Métodos de Ingeniería de Software. (2014). Sitios de interés.
<http://kualikaans.fciencias.unam.mx/index.php/component/content/category/8-acerca-del-grupo>

Meléndez, K., & Dávila, A. (2005, enero). Normas de calidad de producto software, versión 1.0. Universidad Católica del Perú, Grupo de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Software.

Mendoza, L. E., Pérez, M. A., & Grimán, A. C. (2005). Prototipo de modelo sistémico de calidad (MOSCA) del software. Universidad Simón Bolívar.



- Pantaleo, G. (2011). Calidad en el desarrollo de software. Alfaomega.
- Piattini Velthuis, M. G., García Rubio, F. O., García Rodríguez de Guzmán, I., & Pino, F. (2012). Calidad de sistemas de información. Alfaomega Grupo Editor.
- Picazzo M., C., Villegas M., N. M., & Tamura M., G. (2008). Análisis descriptivo del proceso de implementación del nivel 2 del modelo CMMI en una empresa regional de desarrollo de software. *Sistemas y Telemática*. Recuperado de http://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/sistemas_telematica/article/viewFile/1001/1026
- Plaza García, I., Medrano Sánchez, C. T., & Posa Gómez, A. B. (2010). Calidad en actividades de I+D+i: Aplicación en el sector TIC. RC Libros.
- Real Academia Española. (2014a). Calidad. <http://buscon.rae.es/drae/srv/search?val=calidad>
- Real Academia Española. (2014b). Modelo. <http://lema.rae.es/>
- Sánchez, S., Sicilia, M. Á., & Rodríguez, D. (2012). Ingeniería del software: Un enfoque desde la guía SWEBOK. Alfaomega Grupo Editor.
- Sánchez Alonso, S., Sicilia Urbán, M. Á., & Rodríguez García, D. (2012). Ingeniería del software: Un enfoque desde la guía SWEBOK. Alfaomega Grupo Editorial.
- Torres Samaniego, M. Z. (2007). Estudio comparativo entre los estándares ISO/IEC TR 15504 y CMMI (Tesis de grado). Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Tuya, J., Ramos Román, I., & Dolado Cosín, J. (2007). Técnicas cuantitativas para la gestión en la ingeniería del software. Gesbiblo, S.L.