

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

MAPEO ENTRE LAS ÁREAS DE PROCESO DE “GESTIÓN DE DECISIONES Y PROVEEDORES” Y “CREAR UNA CULTURA DE EXCELENCIA” DEL MODELO CMMI-DEV VER. 1.3 Y LA FAMILIA DE NORMAS ISO/IEC 330XX.

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAGÍSTER EN SOFTWARE
MENCION CALIDAD**

MOSQUERA ESPINOSA EVELYN MARCELA

marcela.mosquera.e@gmail.com

DIRECTORA: Dra. SANDRA PATRICIA SÁNCHEZ GORDON

sandra.sanchez@epn.edu.ec

CO-DIRECTOR: Dr. EDISON FERNANDO LOZA AGUIRRE

edison.loza@epn.edu.ec

QUITO, AGOSTO 2018

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Evelyn Marcela Mosquera Espinosa bajo mi supervisión.

Dra. Sandra Sánchez

DIRECTOR

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Evelyn Marcela Mosquera Espinosa bajo mi supervisión.

Dr. Edison Loza

CO-DIRECTOR

DECLARACIÓN

Yo, Evelyn Marcela Mosquera Espinosa, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Ing. Marcela Mosquera

AGRADECIMIENTO

A mis padres y a mi hermana gracias por todo el cariño y por su apoyo incondicional, ustedes son la principal razón para superarme cada día.

A mi prima Pati con quien he compartido muchas experiencias a lo largo de mi vida, incluyendo ser compañeras en esta etapa.

A todos mis amigos y mi familia que de una u otra manera siempre han estado junto a mí.

A la Dra. Sandra Sánchez y al Dr. Edison Loza por transmitir sus conocimientos y guiarme en la dirección de este proyecto de titulación.

Marcela

DEDICATORIA

Este proyecto de titulación va dedicado con mucho cariño para mis padres, gracias por apoyarme incondicionalmente.

Marcela

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
Objetivo General.....	1
Objetivos Específicos.....	2
1.2. Alcance del estudio.....	2
1.3. Revisión sistemática de la literatura.....	4
Preguntas de investigación.....	5
Estrategia de búsqueda.....	5
Criterios de selección.....	6
Selección de estudios primarios.....	7
Extracción de resultados.....	8
Análisis de resultados.....	19
2. METODOLOGÍA.....	21
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
3.1. Análisis Rápido.....	24
3.2. Ejecución.....	24
3.3. Discusión.....	31
4. CONCLUSIONES.....	36
4.1. Conclusiones.....	36
4.2. Recomendaciones.....	37
5. BIBLIOGRAFÍA.....	38
6. ANEXOS.....	43
6.1. Anexo I CSPE de los procesos analizados.....	43
6.2. Anexo II Mapeo entre CMMI-DEV VER 1.3 e ISO/IEC 3073.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Relación de TSPM con otros Modelos y Metodologías [12]	9
Figura 2 Implementación de CMMI e ISO 15504 [16], adaptado por la autora	11
Figura 3 Gráfico de líneas de contorno de la similitud coseno [8]	17
Figura 4 Número de BP de S4S cubierto por CMMI-DEV por grupo de procesos [9] ..	18
Figura 5 Diagrama de Bloques de SFramework [33].....	22
Figura 6 Definición de PEBI para la integración	29
Figura 7 Relación entre procesos de CMMI-DEV 1.3 e ISO/IEC 33073	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Procesos de CMMI-DEV VER. 1.3 seleccionados para la comparación.....	2
Tabla 2 Procesos de ISO/IEC 33073 seleccionados para la comparación.....	3
Tabla 3 Fuentes de información.....	6
Tabla 4 Estudios Primarios	7
Tabla 5 Ontología de TSPM [12].....	9
Tabla 6 Relación entre TSPM y SPEM [12]	9
Tabla 7 Ontología de TPAM [10].....	10
Tabla 8 Taxonomía de la mejora de procesos [14], adaptado por la autora	12
Tabla 9 Estudios de Armonización [7], adaptado por la autora	14
Tabla 10 Marcos y herramientas SPA basados en ontologías [6], adaptado por la autora	15
Tabla 11 FIRST alcance, audiencia sugerida y procesos [15].....	16
Tabla 12 Fases y actividades del modelo [33], adaptado por la autora	22
Tabla 13 Descripción general de los Modelos [35].....	25
Tabla 14 Descripción específica usando CSPE [35]	26
Tabla 15 CSPE para el área de proceso DAR de CMMI-DEV VER 1.3.....	27
Tabla 16 CSPE para el proceso COM.01 de ISO/IEC 33073	28
Tabla 17 Número de prácticas específicas que se van a comparar	29
Tabla 18 Número de prácticas base que se van a comparar	30
Tabla 19 Mapeo entre OT de CMMI-DEV VER. 1.3 y COM.03 de ISO/IEC 33073.....	31
Tabla 20 Escala de comparación [35].....	32
Tabla 21 Porcentaje de relación CMMI-DEV VER. 1.3 e ISO/IEC 33073.....	33
Tabla 22 Grado de relación entre CMMI-DEV VER. 1.3 e ISO/IEC 33073.....	33
Tabla 23 Procesos de CMMI-DEV VER. 1.3 que se relacionan con procesos de ISO/IEC 33073.....	35

RESUMEN

Las organizaciones evalúan sus procesos en función de modelos y estándares de referencia. El Capability Maturity Model Integration (CMMI) es un modelo de referencia que mejora las competencias de una organización, mediante procesos eficientes y efectivos, alcanzando un mayor desempeño de la organización. El conjunto de normas ISO/IEC 330xx son una revisión del estándar ISO/IEC 15504 que constituye una familia de normas para el proceso de desarrollo de software y las funciones de gestión empresarial relacionadas. Debido a las exigencias del mercado o del cliente, una organización tiene que adherirse a múltiples modelos o estándares, lo que implica una inversión de tiempo y recursos.

Por este motivo, es necesario conocer si estos modelos presentan una relación. Identificar esta relación ayudará para que una empresa pueda guiarse a partir de la certificación CMMI para llegar a certificarse en ISO/IEC330xx.

El modelo SFramework, facilita la combinación de varios modelos de referencia. Al usar una estructura común de elementos de procesos (CSPE) se logró establecer los elementos de proceso (PEBI) que serán integrados, las prácticas específicas de los procesos de CMMI-DEV 1.3 y las prácticas base de los procesos definidos en ISO/IEC 33073. Luego de la selección de PEBIs, se realizó un mapeo entre las áreas de procesos de “Gestión de decisiones y proveedores” y “Crear una cultura de excelencia” de CMMI-DEV 1.3 y los procesos definidos en ISO/IEC 33073, de manera que se establecieron grados de relación y cumplimiento entre los procesos antes mencionados.

Palabras clave: CMMI-DEV, ISO/IEC 33073, SFramework, mapeo, combinación, armonización

ABSTRACT

Organizations evaluate their processes based on models and reference standards. The Capability Maturity Model Integration (CMMI) is a reference model that improves the competencies of an organization, through efficient and effective processes, reaching a greater performance of the organization. The ISO/IEC 330xx family is a revision of the ISO/IEC 15504 standard, it's a set of standards for software development and the improvement of the related business management functions. Due to the demands coming from the market or the clients, an organization has to adhere to multiple models or standards, which implies an investment of time and resources. For this reason, it's necessary to know if the models cited above are related. Identify this relationship would help a company to pass from the CMMI certification and get certified in ISO/IEC330xx.

The SFramework model facilitates the combination of several reference models. By using Common Structure of Process Elements (CSPE) it was possible to establish the Process Elements to be Integrated (PEBI), the specific practices of the CMMI-DEV 1.3 processes and the base practices of the processes defined in ISO/IEC 33073. After the selection of PEBIs, a mapping was made between both the areas of "Manage decisions and suppliers" and "Create a culture to sustain excellence" of CMMI-DEV 1.3 and the processes defined in ISO/IEC 33073. Therefore, the degrees of relationship and compliance between the processes were established.

Key words: CMMI-DEV, ISO/IEC 33073, SFramework, Mapping, Combination, Harmonization

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En un mercado competitivo, las empresas de desarrollo de software deben crear planes de proyectos eficientes y reducir sus costos de desarrollo para alcanzar el éxito [1]. En este proceso, pueden suscitarse una serie de problemas: metas poco realistas, estimaciones inexactas de recursos, requisitos mal definidos, riesgos no administrados, gestión de proyectos mal orientada, mala comunicación entre clientes, desarrolladores y usuarios, etc.

Es un hecho conocido que la calidad del producto es afectada por la calidad del proceso. Es decir, procesos de desarrollo de software de alta calidad producirán productos de alta calidad. Por lo tanto, la mejora continua de los procesos de desarrollo de software es vital para alcanzar un proceso de alta calidad. Las organizaciones evalúan sus procesos en función de modelos y estándares de referencia: *Capability Maturity Model Integration* (CMMI), *Software Process Improvement and Capability Determination* (SPICE), Bootstrap, ISO 9000, Six Sigma, etc. [2]. Estos modelos permiten que las organizaciones puedan además identificar oportunidades de mejora. Debido a la existencia de varios modelos, y a las exigencias del mercado o del cliente, una organización tiene que adherirse a múltiples modelos o estándares, lo que implica una inversión tiempo y recursos. Por este motivo, existen iniciativas centradas en la integración y armonización de estos modelos, así como también en la identificación de sus beneficios y diferencias.

Ante la coexistencia del modelo CMMI y la familia de normas ISO/IEC 330xx y debido a que no existe un mapeo oficial provisto por la Organización Internacional de Normalización (ISO) o por el Instituto de Ingeniería de Software (SEI), el presente trabajo plantea solucionar la falta de información sobre la correspondencia detallada entre los dos modelos de referencia, realizando un mapeo entre una parte del modelo CMMI y la familia de normas ISO/IEC 330xx que es una revisión de ISO/IEC 15540 (SPICE).

Objetivo General

Proponer un mapeo entre el marco de referencia CMMI-DEV las áreas de proceso de “Gestión de decisiones y proveedores” y “Crear una cultura de excelencia” del modelo CMMI-DEV versión 1.3 y la familia de normas ISO/IEC 330xx.

Objetivos Específicos

- Realizar una revisión sistemática de literatura.
- Identificar los procesos definidos en la familia de normas de ISO/IEC 330xx correspondientes a las áreas de procesos CMMI-DEV versión 1.3 seleccionadas para el estudio.
- Identificar asociaciones y discrepancias entre los procesos definidos en la familia de estándares ISO/IEC 330xx con sus correspondientes áreas de procesos en CMMI-DEV versión 1.3.
- Mapear los procesos definidos en la familia de estándares ISO/IEC 330xx correspondientes a las áreas de procesos CMMI-DEV versión 1.3 seleccionadas para el estudio

1.2. Alcance del estudio

Para realizar la comparación se tomarán en cuenta las áreas de proceso de “Gestión de Decisiones y Proveedores” y “Crear una cultura de excelencia” del modelo CMMI-DEV VER 1.3 detallados en la Tabla 1.

Tabla 1 Procesos de CMMI-DEV VER. 1.3 seleccionados para la comparación

Área	Sigla	Proceso	Propósito
Gestión de decisiones y proveedores	DAR	Análisis de Decisiones y Resolución	Analizar las posibles decisiones utilizando un proceso de evaluación formal que evalúa las alternativas identificadas, frente a unos criterios establecidos.
	SAM	Gestión de Acuerdos con Proveedores	Gestionar la adquisición de productos y servicios de proveedores.
Crear una cultura de excelencia	OPD	Definición de Procesos de la Organización	Establecer y mantener un conjunto utilizable de activos de proceso de la organización, estándares del entorno de trabajo, y reglas y guías para los equipos
	PPQA	Aseguramiento de la Calidad del Proceso y del Producto	Proporcionar al personal y a la gerencia una visión objetiva de los procesos y de los productos de trabajo asociados.
	IPM	Gestión Integrada del Proyecto	Establecer y gestionar el proyecto y la involucración de las partes interesadas relevantes de acuerdo a un proceso integrado y definido, que se adapta a partir del conjunto de procesos estándar de la organización.
	OT	Formación en la Organización	Desarrollar las habilidades y los conocimientos de las personas para que puedan desempeñar sus roles eficaz y eficientemente.
	OPF	Enfoque en Procesos de la Organización	Planificar, implementar y desplegar las mejoras de proceso de la organización, basadas en una comprensión completa de las fortalezas y debilidades actuales de los procesos y de los activos de proceso de la organización.

Dentro de la familia de normas ISO/IEC 330xx, se seleccionó la norma ISO/IEC 33073. Esta norma proporciona un modelo de evaluación de procesos de gestión de calidad (PAM) para su uso en la realización de una evaluación conforme a la capacidad del proceso de acuerdo con los requisitos definidos en ISO/IEC 33002. La norma ISO/IEC 33073 está estructurada de acuerdo con los requisitos de ISO/IEC 33004 para reflejar procesos que permiten la implementación de ISO 9001, estos procesos se encuentran detallados en la Tabla 2.

Tabla 2 Procesos de ISO/IEC 33073 seleccionados para la comparación

Área	ID	Proceso	Propósito
Liderazgo	TOP.01	Liderazgo	Dirigir a la organización en la consecución de su visión, misión, estrategia y objetivos, asegurando la definición de un sistema de gestión, una política de sistema de gestión y objetivos del sistema de gestión.
Procesos comunes	COM.01	Gestión de la comunicación	Producir productos de información oportunos y precisos para apoyar la comunicación y toma de decisiones.
	COM.02	Gestión de la documentación	Proporcionar información documentada, relevante, completa y válida a las partes designadas.
	COM.03	Gestión de recursos humanos	Proporcionar a la organización los recursos humanos competentes y necesarios y mejorar sus competencias de acuerdo con las necesidades del negocio.
	COM.04	Mejora	Mejorar continuamente el sistema de gestión, sus procesos, productos y servicios.
	COM.05	Auditoría interna	Determinar de forma independiente la conformidad del sistema de gestión, productos, servicios y procesos con los requisitos, políticas, planes y acuerdos, según corresponda.
	COM.06	Revisión de la gestión	Evaluar el rendimiento del sistema de gestión, identificar y tomar decisiones con respecto a posibles mejoras.
	COM.07	Gestión de no conformidades	Resolver las no conformidades y eliminar sus causas cuando sea apropiado.
	COM.08	Planificación operacional	Definir las características de todos los procesos operativos y organizacionales, y planificar su ejecución.
	COM.09	Implementación y control operacional	Implementar y controlar la ejecución y el rendimiento de los procesos operativos y organizacionales.
	COM.10	Evaluación del desempeño	Recopilar y analizar datos que se utilizarán para evaluar el rendimiento del sistema de gestión y los procesos de negocio en términos de los objetivos definidos.
	COM.11	Gestión de riesgos	Identificar, analizar, evaluar, tratar y monitorear riesgos.
Procesos técnicos	TEC.01	Gestión de la configuración	Identificar, controlar, grabar, rastrear, informar y verificar todos los componentes identificados del producto/servicio.
	TEC.02	Cambios de	Gestionar los cambios para mejorar la

Área	ID	Proceso	Propósito
		proceso	eficacia y/o la eficiencia del proceso.
	TEC.03	Cambios de producto/servicio	Gestionar cambios a través del ciclo de vida del producto/servicio.
	TEC.04	Diseño de producto/servicio	Proporcionar un diseño para el producto/servicio que implemente los requisitos y se pueda verificar según los requisitos.
	TEC.05	Planificación de producto/servicio	Producir planes efectivos y viables para dirigir la implementación del plan de productos y/o servicios.
	TEC.06	Cuarentena de producto/servicio	Asegurar que los productos/servicios que no cumplan con los requisitos del cliente estén controlados con el fin de evitar el uso no intencionado.
	TEC.07	Requisitos de producto/servicio	Establecer y acordar los requisitos para productos y/o servicios.
	TEC.08	Revisión de producto/servicio	Mantener un entendimiento común con el cliente sobre lo que se debe hacer para ayudar a garantizar el desarrollo de un producto/servicio que satisfaga al cliente y los requisitos pertinentes de la parte interesada. Las revisiones de productos/servicios se llevan a cabo tanto a nivel técnico como de gestión a lo largo del ciclo de vida del producto/servicio.
	TEC.09	Suministro de producto/servicio	Proporcionar productos/servicios para cumplir con los requisitos acordados del cliente.
	TEC.10	Validación de producto/servicio	Confirmar que se cumplen los requisitos para un uso específico previsto del producto/servicio.
	TEC.11	Verificación de producto/servicio	Para confirmar que cada producto/servicio refleja adecuadamente los requisitos especificados.
Procesos organizacionales	ORG.01	Gestión de activos	Establecer y mantener la integridad de todos los activos de productos identificados.
	ORG.02	Gestión de recursos de medición	Garantizar que los recursos de medición utilizados para realizar pruebas y calibraciones se adquieran, controlen y mantengan.
	ORG.03	Gestión de proveedores	Asegurar que los productos/servicios del proveedor se administren e integren en el producto / servicio entregado para cumplir con los requisitos acordados.

1.3. Revisión sistemática de la literatura

Una revisión sistemática de la literatura (SLR) es un medio para identificar, evaluar e interpretar toda la investigación disponible relevante para una determinada pregunta de investigación, área temática o fenómeno de interés [3].

Para el presente trabajo de titulación, en primer lugar se realizó una SLR sobre los dos modelos de calidad para el desarrollo de software que se desean mapear: CMMI-DEV 1.3 e ISO/IEC 33073. La SLR se fundamentó en las siguientes directrices [4]:

1. Planteamiento de preguntas de investigación
2. Establecimiento de la estrategia de búsqueda
3. Establecimiento de criterios de selección
4. Selección de estudios primarios
5. Extracción de resultados
6. Análisis de resultados

Preguntas de investigación

Se realizó una SLR sobre modelos de calidad para desarrollo de software, para lo cual se plantearon las siguientes preguntas de investigación (PI):

PI1: ¿Qué estudios relevantes se han publicado sobre los modelos CMMI y SPICE (ahora ISO/IEC 3300xx) en los últimos 5 años?

PI2: ¿Existe complementariedad, correspondencia o armonización entre los modelos de calidad de software CMMI y SPICE?

PI3: ¿Es posible encontrar una correspondencia desde las áreas de proceso de “Gestión de decisiones y proveedores” y “Crear una cultura de excelencia” de CMMI hacia SPICE?

Estrategia de búsqueda

La estrategia empleada en la SLR fue encontrar publicaciones científicas usando un conjunto de cadenas de búsqueda en diferentes fuentes de información.

Cadenas de búsqueda

Para aplicar la estrategia de búsqueda fue necesario formular un conjunto de cadenas de búsqueda. Para desarrollar las cadenas de búsqueda se tomaron en cuenta las pautas sugeridas en [5] y, en consecuencia:

- i. Los términos “*Capability Maturity Model Integration*”, “*Software Process Improvement and Capability Determination*” y “*Harmonization*”, se derivaron de las preguntas de investigación como los principales términos de búsqueda.
- ii. Se utilizaron como términos alternativos: “CMMI DEV 1.3”, “SPICE”, “15540”, “ISO/IEC 330XX”, “DAR”, “SAM”, “PPQA”, “OPD”, “IPM”, “OT”, “OPF”, “*relationship among*” y “*mapping*”.

- iii. El booleano *AND* se usó para conectar los términos de búsqueda identificados en el paso (i) para restringir los resultados de búsqueda, por ejemplo, “*Capability Maturity Model Integration*” *AND* “*Software Process Improvement and Capability Determination*”.
- iv. El booleano *OR* se utilizó para incorporar términos alternativos identificados en el paso (ii) y obtener mayores resultados de búsqueda, por ejemplo, “*Capability Maturity Model Integration*” *OR* “CMMI DEV 1.3”.

Fuentes de información

La segunda acción en la estrategia de búsqueda fue elegir las fuentes de información. Esta acción permitirá a otros investigadores obtener el mismo resultado de búsqueda que el que se obtuvo aplicando las cadenas de búsqueda mencionadas anteriormente. La Tabla 3 muestra las fuentes de información que fueron consideradas en la estrategia de búsqueda.

Tabla 3 Fuentes de información

Base de Datos	URL	Descripción
Google Scholar	https://scholar.google.com/	Es un buscador de Google enfocado en la búsqueda de literatura académico científica.
ResearchGate	https://www.researchgate.net/	Es una red social que permite que científicos e investigadores compartan papers.

Criterios de selección

El objetivo de los criterios de selección fue identificar los estudios primarios relevantes que proporcionaron respuestas adecuadas a las preguntas de investigación. Estos criterios permitieron reducir los resultados obtenidos al excluir estudios que no eran relevantes para las preguntas de investigación. Los criterios de selección consistieron en un conjunto de criterios de inclusión y un conjunto de criterios de exclusión.

Criterios de inclusión

Los criterios de inclusión que se definieron fueron:

- **Idioma:** Se consideraron exclusivamente publicaciones en inglés, debido a que es el idioma oficial en el que se publicaron estos modelos y la mayor parte de estudios se encuentran en dicho idioma.
- **Periodo de Tiempo:** Se consideraron estudios realizados desde el año 2012 hasta el 2017, debido a que la última versión de ISO/IEC 15504 fue revisada y publicada en el año 2012.

- **Disponibilidad:** Se consideran estudios con versiones de texto completas y accesibles en línea.
- **Criterios de Contenido:**
 - Artículos que describan información sobre uno de los modelos estudiados.
 - Artículos que planteen una comparación entre los dos modelos estudiados.
 - Artículos que mencionen las áreas de proceso que se analizan en este estudio.

Criterios de exclusión

Los criterios de exclusión que se definieron fueron:

- Estudios que no respondan ninguna pregunta de investigación de la SLR.
- Estudios que comparen uno de los modelos con otros modelos.
- Estudios que analicen el uso solamente de un modelo con metodologías de desarrollo de software ágil o tradicional.
- Estudios que se enfoquen en *CMMI for Acquisition* (CMMI-ACQ) o que se enfoquen en *CMMI for Services* (CMMI-SVS).

Selección de estudios primarios

Luego de ingresar las cadenas de búsquedas en las fuentes mencionadas en la Tabla 3 y aplicar los criterios de selección definidos, se obtuvieron 11 estudios primarios. La Tabla 4 muestra: la referencia a la bibliografía del estudio primario, el título, los autores y el año.

Tabla 4 Estudios Primarios

Estudio Primario	Título	Autores	Año
[6]	<i>On the Use of Ontologies in Software Process Assessment: A Systematic Literature Review</i>	Ayça Tarhan and Görkem Giray	2017
[7]	<i>CIP-UQIM: A unified model for quality improvement in software SME's based on CMMI level 2 and 3</i>	Hosein Rahmani, Ashkan Sami, and Abdullah Khalili	2016
[8]	<i>Applying Text Analyses and Data Mining to Support Process Oriented Multimodel Approaches</i>	Zoltan Karaffy and Katalin Balla	2015
[9]	<i>Mapping of improvement models as a risk reduction strategy: a theoretical comparison for the aerospace industry</i>	Ricardo Eito-Brun	2014
[10]	<i>Usage of Multiple Process Assessment Models</i>	Stasys Peldzius and Saulius Ragaisis	2013
[11]	<i>Comparing SPiCE for Space (S4S) and CMMI-DEV: Identifying Sources of Risk from Improvement Model</i>	Ricardo Eito-Brun	2013

Estudio Primario	Título	Autores	Año
[12]	<i>Framework for Usage of Multiple Software Process Models</i>	Stasys Peldzius and Saulius Ragaisis	2012
[13]	<i>Towards the Harmonization of Process and Product Oriented Software Quality Approaches</i>	Gabriel Alberto García-Mireles, Ma. Ángeles Moraga, Félix García, and Piattini Mario	2012
[14]	<i>A Taxonomy Analysis for Multi-Model Process Improvement from The Context of Software Engineering Processes and Services</i>	Aedah Abd Rahman, Shamsul Sahibuddin, and Suhaimi Ibrahim	2012
[15]	<i>FIRST: Common-Sense Process Scopes for Starting a Process Improvement Program</i>	Luigi Buglione, Fergal McCaffery, Jean Carlo Rossa Hauck, and Christiane Gresse von Wangenheim	2012
[16]	<i>Towards Automated Process Assessment in Software Engineering</i>	Gregor Grambow, Roy Oberhauser, and Manfred Reichert	2012

Extracción de resultados

Se analizaron los estudios primarios obtenidos desde la SLR que se presentan en la Tabla 4 y que contribuyeron a dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas.

PI1: ¿Qué estudios relevantes se han publicado sobre los modelos CMMI y SPICE (ahora ISO/IEC 3300xx) en los últimos 5 años?

En [12], se propone el Modelo de Proceso de Software Transitorio (TSPM). Este modelo permite la transformación de los resultados de una evaluación según un modelo de proceso a otros modelos y también se ocupa de la transición a una nueva versión del modelo. El modelo proporciona también los medios para determinar qué capacidad o madurez, de acuerdo con los diferentes modelos de procesos y otras metodologías de desarrollo de software, se podrían asegurar. Esta relación se muestra en la Figura 1.

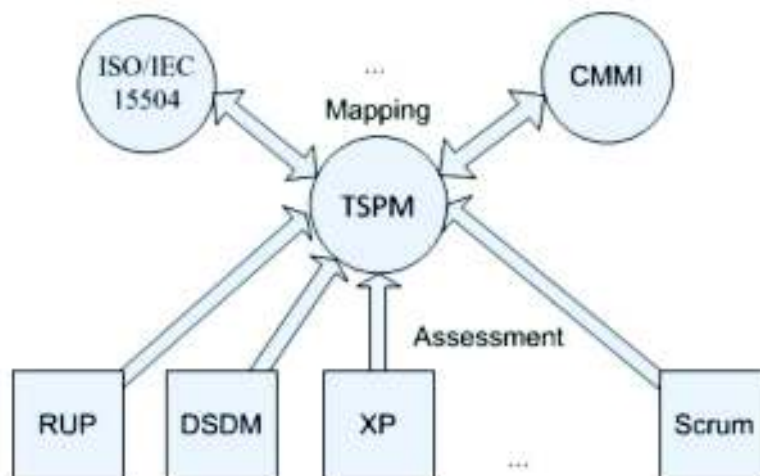


Figura 1 Relación de TSPM con otros Modelos y Metodologías [12]







Los autores del estudio proponen una una ontología para poder relacionar la terminología de los diferentes modelos de procesos de software. Todos los modelos deben transcribirse según la ontología definida para que sean estructuralmente iguales, lo que facilitará el mapeo entre ellos. La Tabla 5 muestra la ontología de TSPM.

Tabla 5 Ontología de TSPM [12]

TSPM	ISO/IEC 15504	CMMI
Proceso organizacional	N/A	Proceso
Designación del proceso	Proceso	Áreas de proceso
Propósito del proceso	Declaración del propósito	Propósito del proceso
Resultado	Resultado del proceso	Meta específica
Práctica	Prácticas Base	Práctica específica
Propiedad genérica	Atributo de proceso	Meta genérica
Práctica genérica	Práctica genérica	Práctica genérica

Posteriormente, se realizó el mapeo de la Ontología de TSPM con estereotipos de *Software & Systems Process Engineering Meta-Model* (SPEM). La Tabla 6 presenta el mapeo propuesto de los conceptos de TSPM a los términos e íconos de SPEM.

Tabla 6 Relación entre TSPM y SPEM [12]

TSPM	SPEM	ICONO
Proceso organizacional	Proceso	
Designación del proceso	Patrón de proceso	
Propósito del proceso	Propósito del proceso	n/a
Resultado	Resultado	
Práctica	Práctica	
Propiedad genérica	Definición de tarea	
Práctica genérica	Paso	

En [10], los autores proponen el Modelo de Evaluación del Proceso de Transición (TPAM) que permite la transformación de los resultados de una evaluación, según un modelo de evaluación del proceso (PAM), a otros modelos; o transiciones a nuevas versiones. En el estudio se proponen también los medios para determinar qué capacidad o madurez se podría asegurar según las diferentes metodologías de ingeniería de software. Los principios de construcción propuestos fueron probados mediante el desarrollo de un TPAM que integra ISO/IEC 15504-5 y CMMI-DEV VER. 1.3. Para esto, los modelos se transcribieron de acuerdo a una ontología que se

muestra en la Tabla 7. Esta ontología permite que los modelos sean estructuralmente equivalentes y por lo tanto, posibilita el mapeo entre ellos.

Tabla 7 Ontología de TPAM [10]

TPAM	ISO/IEC 15504	CMMI
Proceso organizacional	N/A	Proceso
Designación del proceso	Proceso	Áreas de proceso
Propósito del proceso	Declaración del propósito	Propósito del proceso
Resultado	Resultado del proceso	Meta específica
Práctica	Prácticas Base	Práctica específica
Propiedad genérica	Atributo de proceso	Meta genérica
Práctica genérica	Práctica genérica	Práctica genérica

Con este mapeo estructural, los resultados de evaluación de una organización según ISO/IEC 15504-5 podrían transformarse en un perfil de capacidad de acuerdo con CMMI-DEV usando una transformación intermedia en TPAM. Los autores concluyen que las ideas de TPAM podrían aplicarse a diferentes PAM, incluyendo las que están en desarrollo, por ejemplo, las series ISO/IEC330xx.

En [11] se analizan las diferencias entre SPiCE *For Space* (S4S) y CMMI-DEV. S4S es el modelo de evaluación de procesos de software utilizado por la Agencia Espacial Europea (ESA) para evaluar la capacidad de los contratistas de ESA, este modelo hereda los requisitos de evaluación y el marco de medición propuestos en ISO/IEC 15504-2 y del modelo de evaluación de procesos descrito en ISO/IEC 15504-5, se agregan también aspectos específicos necesarios para el desarrollo de software en la industria aeroespacial. El cumplimiento de los diferentes niveles del modelo CMMI-DEV es un requisito para los subcontratistas que trabajan para proyectos de la NASA. La existencia de estos dos modelos implica que las empresas en el sector aeroespacial deben demostrar el cumplimiento de los requisitos y prácticas establecidas en ambos modelos y deben identificar las diferencias y omisiones en sus prácticas básicas. El análisis muestra que de las 364 prácticas base de S4S, hay 279 prácticas (76.65%) para las que se han identificado prácticas o subprácticas de CMMI-DEV equivalentes, 34 prácticas (9,34%) para las cuales se ha identificado una coincidencia parcial y 51 prácticas (14,01%) sin una equivalencia clara en CMMI-DEV

En [16], se presenta un enfoque automatizado para la evaluación de procesos que se basa en extensiones semánticas en un sistema de información orientado a procesos. Esta evaluación puede reducir el esfuerzo requerido para determinar el cumplimiento, la madurez o la mejora del proceso, y proporciona retroalimentación más puntual y precisa en comparación con los métodos y herramientas de evaluación de procesos manuales actuales. La evaluación mostró la viabilidad técnica del enfoque, la

versatilidad del modelo usando varios modelos de evaluación de procesos, así como también un rendimiento y escalabilidad adecuados. Se mostró cómo los modelos de referencia de procesos CMMI e ISO 15504 se unificaron en la ontología, como se muestra en la Figura 2, y se describe el algoritmo que realiza la evaluación.

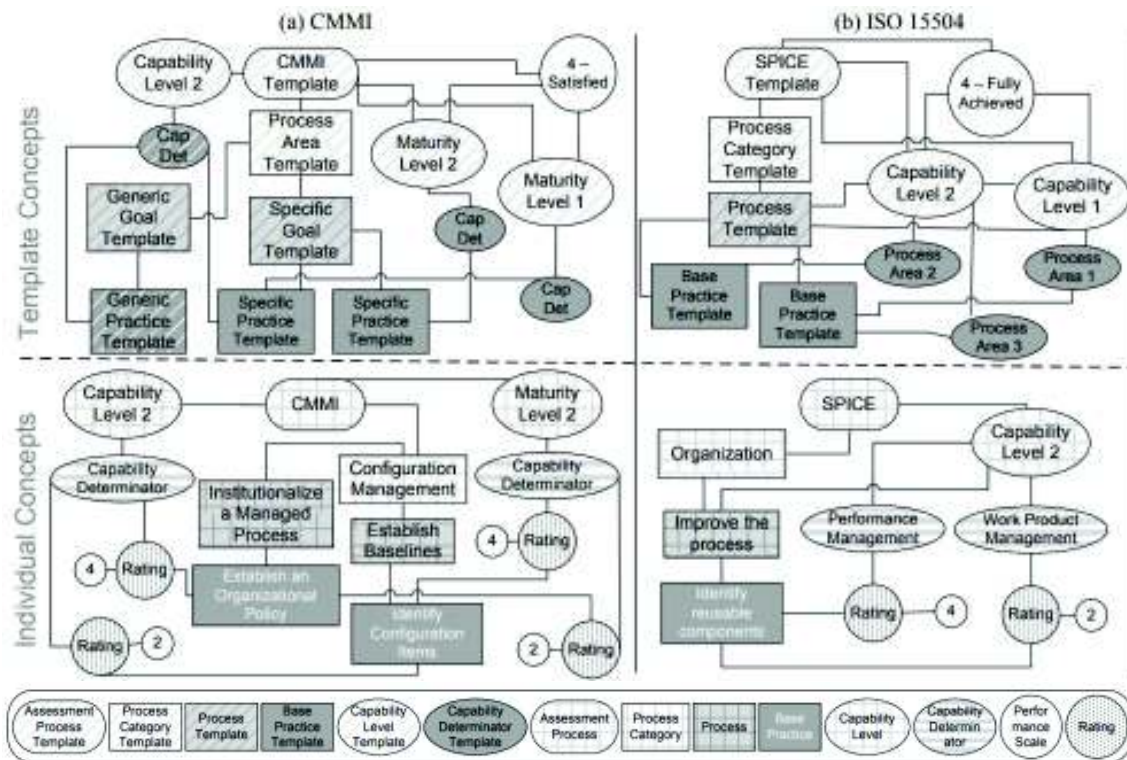


Figura 2 Implementación de CMMI e ISO 15504 [16], adaptado por la autora

PI2: ¿Existe complementariedad, correspondencia o armonización entre los modelos de calidad de software: CMMI y SPICE?

En [10,12], los autores indican que las ideas fundamentales para el mapeo entre CMMI e ISO/IEC 15504 se plantearon en [17]. El mapeo de los modelos CMMI-DEV V1.2 e ISO/IEC 15504:2005 se presenta en [18]. Este mapeo indica la manera en la que los niveles de madurez CMMI-DEV pueden expresarse mediante los perfiles de capacidad de procesos ISO/IEC 15504-5 y viceversa. Se muestra también las partes comunes entre los modelos y sus diferencias.

En [12], se menciona que las propiedades genéricas y las prácticas genéricas de TSPM corresponden a los atributos de proceso (PA) y a las prácticas genéricas de ISO/IEC 15504. Los objetivos generales (GG) de CMMI no están incluidos en el TSPM debido a que los atributos de proceso cubren por completo a los objetivos generales. El mapeo se describe en [19].

En [13], se plantea que la armonización es un enfoque que permite integrar modelos de mejora para alcanzar objetivos comerciales particulares. En [20, 21] se propone un marco que proporciona el soporte conceptual, metodológico y tecnológico necesario para facilitar la armonización de modelos múltiples. En la revisión sistemática realizada en [22], el 60% de los estudios primarios seleccionados (32 artículos) analizan modelos de referencia como ISO 9001, CMM, CMMI, y modelos de evaluación como ISO 15504 y SCAMPI. En [23], se analizaron 78 documentos, la mayoría de los documentos tratan sobre la mejora de procesos de software (SPI) y enfoques de calidad como CMMI, SPICE e ISO 9001. Cuando los modelos se basan en el mismo enfoque de calidad, pueden compartir vocabulario y estructuras que finalmente pueden ayudar en la integración del modelo.

En [14], se propone la comparación de marcos de trabajo para la mejora de procesos de ingeniería de software mediante el enfoque de taxonomía. La taxonomía se utiliza para ayudar a comprender y comparar diversos marcos, generando un conjunto de características y categorías de atributos adaptados a un marco específico. Se indica también que varios métodos de comparación han sido adoptados. Siendo el método más utilizado el mapeo de los marcos de trabajo. El esfuerzo para armonizar los diferentes marcos de mejora de procesos de software que existían se discutió en [18, 19, 24, 25] [24] [25]. En [19], se presenta un estudio sobre la armonización de dos marcos CMMI e ISO/IEC 15504. El análisis taxonómico se realiza con tres marcos de mejora de procesos: ISO/IEC 15504, CMMI e ISO/IEC 20000. La taxonomía de los marcos de mejora de procesos CMMI e ISO/IEC 15504, se presenta en la Tabla 8. Los atributos de taxonomía considerados fueron proceso, práctica, origen, disciplina y orientación laboral, paradigma de mejora, entidad de mejora, escala de capacidad del proceso, esquemas de certificación y calificación y componente estructural. Como uno de los resultados de esta comparación, se determina cuales prácticas genéricas y específicas de CMMI se asignan a los resultados de ISO/IEC 15504.

Tabla 8 Taxonomía de la mejora de procesos [14], adaptado por la autora

Atributos	Descripción	ISO/IEC 15504	CMMI-DEV
Proceso	Un conjunto de prácticas secuenciales que son funcionalmente lógicas y reutilizables.	Procesos	Áreas clave de procesos (KPA)
Práctica	Una actividad o un estado en un proceso o proceso de software que realiza una tarea específica o un conjunto de tareas lógicas	Practicas base	Prácticas Específicas (SPs) y Prácticas Genéricas (GPs)
Origen	Origen/dispersión geográfica	Europa	Estados Unidos

Atributos	Descripción	ISO/IEC 15504	CMMI-DEV
Disciplina y orientación laboral	La dirección y el enfoque del marco de mejora o también conocido como enfoque de mejora.	Evaluación de procesos, mejora y determinación de capacidades para una variedad de dominios.	Evaluación y mejora de procesos, desarrollo de software, adquisición y servicios.
Paradigma de mejora	En [26], se determinan dos tipos de paradigma general para la mejora de procesos de software, el paradigma analítico y el paradigma de benchmarking.	Paradigma de benchmarking	Paradigma de benchmarking
Entidad de mejora	El objetivo principal para los marcos de mejora, como la organización, la empresa, el proyecto, el compromiso, el equipo o el individuo	Organización	Organización, Proyecto, División.
Escala de capacidad del proceso	La escala de calificación se clasifica como binaria, escala de puntos, madurez organizacional, capacidad de proceso y capacidad organizacional. Elementos de calificación: objetivos específicos y genéricos (SG y GG) que dependen de SP y GP.	Nivel de capacidad (0-5) Resultados y logros de los procesos	Utiliza la escala ordinal para medir Nivel de madurez (1-5) Nivel de capacidad (0-5)
Esquemas de certificación/calificación	Certificación del marco de mejora a nivel individual o nivel de organización.	Organización	Organización
Componente estructural	La estructura interna que construye los marcos de mejora del proceso	9 grupos/categorías de proceso, 3 procesos de ciclo de vida y 48 procesos	2 representaciones: escenificadas y continuas; 22 áreas de proceso

En [7], se presenta el desarrollo del Modelo Unificado de Mejora de la Calidad, denominado CIP-UQIM. El estudio incluye una breve descripción de los trabajos relacionados que se enfocaron en la armonización de múltiples modelos (MMH). Se destaca que varios autores han propuesto un soporte de armonización multi-modelo, en [27] proponen un proceso de armonización, en [20] presentan una ontología para la armonización y en [22] diseñan y desarrollan un marco de trabajo sistemático para llevar a cabo la armonización. Se enumeran diferentes investigaciones para abordar la homogeneización y comparación de modelos múltiples. El resultado de cada estudio se utiliza para identificar las relaciones y similitudes entre un conjunto de modelos particulares a través de la comparación y el mapeo, un subconjunto de estos estudios se presenta en la Tabla 9.

Tabla 9 Estudios de Armonización [7], adaptado por la autora

Estudios de armonización	Modelos Base	Nivel de granularidad de comparación y mapeo	Cobertura de modelos base	Año
[28]	CMMI-DEV 1.2 ISO 15504	Categoría de procesos	Todas las áreas de procesos Todos los conjuntos de procesos	2011
[29]	CMMI-DEV 1.2 ISO 15504-7	Actividad de procesos	Todas las áreas de procesos Todos los conjuntos de procesos	2009
[19]	CMMI-DEV 1.1 ISO 15504	Procesos	Todas las áreas de procesos Todos los conjuntos de procesos	2007
[30]	CMMI-DEV 1.1 ISO 15504	Categoría de procesos	Aspectos de gestión de riesgos Aspectos de gestión de riesgos	2003

En [11], se resalta que existen estudios que comparan el marco de medición y los niveles de capacidad/madurez utilizados por CMMI e ISO 15504 [17, 31, 32]. Adicionalmente, se indica que CMMI e ISO/IEC 15504 establecen un modelo de proceso y para cada proceso un conjunto de objetivos o resultados esperados de la implementación del proceso. Pese a que existen algunas diferencias en la terminología utilizada por CMMI e ISO/IEC 15504, ambos modelos comparten un enfoque común basado en procesos, metas y resultados, prácticas y productos de trabajo. En CMMI se utilizan los términos: áreas de proceso, objetivos específicos, prácticas específicas y productos de trabajo. En ISO/IEC 15504 los términos usados son procesos, resultados, prácticas base y productos de trabajo.

En [6], se realiza una SLR sobre el uso de las ontologías en la evaluación de procesos de software (SPA). La evaluación del proceso se define como una evaluación sistemática de los procesos de la organización frente a un modelo de proceso de referencia (PRM). Para realizar la evaluación existe la necesidad de establecer y mantener un mapeo entre los procesos de una organización y un PRM, donde los expertos en procesos transformaron la brecha entre los dos en oportunidad para mejorar los procesos. Algunos de los hallazgos de esta revisión sistemática, se resumen en la Tabla 10.

Tabla 10 Marcos y herramientas SPA basados en ontologías [6], adaptado por la autora

Estudio	Contribución	Modelo de mejora de procesos	Modelo de evaluación de procesos	Propósito del uso de la ontología	Año
[33]	Algoritmo, Framework	CMMI ISO/IEC 15504	CMMI ISO/IEC 15504	Representación de conocimiento, razonamiento del conocimiento, mapeo ontológico.	2013
[16]	Algoritmo, Framework	CMMI ISO/IEC 15504	CMMI ISO/IEC 15504	Representación de conocimiento	2012
[34]	Ontología, Framework, Herramienta	CMMI ISO/IEC 15504	ISO/IEC 15504	Representación de conocimiento, mapeo ontológico	2005
[35]	Ontología, Herramienta	CMMI ISO/IEC 15504	Sin especificar	Representación de conocimiento	2005

PI3: ¿Es posible encontrar una correspondencia desde las áreas de proceso de “Gestión de decisiones y proveedores” y “Crear una cultura de excelencia” de CMMI hacia SPICE?

Los procesos correspondientes al área de “Gestión de decisiones y proveedores” son Análisis de Decisiones y Resolución y Gestión de Acuerdos con Proveedores; en el área de “Crear una cultura de excelencia” constan los procesos de Definición de Procesos de la Organización, Aseguramiento de la Calidad del Proceso y del Producto, Gestión Integrada del Proyecto, Formación en la Organización, Enfoque en Procesos de la Organización. Estos procesos se encuentran definidos en la Tabla 1.

En [15], se propone que la reducción de los procesos dentro del alcance de las evaluaciones podría ser factible y aceptable para acelerar el proceso de mejora y también reducir costos. Esto es útil en aquellas organizaciones con presupuesto reducido, tamaño organizacional mediano-pequeño, y con pocos recursos para realizar evaluaciones. El estudio referencia diferentes iniciativas para realizar evaluaciones rápidas de procesos, pero típicamente cada una contiene solo una definición del alcance del proceso. La *Fast Improvement aSsessment sStep (FIRST)* es una propuesta para tratar de hacer coincidir esta necesidad informativa, respetando el presupuesto asignado para las evaluaciones de procesos, pero modificando la elección de los procesos a evaluar en función de la prioridad, en términos de valor informativo. Mediante FIRST se desarrollaron tres alcances que se muestran en la Tabla 11, proponiendo una instanciación tanto para CMMI-DEV como para ISO/IEC 15504. En este artículo, se reutilizó el mapeo SQI 2001 entre CMMI v1.0 e ISO/IEC

15504-2:1998. Luego se aplicaron las evoluciones posteriores para ambos modelos hasta llegar a las versiones: CMMI-DEV v1.3 e ISO/IEC 15504-5:2006

Tabla 11 FIRST alcance, audiencia sugerida y procesos [15]

Alcance	Audiencia sugerida	CMMI-DEV v1.3	ISO/IEC 15504-5:2006
A	Básica: al cruzar niveles de madurez (ML)	5 ML2: PP, PMC, MA ML3: OPD ML5: CAR	4 MAN.3, MAN.6, PIM.1, PIM.3
B	Conservador: para aquellos destinados a lograr estrictamente ML2, exactamente todos los procesos de ML2	7 ML2, PP, PMC, MA, SAM, PPQA, CM, REQM	7 MAN.3, MAN.5, MAN.6, ACQ.3, SUP.1, SUP.8, ENG.4
C	Avanzado: para aquellos destinados a progresar desde ML2 hacia niveles superiores	9 ML2: PP, PMC, MA, SAM, PPQA, CM, REQM ML3: OPD ML5: CAR	9 MAN.3, MAN.5, MAN.6, ACQ.3, SUP.1, SUP.8, ENG.4, PIM.1, PIM.3

El objetivo planteado en [8] fue desarrollar una combinación de metodología y herramienta que permitirá realizar análisis automáticos y cuantitativos de enfoques internacionales y sistemas de calidad documentados basados en análisis de texto, minería de datos y métodos y técnicas de aprendizaje automático. Para realizar las comparaciones en la primera fase de esta investigación, se ha considerado a CMMI-DEV y un subconjunto de 15 procesos llamado *Hersteller Initiative Software* (HIS) de Automotive Software Process Improvement and Capability Determination, Process Assessment Model (ASPICE). Dentro del estudio, el software tiene que aprender las áreas de proceso de CMMI-DEV y los procesos de desarrollo de software que describen. Por ejemplo: gestión de proyectos, ingeniería de requerimientos. Posteriormente, el software debe poder decidir automáticamente, en base al conocimiento previo, que descripción del proceso ASPICE es más similar a un proceso de desarrollo de software definido y realizar una categorización automática. Para realizar todos estos pasos de procesamiento, se utilizó el paquete de software Matlab. Para evaluar el rendimiento y la eficiencia de la comparación, se estableció una línea base con una comparación previa realizada entre CMMI-DEV y ASPICE por *Verband der Automobilindustrie* (VDA) [36]. La mejor metodología es la combinación de términos de una sola palabra con ponderación IG y similitud coseno alcanzando una eficiencia promedio del 78% (se supone una eficiencia del 100% para el estudio de referencia [36]). La Figura 3 presenta los resultados de similitud del uso de la combinación de los métodos mencionados anteriormente. Se ha calculado un alto nivel de similitud (>50%) para el caso de los siguientes pares de documentos/procesos:

gestión de configuración (SUP8-CM), gestión de proyectos (MAN3-PP, PMC, IPM), garantía de calidad (SUP1-PPQA), supervisión/gestión de proveedores (ACQ4-SAM) y requisitos de software (ENG4-REQM). Definiendo, para los tres primeros, cobertura total en todos los aspectos significativos, y para el último, una cobertura para la mayoría de los aspectos.

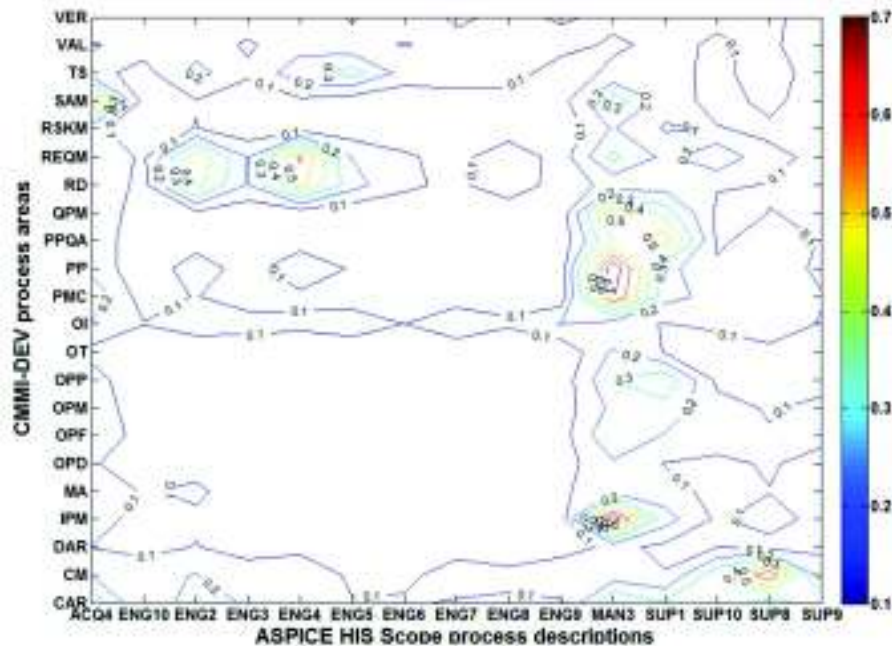


Figura 3 Gráfico de líneas de contorno de la similitud coseno [8]

En [9], se presenta un caso de estudio desarrollado para la industria aeroespacial, basado en el mapeo de dos modelos de evaluación ampliamente implementados en este sector: CMMI-DEV y SPICE *for Space* (S4S), una variante de ISO/IEC 15504. Se proporciona un análisis detallado de las deficiencias para identificar aquellos aspectos que deben considerarse como posibles áreas de mejora y como fuentes de riesgos, así como también una metodología de actividad de evaluación extendida que considera los resultados del análisis de trazabilidad del modelo como un factor clave para realizar las evaluaciones. Primero se establece las equivalencias conceptuales entre los modelos, para comenzar la comparación detallada de los componentes centrales de los procesos: objetivos, prácticas y productos de trabajo (CMMI utiliza los términos áreas de proceso, objetivos específicos, prácticas específicas y productos de trabajo, ISO/IEC 15504 utiliza los términos procesos, resultados, prácticas base y productos de trabajo). Considerando, desde la perspectiva de un evaluador, los componentes más relevantes a los resultados de los procesos, ya que representan lo que la organización necesita lograr utilizando las prácticas o productos de trabajo descritos en el modelo, o diferentes alternativas. La estrategia de asignación sigue un

enfoque ascendente y comienza a rastrear los componentes en los niveles inferiores de los modelos. Esto garantiza una cobertura detallada del conocimiento incorporado en los modelos y libera al analista de la rigidez impuesta por las diferencias entre los conjuntos de procesos definidos en cada modelo.

La Figura 4 muestra el grado de cobertura alcanzada por grupo de procesos. Las cifras sobre la cobertura son las siguientes:

- a) 279 prácticas de S4S de un total de 364 están totalmente cubiertas por CMMI-DEV (76,65%);
- b) 34 prácticas con emparejamiento parcial (9.34%) y
- c) 51 sin concordancia clara (14.01%).

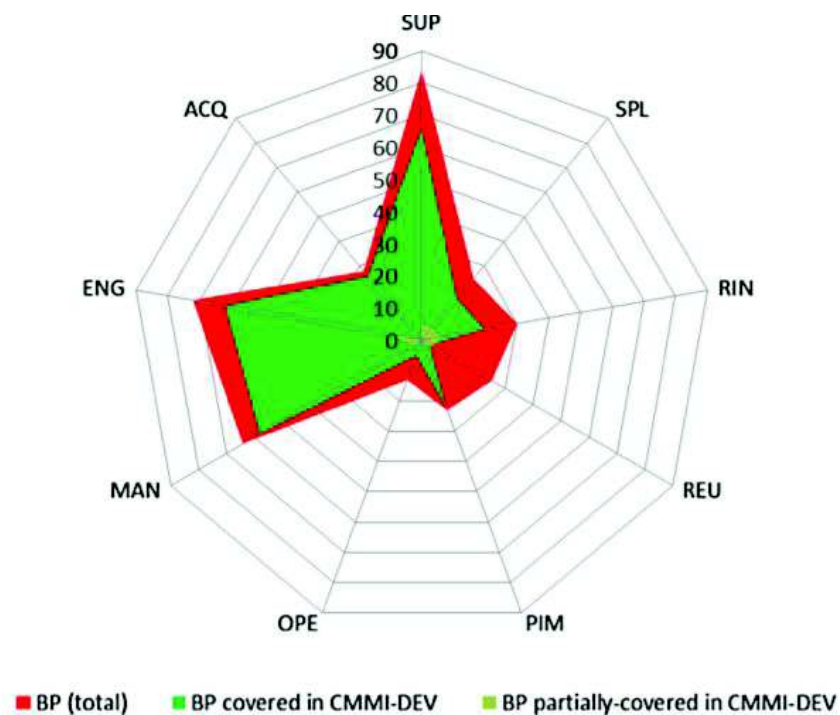


Figura 4 Número de BP de S4S cubierto por CMMI-DEV por grupo de procesos [9]

Se presenta también un resumen de las diferencias encontradas agrupadas por proceso S4S:

- a. Licitación de proveedores: La práctica SPL.1.BP3 "Establecer criterios de evaluación de propuestas de clientes" de S4S no tiene equivalente en CMMI-DEV. Pero podría corresponder con el área de proceso de Análisis y Resolución de Decisiones (DAR), cuyo objetivo es "analizar posibles decisiones utilizando un proceso de evaluación formal que evalúa las alternativas identificadas contra los criterios establecidos".

- b. Contratos de acuerdo: La práctica ACQ.3.BP5 "Contrato de adjudicación", se considera que está implícita dentro del área de proceso de Gestión de Acuerdos con Proveedores (SAM).
- c. Evaluación del proceso: Se identifica una equivalencia parcial para PIM.2.BP5 "Validar datos de evaluación". Esta práctica se refiere a la necesidad de verificar la validez de los datos obtenidos luego de una evaluación de los procesos de la organización. CMMI-DEV no incluye una práctica equivalente, aunque el área de proceso Enfoque en Procesos de la Organización (OPF), cuenta con una práctica secundaria SP.1.3. "Identificar las mejoras de proceso" que solicita "Examinar los resultados de las evaluaciones de proceso y otras revisiones relacionadas con el proceso".
- d. Gestión de recursos humanos: RIN.1.BP8 tiene una equivalencia parcial, dentro del área de proceso de CMMI-DEV Formación en la Organización (OT), con la práctica específica "SP.2.3. Evaluar la efectividad del entrenamiento". Para el caso de RIN.1.BP10, en OT se incluye una práctica específica con un alcance más restringido: "2.2. Establecer registros de entrenamiento".
- e. Infraestructura: Se encuentra una coincidencia parcial para RIN.4.BP4 "Establecer el proceso de infraestructura". CMMI-DEV incorpora prácticas genéricas que piden que se ofrezca a los proyectos la infraestructura necesaria. También contiene algunas prácticas específicas en el área de proceso de Gestión Integrada del Proyecto (IPM), como SP 1.3. "Establecer el entorno de trabajo del proyecto" para configurar y mantener el entorno de trabajo a nivel de proyecto.

Análisis de resultados

En la SLR realizada se identificó que varios autores han realizado estudios comparativos para identificar similitudes y diferencias entre los modelos [11, 17, 31, 32]. En estos estudios se han propuesto diferentes soportes conceptuales, metodológicos y tecnológicos necesarios para lograr el mapeo [9, 17, 18, 19] y la armonización [7, 10, 11, 12, 13, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 27] entre modelos. Otros plantean la creación de ontologías para poder relacionar la terminología de los diferentes modelos de procesos de software [6, 10, 12, 16, 20, 34, 35]. Algunos estudios han usado el enfoque de taxonomía para comprender y comparar diversos modelos [14], lo que posteriormente permite usar herramientas para realizar análisis automáticos para la evaluación de procesos [8, 15, 16].

Los modelos usados para estos estudios son: CMMI-DEV V1.1, CMMI-DEV V1.2, CMMI-DEV V1.3, ISO/IEC 15504, ISO 15504-7, ISO/IEC 15504-5, ISO/IEC 15504:2005, S4S y ASPICE.

A pesar de los estudios citados, no se encontró ningún trabajo que realice un mapeo de CMMI-DEV VER. 1.3 y la familia de normas ISO/IEC 330xx. Esto puede deberse a que la familia ISO/IEC 330xx es una norma relativamente nueva (la norma ISO/IEC 33073 fue publicada en noviembre de 2017).

2. METODOLOGÍA

En [37] se presenta el diseño y la evaluación de SFramework, un modelo que facilita la combinación de modelos de referencia. SFramework tomando en cuenta la descripción de HFramework [24, 38] y agiliza algunos de sus elementos: guías de soporte, ontologías, roles, productos de trabajo y la herramienta tecnológica de apoyo para la gestión del proyecto.

En este estudio, se establecen las siguientes consideraciones [37]:

- No se toman en cuenta en las guías de Soporte, puesto que constituyen un conjunto de recomendaciones;
- Mediante el uso de los conceptos de armonización, homogenización, comparación, integración y el uso de la estructura comunes de elementos de procesos (CSPE), pueden obviarse los detalles de las ontologías del modelo original;
- El proceso de armonización se simplifica mediante la Estrategia de Armonización generalizada, que utiliza CSPEs, de éstos los que son más promisorios para la integración denominados como PEBI (*Process Elements to Be Integrated*); y, los criterios de integración. Las salidas constituyen los modelos armonizados;
- Se reducen a tres roles en la ejecución de la estrategia de armonización: Ingeniero de procesos, Ejecutor y Supervisor. En casos de menor complejidad es posible obviar el rol de Ingeniero de procesos, con la condición de que el rol de Ejecutor lo realice un profesional de TI;
- Se elimina el uso de la herramienta tecnológica de apoyo a la gestión del proyecto de armonización.

Con las consideraciones anteriores, la secuencia de fases de SFramework para la armonización de modelos se presenta en la Figura 5 y se sintetiza en las fases de análisis rápido, ejecución y combinación. Debido al alcance del trabajo de titulación, solamente se ejecutarán las dos primeras fases de SFramework correspondientes a análisis rápido y ejecución. En la fase de análisis rápido se identifican las necesidades de la organización y los modelos a armonizar, se define la estrategia general de armonización y los objetivos, y se conforma el grupo de trabajo. En la fase de ejecución se realizan actividades necesarias para llegar a la armonización: homogenización, comparación e integración.

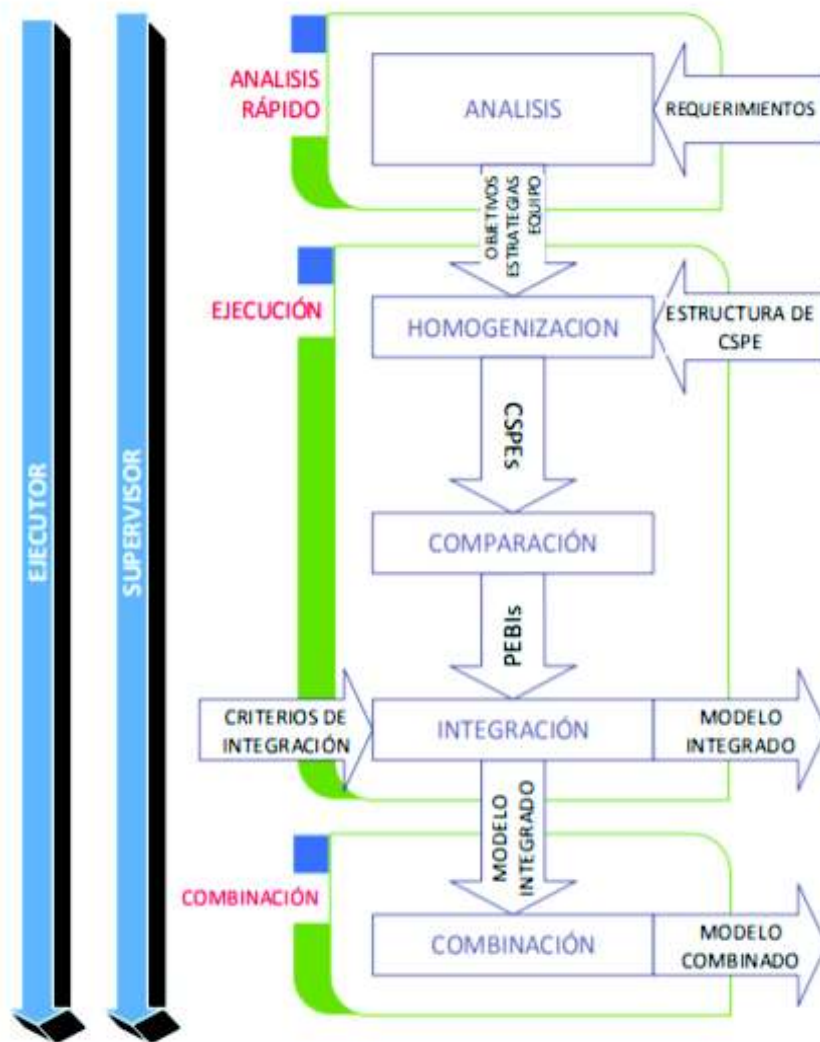


Figura 5 Diagrama de Bloques de SFramework [37]

La Tabla 12 describe las fases del modelo que se van a ejecutar y sus respectivas actividades:

Tabla 12 Fases y actividades del modelo [37], adaptado por la autora

SFramework		
Análisis rápido	Entradas	Decisión de inicio del proceso
	Actividades	a. Identificación de las necesidades de la organización y los modelos a armonizar b. Definición de los objetivos de armonización c. Definición de la estrategia general de armonización de los modelos d. Conformación del grupo de trabajo y asignación de Roles
	Salidas	Documento de análisis
Ejecución	Entradas	Salidas de la fase de Análisis rápido
	Actividades	a. Homogenización: <ul style="list-style-type: none"> • Descripción general • Descripción específica: usando la estructura CSPE b. Comparación de CSPE e identificación de PEBI preliminares

		<ul style="list-style-type: none"> c. Integración <ul style="list-style-type: none"> • Definición de PEBI a integrar • Integración de PEBI usando un proceso de mapeo
	Salidas	<ul style="list-style-type: none"> a. Homogenización: <ul style="list-style-type: none"> • Descripción de los modelos • CSPE b. Comparación de CSPE y PEBI preliminares c. Integración <ul style="list-style-type: none"> • PEBlS definitivos • Integración de PEBlS

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis Rápido

Luego de realizar la SLR en la cual no se encontró ningún estudio que realice un mapeo de CMMI-DEV VER. 1.3 y las normas ISO/IEC 33073, se toma la decisión de iniciar el proceso que permita obtener el mapeo, para lo cual se realizan las actividades listadas en la Tabla 12 tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- a. CMMI es un modelo de referencia que mejora las competencias de una organización mediante procesos eficientes y efectivos alcanzando un mayor desempeño de la misma. ISO/IEC 330xx es una familia de normas consecuencia de la revisión de la norma ISO/IEC 15504 (SPICE). La norma ISO/IEC 33073 define un PRM y PAM integrados que cumplen los requisitos de ISO/IEC 33004 y que respaldan el desempeño de una evaluación al proporcionar indicadores de orientación sobre la interpretación de los propósitos y resultados del proceso y los atributos del proceso definidos en ISO/IEC 33020 [39].
- b. De acuerdo con lo anterior, es necesario identificar los procesos definidos en la norma ISO/IEC 33073 correspondientes a las áreas de procesos CMMI-DEV VER. 1.3 seleccionadas para el estudio: “Gestión de decisiones y proveedores” y “Crear una cultura de excelencia”, para establecer asociaciones y discrepancias entre los procesos.
- c. El orden de integración de los modelos será de CMMI-DEV VER 1.3 (Modelo1) hacia ISO/IEC 33073 (Modelo2).
- d. Se conforma el grupo de trabajo integrado por dos personas, una que ocupa el rol de Ejecutor y otra con el rol de Supervisor. El ejecutor es la persona responsable del análisis de modelos, que implementa las técnicas de armonización. Esta persona debe tener habilidades en abstracción, análisis de modelos, y debe ser capaz de relacionar y comparar modelos. El supervisor es la persona responsable de verificar la fiabilidad de los resultados obtenidos para un proyecto de armonización.

3.2. Ejecución

Partiendo del análisis rápido obtenido en el punto anterior y continuando con las actividades definidas en la Tabla 12, se ejecutó la segunda fase de SFramework:

- a. Homogenización: Se realizó una descripción general y una descripción específica para cada uno de los modelos. La descripción general de los modelos se presenta en la Tabla 13.

Tabla 13 Descripción general de los Modelos [40]

Atributo	CMMI-DEV V1.3	ISO/IEC 33073
Emisor	Software Engineering Institute	International Organization for Standardization
Nombre	Capability Maturity Model Integration for Development (CMMI-DEV)	Information technology -Process assessment - Process capability assessment model for quality management (ISO/IEC TS 33073:2017)
Taxonomía de la guía	Colecciones de buenas prácticas	Especificación Técnica
Enfoque	Organizaciones que quieren usar un modelo de referencia para una evaluación de sus procesos de desarrollo. Cualquier persona interesada en la mejora de procesos en un entorno de desarrollo.	Todas las organizaciones
Objetivo(s) de la guía	Proporciona una orientación para aplicar las buenas prácticas CMMI en una organización de desarrollo. Las buenas prácticas del modelo se centran en las actividades para desarrollar productos y servicios de calidad con el fin de cumplir las necesidades de clientes y usuarios finales	Definir un PRM y PAM integrados que cumplen los requisitos de ISO/IEC 33004 y que respaldan el desempeño de una evaluación al proporcionar indicadores de orientación sobre la interpretación de los propósitos y resultados del proceso y los atributos del proceso definidos en ISO/IEC 33020. Proporcionar orientación, sobre la definición, selección y uso de indicadores de evaluación.
Disponibilidad	Es posible obtener una versión de la guía desde el sitio web: https://www.sei.cmu.edu/	Es posible comprar una versión de la guía desde el sitio web: https://www.iso.org
Número de procesos	22 Áreas de Procesos	26 Procesos
Tamaño (número de páginas)	604	298

Para el presente estudio, se consideran solamente las áreas de procesos “Gestión de decisiones y proveedores” y “Crear una cultura de excelencia” del Modelo CMMI DEV VER. 1.3 que se presentan en la Tabla 1 y todos los procesos de ISO/IEC 33073 presentados en la Tabla 2.

La descripción específica nos permite saber si un modelo define los elementos del proceso en comparación con otros modelos usando como base CSPEs. Esta estructura contiene cuatro secciones:

- Sección 1: Descripción (SD). Incluye la categoría de proceso, proceso, actividades y tareas relacionadas;
- Sección 2: Roles y recursos (SRR). Incluye: recursos, herramientas, roles y disciplinas de trabajo definidas para llevar a cabo el desarrollo del proceso, actividades o tareas;
- Sección 3: Control (SC). Relaciona los productos (artefactos, entregables y resultados), objetivos y medidas que sirven como hitos de verificación en la ejecución de una actividad o tarea;
- Sección 4: Información Adicional (SAI). Implica procesos y métodos relacionados necesarios para lograr un propósito.

La Tabla 14 muestra la descripción específica usando CSPE para cada uno de los modelos. Esta comparación permite identificar si un modelo define los elementos del proceso en comparación con otros modelos, tomando como base los elementos del proceso establecidos en la estructura común. Un visto (✓) indica que ese modelo posee el elemento indicado en cada una de las secciones, una equis (X) indica que el modelo no posee el elemento indicado en una determinada sección.

Al analizar uno de los modelos presentados en la Tabla 14, por ejemplo CMMI-DEV VER 1.3, se observa que según los elementos del proceso en la sección SD, la coincidencia será: categoría de procesos (categoría del área de proceso), procesos (propósito, notas de introducción, y metas específicas o genéricas), actividades (prácticas específicas, prácticas genéricas) y tareas (subprácticas).

Tabla 14 Descripción específica usando CSPE [40]

Sección	Elementos	CMMI-DEV VER 1.3	ISO/IEC 33073
Descripción (SD)	SD1. Categoría de procesos	✓	✓
	SD2. Procesos	✓	✓
	SD3. Actividades	✓	✓
	SD4. Tareas	✓	X
Roles y recursos (SRR)	SRR1. Roles	X	X
	SRR2. Herramientas	X	X
Control (SC)	SC1. Artefactos	✓	✓
	SC2. Metas	X	X
	SC2. Métricas	X	X
Información adicional (SIA)	SIA1. Procesos relacionados	✓	X
	SIA2. Métodos	X	X

La Tabla 15 muestra un CSPE para el área de proceso Análisis de decisiones y resolución (DAR) de CMMI-DEV VER 1.3.

Tabla 15 CSPE para el área de proceso DAR de CMMI-DEV VER 1.3

SD1. Categoría de Procesos	Soporte	
SD2. Procesos	ID	DAR
	Nombre	Análisis de decisiones y resolución
	Propósito	El propósito del Análisis de Decisiones y Resolución (DAR) es analizar las posibles decisiones utilizando un proceso de evaluación formal que evalúa las alternativas identificadas, frente a unos criterios establecidos
	Descripción	Notas introductorias
	Objetivo	SG 1 Evaluar las alternativas
SD3. Actividades: SP 1.1 Establecer las guías para el análisis de decisiones		
SD4. Tareas	SC1. Artefactos	
1. Establecer guías para determinar cuándo utilizar un proceso de evaluación formal. 2. Incorporar la utilización de guías en el proceso definido según proceda.	Ejemplos de productos de trabajo 1. Guías de cuándo aplicar un proceso de evaluación formal.	
SD3. Actividades: SP 1.2 Establecer los criterios de evaluación		
1. Definir los criterios para evaluar las soluciones alternativas. 2. Definir el rango y la escala para clasificar los criterios de evaluación. 3. Clasificar los criterios. 4. Evaluar los criterios y su importancia relativa. 5. Evolucionar los criterios de evaluación para mejorar su validez. 6. Documentar el análisis razonado para la selección y el rechazo de los criterios de evaluación.	Ejemplos de productos de trabajo 1. Criterios de evaluación documentados. 2. Clasificaciones de la importancia de los criterios	
SD3. Actividades: SP 1.3 Identificar las soluciones alternativas		
1. Realizar una búsqueda bibliográfica. 2. Identificar otras alternativas a considerar, además de las alternativas que pueden ser proporcionadas con la cuestión. 3. Documentar las alternativas propuestas.	Ejemplos de productos de trabajo 1. Alternativas identificadas.	
SD3. Actividades: SP 1.4 Seleccionar los métodos de evaluación		
1. Seleccionar métodos en base al propósito de analizar una decisión y a la disponibilidad de la información utilizada para dar soporte al método. 2. Seleccionar los métodos de evaluación en base a su capacidad para centrarse en los temas en cuestión, sin estar demasiado influenciados por cuestiones secundarias. 3. Determinar las medidas necesarias para dar soporte al método de evaluación.	Ejemplos de productos de trabajo 1. Métodos de evaluación seleccionados.	
SD3. Actividades: SP 1.5 Evaluar las soluciones alternativas		
1. Evaluar soluciones alternativas propuestas utilizando los criterios de evaluación establecidos y los métodos seleccionados. 2. Evaluar supuestos relacionados con los criterios de evaluación y la evidencia que sustenta las suposiciones. 3. Evaluar si la incertidumbre en los valores de las soluciones alternativas afecta a la evaluación, y tratar estas incertidumbres según proceda.	Ejemplos de productos de trabajo 1. Resultados de la evaluación.	

4. Realizar simulaciones, modelados, prototipos y pilotos, según sea necesario, para ejercitar los criterios y los métodos de evaluación y las soluciones alternativas. 5. Considerar nuevas soluciones alternativas, criterios o métodos si las alternativas propuestas no pasan la prueba; repetir las evaluaciones hasta que las alternativas pasen la prueba. 6. Documentar los resultados de la evaluación.	
SD3. Actividades: SP 1.6 Seleccionar las soluciones	
1. Evaluar los riesgos asociados con la implementación de la solución recomendada. 2. Documentar y comunicar a las partes interesadas relevantes los resultados y el análisis razonado para la solución recomendada.	Ejemplos de productos de trabajo 1. Soluciones recomendadas para tratar las cuestiones significativas
SIA1. Procesos relacionados	Gestión Integrada del Proyecto, Gestión de Riesgos

La Tabla 16 muestra un CSPE para el proceso Gestión de la Comunicación (COM.01) de ISO/IEC 33073. Debido a que la norma ISO/IEC 33073 es un documento protegido por *copyright*, no se puede mostrar de manera completa los CSPE que fueron creados para cada uno de los procesos. El Anexo I contiene todos los CSPE creados para cada modelo.

Tabla 16 CSPE para el proceso COM.01 de ISO/IEC 33073

SD1. Categoría de Procesos	Procesos Comunes	
SD2. Procesos	ID	COM.01
	Nombre	Gestión de la comunicación
	Propósito	Producir productos de información oportunos y precisos para apoyar la comunicación y toma de decisiones.
SD3. Actividades	SC1. Artefactos	
COM.01.BP.1 COM.01.BP.2 COM.01.BP.3 COM.01.BP.4 COM.01.BP.5 COM.01.BP.6	Resultados Entradas Salidas	

- b. Comparación: Se identifican los elementos con posibilidades de integración, que pasan a constituir los PEBIs. El orden de integración es el siguiente: los PEBIs candidatos a integrarse deberán identificarse en los procesos de ISO/IEC 33073 e integrarse con los PEBIs de las áreas de proceso de “Gestión de decisiones y proveedores” y “Crear una cultura de excelencia” del modelo CMMI-DEV VER. 1.3.
- c. Integración: Una vez que se homogenizaron los contenidos de los modelos de referencia mediante CSPEs se definen los PEBIs los contenidos adecuados para

la integración son las actividades de cada una de las áreas de proceso, es decir las prácticas específicas de las áreas de procesos “Gestión de decisiones y proveedores” y “Crear una cultura de excelencia” del modelo CMMI-DEV VER. 1.3 detallados en la Tabla 1 y las prácticas base de los procesos de la norma ISO/IEC 33073 detallados en Tabla 2. La Figura 6 muestra el total de actividades consideradas para la comparación 49 prácticas específicas de los siete procesos de CMMI-DEV VER. 1.3 y 130 prácticas base de los 26 procesos de ISO/IEC 33073.

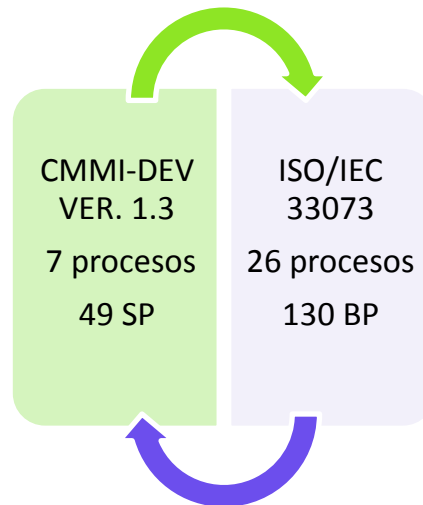


Figura 6 Definición de PEBI para la integración

La Tabla 17 presenta el número de prácticas específicas (SP) de CMMI-DEV VER. 1.3 que se consideraron para este estudio.

Tabla 17 Número de prácticas específicas que se van a comparar

Proceso	Número de SP
DAR	6
SAM	6
OPD	7
PPQA	4
IPM	10
OT	7
OPF	9

La Tabla 18 presenta el número de prácticas base (BP) de ISO/IEC 33073 que se consideraron para este estudio.

Tabla 18 Número de prácticas base que se van a comparar

Proceso	Número de BP
TOP.01	8
COM.01	6
COM.02	7
COM.03	3
COM.04	6
COM.05	3
COM.06	3
COM.07	6
COM.08	8
COM.09	7
COM.10	5
COM.11	6
TEC.01	5
TEC.02	3
TEC.03	3
TEC.04	2
TEC.05	6
TEC.06	7
TEC.07	4
TEC.08	4
TEC.09	6
TEC.10	4
TEC.11	4
ORG.01	4
ORG.02	6
ORG.03	6

Para la integración los PEBIs del Modelo2 se asignan a los componentes CSPEs del Modelo1, como se detalla a continuación:

- i. Mapeo 1:1 para los PEBIs que se ajustan a un solo componente.
- ii. Mapeo 1:n para los PEBIs que se ajustan a más de un componente.
- iii. Si el PEBI abarca un proceso completo del Modelo1, se asigna el proceso del Modelo2 respectivo.

- iv. Si a, b y c no se cumplen, entonces el Modelo1 no cubre el PEBI, en cuyo caso, se asigna al proceso más cercano o se crea un nuevo proceso. El PEBI se etiqueta como complemento.

En este sentido, el análisis se centró en estudiar cómo las prácticas específicas de los procesos de CMMI-DEV V 1.3 descritos en la Tabla 1 abordan (o no abordan) de alguna manera ciertos aspectos de las prácticas base de los procesos de ISO/IEC 33073 descritos en la Tabla 2.

La Tabla 19 presenta un ejemplo de mapeo entre los procesos de Formación en la Organización (OT) de CMMI-DEV VER. 1.3 y Gestión de Recursos Humanos (COM.03) de ISO/IEC 33073, las celdas marcadas con un visto (✓) corresponden a las relaciones establecidas entre las prácticas específicas de CMMI-DEV 1.3 y las prácticas base de ISO/IEC 33073. Las celdas marcadas con una equis (X) indican que no se encontró una relación.






Tabla 19 Mapeo entre OT de CMMI-DEV VER. 1.3 y COM.03 de ISO/IEC 33073

CMMI-DEV V1.3	ISO/IEC 33073		
	COM.03 Gestión de Recursos Humanos		
OT Formación en la Organización	COM.03.BP.1	COM.03.BP.2	COM.03.BP.3
SP 1.1 Establecer y mantener las necesidades estratégicas de formación de la organización	✓	✓	X
SP 1.2 Determinar qué necesidades de formación son responsabilidad de la organización	✓	✓	X
SP 1.3 Establecer un plan táctico de formación en la organización	X	✓	X
SP 1.4 Establecer una capacidad de formación	X	X	X
SP 2.1 Impartir la formación	X	✓	X
SP 2.2 Establecer los registros de formación	X	X	X
SP 2.3 Evaluar la eficacia de la formación	X	X	X

3.3. Discusión

Para encontrar el grado de relación y cumplimiento (F), se divide la cantidad de elementos de proceso en los que se ha encontrado una relación entre los dos modelos por la cantidad total de elementos de uno de los procesos. Para expresar el grado de relación entre los modelos seleccionados se usó una escala discreta la misma que se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20 Escala de comparación [40]

Acrónimo	Descripción	Porcentaje	Color
N	No relacionado	0%	Blanco 
W	Débilmente relacionado	1% a 15%	Rojo 
P	Parcialmente relacionado	16% a 50%	Verde 
L	Ampliamente relacionado	51% a 85%	Púrpura 
S	Fuertemente relacionado	86% a 100%	Celeste 

Con estas consideraciones y analizando los procesos presentados en la Tabla 19, la F encontrada muestra que cuatro prácticas específicas de CMMI-DEV V1.3 respaldan a dos de tres prácticas base de ISO/IEC 33073. Por lo tanto, el área de proceso OT tiene un cumplimiento del 66,67% con respecto al proceso COM.03 de ISO/IEC 33073. Es decir estos procesos están en gran parte relacionados. En la Tabla 21 se presenta el porcentaje de relación encontrado para cada uno de los procesos y la Tabla 22 presenta el grado de relación y cumplimiento de los procesos de acuerdo a la escala definida. El Anexo II presenta el mapeo realizado.

Tabla 21 Porcentaje de relación CMMI-DEV VER. 1.3 e ISO/IEC 33073

	COM.01	COM.02	COM.03	COM.04	COM.05	COM.06	COM.07	COM.08	COM.09	COM.10	COM.11	ORG.01	ORG.02	ORG.03	TEC.01	TEC.02	TEC.03	TEC.04	TEC.05	TEC.06	TEC.07	TEC.08	TEC.09	TEC.10	TEC.11	TOP.01
DAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SAM	16,7	14,3	0	0	0	0	0	12,5	25,6	0	0	0	0	66,7	0	0	0	0	0	0	0	0	16,67	0	25	12,5
IPM	16,7	0	0	0	0	0	0	50	42,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPD	0	0	0	0	0	0	0	87,5	28,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
OPF	0	14,3	0	80	0	66,7	0	37,5	57,14	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	25	25
OT	0	14,3	66,7	0	0	0	0	0	14,29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,5
PPQA	0	28,6	0	0	0	33,3	100	50	28,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16,67	42,9	0	50	25	25	50	12,5

Tabla 22 Grado de relación entre CMMI-DEV VER. 1.3 e ISO/IEC 33073

	COM.01	COM.02	COM.03	COM.04	COM.05	COM.06	COM.07	COM.08	COM.09	COM.10	COM.11	ORG.01	ORG.02	ORG.03	TEC.01	TEC.02	TEC.03	TEC.04	TEC.05	TEC.06	TEC.07	TEC.08	TEC.09	TEC.10	TEC.11	TOP.01
DAR	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
SAM	P	W	N	N	N	N	N	W	P	N	N	N	N	L	N	N	N	N	N	N	N	N	P	N	P	W
IPM	P	N	N	N	N	N	N	P	P	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
OPD	N	N	N	N	N	N	N	S	P	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P
OPF	N	W	N	L	N	L	N	P	L	P	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	P	P	P
OT	N	W	L	N	N	N	N	N	W	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	N	N	W
PPQA	N	P	N	N	N	P	S	P	P	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	P	N	P	P	P	P	W

De acuerdo a la direccionalidad de la comparación, el resultado de las comparaciones fue una relación de uno a muchos. De las 182 relaciones que pueden haber existido entre los procesos de cada modelo, 143 de las relaciones se clasificaron como N. Es decir, el 78,57% no están relacionadas de ninguna manera, y 39 están relacionadas, es decir el 21,43%. Esto significa que dentro del 21,43% en el que se identificó cierta correspondencia, el 1,10% (2) corresponde a relaciones fuertemente relacionadas, el 2,75% (5) corresponde a relaciones ampliamente relacionadas, el 13,19% (24) corresponde a relaciones parcialmente relacionadas y el 4,40% (8) a relaciones débilmente relacionadas. La Figura 7 muestra el número de relaciones encontradas entre los procesos de CMMI-DEV 1.3 y los procesos ISO/IEC 33073.

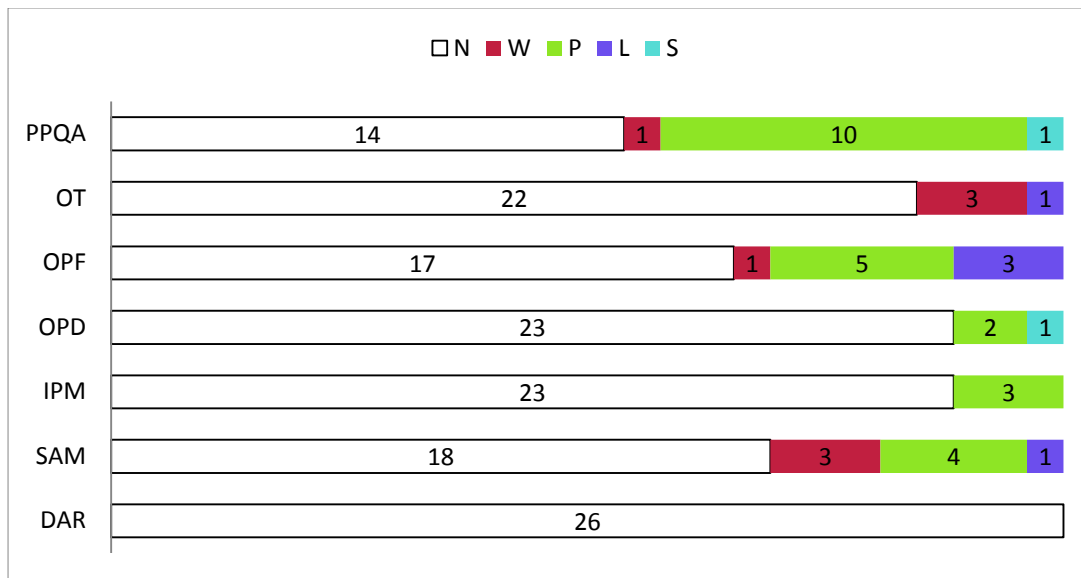


Figura 7 Relación entre procesos de CMMI-DEV 1.3 e ISO/IEC 33073

PPQA es el proceso que tiene correspondencia con prácticas base de 12 procesos de ISO/IEC 33073, OPF tiene correspondencia con nueve procesos, SAM tiene correspondencia con ocho procesos, OT corresponde con cuatro procesos, IMP y OPD tienen correspondencia con tres procesos. DAR es el único proceso de CMMI-DEV VER. 1.3 para el cual no existe correspondencia con ninguna práctica base de ISO/IEC 33073. La Tabla 23 presenta la información de los procesos de CMM-DEV VER. 1.3 que se relacionan con los procesos de ISOIEC 22073.

Tabla 23 Procesos de CMMI-DEV VER. 1.3 que se relacionan con procesos de ISO/IEC 33073.

	W	P	L	S
DAR	N/A	N/A	N/A	N/A
SAM	COM.02 COM.08 TOP.01	COM.01 COM.09 TEC.09 TEC.11	ORG.03	N/A
IPM	N/A	COM.01 COM.08 COM.09	N/A	N/A
OPD	N/A	COM.09 TOP.01	N/A	COM.08
OPF	COM.02	COM.08 COM.09 COM.10 TEC.10 TEC.11 TOP.01	COM.04 COM.06	N/A
OT	COM.02 TOP.01	COM.09	COM.03	N/A
PPQA	TOP.01	COM.02 COM.06 COM.08 COM.09 TEC.05 TEC.06 TEC.08 TEC.09 TEC.10 TEC.11	N/A	COM.07

4. CONCLUSIONES

4.1. Conclusiones

- La SLR permitió identificar las propuestas de diferentes autores para lograr la armonización de modelos de calidad para el desarrollo de software. Estas propuestas incluían soporte metodológico, conceptual, y diferentes herramientas para realizar una comparación de los modelos, y su posterior armonización. La SLR también, permitió respaldar la necesidad del presente trabajo debido a que no existe un estudio publicado con el objetivo de comparar las áreas de procesos de “Gestión de decisiones y proveedores” y “Crear una cultura de excelencia” de CMMI-DEV V1.3 y los procesos de ISO/IEC 33073.
- Mediante la descripción específica proporcionada en SFramework se puede definir una terminología común de elementos de proceso entre los modelos seleccionados para la comparación. Adicionalmente la descripción específica permite identificar como un modelo se puede complementar con otro en términos de sus elementos de proceso.
- Mediante la descripción específica de los modelos a comparar, se identificaron los elementos que fueron usados para el mapeo: las prácticas específicas de los procesos de CMMI-DEV VER. 1.3 y las prácticas base de los procesos definidos en ISO/IEC 33073.
- Se identificaron 17 procesos definidos en la norma ISO/IEC 33073 que presentan correspondencia con los siete procesos de CMMI-DEV VER. 1.3 analizados en este trabajo, estos procesos son: COM.01 Gestión de la comunicación, COM.02 Gestión de la documentación, COM.03 Gestión de recursos humanos, COM.04 Mejora, COM.06 Revisión de la gestión, COM.07 Gestión de no conformidades, COM.08 Planificación operacional, COM.09 Implementación y control operacional, COM.10 Evaluación del desempeño, TEC.05 Planificación de producto/servicio, TEC.06 Cuarentena de producto/servicio, TEC.08 Revisión de producto/servicio, TEC.09 Suministro de producto/servicio, TEC.10 Validación de producto/servicio, TEC.11 Verificación de producto/servicio, ORG.03 Gestión de proveedores, TOP.01 Liderazgo.
- Se identificaron 39 asociaciones entre los procesos de CMMI-DEV VER 1.3 e ISO/IEC 33073. Con la escala de comparación utilizada se estableció el grado de relación, encontrando que existen dos asociaciones fuertemente

relacionadas, cinco asociaciones relacionadas ampliamente, 24 asociaciones parcialmente relacionadas y ocho asociaciones débilmente relacionadas.

- Cuando un proceso de CMMI-DEV VER. 1.3 se encuentra fuertemente relacionado con un proceso del otro modelo, no significa que los procesos sean idénticos, sino que las actividades analizadas tienen una correspondencia entre sí.
- Mediante el mapeo realizado entre CMMI-DEV VER. 1.3 e ISO/IEC 33073 las organizaciones pueden obtener una guía para ir de la certificación CMMI a ISO/IEC33073 o viceversa.
- La mapeo realizado en este proyecto, es una base para que se ejecute la última fase de SFramework la combinación. La salida de esta fase será un documento que consolide los dos modelos.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda ejecutar la fase de combinación incluida en la metodología SFramework. Esto permitirá definir un nuevo documento que tenga como base los resultados de la fase de integración, y permita unificar las relaciones encontradas con los procesos y complementar las no correspondencias, de manera que consolide las prácticas base y prácticas específicas de los modelos.
- Se recomienda continuar el mapeo considerando las áreas de proceso de CMMI que, debido al alcance del trabajo, no fueron tomadas en cuenta en el presente proyecto.
- Se recomienda realizar más mapeos similares que sirvan de guía para establecer una relación entre varios modelos, por ejemplo CMMI-DEV e ISO 9001 lo que será de utilidad para las empresas que quisieran obtener certificaciones.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. Peixoto, G. Mateus, and R. Resende, "The Issues of Solving Staffing and Scheduling Problems in Software," in *2014 IEEE 38th Annual Computer Software and Applications Conference*, Vasteras, 2014, pp. 1-10.
- [2] M. A. T. Almomani, S. Basri, A. K. B. Mahmood, and A. O. Bajeh, "Software Development Practices and Problems in Malaysian Small and Medium Software Enterprises: A Pilot Study," in *2015 5th International Conference on IT Convergence and Security (ICITCS)*, Kuala Lumpur, 2015, pp. 1-5.
- [3] B. Kitchenham, "Procedures for Performing Systematic Reviews," Keele University, UK, Technical Report 1353-7776, 2004.
- [4] S. Pourmirza, S. Peters, R. Dijkman, and P. Grefen, "A systematic literature review on the architecture of business process management systems," *Information Systems*, vol. 66, pp. 43-58, 2017.
- [5] B. Kitchenham, E. Mendes, and G. H. Travassos, "Cross versus Within-Company Cost Estimation Studies: A Systematic Review," *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 33, no. 5, pp. 316-329, 2007.
- [6] A. Tarhan and G. Giray, "On the Use of Ontologies in Software Process Assessment:," in *Proceedings of the 21st International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, Karlskrona, Sweden, 2017, pp. 2-11.
- [7] H. Rahmani, A. Sami, and A. Khalili, "CIP-UQIM: A unified model for quality improvement in software SME's based on CMMI level 2 and 3," *Information and Software Technology*, vol. 71, pp. 27-57, 2016.
- [8] Z. Karaffy and K. Balla, "Applying Text Analyses and Data Mining to Support Process Oriented Multimodel Approaches," in *Systems, Software and Services Process Improvement. 22nd European Conference, EuroSPI 2015*, vol. 1, Ankara, Turkey, 2015, pp. 180-189.
- [9] R. Eito-Brun, "Mapping of improvement models as a risk reduction strategy: a theoretical comparison for the aerospace industry," *Innovations in Systems and Software Engineering*, vol. 10, no. 4, pp. 283–295, 2014.

- [10] S. Peldzius and S. Ragaisis, "Usage of Multiple Process Assessment Models," in *Software Process Improvement and Capability Determination. 13th International Conference, SPICE 2013*, vol. 349, Bremen, Germany, 2013, pp. 223-234.
- [11] R. Eito-Brun, "Comparing SPiCE for Space (S4S) and CMMI-DEV: Identifying Sources of Risk from Improvement Models," in *Software Process Improvement and Capability Determination. 13th International Conference, SPICE 2013*, Bremen, Germany, 2013, pp. 84-94.
- [12] S. Peldzius and S. Ragaisis, "Framework for Usage of Multiple Software Process Models," in *Software Process Improvement and Capability Determination. SPICE 2012*, vol. 290, Palma, Spain, 2012, pp. 210-221.
- [13] G. García-Mireles, M. Moraga, F. García, and M. Piattini, "Towards the Harmonization of Process and Product Oriented Software Quality Approaches," in *Systems, Software and Services Process Improvement. 19th European Conference, EuroSPI 2012*, Vienna, Austria, 2012, pp. 133-144.
- [14] A. Rahman, S. Sahibuddin, and S. Ibrahim, "A Taxonomy Analysis for Multi-Model Process Improvement from The Context of Software Engineering Processes and Services," *International Journal of Digital Content Technology and its Applications (JDCTA)*, vol. 22, no. 6, pp. 56-65, 2012.
- [15] L. Buglione, R. Hauck, J. Rossa Hauck, and C. Gresse von Wangenheim, "FIRST: Common-Sense Process Scopes for Starting a Process Improvement Program," in *Software Process Improvement and Capability Determination. 12th International Conference, SPICE 2012*, Palma de Mallorca, Spain, 2012, pp. 186-197.
- [16] G. Grambow, R. Oberhauser, and M. Reichert, "Towards Automated Process Assessment in Software Engineering," in *7th Int'l Conf on Software Engineering Advances. ICSEA'12*, Lisbon, Portugal, 2012, pp. 289-295.
- [17] T. Rout, A. Tuffley, and B. Cahill, "CMMI Evaluation: Capability Maturity Model Integration Mapping to ISO/IEC 15504-2:1998," Griffith, Brisbane, 2001.
- [18] S. Peldzius and S. Ragaisis, "Investigation Correspondence between CMMI-DEV and ISO/IEC 15504," *International Journal of Education and Information Technologies*, vol. 5, no. 4, pp. 361–368, 2011.

- [19] T. Rout and A. Tuffley, "Harmonizing ISO/IEC 15504 and CMMI," *Software Process: Improvement and Practice*, vol. 12, no. 4, pp. 361--371, 2007.
- [20] C. Pardo, F. Pino, F. García, M. Piattini, and M. Baldassarre, "An ontology for the harmonization of multiple standards and models," *Computer Standards & Interfaces*, vol. 34, no. 1, pp. 48-59, 2012.
- [21] C. Pardo et al., "Homogenization, Comparison and Integration: A Harmonizing Strategy for the Unification of Multi-models in the Banking Sector," in *Product-Focused Software Process Improvement. 12th International Conference, PROFES 2011*, Torre Canne, 2011, pp. 59-72.
- [22] C. Pardo, F. Pino, F. García, M. Piattini, and M. Baldassarre, "Trends in Harmonization of Multiple Reference Models," in *Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering. 5th International Conference, ENASE 2010*, Athens, Greece, 2010, pp. 61-73.
- [23] Z. Kelemen, R. Kusters, and J. Trienekens, "Identifying criteria for multimodel software process improvement solutions – based on a review of current problems and initiatives," *Journal of Software: Evolution and Process*, vol. 24, no. 8, pp. 895-909, 2012.
- [24] C. Pardo et al., "HProcessTOOL: A Support Tool in the Harmonization of Multiple Reference Models," in *Computational Science and Its Applications - ICCSA 2011. International Conference*, vol. 6786, Santander, Spain, 2011, pp. 370–382.
- [25] N. Ehsan, A. Perwaiz, J. Arif, E. Mirza, and A. Ishaque, "CMMI/SPICE based process improvement," in *2010 IEEE International Conference on Management of Innovation & Technology*, Singapore, 2010, pp. 859-862.
- [26] K. El Emam and D. Goldenson, "An Empirical Review of Software Process Assessments," *Advances in Computers*, vol. 53, pp. 319-423, 2000.
- [27] C. Pardo, F. Pino, F. García, M. Piattini, and M. Baldassarre, "A process for driving the harmonization of models," in *Proceedings of the 11th International Conference on Product Focused Software*, Limerick, Ireland, 2011, pp. 51-54.
- [28] S. Peldzius and S. Ragaisis, "Comparison of Maturity Levels in CMMI-DEV and ISO/IEC 15504," in *Proceedings of the 2011 American Conference on Applied*

Mathematics and the 5th WSEAS International Conference on Computer Engineering and Applications, Puerto Morelos, Mexico, 2011, pp. 117-122.

- [29] F. Pino, M. Baldassarre, M. Piattini, and G. Visaggio, "Harmonizing maturity levels from CMMI-DEV and ISO-IEC 15504," *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice*, vol. 22, no. 4, pp. 279-296, 2009.
- [30] H. De Moura and C. Gomes de Gusmão, "ISO, CMMI and PMBOK Risk Management: a Comparative Analysis," *The International Journal of Applied Management and Technology*, vol. 1, no. 1, pp. 65-76, 2003.
- [31] T. Rout, K. El Emam, M. Fusani, D. Goldenson, and Ho-Won Jung, "SPICE in retrospect: Developing a standard for process assessment," *Journal of Systems and Software*, vol. 80, no. 9, pp. 1483-1493, 2007.
- [32] S. Hwang, "Process Quality Levels of ISO/IEC 15504, CMMI and K-model," *International Journal of Software Engineering and its Applications*, vol. 3, no. 1, pp. 33-42, 2009.
- [33] G. Grambow, R. Oberhauser, and M. Reichert, "Automated Software Engineering Process Assessment: Supporting Diverse Models using an Ontology," in *Int'l Journal on Advances in Software 6*, 2013, pp. 213-224.
- [34] L. Liao, Y. Qu, and HKN Leung, "A Software Process Ontology and Its Application," in *Semantic Web Enabled Software Engineering*. Germany, 2005, pp. 1-10.
- [35] L. Liao, Y. Qu, and HKN. Leung, "An ontology-based approach to express software processes," in *ISFST 2005*, China, 2005.
- [36] VDA QMC, *Automotive Spice Process Assessment Model, Process assessment using Automotive Spice in the development of software based system.*, Primera ed., 2008.
- [37] C. Montenegro, R. Fonseca, and A. Larco, "IT process improvement: Developing an agile model using the DSR approach," in *2016 International Conference on Software Process Improvement (CIMPS)*, Aguascalientes, 2017, pp. 1-7.
- [38] C. Pardo, F. Pino, F. García, and M. Piattini, "Identifying Methods and Techniques

for the Harmonization of Multiple Process Reference Models," *DYNA*, vol. 79, no. 172, pp. 85-93, 2012.

[39] International Organization for Standardization. (2018, Febrero) [Online]. <https://www.iso.org/standard/55164.html>

[40] C. Pardo, "A Framework to Support the Harmonization between Multiple Models and Standards," Institute of Information Technologies & Systems University of Castilla-La Mancha, Ciudad Real, Tesis Doctoral 2012.

6. ANEXOS

Los anexos I y II se encuentran en el CD digital que se encuentra en el trabajo de titulación y contienen la siguiente información:

6.1. Anexo I CSPE de los procesos analizados

6.2. Anexo II Mapeo entre CMMI-DEV VER 1.3 e ISO/IEC

3073