

Estudio del estado del arte de metodologías y modelos para la determinación del nivel de madurez de gestión y dependencia de TI en organizaciones de todo tipo

López Cristina ¹; Hurtado Franklin ²; Aguas Luis³

¹ Universidad Politécnica Salesiana, Quito-Ecuador, clopezar@est.ups.edu.ec

² Universidad Politécnica Salesiana, Quito-Ecuador, fhurtado@ups.edu.ec

³ Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito-Ecuador, aguaszoft@outlook.es

Resumen: Un modelo de madurez es un marco de referencia utilizado para evaluar los procesos comerciales o ciertos aspectos de las organizaciones, ya que representa un camino hacia una forma de hacer negocios cada vez más organizada y sistemática. Se puede utilizar para medir el nivel de madurez actual de un determinado aspecto de una organización de manera significativa, permitiendo a las partes interesadas identificar claramente las fortalezas y los puntos de mejora, y en consecuencia priorizar qué hacer para alcanzar niveles de madurez más altos.

En el contexto de las Tecnologías de la Información un modelo de madurez ayuda a: administrar las inversiones mediante el uso eficiente e innovador de las TI, mantener el riesgo relacionado con TI en niveles aceptables, optimizar el costo de la tecnología y los servicios, etc.

Palabras clave: Tecnologías de la Información, modelo de madurez, dependencia, gestión, metodología.

Study of the state of art of methodologies and models for the determination of the level of maturity of management and dependence it in all type organizations

Abstract: A maturity model is a framework used to evaluate business processes or certain aspects of the organizations, since it represents a path to a way of doing business more and more organized and systematic. It can be used to measure the level of current maturity of a certain aspect of an organization significantly, allowing interested parties to clearly identify strengths and points of improvement, and therefore prioritize what to do for achieve higher levels of maturity.

In the context of the IT a maturity model helps: manage investment through the efficient and innovative use of the IT, maintain the risk related with IT at acceptable levels, to optimize the cost of technology and services, etc.

Keywords: Information technology, maturity model, dependence, management, methodology.

1. INTRODUCCIÓN

La creciente dependencia de las Tecnologías de Información (TI) en las organizaciones ha provocado que estas enfrenten retos importantes,

por ejemplo, la adaptación y alineación de las Tecnologías de Información a los procesos del negocio con la finalidad de tener un soporte tecnológico, operativo y estratégico, que brinde una ventaja competitiva, asumiendo como premisa la optimización de recursos y generación de valor (Aurelio, 2016).

Este escenario se ha dado debido a que la información en la mayoría de los casos representa uno de los activos más importantes a considerar

1. Estudiante de Ingeniería de Sistemas, Universidad Politécnica Salesiana, clopezar@est.ups.edu.ec
2. Ingeniero de Sistemas, Tercer Nivel, Universidad Politécnica Salesiana, Magister en Planificación y Dirección Estratégica, Cuarto Nivel, Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), fhurtado@ups.edu.ec
3. Magíster en Redes de Comunicaciones, aguaszoft@outlook.es

dependiendo del giro del negocio, sea que el empresario lo conozca o no. Esto ha provocado que las empresas se vean obligadas a mejorar su ambiente tecnológico relacionado con hardware, software y seguridad de la información (Nord, Dorbecker, & Bohmann, 2016).

Aproximadamente un 30% de un total de 24,652 empresas (Graciano, Londoño, & Vélez, 2017) a nivel mundial han alcanzado un nivel de madurez, debido a que se han certificado con alguno modelo de madurez de TI. Aquellas empresas que son parte del 70% pueden enfrentar problemas al tener un desconocimiento de lo que significan los niveles de madurez, su forma de determinación y la utilidad que estos modelos tienen en el contexto empresarial (Vivar & Carlos, 2013), situación que puede provocar un decremento en la productividad, inconformidades por parte de los clientes, incremento de costos, etc., lo cual evidentemente, puede derivar, en una reducción de la competitividad de la organización (Pérez-Mergarejo & Rodríguez-Ruiz, 2014)-(Coello, 2008).

Un modelo de madurez está formado por diferentes escalas de madurez que permiten determinar el nivel actual e identificar brechas para lograr el nivel de madurez requerido, con respecto al área de aplicación (Project Management Institute & Project Management Institute, 2013). Un modelo de madurez puede estar desarrollado con base en otro modelo o un estándar; requiere de una metodología para su implementación y después de aplicarlo es necesario conocer su utilidad para obtener resultados más óptimos (Farias Junior, Marczak, Santos, & Moura, 2016).

2. METODOLOGÍA

Los modelos de madurez de TI desde un enfoque integral se describen con mayor detalle de los demás modelos, debido a que los mismos se utilizan para realizar el análisis comparativo y son la óptica de este estudio.

2.1. Integración de modelos de madurez de capacidades (CMMI): Su primera versión fue desarrollada por el SEI en el 2002 y su última versión V1.3 en el año 2010 (Chrissis, Konrad, & Shrum, 2009b). Es un modelo para la mejora y

evaluación de los procesos de una organización proporcionando una orientación sobre cómo dar lugar a mejores productos (O'Regan, 2014).

El modelo CMMI cubre tres áreas de interés: adquisición (Team, 2011), desarrollo (Team, 2006) y servicios (Team, 2011).

Niveles de madurez

1. **Inicial:** Procesos poco definidos y un control de cambios deficientes (O'Regan, 2017).
2. **Gestionado:** El proceso se planifica, realiza y controla (O'Regan, 2017).
3. **Definido:** Procesos estandarizados para que se adapten y apliquen a cada proyecto (O'Regan, 2017).
4. **Gestionado cuantitativamente:** Los procesos son estables y se establecen objetivos cuantitativos para su medición (O'Regan, 2017).
5. **En optimización:** Cultura de mejora de procesos continua (O'Regan, 2017).

2.2. Modelo de madurez de alineamiento estratégico de TI (SAMM): Desarrollado en el año 2000 por Luftman en base a los componentes del modelo de alineación estratégica de Henderson & Venkatraman. Es un modelo que ayuda a medir el grado de madurez de una organización referente al grado de alineación estratégica (Pérez Estrada, Elizondo, Guerrero Ramos, García Sánchez, & Casas Meza, 2015).

Niveles de madurez:

1. **Inicial:** No hay armonía ni alineación entre el negocio y TI (Luftman, 2015).
2. **Comprometido:** La organización está comprometida a alinearse (Luftman, 2015).
3. **Enfocado:** Madurez de alineación estratégica establecida y enfocada (Luftman, 2015).
4. **Administrado:** Refuerzan a las TI para generar valor en la organización (Luftman, 2015).
5. **Optimizado:** Negocio estratégicamente integrado, planificado y adaptado (Luftman, 2015).

2.3. Modelo de capacidades de procesos Cobit:

Desarrollado en base a ISO15504:2 como marco de referencia a la hora del diagnóstico e implementación de los niveles de capacidades de los procesos. Es un modelo que ayuda a medir el desempeño de los procesos de gestión del área de TI para definir el estado de madurez requerido y definir brechas para lograrlo(De Haes & Van Grembergen, 2015).

Niveles de madurez

0. **Incompleto:** El proceso no logra su objetivo(Information Systems Audit and Control Association, 2012).
1. **Realizado:** El proceso logra su propósito(Information Systems Audit and Control Association, 2012).
2. **Gestionado:** El proceso se implementa, controla y mantiene de forma apropiada(Information Systems Audit and Control Association, 2012).
3. **Establecido:** El proceso se implementa mediante un estándar definido para obtener mejores resultados(Information Systems Audit and Control Association, 2012).
4. **Predecible:** El proceso opera dentro de los límites definidos(Information Systems Audit and Control Association, 2012).
5. **Optimizado:** El proceso se mejora continuamente para cumplir con las metas del negocio(Information Systems Audit and Control Association, 2012).

Administración de datos: Se reconoce que la información es un activo muy valioso que está disponible para los usuarios(Friedman, 1994).

Madurez informática: Lis sistemas se vuelven parte de la estrategia corporativa(Friedman, 1994).

2.4. Modelos de madurez que midan una parte de TI.

2.4.1. Modelo de madurez de capacidades (CMM): Fue desarrollado en 1994 por el Software Engineering Institute (SEI), como un modelo para evaluar los niveles de madurez de los procesos de una organización y para lograr la mejora continua(Kumta & Shah, 2002).

Parte de TI afectada: Software

Niveles de madurez

1. **Inicial:** Los procesos no son medidos ni controlados, es decir no se dispone de un ambiente estable para el desarrollo y mantenimiento del software(Heckman, Stech, Thomas, Schmoker, & Tsow, 2015).
2. **Repetible:** Los procesos están documentados y existen métricas para su seguimiento(Heckman et al., 2015).
3. **Definido:** Los proceso están estandarizados y el personal se encuentra comprometido(Heckman et al., 2015).
4. **Administrado:** El proceso y el proyecto son evaluados con métricas cuantitativas lo que facilita la toma de decisiones y la gestión de riesgos(Heckman et al., 2015).
5. **Optimizado:** Los procesos y la organización se encuentran en mejora continua(Heckman et al., 2015).

2.4.2. Curva de NOLAN: Desarrollado por Gibson y Nolan en el año de 1971, es un modelo por etapas para la implantación de sistemas de información en etapas de crecimiento, considerando que no se puede avanzar a otra atapa si no se ha alcanzado la etapa anterior(King & Kraemer, 1984).

Parte de TI afectada: Sistemas de información

Niveles de madurez:

Iniciación: Se comienza con la adquisición de sistemas de información(Friedman, 1994).

Expansión o contagio: Se implanta un sistema de información y éste se complementa al resto de programas transaccionales(Friedman, 1994).

Formalización: Se controla los recursos de tecnologías(Friedman, 1994).

Integración: Se acaba con la redundancia y la dispersión de información a través del uso de base de datos(Friedman, 1994).

***Nota:** Curva de Nolan es un modelo que se encuentra desactualizado y en desuso, pero se lo consideró para este estudio puesto que es el que tiene mayor enfoque a medir dependencia.

2.4.3. Modelo de madurez de Ingeniería del software: Desarrollado por AENOR en el año

2014. Es un modelo que ayuda a evaluar y certificar empresas desarrolladoras de software por medio de niveles de madurez organizacional, alineándose con las áreas de procesos de la organización, es ideal para empresas pequeñas (Pressman, 2010).

Parte de TI afectada: Desarrollo de software.

Niveles de madurez

0. Inmaduro
1. Básico
2. Gestionado
3. Establecido

2.4.4. Modelo de madurez de capacidades de ciberseguridad: Desarrollado en el año 2013 en base a CMM. Es un modelo que ilustra las etapas de preparación para responder a las amenazas, vulnerabilidades y avances tecnológicos que existen dentro del entorno en constante evolución (Rea-Guaman, San Feliu, Calvo-Manzano, & Sanchez-Garcia, 2017).

Parte de TI afectada: Activos de información

Niveles de madurez

0. Incompleto
1. Realizado
2. Gestionado
3. Definido
4. Gestionado cuantitativamente
5. Optimizado

2.4.5. Modelo de madurez del alineamiento estratégico de TI: Desarrollado en base a Cobit y CMM. Es un modelo de madurez que permite medir el alineamiento de los objetivos de TI con los objetivos estratégicos (Alberti, Ayala, & Verdún, 2012).

Parte de TI afectada: Objetivos de TI

Niveles de madurez

1. Inicial
2. Repetible
3. Estandarizado
4. Gestionado
5. Optimizado

2.4.6. Modelo de madurez IT BSC: Desarrollado en el año 2001 en base a CMM. Es un conjunto de buenas prácticas que permite medir el nivel de madurez del scorecard de la compañía e involucra a las TI y a la gente de negocios (Van Grembergen & Saull, 2001).

Niveles de madurez

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

2.4.7. Modelo de madurez de gestión de activos digitales: Desarrollado por DAM Foundation. Es un modelo que requiere un enfoque holístico que incluya personas, sistemas, información y procesos. Proporciona una descripción de dónde está una organización, a dónde necesita llegar, para realizar análisis de brechas y comprender lo que necesita para lograr el estado de madurez deseado en cuanto a la gestión de activos digitales (DAM Maturity Model, s.f.). Parte de TI afectada: Activos de TI

Niveles de madurez

1. Ad-Hoc
2. Incipiente
3. Formativo
4. Operacional
5. Óptimo

2.4.8. Modelo de madurez del proceso de documentación del sistema de software: Desarrollado en base al modelo de Humphrey, es utilizado para la documentación de software. Ayuda a mejorar el problema de baja calidad o falta de documentación, así como también identifica las áreas de los procesos a mejorar para tener documentación de mayor calidad (Visconti & Cook, 1993). Parte de TI afectada: Software

Niveles de madurez

1. Ad-hoc
2. Inconsistente
3. Definido
4. Controlado

2.4.9. Modelo de madurez de la gestión de la seguridad informática: Desarrollado en el año 2009 en base al concepto de redes inteligentes. Ayuda a disminuir la complejidad y la incertidumbre en la gestión de la seguridad informática (Villegas & Vilorio, 2009).

Niveles de madurez

1. Inicio
2. Crecimiento

3. Desarrollo
4. Madurez
5. Inteligencia

2.4.10. Modelo de madurez forense en la nube:

Desarrollado en el año 2011 en base a CMMI. Modelo de referencia para evaluar, desarrollar y mejorar la madurez forense de la nube. Se compone de arquitectura investigativa forense en la nube y una matriz de capacidades forenses en la nube que permite evaluar y mejorar los componentes de entornos de computación en la nube(Ruan & Carthy, 2012).

Niveles de madurez

1. Mínimo
2. Básico
3. Ad-Hoc
4. Bien formalizado
5. Maduro
6. Avanzado

2.4.11. Modelo de madurez de gestión de riesgos

en seguridad de la información: Desarrollado por el PMI (Project Management Institute) en base a PMBOK. Proporciona una estructura formal en el que se puede traducir estrategias en resultados exitosos, consistentes y predecibles. Comprende tres dominios: proyecto, programa y portafolio, que se relacionan con los cuatro niveles de madurez: normalización, medición, control y mejora continua(Mayer & Fagundes, 2009).

Niveles de madurez

1. Inicial
2. Conocido
3. Estandarizado
4. Administrado
5. Optimizado

2.4.12. Modelo de madurez de capacidad de servicio de Tecnologías de la Información:

Desarrollado en base a CMM, evalúa los servicios con base a ITIL y según esta evaluación se determina un nivel de madurez. Permite la evaluación de que tan específico es un servicio, si este se encuentra definido, gestionado, medido y controlado. Proporciona instrucciones y pasos a seguir para mejorar un servicio(Daneshgar, Ramarathinam, & Ray, 2008).

Niveles de madurez

1. Ad-Hoc

2. Repetible
3. Definido
4. Gestionado cuantitativamente
5. Optimizado

2.4.13. Modelos de madurez que afectan a las TI

2.4.13.1. Modelo de madurez de la gestión del conocimiento:

Desarrollado en base a CMM en el año 2006. Es un modelo que sigue una estructura por etapas identificando KPA y áreas de procesos; describe atributos esenciales que caracterizan a una organización en un nivel de madurez particular(Ruiz González, Quintero Muñoz, & Durango Yepes, 2015).

Niveles de madurez

1. Inicial
2. Conciencia
3. Definido
4. Gestionado
5. Optimizado

2.4.13.2. Modelo de madurez de procesos del negocio:

Desarrollado en el 2008 por BPM. Ayuda a la implementación de buenas prácticas de uno o varios dominios de procesos organizacionales, sirviendo como guía para determinar practicas inconsistentes y repetibles(De Bruin & Rosemann, 2005).

Niveles de madurez

1. Inicial
2. Manejado
3. Estandarizado
4. Predecible
5. Innovado

2.4.13.3. Modelo de madurez de la gestión empresarial de Gartner:

Desarrollado en base al modelo Six Sigma en el año 2006. Permite identificar lugares que están mal gestionados, donde la organización gasta demasiado tiempo y recursos en responder a los requisitos de información(Chuah, 2010).

Niveles de madurez

0. Inconsistente
1. Consciente
2. Reactivo
3. Proactivo
4. Gestionado

5. Efectivo

2.4.13.4. Modelo de madurez de gestión de proyectos organizacionales: Desarrollado en el año 2003 por PMI. Ayuda a trabajar en el establecimiento de una estrategia exitosa, consistente y predecible en donde los proyectos están alineados con la estrategia organizacional. Incluye 3 elementos como son: conocimiento, medición y mejora (Mustafa, 2015).

Niveles de madurez

1. Estandarizado
2. Medido
3. Controlado
4. Mejoramiento continuo

2.4.13.4. Modelo de madurez para la gestión de riesgos: Desarrollado en base a la ISO 31000 y a CMMI. Es un modelo de madurez cuyo principal objetivo es mejorar el impacto de la gestión de riesgos en el valor de negocio de la organización (Proença, Estevens, Vieira, & Borbinha, 2017).

Niveles de madurez:

0. No existente
1. Inicial
2. Gestionado
3. Definido
4. Gestionado cuantitativamente
5. Optimizado

2.4.13.5. Modelo de madurez de capacidad de personas (People-CMM): Desarrollado por el SEI en base a CMM en el año 2001. Es un modelo de madurez que ayuda a mejorar la capacidad y efectividad de los activos humanos en una organización (Zhang, 2015)

Niveles de madurez:

1. Inicial
2. Gestionado
3. Definido
4. Previsible
5. Optimizado

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez que se obtuvo y revisó la literatura de cada uno de los modelos se establece una lista de

criterios comparativos como se muestra a continuación:

Tabla 1: Criterios comparativos en modelos de madurez de TI

Criterios	CMMI	SAMM	Modelo de capacidades COBIT5
Utilidad y alcance	Cubre desarrollo sistemas integrales.	el desarrollo, operación y mantenimiento de software.	Mide el intercambio efectivo de ideas, conocimientos e información entre TI y el negocio. Uso de métricas para demostrar las contribuciones del área de TI al negocio
	Cubre adquisición productos proveedores. Aumenta la fiabilidad en la predicción de costos	la adquisición de productos proveedores. Aumenta la fiabilidad en la predicción de costos	Mide la relación entre el negocio y las TI. Miden como TI proporciona una infraestructura. Mide que tanto la organización está preparada para el cambio.
Enfoque	Gestión de TI	Gestión de alineación estratégica de TI	Gestión de TI
Versionamiento	5/2010	2/2000	5/2012
Niveles de madurez	1. Inicial 2. Repetible 3. Definido 4. Gestionado cuantitativamente 5. En optimización	1. Inicial 2. Comprometido 3. Enfocado 4. Administrado 5. Optimizado	0. Incompleto 1. Realizado 2. Gestionado 3. Establecido 4. Predecible 5. Optimizado
Certificaciones	Si	Si	Si

Fuente: Propia (LOGO)

Para realizar el análisis comparativo se utilizó la última versión con la que cuenta cada uno de los modelos: Cobit versión 5, SAAM versión 2, CMMI versión 2.

Utilidad y alcance

Se considera el criterio utilidad y alcance para determinar los diferentes usos y restricciones de

cada uno de los modelos, así como sus áreas de aplicación.

Enfoque

Se considera el criterio de enfoque, al uso que tiene cada modelo desde sus inicios hasta alcanzar un nivel de madurez.

Versionamiento

Se considera el criterio de versionamiento puesto que es importante demostrar si el modelo se encuentra en constante actualización y se realiza un mejoramiento continuo en base a las exigencias del mercado actual.

Niveles de madurez

El criterio nivel de madurez muestra una serie de niveles de actuación dentro de una organización, por ende, permiten priorizar planes de mejora continua que garanticen conocer en dónde se encuentra actualmente hacia donde quieren llegar. Así, como también ver la relación entre los diferentes niveles de madurez con los que cuenta cada modelo en cuanto a cantidad y características.

Certificaciones

El criterio de certificaciones es considerado importante puesto que el tener una certificación genera confiabilidad en las relaciones con el cliente y da veracidad del conocimiento experto de un modelo. Lo cual significa que la certificación es sinónimo de prestigio, calidad y procesos bien ejecutados.

3.1. Realidad usos y difusión de modelos de madurez TI.

Según un estudio realizado en el 2016 («CMMI en México y el mundo (2016)», 2016), existían 5014 grandes empresas que han implementado CMMI, en sus diferentes niveles. China es considerada pionera en certificaciones pues alcanza el 41% en niveles desde el 2 hasta el 5, seguido por Estados Unidos con un 19%.

Latinoamérica alcanza 511 certificaciones lo que representa un 10%, pues es un logro considerable ya que 35 empresas de México y Colombia cuentan con un nivel de madurez optimizado (N5) («Empresas certificadas con CMMI en

México y el mundo», 2016). En el 2014 el 24% de 89 Pymes analizadas en diferentes países del mundo como: México, Colombia, Perú, Chile, entre otros utilizan CMMI para mejorar sus procesos (Muñoz, Gasca, & Valtierra, 2014).

En el año 2015 Ecuador contaba con 4 empresas certificadas en CMMI, 2 en nivel 2 y 2 en nivel 5 (Muñoz et al., 2014).

El modelo de capacidades Cobit se encuentra difundido en un 15%, debido a que no lo implementan en un 100%, sino más bien se lo implementa según los dominios necesarios en la empresa. Por lo que son pocos las empresas que lo han implementado en un 100% alcanzando un nivel de madurez óptimo (Information Systems Audit and Control Association, 2012) («COBIT 5: A Business Framework for the Governance and Management of Enterprise IT», s. f.-a). El modelo de alineamiento estratégico SAAM se encuentra implementado en países como Colombia, pero no se encuentra muy difundido en los demás países a nivel mundial (Luftman, 2015).

La principal dificultad que enfrentan las organizaciones al momento de implementar un modelo de madurez es la falta de información a la que se enfrentan. Al momento de implementar un modelo de madurez el mismo genera un cambio organizacional, inversión en tiempo y recursos lo que muchas veces es difícil de controlar pues no hay suficiente comunicación para difundir esta información y enfrentarse a los cambios (Palacios & Porcell, 2012).

En promedio a nivel mundial, un 30% de 24,652 empresas que se dedican a actividades relacionadas con TI (Graciano et al., 2017), han implementado, conocen la utilidad de algún modelo de madurez y han logrado certificarse en algún nivel de madurez con respecto al modelo implementado («COBIT 5: A Business Framework for the Governance and Management of Enterprise IT», s. f.-b) («CMMI en México y el mundo (2016)», 2016).

3.2. Casos de éxito

CMMI

Indra empresa multinacional de TI en España, en el año 2012 alcanza un nivel de madurez 5 en la implementación de CMMI, obteniendo como resultado un mayor productividad, debido a que gestionan de mejor maneras sus riesgos, sus

procesos están optimizados y controlados, obteniendo mayor satisfacción de sus clientes y profesionales, realizando una mejor gestión de recursos («Indra alcanza el nivel 5 de CMMI para su ingeniería de software | indra», s. f.).

Cobit 5

Ecopetrol S.A empresa petrolera colombiana, reconocida a nivel mundial con más de 7000 empleados activos, en el año 2015 inicia la implementación de 28 procesos de Cobit 5 incluidos el modelo de madurez de las capacidades, obteniendo como resultado un nivel de madurez 3 los procesos de gestión de tecnologías según los resultados presentados por ISACA, a través de esto mejoraron la seguridad y gestión de la información, el manejo de recursos y gestión de riesgos, así como establecieron brechas y planes de acción para alcanzar un nivel de madurez óptimo (Valverde, 2014).

SAAM

En la Universidad Nacional de Colombia en el año 2013, cuenta con un plan estratégico de TI el mismo que no se encuentra alineado con los objetivos empresariales, por lo que se decide implementar el modelo de SAAM, obteniendo como resultado objetivos organizacionales articulados con los objetivos de TI, estrategias para que las TI generen valor y alineación de capacidades y recursos con los objetivos estratégicos (Montaña Barón, s. f.).

4. CONCLUSIONES

- Este estudio permitió identificar que en la actualidad los modelos más utilizados a nivel de industria, en la gestión de procesos de TI son CMMI y el Modelo de capacidades COBIT Cabe recalcar que los dos modelos cuentan con certificaciones lo cual es determinante ya que es una de las prácticas más comunes y frecuentes de hoy en día, tanto en el ámbito profesional como organizacional.
- Los modelos de madurez analizados según la información obtenida, se nota que están más enfocados a medir la madurez desde un punto de vista de gestión, debido a que en su mayoría están desarrollados en base al modelo CMM que fue desarrollado para gestionar la calidad

del software. Explícitamente miden dependencia, más no se ha encontrado evidencia de un modelo de madurez que permita medir, de forma directa, la dependencia de Tecnologías de la Información en una organización.

- Los modelos de madurez analizados en su mayoría cuentan con una metodología de implementación y certificación, pero sería importante que se establezca una metodología más apropiada para las pequeñas y medianas empresas, debido a que estas metodologías por la complejidad es difícil adaptarlas en estas empresas.
- Se propuso unas categorías de clasificación de los diferentes modelos, puesto que todos tienen un enfoque de aplicación diferente y se requiere identificar los modelos que midan madurez integral de TI, madurez de una parte o un componente de TI y los que puedan afectar o ser afectados por las TI, con el fin de realizar un análisis más profundo a los modelos de madurez de TI que son la óptica de este estudio.
- Los modelos de madurez analizados permiten medir la madurez de gestión de TI desde una metodología cualitativa, pero al no contar con unas herramientas o instrumentos que permitan medir la dependencia de TI no se puede determinar si los recursos con los que se cuenta en la empresa son realmente los que se necesita.
- Se recomienda crear un modelo de madurez enfocado a medir la dependencia de TI, que proponga una metodología o instrumentos más cuantitativos para la identificación del nivel.

REFERENCIAS

- Alberti, H. G., Ayala, S., & Verdún, J. C. (2012). *IT strategic alignment maturity model for SMEs case study: Uruguay*. Informatica (CLEI), 2012 XXXVIII Conferencia Latinoamericana En, 1–10. IEEE.

- Aurelio, G. D. L. (2016). *Diagnóstico y propuesta de mejora del nivel de gestión de adquisición e implementación de las tecnologías de información y comunicación en la Municipalidad Distrital de Comandante Noel, provincia de Casma, departamento de Áncash, 2015*. In *Crescendo Ingeniería*, 2(2), 42–52.
- Chrissis, M. B., Konrad, M., & Shrum, S. (2009). *Cmmi: guía para la integración de procesos y la mejora de productos*. New York: Pearson.
- Chrissis, M. B., Konrad, M., & Shrum, S. (2009). *Cmmi: guía para la integración de procesos y la mejora de productos*. New York: Pearson.
- Chuah, M.-H. (2010). *An enterprise business intelligence maturity model (EBIMM): Conceptual framework*. *Digital Information Management (ICDIM), 2010 Fifth International Conference on*, 303–308. IEEE.
- CMMI en México y el mundo (2016). (2016, septiembre 16). Recuperado 22 de enero de 2018, de Business Intelligent website: <https://everac99.wordpress.com/2015/09/15/cm-mi-en-mexico-y-el-mundo-2015/>
- COBIT 5: A Business Framework for the Governance and Management of Enterprise IT. (s. f.-a). Recuperado 23 de enero de 2018, de <http://www.isaca.org/cobit/pages/default.aspx>
- COBIT 5: A Business Framework for the Governance and Management of Enterprise IT. (s. f.-b). Recuperado 22 de enero de 2018, de <http://www.isaca.org/cobit/pages/default.aspx>
- Coello, H. (2008). *ITIL, COBIT, CMMI, PMBOK: Como integrar y adoptar los estándares para un buen Gobierno de TI*. Retrieved, 12(20), 2015.
- Córdova Báez, D. F. (2015a). *Análisis comparativo de los modelos y estándares de calidad de software y aplicación de las mejores prácticas para el levantamiento del proceso de gestión de calidad de productos de software*. (B.S. thesis, Quito: UCE). Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/4184>
- Córdova Báez, D. F. (2015b). *Análisis comparativo de los modelos y estándares de calidad de software y aplicación de las mejores prácticas para el levantamiento del proceso de gestión de calidad de productos de software*. (B.S. thesis, Quito: UCE). Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/handle/25000/4184>
- Corsi, P., & Neau, E. (2015). *Innovation capability maturity model*. London, UK : Hoboken, NJ: ISTE ; Wiley.
- Crosby, P. B., & Díaz García de León, O. (2006). *La calidad no cuesta: el arte de cerciorarse de la calidad*. México: Compañía Editorial Continental.
- DAM Maturity Model. (s. f.). *DAM Maturity Model*. Recuperado 13 de noviembre de 2017, de DAM Maturity Model website: <http://dammaturitymodel.org/>
- Daneshgar, F., Ramarathinam, K., & Ray, P. K. (2008). *Representation of knowledge in information technology Service Capability Maturity Model (IT Service CMM)*. *Research Challenges in Information Science, 2008. RCIS 2008. Second International Conference on*, 215–226. IEEE.
- De Bruin, T., & Rosemann, M. (2005). *Towards a business process management maturity model*.
- De Haes, S., & Van Grembergen, W. (2015). *COBIT as a Framework for Enterprise Governance of IT*. En S. De Haes & W. Van Grembergen, *Enterprise Governance of Information Technology* (pp. 103-128). https://doi.org/10.1007/978-3-319-14547-1_5
- Deming, W. E. (1989). *Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis*. Ediciones Díaz de Santos.
- Empresas certificadas con CMMI en México y el mundo. (2016, julio 23). Recuperado 22 de enero de 2018, de Business Intelligent website: <https://everac99.wordpress.com/2010/07/22/em-presas-certificadas-con-cmmi-en-mexico-y-el-mundo/>
- Farias Junior, I. de, Marczak, S., Santos, R., & Moura, H. (2016, agosto). *Communication in Distributed Software Development: A Preliminary Maturity Model*. 164-173. <https://doi.org/10.1109/ICGSE.2016.31>
- Friedman, A. (1994). *The stages model and the phases of the IS field*. *Journal of Information Technology*, 9(2), 137–148.
- Graciano, A. F. P., Londoño, F. A., & Vélez, S. E. (2017). *Actores de la industria gráfica de producción impresa en Medellín*. Publicidad: Revista Latinoamericana de Publicidad, 3(1), 27–43.

- Heckman, K. E., Stech, F. J., Thomas, R. K., Schmoker, B., & Tsow, A. W. (2015). Capability Maturity Model. En K. E. Heckman, F. J. Stech, R. K. Thomas, B. Schmoker, & A. W. Tsow, Cyber Denial, Deception and Counter Deception (pp. 127-157). https://doi.org/10.1007/978-3-319-25133-2_8
- Herbsleb, J., Zubrow, D., Goldenson, D., Hayes, W., & Paulk, M. (1997). *Software quality and the capability maturity model*. Communications of the ACM, 40(6), 30–40.
- Humphrey, W. S. (1997). *Managing technical people: innovation, teamwork, and the software process*. Reading, Mass: Addison-Wesley.
- Indra alcanza el nivel 5 de CMMI para su ingeniería de software | indra. (s. f.). Recuperado 23 de enero de 2018, de <https://www.indracompany.com/it/node/45647>
- Information Systems Audit and Control Association (Ed.). (2012). *COBIT 5: a business framework for the governance and management of enterprise IT: an ISACA® framework*. Rolling Meadows, Ill: ISACA.
- King, J. L., & Kraemer, K. L. (1984). *Evolution and organizational information systems: an assessment of Nolan's stage model*. Communications of the ACM, 27(5), 466–475.
- Kumta, G. A., & Shah, M. D. (2002). *Capability Maturity Model*. A Human Perspective, Delhi Business Review, 3(1).
- Laudon, K. C., Vidal Romero Elizondo, A., & Laudon, J. P. (2012). *Sistemas de información gerencial*. México, D.F., México: Pearson Educación.
- Luftman, J. (2015). *Strategic Alignment Maturity*. En J. vom Brocke & M. Rosemann (Eds.), *Handbook on Business Process Management 2* (pp. 5-43). https://doi.org/10.1007/978-3-642-45103-4_1
- Mayer, J., & Fagundes, L. L. (2009). *A model to assess the maturity level of the risk management process in information security*. Integrated Network Management-Workshops, 2009. IM'09. IFIP/IEEE International Symposium on, 61–70. IEEE.
- Montaña Barón, A. (s. f.). *Propuesta para la implementación de un esquema de gobierno de tecnologías de la información (TI) en ambientes tercerizados (outsourcing): Universidad Nacional de Colombia (PhD Thesis)*. Universidad Nacional de Colombia.
- Muñoz, M., Gasca, G., & Valtierra, C. (2014). *Caracterizando las Necesidades de las Pymes para Implementar Mejoras de Procesos Software: Una Comparativa entre la Teoría y la Realidad*. Iberian Journal of Information Systems and Technologies, 0(e1). <https://doi.org/10.4304/risti.e1.1-15>
- Mustafa, A. J. (2015). *Organizational Project Management Maturity Model (OPM3) to Improve Ministry of Construction and Housing (MOCAH) Within Kurdistan Regional Government*.
- Nord, F., Dorbecker, R., & Bohmann, T. (2016, enero). *Structure, Content and Use of IT Service Catalogs -- Empirical Analysis and Development of a Maturity Model*. 1642-1651. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.207>
- O'Regan, G. (2014). *Capability Maturity Model Integration*. En G. O'Regan, *Introduction to Software Quality* (pp. 211-232). https://doi.org/10.1007/978-3-319-06106-1_13
- O'Regan, G. (2017). *Concise Guide to Software Engineering*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57750-0>
- Palacios, H., & Porcell, N. (2012). *Diffculties when implementing the CMMI organizational model*. Revista EAN, (72), 110–127.
- Pérez Estrada, R., Elizondo, M. M., Guerrero Ramos, L., García Sánchez, J. L., & Casas Meza, M. (2015). *Diseño Y Validación De Una Metodología Para Evaluar El Nivel De Madurez De La Alineación Estratégica De Las Tecnologías De La Información (Design and Validation of a Methodology for Assessing the Level of Maturity of Strategic Alignment of Information Technology)*.
- Pérez-Mergarejo, E., Pérez-Vergara, I., & Rodríguez-Ruíz, Y. (2014). *Modelos de Madurez y su Idoneidad para Aplicar en Pequeñas y Medianas Empresas*.
- Pérez-Mergarejo, E., & Rodríguez-Ruíz, Y. (2014). *Procedimiento para la aplicación de un modelo de madurez para la mejora de los procesos*. Revista Cubana de Ingeniería, 2, 29-39.
- Periñán, I. L. M., & Villegas, G. U. (2011). *Gobierno de TI–Estado del arte*. Sistemas & Telemática, 9(17), 23–53.

- Phillips, M., & Shrum, S. (2010). *Process improvement for all: what to expect from CMMI Version 1.3. Crosstalk—The Journal of Defense Software Engineering*. Recuperado de [http://www.cs.cmu.edu/~bam/uicourse/2011hasd/Phillips%202010%20-%20What%20to%20Expect%20from%20CMMI%20Version%201.3%20\(Crosstalk\).pdf](http://www.cs.cmu.edu/~bam/uicourse/2011hasd/Phillips%202010%20-%20What%20to%20Expect%20from%20CMMI%20Version%201.3%20(Crosstalk).pdf)
- Pressman, R. S. (2010). *Ingeniería del software: un enfoque práctico*. México: McGraw-Hill.
- Proença, D., & Borbinha, J. (2016). *Maturity Models for Information Systems - A State of the Art*. *Procedia Computer Science*, 100, 1042-1049.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.279>
- Proença, D., Estevens, J., Vieira, R., & Borbinha, J. (2017, julio). *Risk Management: A Maturity Model Based on ISO 31000*. 99-108.
<https://doi.org/10.1109/CBI.2017.40>
- Project Management Institute, & Project Management Institute. (2013). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*.
- Rea-Guaman, A. M., San Feliu, T., Calvo-Manzano, J. A., & Sanchez-Garcia, I. D. (2017). *Comparative Study of Cybersecurity Capability Maturity Models*. En A. Mas, A. Mesquida, R. V. O'Connor, T. Rout, & A. Dorling (Eds.), *Software Process Improvement and Capability Determination (Vol. 770, pp. 100-113)*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67383-7_8
- Ruan, K., & Carthy, J. (2012). *Cloud forensic maturity model*. *International Conference on Digital Forensics and Cyber Crime*, 22–41. Springer.
- Ruiz González, C. A., Quintero Muñoz, M. E., & Durango Yepes, C. M. (2015). *Metodología para evaluar la madurez de la gestión del conocimiento en algunas grandes empresas colombianas*. *Revista Tecnura*, 19(43), 20.
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.1.a01>
- SEI, C. (2002). *Capability Maturity Model® Integration (CMMISM), Version 1.1*. Staged Representation.
- Shewhart, W. A. (1997). *Control económico de la calidad de productos manufacturados*. Ediciones Díaz de Santos.
- Team, C. P. (2006). *CMMI for Development, version 1.2*. Recuperado de <http://repository.cmu.edu/sei/387/>
- Team, C. P. (2011a). *CMMI for Acquisition Version 1.3*. Lulu.com.
- Team, C. P. (2011b). *CMMI for Services Version 1.3*. Lulu.com.
- Valverde, F. (2014, marzo 11). *ECOPETROL S. A. Un modelo de éxito en la implementación de COBIT*.
- Van Grembergen, W., & Saull, R. (2001). *Aligning business and information technology through the balanced scorecard at a major Canadian financial group: its status measured with an IT BSC maturity model*. *System Sciences, 2001. Proceedings of the 34th Annual Hawaii International Conference on*, 10–pp. IEEE.
- Villegas, M., & Vilorio, O. (2009). *Modelo de Madurez de la Gestión de la Seguridad Informática en el Contexto de las Organizaciones Inteligentes*. Obtenido de http://www.researchgate.net/publication/228730706_Modelo_de_Madurez_de_la_Gestin_de_la_Seguridad_Informtica_en_el_Contexto_de_las_Organizaciones_Inteligentes.
- Visconti, M., & Cook, C. (1993). *Software system documentation process maturity model*. *Proceedings of the 1993 ACM conference on Computer science*, 352–357. ACM.
- Vivar, G., & Carlos, J. (2013). *Desarrollo del marco de referencia Cobit 5.0 para la Gestión del área de TI de la empresa Blue Card (B.S. thesis, QUITO/PUCE/2013)*. Recuperado de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/6078>
- Zaratiegui, J. R. (1999). *La gestión por procesos: Su papel e importancia*. *Economía industrial*, 330, 81–8.
- Zhang, C. (2015, diciembre). *Design of Human Capability Maturity Analysis System Online P-CMM Model*. 302-305.
<https://doi.org/10.1109/ICITBS.2015.81>
- Dalkmann, H., & Sakamoto, K. (2011). *Transport: Investing in energy and resource efficiency*. United Nations Environment Programme (UNEP), 375-411.
- Dominguez, P. (2015). *Un nuevo modelo continuo de asignación de tráfico para el diseño óptimo*

- de redes de transporte urbano (tesis doctoral).*
Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca.
El Telégrafo. (9 de Enero de 2014). *Ambato planea un transporte integrado para 2016.* El Telégrafo.
- He, Y., Zhou, X., Du, S., & Ran, M. (2015). *Traffic Influence of Road Traffic Fire based on VISSIM. Intelligent Transportation, Big Data and Smart City (ICITBS), 2015 International Conference* (págs. 951-95). IEEE.
- Jirón, P. (2013). *Sustainable urban mobility in Latin America and the Caribbean.* En Taylor, & Francis, *Planning and Design for Sustainable Urban Mobility: Global Report on Human Settlements 2013.* New York: UN-HABITAT.
- Pojani, D., & Stead, D. (2015). *Sustainable urban transport in the Developing World: Beyond Megacities.* Sustainability, 7, 7784-7805.
- Rios, A. (2016). *Implicaciones energéticas y medioambientales de la integración de autobuses eléctricos en el sistema de transporte urbano de la ciudad de Ambato.* III Congreso Salesiano de Ciencia, Tecnología Salesiana del Ecuador. Guayaquil.
- URBS. (2015). *Avaliação Comparativa de Novas Tecnologias para Operação no Transporte Coletivo de Curitiba.* Curitiba: URBS.
- Xiaodan, W., & Junhao, H. (2014). *Traffic Simulation Modeling and Analysis of BRT Based on Vissim. Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), 2014 7th International Conference* (págs. 879-882). IEEE.