

# Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo



## ESCUELA DE POSTGRADO

### Programa de Maestría en Ingeniería de Sistemas con mención en Gerencia de Tecnologías de la Información y Gestión del Software

---



#### TESIS

Para optar el Grado Académico de Maestro en Ingeniería de Sistemas con  
Mención en Gerencia de Tecnologías de la Información y Gestión del  
Software

#### TITULO DE LA TESIS:

Análisis comparativo de la complejidad cognitiva de la gestión de  
proyectos de desarrollo de software en ISO/IEC 29110-5-1-2 y la guía de  
gestión de proyectos del PMI

#### PRESENTADO POR

EDINSON JUAN DAMIAN ACOSTA

#### ASESOR

ABRAHAM ELISEO DÁVILA RAMÓN

Febrero, 2021

Lambayeque – Perú.

Análisis comparativo de la complejidad cognitiva de la gestión de  
proyectos de desarrollo de software en ISO/IEC 29110-5-1-2 y la guía de  
gestión de proyectos del PMI

---

EDINSON JUAN DAMIAN ACOSTA  
AUTOR

---

Mg. ABRAHAM ELISEO DAVILA RAMON  
ASESOR

Presentada a la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo para optar el  
Grado Académico de Maestro en Ingeniería de Sistemas con Mención en Gerencia de  
Tecnologías de la Información y Gestión del Software

Aprobador por:

---

Dr. ERNESTO KARLO CELI AREVALO  
Presidente

---

Dr. LUIS ALBERTO DAVILA HURTADO  
Secretario

---

Mg. JESUS BERNARDO OLAVARRIA PAZ  
Vocal

Febrero, 2021

 <b>UNPRG</b> <small>UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO</small>	<b>ESCUELA DE POSGRADO</b> <i>M. Sc. Francis Villena Rodríguez</i>	Versión:	01
		Fecha de Aprobación	29-8-2020
<b>UNIDAD DE INVESTIGACION</b>	<b><u>FORMATO DE ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS</u></b>	Pág. 1 de 3	

### ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

Siendo las 10:30 a.m. del día miércoles 10 de febrero de 2021, se dio inicio a la Sustentación Virtual de Tesis soportado por el sistema Blackboard Ultra, preparado y controlado por la Unidad de Tele Educación de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque, con la participación en la Video Conferencia de los miembros del Jurado, nombrados con Resolución N°1579-2019-EPG, de fecha 08 de noviembre de 2019, conformado por:

Dr. ERNESTO KARLO CELI AREVALO	Presidente
Dr. LUIS ALBERTO DAVILA HURTADO	Secretario
Mg. JESUS BERNARDO OLAVARRIA PAZ	Vocal
Mg. ABRAHAM ELISEO DAVILA RAMON	Asesor

Para evaluar el informe de tesis del tesista EDINSON JUAN DAMIAN ACOSTA, candidato a optar el grado de MAESTRO EN INGENIERIA DE SISTEMAS CON MENCIÓN EN GERENCIA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y GESTIÓN DEL SOFTWARE con la tesis titulada "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA COMPLEJIDAD COGNITIVA DE LA GESTIÓN DE PROYECTO EN EL DESARROLLO DE SOFTWARE EN LA ISO/TEC 29110-5-1-2 Y LA GUIA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS DEL PMI".

El Sr. Presidente, después de transmitir el saludo a todos los participantes en la Video Conferencia de la Sustentación Virtual ordenó la lectura de la Resolución N°059-2021- EPG de fecha 03 de febrero de 2021 que autoriza la Sustentación Virtual del Informe de Tesis correspondiente, luego de lo cual autorizó al candidato a efectuar la Sustentación Virtual, otorgándole 25 minutos de tiempo y autorizando también compartir su pantalla.

Culminada la exposición del candidato, se procedió a la intervención de los miembros del jurado, exponiendo sus opiniones y observaciones correspondientes, posteriormente se realizaron las preguntas al candidato.

Culminadas las preguntas y respuestas, el Sr. Presidente, autorizó el pase de los miembros del Jurado a la sala de video conferencia reservada para el debate sobre la Sustentación Virtual del Informe de tesis realizada por el candidato, evaluando en base a la rúbrica de sustentación y determinando el resultado total de la tesis con 17 puntos, equivalente a Bueno.

<b>Formato :</b> Físico/Digital	<b>Ubicación :</b> UI- EPG - UNPRG	<b>Actualización:</b>
---------------------------------	------------------------------------	-----------------------

 <b>UNPRG</b> <small>UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO</small>	<b>ESCUELA DE POSGRADO</b> <i>M.Sc. Francis Villena Rodríguez</i>	Versión:	01
		Fecha de Aprobación	29-8-2020
UNIDAD DE INVESTIGACION	<b><u>FORMATO DE ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS</u></b>	Pág. 2 de 3	

quedando el candidato apto para optar el Grado de MAESTRO EN INGENIERIA DE SISTEMAS CON MENCIÓN EN GERENCIA DE TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION Y GESTION DEL SOFTWARE.

Se retornó a la Video Conferencia de Sustentación Virtual, se dio a conocer el resultado, dando lectura del acta y se culminó con los actos finales en la Video Conferencia de Sustentación Virtual.

Siendo las 11:35 am se dio por concluido el acto de Sustentación Virtual.



**PRESIDENTE**



**SECRETARIO**



**VOCAL**

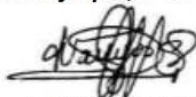


**ASESOR**

**En el Acta de Sustentación se evidencia el proceso de sustentación de tesis. La misma que ha sido refrendada por el jurado conformado por presidente, secretario y vocal, más no, se registra la firma del asesor, cuya labor efectiva es durante el proceso de elaboración de tesis y su presencia en el acto de sustentación de la tesis es voluntaria. Por lo tanto, su ausencia no invalida el acto de sustentación.**

**El/la sustentante cumple con los requisitos para la emisión de su grado académico correspondiente.**

**Lambayeque, 17 de febrero de 2021**



**Dra. TOMASA VALLEJOS SOSA**  
Directora (e) EPG




**Dr. LUIS JAIME COLLANTES SANTISTEBAN**  
Director Académico

**NOTA:** La existencia del acta en los archivos de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo; ha sido verificada por la Sra. Gloria Luisa Carranza Velásquez, quien con su firma da fe de lo mencionado.

  
 Lic. Gloria Luisa Carranza Velásquez  
 Personal Administrativo

Formato : Físico/Digital	Ubicación : UI- EPG - UNPRG	Actualización:
--------------------------	-----------------------------	----------------

## CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, ABRAHAM ELISEO DÁVILA RAMÓN, Asesor de tesis del estudiante, EDINSON JUAN DAMIAN ACOSTA:

Titulada: **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA COMPLEJIDAD COGNITIVA DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE DESARROLLO DE SOFTWARE EN ISO/IEC 29110-5-1-2 Y LA GUÍA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DEL PMI.**

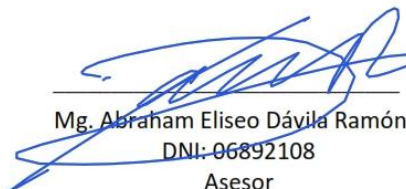
luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud de 16% verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque, 27 de noviembre del 2020



Ing. Edinson Juan Damian Acosta  
DNI: 45320436  
Tesisista



Mg. Abraham Eliseo Dávila Ramón  
DNI: 06892108  
Asesor

Se adjunta:

Resumen del Reporte (Con porcentaje y parámetros de configuración)

Recibo digital

## Dedicatoria

Dedico este trabajo principalmente a Dios, dador de vida y la Virgen de Guadalupe que me dio fuerzas para poder continuar con todo este proceso educativo. De igual manera dedico con todo mi corazón mi tesis a mi madre María Luisa, pues sin ella no lo habría logrado. Tu bendición a diario a lo largo de mi vida me ha llevado por el camino del bien. Por eso te doy mi trabajo en ofrenda por tu paciencia y amor de madre, te amo.

También se lo dedico a mi papá en el cielo que en paz descanse quien siempre se sintió muy orgulloso de mi, bendiciendo mis días al verme un gran profesional.

Y a mis hermanos: Jhonnatan Roy, Jessica Lisseth, Richard Jaime, Cinthia Elizabeth y Angie Arleth por apoyo incondicional en los tiempos malos y buenos.

Terminar este proyecto no ha sido fácil, pero gracias al apoyo de mis amigos Nedher Sanchez y Juan Casavilca quienes siempre estuvieron escuchándome para aclarar mis ideas y llegar a culminar esta Tesis.

## Agradecimiento

Al Mg. Abraham Dávila por su valioso asesoramiento. Durante la realización de esta investigación, usted ha sido mi guía y ejemplo. Es cierto no ha sido nada fácil, pero gracias a su ayuda, se ha logrado resultados mejores de lo que me esperaba y el desarrollo de este excelente trabajo se lo debo a usted.

A los docentes de la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo” por compartir sus conocimientos y lograr así mi desarrollo académico.



## **Reconocimiento**

Este proyecto de tesis se ha desarrollado en el marco de convenio de RPU, en el Grupo de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Software (GIDIS) de la Pontificia Universidad Católica del Perú, entre agosto del 2018 hasta julio 2019.



## ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN .....	1
1.1 Síntesis de la situación problemática .....	1
1.2 Formulación del problema de investigación .....	2
1.3 Objetivos de la investigación .....	2
1.4 Justificación de la investigación .....	2
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO .....	3
2.1 Antecedentes de la investigación .....	3
2.2 Fundamento teórico .....	3
2.2.1 Modelo de calidad para metodologías de desarrollo de software .....	3
2.2.2 Métricas de complejidad para métodos y técnicas de desarrollo de sistemas.....	10
2.2.3 Marco de trabajo para el modelado y evaluación de procesos software. ....	11
2.2.4 Gestión de proyecto de la ISO/IEC 29110-5-1-2 .....	13
2.2.5 Gestión de proyectos según PMBOK.....	16
CAPITULO III: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	21
3.1 Elaboración de las métricas para la medir la complejidad cognitiva .....	21
3.1.1 Complejidad conceptual de las actividades y proceso .....	21
3.1.2 Complejidad de las dependencias por proceso .....	23
3.1.3 Medición de la complejidad de los entregables.....	23
3.1.4 Complejidad cognitiva de la metodología .....	24
3.2 Medición y resultados de la ISO/IEC 29110-5-1-2 y PMBOK .....	25
3.2.1 Medición de la gestión de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2 .....	25
3.2.1.1 Complejidad cognitiva de la ISO/IEC 29110-5-1-2 .....	37
3.2.2 Medición de la gestión de proyectos del PMBOK .....	38
3.2.2.1 Medición de entregables del PMBOK .....	50
3.2.2.2 Complejidad cognitiva del PMBOK.....	52
3.2.3 Comparación de la complejidad cognitiva del proceso de gestión de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2 respecto al PMBOK .....	53
Conclusiones y Recomendaciones .....	54
Referencias Bibliográficas .....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Terminología de la perspectiva de comprensibilidad, adaptado de (Pereplechikov et al., 2013).....	5
Tabla N° 2 Sub características de complejidad cognitiva del producto de trabajo, adaptado de (Pereplechikov et al., 2013). ....	6
Tabla N° 3 Sub características de complejidad cognitiva de la tareas, adaptado de (Pereplechikov et al., 2013). ....	7
Tabla N° 4 Sub características de complejidad cognitiva de la metodología, adaptado de (Pereplechikov et al., 2013). ....	8
Tabla N° 5 Métricas de complejidad, adaptado de (Pereplechikov et al., 2013).....	10
Tabla N° 6 Definición objeto, propiedad, relación y rol, traducido y adaptado de (Rossi & Brinkkemper, 1996) .....	10
Tabla N° 7 Factores de complejidad individual, adaptado de (Rossi & Brinkkemper, 1996).....	11
Tabla N° 8 Métricas para el proceso software, adaptado de (García et al., 2006).....	12
Tabla N° 9 Métricas seleccionadas, adaptado de (García et al., 2006).....	13
Tabla N° 10 Productos de entrada y salida del proceso de gestión de proyectos, adaptada de (ISO/IEC, 2011). ....	15
Tabla N° 11 Áreas de conocimiento del PMBOK.....	16
Tabla N° 12 Correspondencia entre grupos de proceso de inicio y áreas de conocimiento de la dirección de proyectos, adaptado de (PMI, 2017).....	17
Tabla N° 13 Correspondencia entre grupos de procesos de planificación y áreas de conocimiento de la dirección de proyectos, adaptado de (PMI, 2017) .....	17
Tabla N° 14 Correspondencia entre grupos de procesos de ejecución y áreas de conocimiento de la dirección de proyectos, adaptado de (PMI, 2017) .....	19
Tabla N° 15 Correspondencia entre grupos de procesos de monitoreo y control y áreas de conocimiento de la dirección de proyectos, adaptado de (PMI, 2017) .....	20
Tabla N° 16 Correspondencia entre grupos de procesos de monitoreo y control y áreas de conocimiento de la dirección de proyectos, adaptado de (PMI, 2017) .....	20
Tabla N° 17 Métricas de la complejidad conceptual de las actividades y proceso.....	21
Tabla N° 18 Métricas de complejidad de las dependencias por proceso.....	23
Tabla N° 19 Métricas de complejidad estructural del entregable .....	24
Tabla N° 20 Métricas de la complejidad total del proceso. ....	25
Tabla N° 21 Cálculo de la métrica Z1 de la actividad PM.1 planificación de proyecto.....	25
Tabla N° 22 Tareas de planificación de proyecto, adaptada de (ISO/IEC, 2011). ....	26

Tabla N° 23 Resultado de la complejidad conceptual de la actividad PM.1 de planificación de proyecto.....	29
Tabla N° 24 Cálculo de métrica Z1 de la actividad PM.2 ejecución de plan de proyecto .....	29
Tabla N° 25 Tareas de ejecución del Plan de Proyecto, adaptada de (ISO/IEC, 2011).....	29
Tabla N° 26 Resultado de la complejidad conceptual de la actividad PM.2 ejecución de plan de proyecto.....	30
Tabla N° 27 Cálculo de la métrica Z1 de actividad de evaluación y control de plan de proyecto .....	31
Tabla N° 28 Tareas de Evaluación y Control de proyectos, adaptada de (ISO/IEC, 2011). .....	31
Tabla N° 29 Resultado de la complejidad conceptual de la actividad evaluación y control del plan de proyecto. ....	32
Tabla N° 30 Resultados de la complejidad conceptual de la actividad cierre de proyecto. ....	32
Tabla N° 31 Tareas de Cierre de proyecto, adaptada de (ISO/IEC, 2011). ....	33
Tabla N° 32 Resultados de la complejidad conceptual de cada actividad en la gestión de proyecto de la ISO/IEC 29110-5-1-2. ....	33
Tabla N° 33 Resultados de la Complejidad de dependencias de PM.1 de la ISO/IEC 29110-5-1-2.....	34
Tabla N° 34 Resultados de la Complejidad de dependencias de PM.2 de la ISO/IEC 29110-5-1-2.....	34
Tabla N° 35 Resultados de la Complejidad de dependencias de PM.3 de la ISO/IEC 29110-5-1-2.....	35
Tabla N° 36 Resultados de la Complejidad de dependencias de PM.4 de la ISO/IEC 29110-5-1-2.....	35
Tabla N° 37 Resumen de resultados de la Complejidad de dependencias del proceso de gestión de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2. ....	36
Tabla N° 38 Lista de entregable a evaluar de la gestión de proyecto de la ISO/IEC 29110-5-1-2 .....	36
Tabla N° 39 Resumen de resultados de la Complejidad Cognitiva del proceso de gestión de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2.....	37
Tabla N° 40 Resultados de la complejidad cognitiva de la ISO/IEC 29110-5-1-2 .....	38
Tabla N° 41 Entregables del grupo de proceso de inicio del PMBOK.....	38
Tabla N° 42 Número total de dependencias de los entregables con todas las actividades del grupo de procesos de inicio. ....	38
Tabla N° 43 Resultados de la complejidad conceptual del grupo de procesos de inicio.....	39
Tabla N° 44 Entregables del grupo de proceso de inicio del PMBOK.....	39

Tabla N° 45 Número total de dependencias de los entregables con todas las actividades del grupo de procesos de planificación .....	40
Tabla N° 46 Resultado de la complejidad conceptual del grupo de procesos de planificación...	42
Tabla N° 47 Resultado de la complejidad conceptual del grupo de procesos de planificación...	42
Tabla N° 48 Número total de dependencias de los entregables con todas las actividades del grupo de procesos de ejecución.....	43
Tabla N° 49 Resultados de la complejidad conceptual del grupo de procesos de ejecución.....	43
Tabla N° 50 Resultados de la complejidad conceptual del grupo de procesos de ejecución.....	44
Tabla N° 51 Número total de dependencias de los entregables con todas las actividades del grupo de procesos de Monitoreo y control.....	44
Tabla N° 52 Resultados de la complejidad conceptual del grupo de procesos de Monitoreo y Control.....	45
Tabla N° 53 Resultados de la complejidad conceptual del grupo de procesos de Monitoreo y Control.....	45
Tabla N° 54 Número total de dependencias de los entregables con todas las actividades del grupo de procesos de cierre.....	46
Tabla N° 55 Resultado de la complejidad conceptual del grupo de procesos de cierre .....	46
Tabla N° 56 Resultados de la complejidad conceptual del Grupo de Procesos del PMBOK. ....	46
Tabla N° 57 Resultados de la Complejidad de dependencias del gráfico de interacciones del grupo de proceso de Inicio .....	47
Tabla N° 58 Resultados de la Complejidad de dependencias del gráfico de interacciones del grupo de procesos de planificación. ....	48
Tabla N° 59 Resultados de la Complejidad de dependencias del gráfico de interacciones del grupo de procesos de ejecución.....	48
Tabla N° 60 Resultados de la Complejidad de dependencias del gráfico de interacciones del grupo de procesos de monitoreo y control. ....	49
Tabla N° 61 Resultados de la Complejidad de dependencias del gráfico de interacciones del grupo de procesos de cierre.....	49
Tabla N° 62 Resultados de la Complejidad de dependencias del gráfico de interacciones del grupo de procesos de cierre.....	50
Tabla N° 63 Entregables por grupo de proceso basado en un caso de éxito. ....	50
Tabla N° 64 Resultados de la complejidad cognitiva del PMBOK.....	52
Tabla N° 65 Cuadro comparativo de la evaluación de complejidad de la ISO/IEC 29110-5-1-2 con el PMBOK.....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Modelo de calidad para metodologías de desarrollo de software, adaptado de (Pereplechikov et al., 2013). .....	4
Figura N° 2 Proceso de gestión de proyecto, adaptado de (ISO, 2011) .....	14
Figura N° 3 Interacción de la lista de tareas de la actividad PM.1 planificación de proyecto de la ISO/IEC 29110-5-1-2 .....	28
Figura N° 4 Interacción de la lista de tareas de la actividad PM.2 ejecución de plan de proyecto de la ISO/IEC 29110-5-1-2 .....	30
Figura N° 5 Interacción de la lista de tareas de la actividad de evaluación y control de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2 .....	32
Figura N° 6 Interacción de la lista de tareas de la actividad de Cierre de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2.....	33

## RESUMEN

El desarrollo de marcos de trabajo a nivel de procesos ha contribuido en la consolidación de la industria de software. Sin embargo, se ha cuestionado su facilidad de adopción, lo que ha llevado al desarrollo de métricas para evaluar, entre otros aspectos, su complejidad.

En ese contexto, se ha señalado que el proceso de gestión de proyectos descrito en la ISO/IEC 29110-5-1-2 es menos complejo al descrito en la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyecto (Project Management Body of Knowledge) del PMI. En este estudio se valida dicha afirmación, de manera cuantitativa, mediante un análisis comparativo de la complejidad de ambos, utilizando una métrica de complejidad cognitiva, para dicho análisis fue necesario la adaptación e integración de elementos de marcos de medición complementarios. La medición se realizó sobre tres elementos de proceso: entregables, actividades y proceso, de acuerdo al marco final de medición establecido. A partir de lo obtenido, se puede afirmar que la descripción del proceso de gestión de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2 es menos compleja a nivel cognitivo que lo descrito en la Guía del PMI.

**Palabras Clave:** Complejidad Cognitiva, gestión de proyectos, ISO/IEC 29110-5-1-2, PMBOK

## ABSTRACT

The development of process frameworks has contributed to the consolidation of the software industry. However, the difficulty of adopting these frameworks has led to the development of metrics to evaluate, among other aspects, their complexity. In this context, it has been pointed out that the project management process described in ISO/IEC 29110-5-1-2 is less complex than the one described in the Project Management Foundations Guide of PMI. To verify this statement, a comparative analysis of the cognitive complexity was performed. The measurement was applied to the deliverables, activities and process. From the results obtained, that the description of the project management process of ISO/IEC 29110-5-1-2 is less complex at a cognitive level than that described in the PMI Guide.

## KEYWORDS

Cognitive complexity; Project management; ISO/IEC 29110

## INTRODUCCIÓN

Un aspecto relevante para la adopción de modelos de procesos software, en el contexto de la industria de software, es saber si su complejidad es adecuada para la organización. Si bien se han desarrollado estudios sobre la medición de procesos software como (Mitani et al., 2007) (Oliveira et al., 2006)(Slavek et al., 2012)(Ram et al., 2018), ninguno de ellos evalúa la complejidad como tal. En contraste se tiene que: (i) en (Rossi & Brinkkemper, 1996) se introduce el concepto de complejidad conceptual en función de factores de complejidad; (ii) en (Perepletchikov et al., 2013) se propone un modelo jerárquico de la complejidad cognitiva de productos de trabajo, tareas y metodología; y (iii) en (García et al., 2006), se propone métricas relacionadas al proceso software y un marco para el modelado y evaluación de proceso software.

De otro lado, en lo que se refiere a gestión de proyectos en la industria de software del Perú, se tiene al PMBOK (conocidos por sus siglas en inglés PMBOK de Project Management Body of Knowledge) como referente importante y a la nueva ISO/IEC 29110 como una propuesta para pequeñas organizaciones que desarrollan software. La introducción de la ISO/IEC 29110 a partir del 2011, en particular la ISO/IEC 29110-5-1-2 en el 2012 (ISO/IEC, 2016), representa un hito importante en la industria de software pues está pensada para las pequeñas organizaciones como empresas, áreas, grupos de trabajo, etc.). Una de las características de esta Norma es que presenta dos procesos: Implementación de Software y Gestión de Proyecto, de los cuales se afirma que son más adecuados al tamaño de la organización (ISO/IEC, 2011). También se dice que el proceso de Gestión de Proyecto de la Norma es más ligero que una implementación completa de los procesos Project Management Institute (PMI, 2017); pero no se ha encontrado un análisis comparativo u otra evidencia que sustente tal afirmación.

En esta investigación, se analiza de manera comparada, en el contexto de la industria de software, los modelos de gestión de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2 y el PMBOK a partir de la medición de la complejidad cognitiva. En lo que sigue, el documento se organiza de la siguiente manera: en el Capítulo I, se presenta el planteamiento de la investigación; en el Capítulo II, como marco teórico se describen todos los conceptos que serán requeridos para el análisis de la complejidad cognitiva; en el Capítulo III, se realiza el análisis comparativo de la ISO/IEC 29110-5-1-2 y el PMBOK del PMI y finalmente, se presenta las conclusiones y recomendaciones



## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1 Síntesis de la situación problemática**

La sociedad actual reconoce al software como un componente importante en nuestra vida cotidiana (Unctad, 2012). Esta situación ha provocado que en la industria de software se desarrollen propuestas para mejorar la calidad y competitividad (Laporte & O'Connor, 2014).

En una reciente investigación aplicada, en una empresa del eje cafetalero de Colombia, se realizó la construcción de un instrumento basado en el CMMI que compara metodologías ágiles y el proceso de desarrollo de software (Britto, 2016). Este instrumento de comparación cuenta con 5 niveles y cada uno con criterios de prácticas CMMI y metodologías ágiles que permiten calificar y visualizar las fortalezas y debilidades de las metodologías comparadas como instrumento de mejora continua (Britto, 2016).

Por otro lado, (Molina et al., 2018) recolectó criterios y características esenciales de metodologías de desarrollo de software web y mediante un análisis cualitativo de comparación, obtuvo como resultado una metodología con mejores características.

Así mismo, en el trabajo de (Cano et al., 2015) se presenta una revisión sistemática de la literatura de comparación de procesos. En dicho estudio se identifican varias técnicas de comparación entre distintos modelos de proceso, siendo un aspecto común a varios de ellos la descomposición en elementos más pequeños.

Por lo tanto, el análisis comparativo es utilizado para evaluar el grado de adhesión o compatibilidad de una metodología o proceso de desarrollo software frente a otras para facilitar las decisiones. Sin embargo, este tipo de análisis en la bibliografía revisada, no toma en cuenta la complejidad cognitiva de la metodología; que se define, como la carga mental que enfrentan las personas cuando trabajan con construcciones de desarrollo de software, en el contexto de técnicas de modelado utilizadas por profesionales (Briand et al., 1999).

En (Perepletchikov et al., 2013) se ha desarrollado un marco de trabajo analítico para evaluación de metodologías de desarrollo orientados a SOA, que propone un modelo jerárquico de tres perspectivas, siete características y veintidós sub características. En dicho trabajo introduce el concepto de complejidad cognitiva basado en tres niveles de complejidad y basado en producto de trabajo, tareas y metodología.

Por otro lado (Rossi & Brinkkemper, 1996) introduce el concepto de complejidad conceptual como una medida del grado de complejidad que puede representar un modelo. En ese sentido,

la complejidad cognitiva de un proceso, metodología o marco de trabajo representa un dato relevante dentro de la toma de decisión en el momento de definir las estrategias de adopción. En este contexto esta investigación se enfoca en analizar los modelos ISO/IEC 29110-5-1-2 y la Guía de Gestión de Proyectos (PMBOK) del PMI, desde una perspectiva de la complejidad cognitiva.

## **1.2 Formulación del problema de investigación**

¿La complejidad cognitiva de la gestión de proyectos en la ISO/IEC 29110-5-1-2 es menor que la Guía de Gestión de Proyectos del PMI?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **Objetivos Generales**

Realizar un análisis comparativo de la gestión de proyecto entre la ISO/IEC 29110-5-1-2 y la Guía de Gestión de Proyectos del PMI.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar la complejidad cognitiva del proceso de gestión de proyectos en la ISO/IEC 29110-5-1-2.
- Establecer un marco de medición de la complejidad cognitiva.
- Determinar la complejidad cognitiva de la Guía de Gestión de Proyectos del PMI.
- Contrastar la complejidad cognitiva de la gestión de proyectos en ISO/IEC 29110-5-1-2 respecto de la Guía de Gestión de Proyectos del PMI.

## **1.4 Justificación de la investigación**

La adopción de una metodología o marco de trabajo es fundamental para la competitividad de las organizaciones que desarrollan software. Así mismo, la existencia de una diversidad de propuestas de modelos de procesos software (Bayona et al., 2012)(Palomino et al., 2019)(Pedreschi et al., 2007), complica la toma de decisiones para su adopción. Las empresas desarrolladoras de software buscan encontrar modelos de procesos que contribuyan a su modelo de negocio (Cano, Melgar, Dávila, & Pessoa, 2015). Dentro de este contexto, es necesario conocer la complejidad de cada modelo de procesos. Así mismo, existen una amplia investigación de la aplicación de la complejidad en el campo de desarrollo de software como en técnicas de modelo del diseño de software (Batra, 2007)(Erickson & Siau, 2004) o en la calidad del producto software (Dey et al., 2017) (Mustapha et al., 2018), que han permitido obtener, en base a métricas, un valor de la complejidad. Por ello, esta investigación contribuye en determinar la complejidad cognitiva del proceso de gestión de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2 en comparación con la Guía de Gestión de Proyectos del PMI, estableciendo (adoptando, adaptando y definiendo) un conjunto de métricas.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEORICO**

### **2.1 Antecedentes de la investigación**

A la fecha existen algunos estudios que han cubierto la problemática de la complejidad cognitiva en el proceso de desarrollo de software.

En la investigación de (Kushwaha & Misra, 2006), se fundamenta una relación entre la informática cognitiva y el proceso de desarrollo de software orientado a objetos; y se propone un modelo de desarrollo de software cognitivo y una métrica para las diferentes fases del proceso cognitivo del desarrollo de software.

Por otro lado, en la investigación de (Sharma & Kushwaha, 2010), se propone métricas que en base al documento de ingeniería de requisitos del software de la IEEE 830-1998, determina la complejidad del código fuente que se va a producir. Dicho estudio concluye que esta métrica ayuda al profesional de tecnologías de información (TI) en la evaluación de la complejidad del software en las fases iniciales.

Finalmente, otro enfoque de complejidad es la Complejidad Conceptual que fue aplicado en varias investigaciones como: en el método de medición de la complejidad del modelo gestión de casos y notación (Marin et al., 2014); en la evaluación de la eficiencia de proyectos (Cao et al., 2012); en (Erickson & Siau, 2005) donde se desarrolla una medición de complejidad de la técnica UML en la práctica; en (Erickson & Siau, 2007) se destaca la importancia de la complejidad teórica y práctica de un método de desarrollo de sistemas; y, en (Zhang et al., 2007) se realiza una comparación de complejidades entre varios diagramas de UML y un lenguaje de modelado de integración ágil.

### **2.2 Fundamento teórico**

Dado el objetivo de esta investigación, de determinar la complejidad cognitiva, se expone estudios relacionados a la complejidad como: (i) modelo de calidad para metodologías de desarrollo de software (Pereplechikov et al., 2013); (ii) complejidad para métodos y técnicas de desarrollo de software (Rossi & Brinkkemper, 1996); y (iii) un marco para el modelado y evaluación de procesos software (García et al., 2006). Finalmente, esta sección describe el proceso de gestión de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2 y la Guía de Gestión de Proyectos (PMBOK) del PMI.

#### **2.2.1 Modelo de calidad para metodologías de desarrollo de software**

En (Pereplechikov et al., 2013) se presenta el modelo de calidad para metodologías de desarrollo de software jerarquizado en 3 perspectivas, 7 características y 22 sub-características. Este Modelo (Pereplechikov et al., 2013) define (descompone) la complejidad cognitiva desde la perspectiva de artefacto estructurado que contiene una

característica de comprensibilidad y 3 sub característica de complejidad cognitiva, con sus métricas asociadas. Las sub características de la complejidad cognitiva, siguiendo la notación de los autores (Pereplechikov et al., 2013), son: (i) SC.1.1 Complejidad cognitiva del producto de trabajo que presenta 6 métricas; (ii) SC.1.2 Complejidad cognitiva de las tareas que presenta 4 métricas; y (iii) Complejidad cognitiva de la metodología que presenta 14 métricas (ver Tabla 2).

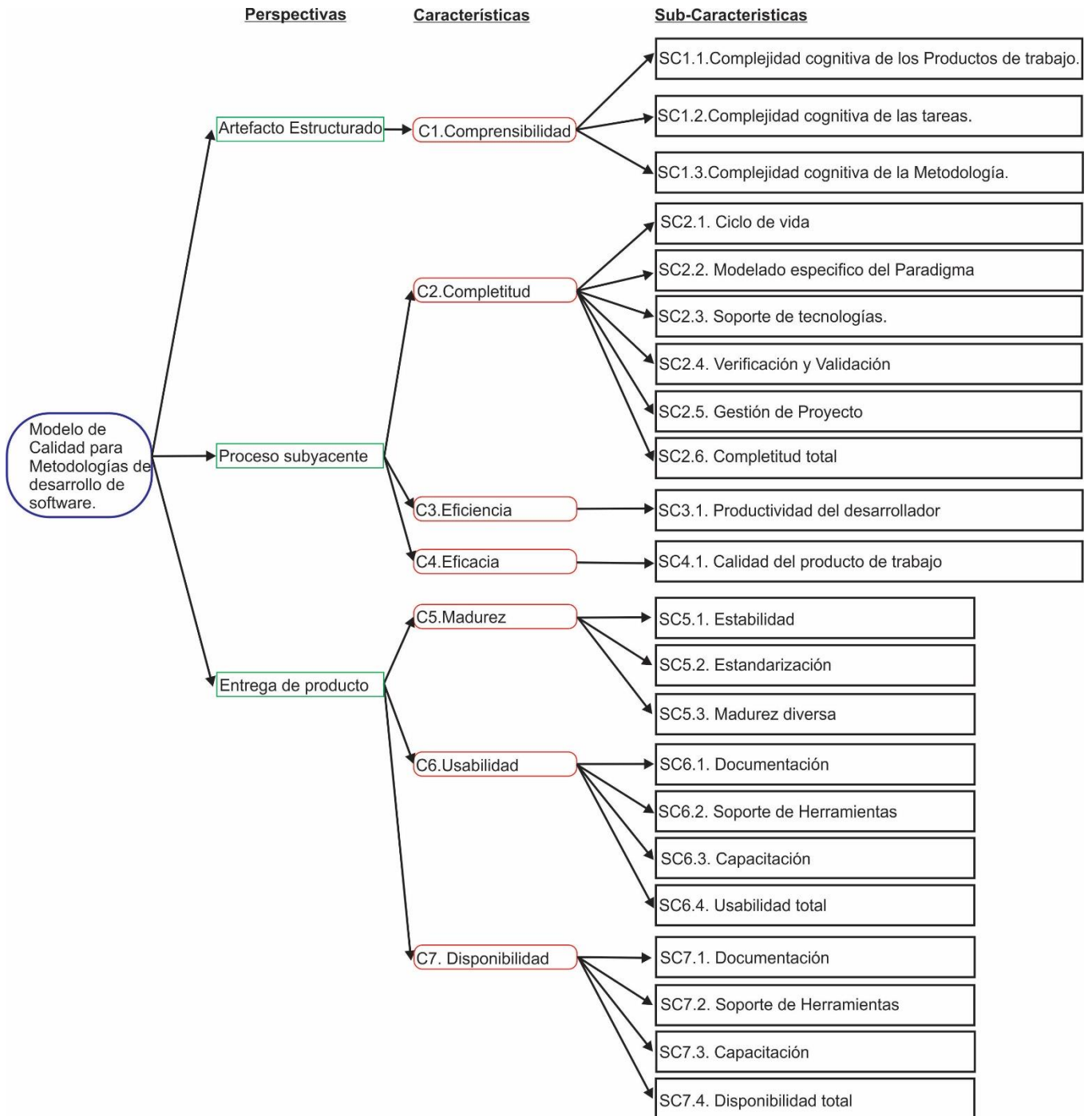


Figura N° 1 Modelo de calidad para metodologías de desarrollo de software, adaptado de (Pereplechikov et al., 2013).

Para tener una mejor comprensión de este Modelo (Pereplechikov et al., 2013), se presenta (ver Tabla1) los términos básicos que dan soporte a esta perspectiva: producto de trabajo, tareas, técnicas y metodología.

Tabla N° 1 Terminología de la perspectiva de comprensibilidad, adaptado de (Pereplechikov et al., 2013)

<b>Terminología</b>	<b>Definición</b>
<b>Metodología de desarrollo</b>	Es un conjunto de fases de ciclo de vida, productos de trabajo, unidades de trabajo y productores de metodología asociada.
<b>Actividad</b>	Es una unidad de trabajo estructural de alto nivel que encapsula un conjunto de tareas.
<b>Tarea</b>	Es una unidad de trabajo de central de metodología de bajo de nivel. Produce, modifica o revisa uno o más productos de trabajo.
<b>Técnica</b>	Es una unidad de trabajo central abstracta. Modela la forma de realizar una tarea. Pueden ser cualitativas y cuantitativas.
<b>Productor</b>	Es un componente central de la metodología que asume un rol para realizar una o varias tareas. Los productores pueden ser una herramienta o una persona para la manipulación del producto de trabajo.
<b>Producto de trabajo</b>	Es un componente central de la metodología que produce, modifica o se revisa durante la realización de un o más tareas. Pueden ser obligatorios u opcionales.

Lo que se estudia en esta investigación es la complejidad cognitiva, por tal razón en lo que sigue se describe, cada métrica de las sub-características del artefacto estructurado.

- **Sub-características SC.1.1 complejidad cognitiva del producto de trabajo.** En la Tabla 2, se definen 6 métricas. La métrica M6 se determina en función de las métricas M1, M2 y M3 para determinar la complejidad conceptual en base a la teoría de (Rossi & Brinkkemper, 1996). Además, los autores señalan que, las métricas M4 y M5 son independientes.

Tabla N° 2 Sub características de complejidad cognitiva del producto de trabajo, adaptado de (Perepletchikov et al., 2013).

Sub-característica	M	Fórmula	Descripción
SC.1.1. Complejidad cognitiva del producto de trabajo.	M1	$n(O)$	Número de tipos de objetos (O) por tipo de producto de trabajo.
	M2	$n(P)$	Número de tipos de propiedades (P) por tipos de productos de trabajo.
	M3	$n(R)$	Número de tipos de relaciones (R) por tipos de productos de trabajo.
	M4	$P_o$	Número promedio de propiedades por tipo de objeto.
	M5	$P_r$	Número promedio de propiedades por relación.
	M6	$C'(M) = \sqrt{n(O)^2 + n(P)^2 + n(R)^2}$	Complejidad conceptual de Metodología (M) por tipo de producto de trabajo.

- **Sub-característica SC.1.2 complejidad cognitiva de las tareas.** En la Tabla 3, se definen 4 métricas independientes entre sí. La métrica M7: interacción básica de tareas (BTI, por sus siglas en inglés de Basic Task Interaction) se determinan teniendo en cuenta la cantidad de productos de trabajo de entrada y salida de una tarea. Así mismo, la métrica M8 de interacción ponderada de tareas (WTI, por sus siglas en inglés de Weighted Task Interaction) se determina como la sumatoria de la complejidad conceptual de cada producto de trabajo (obtenido en la sub-característica SC.1.1: M6) de entrada y salida de cada tarea, multiplicando a esta última por un factor de unicidad (F1). Por otro lado, la métrica M9: número de técnicas soportadas por una tarea, se determina como un conteo simple de las técnicas utilizadas en cada tarea. Finalmente, la métrica M10 que es el número ponderado de técnicas soportadas por una tarea, se determina como la cantidad de técnicas cuantitativas y cualitativas que soporta cada tarea; multiplicando a las técnicas cualitativas por un factor de ponderación de la técnica (F2).

Tabla N° 3 Sub características de complejidad cognitiva de la tareas, adaptado de (Pereplechikov et al., 2013).

Sub-característica	M	Fórmula	Descripción
SC.1.2. Complejidad cognitiva de las tareas.	M7	$BTI = NWP_{in}(T) + NWP_{out}(T)$	BTI=Basic task (T) interaction NWP <sub>in</sub> =number of input work products NWP <sub>out</sub> = number of output work products
	M8	$WTI = \sum_{wp_{in} \in WP_{in}(T)} C'(wp_{in}) + \sum_{wp_{out} \in WP_{out}(T)} (C'(wp_{out}) * F1)$	WTI=weighted task interaction  C'(Wp <sub>in</sub> )=Cognitive Complexity of input work product C'(Wp <sub>out</sub> )= Cognitive Complexity of output work product F1= Uniqueness Factor
	M9	N(Te(T))	N(Te(T))=Number of supporting techniques for a task.
	M10	$WN(Te(T)) = N(Te_{qn}(T)) + (N(Te_{ql}(T)) * F2)$	WN(Te(T))=weighted number of supporting techniques for a task.  N(Te <sub>qn</sub> (T))= number of associated quantitative task techniques. N(Te <sub>ql</sub> (T))= number of associated qualitative task techniques. F2= Uniqueness Factor



- **Sub-característica SC.1.3 es la complejidad cognitiva de la metodología.** Como se muestra en la Tabla 4, se evalúa a través de tres enfoques complementarios de medición (Pereplechikov et al., 2013): (i) métricas diseñadas para cuantificar las propiedades estructurales de las metodologías (M1-M6); (ii) métricas que combinan la complejidad cognitiva de los productos de trabajos y las tareas (M7-M10); y (iii) métricas que cuantifican el uso de las técnicas cuantitativas y cualitativas (M11-M14).

Tabla N° 4 Sub características de complejidad cognitiva de la metodología, adaptado de (Pereplechikov et al., 2013).

Sub-característica	M	Fórmula	Descripción
SC.1.3. Complejidad cognitiva de la metodología	M11	NP	Número de productores.
	M12	NWP	Número de tipos de productos de trabajo (NWP, por sus siglas en inglés de number of work product types).
	M13	NT	Número de tareas.
	M14	$NDWPT_{in}$	Número de dependencias de entradas por todos los productos de trabajo con todas las tareas (NDWPT <sub>in</sub> , por sus siglas en inglés de number of input dependencies of all WP with all T).
	M15	$NDWPT_{out}$	Número de dependencias de salidas por todos los productos de trabajo con todas las tareas.(NDWPT <sub>out</sub> , por sus siglas en inglés de number of dependencies between all WP and all T)
	M16	$NDWPT = NDWPT_{in} + NDWPT_{out}$	Número de dependencias entre todos los productos de trabajo y todas las tareas (NDWPT, por sus siglas en inglés de number of dependencies between all WP and all T).
	M17	$C'(M) = \sum_{wp \in WP} C'(wp)$	Complejidad total del producto de trabajo de una metodología (C')
	M18	$MWPC = \frac{C'(M)}{NWP}$	Complejidad promedio del producto de trabajo de una metodología (MWPC, por sus

Sub-característica	M	Fórmula	Descripción
			siglas en inglés de mean work product complexity of a methodology) NWP es M12.
	M19	$TTI = \sum_{t \in T} WTI(t)$	Interacción total de una tarea de una metodología (TTI, por sus siglas en inglés de total T interaction of a methodology). WTI es M8.
	M20	$MTI = \frac{TTI}{NT}$	Interacción promedio de una tarea de una metodología (MTI, por sus siglas en inglés de mean Task interaction of a methodology).
	M21	NTe	Número total de técnicas (cuantitativas y cualitativas) (NTe, por sus siglas en inglés de total number of techniques )
	M22	$WNTe = \sum_{t \in T} WN(Te(t))$	Número ponderado de técnicas (WNTe, por sus siglas en inglés de weighted number of techniques)
	M23	$TTR = \frac{NTe}{NT}$	Proporción de técnicas de una tarea (TTR, por sus siglas en inglés de technique to task ratio). NTe es M21 NT es M13
	M24	$TQD = \frac{NTe_{qn}}{NTe}$	Grado de cuantificación de la técnica (TQD, por sus siglas en inglés de technique quantification degree). NTeqn es número de técnicas cuantitativas. NTe es M21.

Del conjunto de métricas anteriormente mencionadas en las Tablas 1 al 4, se presentan las que serán empleadas en este estudio. Así mismo, para dicha separación el criterio que se ha tomado como referencia es considerar solo aquellas que tienen relación directa con la construcción de un valor único final de complejidad cognitiva como se observa en la Tabla 5.

Tabla N° 5 Métricas de complejidad, adaptado de (Perepletchikov et al., 2013).

SC	M	Fórmula	Descripción
1.2	M1	BTI $=NWP_{in}(T)+NWP_{out}(T)$	Interacción básica de tareas es la suma de la cantidad de productos de trabajo de entrada, salida de cada tarea.
1.3	M7	$C'(M)=\sum_{wp \in WP} C'(wp)$	Complejidad total de los productos de trabajo de la metodología.

### 2.2.2 Métricas de complejidad para métodos y técnicas de desarrollo de sistemas

En (Rossi & Brinkkemper, 1996), presenta un conjunto de métricas para evaluar la complejidad de técnicas y métodos para el desarrollo de sistemas en función de objetos, propiedad, relación y rol (ver Tabla 6). Así mismo, el concepto de técnica según (Rossi & Brinkkemper, 1996) consisten en formalismos gráficos tradicionales, como diagramas de flujo de datos, diagramas de entidad relación o diagrama de objetos. Por otro lado, se define los términos relacionados a la complejidad conceptual y sus métricas.

Tabla N° 6 Definición objeto, propiedad, relación y rol, traducido y adaptado de (Rossi & Brinkkemper, 1996)

O=Objeto	Es una alguna cosa que tiene existencia por sí misma. Ejemplo: proceso, flujo, modulo, etc.
P=Propiedad	Son características que describen o califican a los otros meta-tipos. Por ejemplo, nombre, descripción, definición, etc.
R=Relación	Es una unión entre dos o más objetos. Por ejemplo, la relación entre una fuente un proceso, lo que quiere decir que el proceso utiliza la fuente.
R=Rol	Es el nombre que recibe el enlace entre un objeto y la conexión con su relación.

En la Tabla 7 se presenta las métricas sobre factores de complejidad individual, las 3 primeras obtenidas a partir de la definición del objeto-propiedad-relación (Rossi & Brinkkemper, 1996). La cuarta métrica (R4) se obtiene como una distancia Euclidiana, pues los autores (Rossi & Brinkkemper, 1996) presentan a los tres factores objeto, propiedad y relación-rol como un espacio tridimensional.

Por otro lado, Rossi usa este vector de complejidad para comparar técnicas visualizando la complejidad de la técnica y al mismo tiempo el estilo de esta técnica con la dirección del vector

Tabla N° 7 Factores de complejidad individual, adaptado de (Rossi & Brinkkemper, 1996).

M	Métrica	Definición
R1	$n(O_T)$	Número de tipos de objetos de la técnica.
R2	$n(R_T)$	Número de conceptos con que se describen las conexiones entre los objetos.
R3	$n(P_T)$	Cantidad de propiedades existentes dentro de la técnica que definen al objeto o la relación.
R4	$C'(M)$	<p>Determina la complejidad conceptual de una técnica basada en la longitud de un vector tridimensional, el cual permite compararse con otras técnicas observando el estilo de la técnica en base a la dirección del vector.</p> $C'(M) = \sqrt{n(O_T)^2 + n(P_T)^2 + n(R_T)^2}$

### 2.2.3 Marco de trabajo para el modelado y evaluación de procesos software.

Este Marco de trabajo (García et al., 2006), toma en consideración que “Los procesos de software son también software”, por ende, la evaluación y mantenibilidad de los procesos de software es muy importante, especialmente en la etapa de modelado. Así mismo, en (García et al., 2006), como parte del marco de trabajo para el modelado y evaluación de procesos software (FMESP, por sus siglas en inglés de framework for the modeling and evaluation of software processes), propone 12 métricas relacionadas al proceso software. Estas métricas se presentan en la Tabla 8.

Tabla N° 8 Métricas para el proceso software, adaptado de (García et al., 2006).

<b>Métrica</b>	<b>Definición</b>
<b>NA</b>	Número de actividades del modelo de proceso software
<b>NWP</b>	Número de productos de trabajo de modelo de proceso software
<b>NPR</b>	Número de roles que participan en el proceso
<b>NDWP<sub>In</sub></b>	Número de entradas dependientes de los productos de trabajo con las actividades en el proceso.
<b>NDWP<sub>Out</sub></b>	Número de salidas dependientes de los productos de trabajo con las actividades en el proceso.
<b>NDWP</b>	Número de dependencias entre producto de trabajo y las actividades $NDWP(PM) = NDWP_{In}(MP) + NDWP_{Out}(MP)$
<b>NDA</b>	Número de dependencias de precedencia entre actividades
<b>NCA</b>	Acoplamiento de actividades en el modelo de proceso.
<b>RDWP<sub>In</sub></b>	Proporción entre dependencias de entrada de los productos de trabajo con actividades y número total de dependencias de productos de trabajo con las actividades.
<b>RDWP<sub>Out</sub></b>	Proporción entre dependencias de salida de productos de trabajo con actividades y número total de dependencias de productos de trabajo con las actividades.
<b>RWPA</b>	Proporción de productos de trabajo y actividades promedio de los productos de trabajo y las actividades del modelo de proceso
<b>RRPA</b>	Proporción de roles de proceso y actividades.

De las métricas de la Tabla 8, se consideró sólo tres métricas. Para seleccionar solo estas tres métricas se considera la necesidad de medir la complejidad de dependencias de productos de trabajo y actividades del proceso. Las métricas seleccionadas se pueden visualizar en la Tabla 9.

Tabla N° 9 Métricas seleccionadas, adaptado de (García et al., 2006).

M		Definición
<b>G1</b>	NDWPin	Número de entradas dependientes de los productos de trabajo con las actividades en los procesos (NDWPin, por sus siglas en inglés de Number of input dependences of the Work Products with the Activities in the process).
<b>G2</b>	NDWPout	Número de salidas dependientes de los productos de trabajo con las actividades en los procesos (NDWPout, por sus siglas en inglés de Number of output dependences of the Work Products with the Activities in the process).
<b>G3</b>	NDWP	Número de dependencias entre productos de trabajo y actividades (NDWP, por sus siglas en inglés de Number of dependences between Work Products and Activities).

Estas tres métricas G1, G2 y G3 se relacionan de tal manera que la tercera es igual a la suma de las dos primeras, como sigue:  $NDWP(PM) = NDWPIn(PM) + NDWPOut(PM)$ ; es decir  $G3=G1+G2$ .

#### 2.2.4 Gestión de proyecto de la ISO/IEC 29110-5-1-2

La ISO/IEC 29110-5-1-2 (ISO/IEC, 2011) es una familia de estándares desarrolladas para las pequeñas organizaciones de TI y publicada en enero del 2011. Este documento es el perfil básico de la ingeniería de software y complementa otros perfiles. El perfil básico comprende los procesos de Gestión de Proyectos (PM, por sus siglas en inglés de Project Management) e implementación de software (SI, por sus siglas en inglés de Software Implementation). Estos procesos comprenden prácticas que se basan en la ISO/IEC 12207:2008 (procesos de ciclo de vida del software) y los contenidos de los productos de software desarrollados en la ISO/IEC 15289:2006, ambas seleccionadas y adaptadas para pequeñas organizaciones (ISO/IEC, 2011). La ISO/IEC 29110-1 (ISO/IEC, 2016) define que una pequeña organización tiene hasta 25 personas en desarrollo de software.

El flujo de información del proceso de gestión de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2 (ver Figura 2), establece productos de entrada, salida e internos que permiten la interacción entre las 4 actividades (ISO/IEC, 2011). Donde se abrevia el nombre del proceso con el prefijo PM (Gestión de proyectos por sus siglas en inglés de Project Management), seguido de un correlativo como sigue: (i) PM1: planeación del proyecto; (ii) PM2: ejecución del plan de proyecto; (iii) PM3: evaluación y control del plan de proyecto; y (iv) PM4: cierre del proyecto. Así mismo (ISO/IEC, 2011), cada proceso tiene productos de entrada y

productos de salida; los productos de entrada tienen como fuente una entidad o proceso externo; y los productos de salida tienen como destino una entidad o proceso externo.

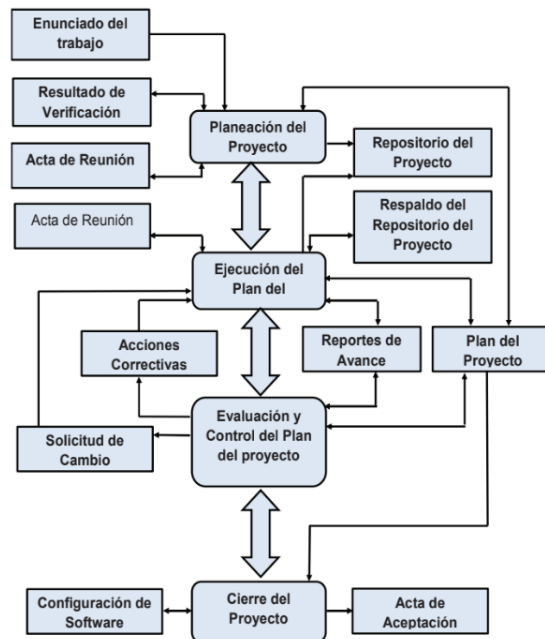


Figura N° 2 Proceso de gestión de proyecto, adaptado de (ISO, 2011)

En lo que sigue se describe la definición de los productos de entrada y salida, el origen y el destino, asimismo los productos internos que son generados y consumidos por el mismo proceso y presentes en el flujo de información del proceso de gestión de proyecto de la ISO/IEC 29110-5-1-2 (Ver Tabla 10).



Tabla N° 10 Productos de entrada y salida del proceso de gestión de proyectos, adaptada de (ISO/IEC, 2011).

Productos	Definición	Nombre	Origen	Destino
Productos de entrada	Productos requeridos que tienen como fuentes una entidad externa (ej. Cliente) u otro proceso.	Enunciado de trabajo	Cliente	No incluye
		Configuración de software	Implementación de software	
		Solicitud de cambio	Cliente Implementación de software	
Productos de salida	Productos generados que tienen como destino una entidad externa (ej. Cliente) u otro proceso.	Plan de proyecto	No incluye	Implementación de software
		Registro de aceptación		Gestión organizacional
		Repositorio de proyecto		Implementación de software
		Registro de reuniones		Cliente
		Configuración de software		Cliente
Internos	Productos generados o consumidos por el proceso.	Solicitud de cambio	No incluye	
		Acciones correctivas		
		Acta de reunión		
		Resultado de verificación		
		Reporte de avance		
		Respaldo de repositorio de proyecto		

### 2.2.5 Gestión de proyectos según PMBOK

La Guía PMBOK es un conjunto de buenas prácticas reconocidas que son ampliamente aplicadas por profesionales para la gestión exitosa de proyectos en todo el mundo y cubren todo el ciclo de vida de un proyecto (Mas & Mesquida, 2013). El cuerpo de conocimientos de gestión de proyectos (PMBOK por sus siglas en inglés) (PMI, 2017) reconoce 10 áreas de gestión del conocimiento del proyecto utilizadas de acuerdo a las necesidades del proyecto (ver Tabla 11) y 5 grupos de procesos para la dirección de proyectos, se identificará a cada grupo el prefijo GP (Gestión de proyectos) seguido de un correlativo como sigue : (i) GP1: grupo de procesos de inicio; (ii) GP2: grupo de proceso de planificación; (iii) GP3: grupo de procesos de ejecución; (iv) GP4: grupo de procesos de monitoreo y control; y (v) GP5: grupo de procesos de cierre.

Tabla N° 11 Áreas de conocimiento del PMBOK.

Áreas de conocimiento	Abrev.
Gestión de integración del proyecto.	Integración
Gestión del alcance del proyecto.	Alcance
Gestión del tiempo del proyecto.	Tiempo
Gestión de los costos del proyecto.	Costo
Gestión de la calidad del proyecto.	Calidad
Gestión de los recursos humanos del proyecto.	RRHH
Gestión de las comunicaciones del proyecto.	Comunicaciones
Gestión de los riesgos del proyecto.	Riesgos
Gestión de las adquisiciones del proyecto.	Adquisiciones
Gestión de los interesados del proyecto.	Interesados

En la Tabla 12 se presenta los 5 grupos de procesos relacionados con las 10 áreas de conocimiento y las actividades que corresponde a cada área de conocimiento. Por otro lado, esta Guía PMBOK reconoce una doble naturaleza de procesos del proyecto es decir procesos de gestión de proyecto y procesos orientados a producto, como también la interacción y la superposición de dos grupos de procesos del proyecto. Aunque esta guía solo describe los procesos de gestión de proyectos (PMI, 2017).

- **El grupo de procesos GP1: grupo de procesos de inicio**, se relaciona con 2 áreas de conocimiento (i) gestión de integración del proyecto; y (ii) gestión de interesados del proyecto. Así mismo, cada una de estas áreas de conocimiento contiene una actividad como se muestra en el la Tabla 12.

Tabla N° 12 Correspondencia entre grupos de proceso de inicio y áreas de conocimiento de la dirección de proyectos, adaptado de (PMI, 2017)

Grupo de Procesos	Área de conocimiento	Actividades
GP1: Grupo de procesos de inicio	4. Gestión de Integración de Proyecto	4.1. Desarrollar acta de constitución de Proyecto
	13. Gestión de interesados del proyecto.	13.1. Identificar a los interesados

- **El grupo de procesos GP2: grupo de procesos de planificación**, se relaciona con 10 áreas de conocimiento, como son: (i) gestión de integración de proyecto; (ii) gestión del alcance del proyecto; (iii) gestión del tiempo del proyecto; (iv) gestión de costos del proyecto; (v) gestión de calidad del proyecto; (vi) gestión de recursos humanos del proyecto; (vii) gestión de comunicaciones del proyecto; (viii) gestión de riesgos del proyecto; (ix) gestión de adquisiciones del proyecto; y (x) gestión de interesados del proyecto. Así mismo, estas áreas de conocimiento contienen 24 actividades en total como se muestra en la Tabla 13.

Tabla N° 13 Correspondencia entre grupos de procesos de planificación y áreas de conocimiento de la dirección de proyectos, adaptado de (PMI, 2017)

Grupo de Procesos	Área de conocimiento	Actividades
GP2: Grupo de procesos de planificación	4.-Gestión de Integración de Proyecto	4.2. Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto
	5.Gestión del alcance del proyecto	5.1. Planificar la Gestión del alcance 5.2 Recopilar requisitos 5.3 Definir el alcance 5.4. Crear EDT/WBS
	6. Gestión del tiempo del proyecto	6.1. Planificar la gestión del cronograma

Grupo de Procesos	Área de conocimiento	Actividades
		6.2. Definir las actividades 6.3. Secuenciar las actividades 6.4. Estimar los recursos de las actividades. 6.5. Estimar la duración de las actividades. 6.6. Desarrollar el cronograma.
	7. Gestión de costos del proyecto	7.1. Planificar la gestión de los costos 7.2. Estimar los costos 7.3. Determinar presupuesto
	8. Gestión de la calidad del proyecto.	8.1. Planificar la gestión de la calidad.
	9. Gestión de los recursos humanos del proyecto.	9.1. Planificar la gestión de los recursos humanos.
	10. Gestión de las comunicaciones del proyecto.	10.1. Planificar la gestión de las comunicaciones.
	11. Gestión de riesgos del proyecto.	11.1. Planificar la gestión de los riesgos. 11.2. Identificar los riesgos. 11.3. Realizar el análisis cualitativo de riesgos. 11.4. Realizar el análisis cuantitativo de riesgos. 11.5. Planificar la respuesta a los riesgos.
	12. Gestión de las adquisiciones del proyecto.	12.1. Planificar la gestión de las adquisiciones.
	13. Gestión de los interesados del proyecto.	13.2. Planificar la gestión de los interesados.

- **El grupo de procesos GP3: grupo de procesos de ejecución**, se relaciona con 6 áreas de conocimiento, como son: (i) gestión de la integración del proyecto; (ii) gestión de la calidad del proyecto; (iii) gestión de los recursos humanos del proyecto; (iv) gestión de las comunicaciones del proyecto; (v) gestión de las adquisiciones del proyecto; y (vi) gestión de los interesados del proyecto. Así mismo, en la Tabla 14 se muestran las 8 actividades en total que se relacionan con estas áreas de conocimiento ya mencionadas.

Tabla N° 14 Correspondencia entre grupos de procesos de ejecución y áreas de conocimiento de la dirección de proyectos, adaptado de (PMI, 2017)

Grupo de Procesos	Área de conocimiento	Actividades
GP3: Grupo de procesos de ejecución	4. Gestión de la integración del proyecto	4.3. Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto.
	8. Gestión de la calidad del proyecto	8.2. Realizar el aseguramiento de la calidad
	9. Gestión de los recursos humanos del proyecto	9.2. Adquirir el equipo del proyecto. 9.3. Desarrollar el equipo del proyecto. 9.4. Dirigir el equipo del proyecto.
	10. Gestión de las comunicaciones del proyecto.	10.2. Gestionar las comunicaciones.
	12. Gestión de las adquisiciones del proyecto.	12.2. Efectuar las adquisiciones
	13. Gestión de los interesados del proyecto.	13.3. Gestionar la participación de los interesados

- **El grupo de procesos GP4: grupo de procesos de monitoreo y control**, se relaciona con 9 áreas de conocimiento, como son: (i) gestión de la integración del proyecto; (ii) gestión del alcance del proyecto; (iii) gestión del tiempo del proyecto; (iv) gestión de costos del proyecto; (v) gestión de calidad del proyecto; (vi) gestión de las comunicaciones del proyecto; (vii) gestión de los riesgos del proyecto; (viii) gestión de las adquisiciones del proyecto; y (ix) gestión de los interesados del proyecto. Así mismo, en la Tabla 15 se muestra las 9 actividades en total relacionadas con las áreas de conocimiento mencionadas.

Tabla N° 15 Correspondencia entre grupos de procesos de monitoreo y control y áreas de conocimiento de la dirección de proyectos, adaptado de (PMI, 2017)

Grupo de Procesos	Área de conocimiento	Actividades
GP4: Grupo de procesos de monitoreo y control	4. Gestión de la integración del proyecto	4.4. Monitorear y controlar el trabajo del proyecto. 4.5. Realizar el control integrado de cambios.
	5. Gestión del alcance del proyecto.	5.5. Validar el alcance. 5.6. Controlar el alcance.
	6. Gestión del tiempo del proyecto.	6.7. Controlar el cronograma.
	7. Gestión de los costos del proyecto.	7.4. Controlar los costos.
	8. Gestión de la calidad del proyecto.	8.3. Controlar la calidad
	10. Gestión de las comunicaciones del proyecto.	10.3. Controlar las comunicaciones.
	11. Gestión de los riesgos del proyecto.	11.6. Controlar los riesgos.
	12. Gestión de las adquisiciones del proyecto.	12.3. Controlar las adquisiciones.
	13. Gestión de los interesados del proyecto.	13.4. Controlar la participación de los interesados.

- **El grupo de procesos GP5: grupo de procesos cierre**, se relaciona con dos áreas de conocimiento (i) gestión de la integración del proyecto; y (ii) gestión de las adquisiciones del proyecto, así mismo estas áreas de conocimiento contiene dos actividades en total como se muestra en la Tabla 16.

Tabla N° 16 Correspondencia entre grupos de procesos de monitoreo y control y áreas de conocimiento de la dirección de proyectos, adaptado de (PMI, 2017)

Grupo de Procesos	Área de conocimiento	Actividades
GP5: Grupo de procesos de cierre	4. Gestión de la integración del proyecto	4.6. Cerrar el proyecto o fase
	12. Gestión de las adquisiciones del proyecto	12.4. Cerrar las adquisiciones

## CAPITULO III: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 3.1 Elaboración de las métricas para la medir la complejidad cognitiva

Esta sección, en base a la literatura investigada, presenta la adopción, adaptación y definición de métricas para el estudio comparativo. Estas métricas se presentan de manera agrupadas por las sub características tal como se define en el modelo (Pereplechikov et al., 2013). Las sub características son: (i) complejidad conceptual de las actividades y proceso; (ii) complejidad de las dependencias; y, (iii) complejidad cognitiva de la metodología. Para nuestro estudio se ha considerado identificar las métricas definidas para calcular la complejidad cognitiva con el prefijo Z y un correlativo quedando desde Z1 hasta la Z12, los que se presentan a continuación:

#### 3.1.1 Complejidad conceptual de las actividades y proceso

Para determinar esta complejidad se utilizó como referencia los criterios y filosofía usados por la definición desarrollada en (Rossi & Brinkkemper, 1996) y cuyas métricas son (i) R1= número de objetos; (ii) R2= número de relaciones entre los objetos; (iii) R3= número de propiedades; (iv) R4= complejidad conceptual, esta última métrica se determina como la distancia euclidiana de R1, R2, R3 y R4, que serán definidas como Z1, Z2, Z3 y Z4 respectivamente. Además, se elaboró Z5 en base a la métrica M7: Complejidad Total de los productos de trabajo de la metodología, del Modelo de calidad para metodologías de desarrollo de software de Mikhail Pereplechikov. Esta métrica Z5 denominada Complejidad total por proceso, se determina como la sumatoria de los valores obtenidos de la métrica Z4. En lo que sigue de esta sección, se describe cada métrica adaptada a nuestro estudio haciendo referencia a lo señalado en la Tabla 17.

Tabla N° 17 Métricas de la complejidad conceptual de las actividades y proceso

M	Fórmula	Descripción
Z1	NEn(A)	Número de entregables totales por actividad.
Z2	NT(A)	Número de tareas por actividad.
Z3	NDEnT(A)	Número total de dependencias de los entregables con todas las tareas por actividad.
Z4	C'(A)	Complejidad conceptual total por actividad.
Z5	C'(P)	Complejidad total por proceso.



- La métrica Z1, se define como la cantidad de entregables presentes en cada actividad del proceso en estudio. Determinada por la suma de la cantidad de entregables de entrada y salida, es decir:

$$Z1 = NEn(A) = NEnin(A) + NEnout(A)$$

Donde:

NEnin(A)= número de entregables de entrada.

NEnout(A)= número de entregables de salida.

A = actividad

El conteo se realiza para cada actividad de manera independiente. Para el desarrollo de esta métrica se tomó como referencia la métrica M1: SC.1.2: BTI= NWPin(T)+NWPout(T) interacción básica de tareas (BTI, por sus siglas en inglés) de la sub-característica, de Mikhail Pereplechikov. Donde BTI es igual a número de productos de entrada más el número de productos de salida de cada Tarea (T).

- La métrica Z2, se define como la cantidad de tareas dentro de cada actividad del proceso en estudio. El valor de esta métrica se determina por el conteo de cada actividad. Para la adaptación de esta métrica se hace referencia a lo definido en (García et al., 2006).
- La métrica Z3, se define como la suma de la cantidad de dependencias de entrada y de salida entre el entregable y la tarea, aplicada para cada actividad de manera independiente.

$$NDEnT(A) = NDEnTin(A) + NDEnTout(A)$$

Donde:

NDEnTin(A) = número de dependencias de entrada del entregable con todas las tareas.

NDEnTout(A) = número de dependencias de salida del entregable con todas las tareas.

A = actividad

La adaptación de esta métricas se basa en las métricas propuestas de (García et al., 2006), es decir las métricas  $G3 = G1 + G2$ , siendo  $G3$ =Número de dependencias entre productos de trabajo y actividades;  $G2$ = Número de salidas dependientes de los productos de trabajo con las actividades en los procesos y  $G1$ = Número de entradas dependientes de los productos de trabajo con las actividades en los procesos.

- La métrica Z4: complejidad conceptual, se define como la distancia Euclidiana en función de las métricas Z1: número de entregables, Z2: número de tareas y Z3: número total de dependencias de los entregables con todas las tareas, como se muestra en la fórmula:

$$C'(A) = \sqrt{NEn(A)^2 + NT(A)^2 + NDEnT(A)^2} \quad \text{o} \quad Z4 = \sqrt{(Z1)^2 + (Z2)^2 + (Z3)^2}$$

La adaptación de esta métrica se basa en la métrica R4 de los factores de complejidad individual de (Rossi & Brinkkemper, 1996).

- La métrica Z5 representa la complejidad total del proceso y está relacionada a la métrica complejidad total de los productos de trabajo de la metodología es decir  $M7 = C'(M) = \sum_{wp \in WP} C'(wp)$  de la SC.1.3 de Mikhail Pereplechikov de la Tabla 5. Esta métrica Z5 se obtiene de la sumatoria de los valores obtenidos de Z4 y se representa como se muestra en la fórmula:

$$Z5 = C'(P) = \sum C'(A) = \sum (Z4)$$

Dónde:  $C'(A)$  es la complejidad conceptual de las actividades del proceso y representa a la métrica Z4.

### 3.1.2 Complejidad de las dependencias por proceso

Dentro de esta complejidad se definió la métrica de número de dependencias Z6, que se basó en lo definido por (García et al., 2006), es decir  $G3 = G1 + G2$ , donde G3 es el número de dependencias entre productos de trabajo y actividades, igual a la suma del  $G1$  = número de entradas dependientes de los productos de trabajo con las actividades en los procesos y el  $G2$  = número de salidas dependientes de los productos de trabajo con las actividades en los procesos.

En la Tabla 18 se muestra la métrica Z6 que se describe como la suma de la cantidad de dependencias de entrada y salida entre el entregable con todas las actividades, como sigue continuación:  $Z6 = ND(P) = NDEnAin(P) + NDEnAout(P)$ .

Tabla N° 18 Métricas de complejidad de las dependencias por proceso

M	Fórmula	Descripción
<b>Z6</b>	$ND(P)$	<p>Número de dependencias por proceso</p> <p><math>ND(P) = NDEnAin(P) + NDEnAout(P)</math></p> <p>Donde</p> <p><math>NDPEnAin</math> = número de dependencias de entrada de los entregables con todas las actividades.</p> <p><math>NDPEnAout</math> = número de dependencias de salida de los entregables con todas las actividades.</p>

### 3.1.3 Medición de la complejidad de los entregables

Para determinar las métricas a utilizar para esta complejidad, se ha tomado como referencia (Pereplechikov et al., 2013), (Göpferich, 2009) y (Arthur & Stevens, 1989). La métrica se basa en la descomposición de la comprensibilidad aplicado a un entregable (tipo de

documento) como: (i) Z7=coherencia entre títulos y contenidos, (ii) Z8=organización en secuencia lógica dirigida por los títulos, (iii) Z9= la amplitud del contenido determinada por la estructura del documento e índice; y, (iv) Z10=profundidad del contenido determinada por la estructura del documento (índice). Estas métricas se obtuvieron a través de una evaluación por parte de expertos temáticos y usuarios avanzados relacionados con la gestión de proyectos. Siendo  $Z11 = C'(En)$  = Complejidad estructural de los entregables

Tabla N° 19 Métricas de complejidad estructural del entregable

M	Definición	Descripción
Z7	Coherencia de títulos con contenidos.	Esta métrica mide la característica de los títulos adecuados en función del contenido del documento. ¿Los títulos de las secciones representan adecuadamente los contenidos de los documentos?
Z8	Organización en secuencia lógica dirigida por los títulos	Esta métrica mide la característica de los títulos adecuados en función de la secuencia lógica del contenido del documento. ¿Los títulos de las secciones siguen un orden (transición temática o secuencia lógica) adecuado para el tipo de documento?
Z9	Amplitud del contenido determinada por la estructura del documento (índice).	Esta métrica mide la estructura del documento. ¿La estructura del tipo de documento (en número de secciones de cada nivel) organiza de manera adecuada el contenido?
Z10	Profundidad del contenido determinada por la estructura del documento.	¿La estructura del tipo de documento (en profundidad de niveles) organiza de manera adecuada el contenido?
Z11	$C'(En)$	Complejidad estructural del entregable $Z5 = (Z1 + Z2 + Z3 + Z4)/4$

### 3.1.4 Complejidad cognitiva de la metodología

Para determinar la complejidad cognitiva de la metodología se hace uso del concepto espacio tridimensional del trabajo de (Rossi & Brinkkemper, 1996). Para dicho espacio, se utilizan las métricas Z11, Z5, Z6 descritas en lo que sigue: (i)  $Z11 = C'(En)$ , complejidad estructural del entregable; (ii)  $Z5 = C'(P)$ , complejidad total del proceso y (iii)  $Z6 = ND(P)$ , número de dependencias de los entregables con todas las actividades. Luego, la métrica Z12 representa

la complejidad cognitiva de la metodología y se determina del vector obtenido del espacio tridimensional mencionado anteriormente.

En la Tabla 20 se presenta la fórmula establecida para la métrica Z12 que es la complejidad cognitiva de la metodología, basada en los criterios y filosofía usados por (Rossi & Brinkkemper, 1996).

Tabla N° 20 Métricas de la complejidad total del proceso.

M	Métrica	Descripción
<b>Z12</b>	$C'(M)$	<p>Complejidad cognitiva de la metodología.</p> $C'(M) = \sqrt{C'(En)^2 + C'(P)^2 + ND(P)^2} \quad \text{o} \quad C'(M) = \sqrt{(Z11)^2 + (Z5)^2 + (Z6)^2}$

### 3.2 Medición y resultados de la ISO/IEC 29110-5-1-2 y PMBOK

En esta sección se presenta las mediciones de la ISO/IEC 29110-5-1-2 y el PMBOK, cuyo cálculo se realiza según el orden de las sub características ya mencionadas.

#### 3.2.1 Medición de la gestión de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2

En esta sección, como parte del objetivo de la medición de la complejidad cognitiva del marco de trabajo, se utilizarán las métricas del Z1 al Z6. El orden seguido para el cálculo de esta complejidad es según los procesos de gestión de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2. En lo que sigue se determina los valores de las métricas Z1 a Z4 en cada una de las actividades PM1, PM2, PM3 y PM4 de la gestión de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2.

- **En la actividad PM.1 Planificación de proyecto**, la métrica Z1 se determina realizando un conteo de los entregables que interactúan con la actividad PM.1, resultando  $Z1=5$  como se muestra en la Tabla 21.

Tabla N° 21 Cálculo de la métrica Z1 de la actividad PM.1 planificación de proyecto

M	Definición	Resultado	Fuente
<b>Z1</b>	$NEn(A)$	5	<pre> graph TD     ET[Enunciado del Trabajo] --&gt; PP[Planeación del Proyecto]     PlanP[Plan de Proyecto] --&gt; PP     RV[Resultado de Verificación] --&gt; PP     AR[Acta de Reunión] --&gt; PP     RP[Repositorio de Proyecto] --&gt; PP         </pre>

La métrica Z2 se obtiene con el conteo de la cantidad de tareas de la actividad de planificación de proyecto (ISO/IEC, 2011). La Tabla 22 muestra estas 15 tareas de la planificación de proyecto, resultando Z2=15.

Tabla N° 22 Tareas de planificación de proyecto, adaptada de (ISO/IEC, 2011).

GP.1	Lista de Tareas
1	Revisar el enunciado de trabajo
2	Definir con el cliente las instrucciones de entrega para cada uno de los entregables específicos en el Enunciado de Trabajo
3	Identificar las Tareas específicas a realizar para producir los Entregables y sus Componentes de Software identificados en el Enunciado de Trabajo. Incluir las Tareas del proceso de Implementación de Software sobre verificación, validación y revisiones con los Clientes y el Equipo de Trabajo para asegurar la calidad de los productos de trabajo. Identificar las Tareas para realizar las Instrucciones de entrega. Documentar las Tareas.
4	Establecer la duración estimada para realizar cada Tarea
5	Identificar y documentar los Recursos: humanos, materiales, equipo y herramientas, estándares incluyendo la capacitación requerida para que el Equipo de Trabajo pueda realizar el proyecto. Incluir las fechas en el calendario cuando sean requeridos los Recursos y la capacitación.
6	Establecer la composición del Equipo, asignando Roles y responsabilidades acordes a los Recursos.
7	Asignar las fechas de inicio y fin estimadas para cada Tarea con el Fin de Crear el Cronograma de las Tareas del Proyecto considerando los recursos asignados, la secuencia y dependencias de las Tareas.
8	Calcular y documentar el esfuerzo y costo estimado del proyecto.
9	Identificar y documentar los riesgos que pueden afectar el proyecto
10	Documentar la estrategia de Control de versiones en el Plan de Proyecto
11	Generar el Plan del Proyecto integrando los Elementos previamente identificados y documentados
12	Incluir la descripción del Producto, el alcance, los objetivos y los entregables en el Plan de proyecto
13	Verificar y obtener aprobación del Plan de proyecto. Verificar que todos los elementos del Plan del proyecto son viables y consistente. Los resultados encontrados son documentos en Resultado de Verificación y las correcciones son realizadas hasta que el documento es aprobado por el GP.

GP.1	Lista de Tareas
14	Revisar y obtener la aprobación del Plan del Proyecto. El Cliente revisa y acepta el Plan del Proyecto, asegurándose que los elementos contenidos en el Plan de proyecto corresponden con el Enunciado de Trabajo.
15	Establecer el Repositorio del Proyecto usando la estrategia de Control de versiones.

Luego, para determinar la métrica  $Z3$ =Número total de dependencias de los entregables con todas las tareas de la actividad, se diseñó un diagrama (ver Figura 3). Donde se determinan como la suma de la cantidad de entradas desde el entregable (representado por un cubo) hacia la tarea (representado por un hexágono irregular) y la cantidad de salidas desde la tarea hacia los entregables. El valor de esta métrica en suma es  $Z3=35$ .

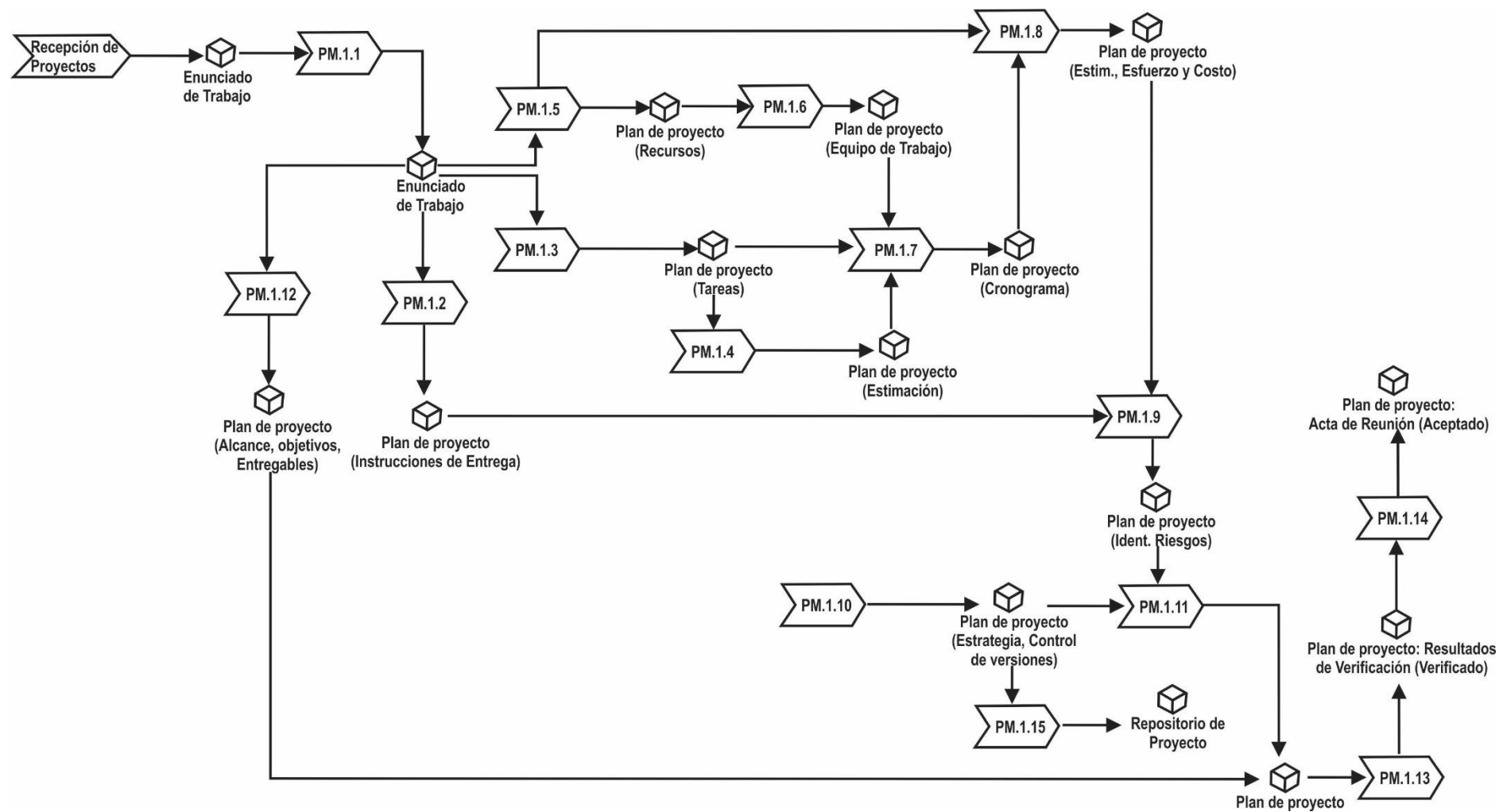


Figura N° 3 Interacción de la lista de tareas de la actividad PM.1 planificación de proyecto de la ISO/IEC 29110-5-1-2

Entonces, a partir de las métricas anteriores, como son: Z1= 5 (número de entregables), Z2=15 (número de tareas) y Z3= 35 (número total de dependencias de los entregables con todas las tareas), se puede obtener la métrica Z4. Donde se aplica la fórmula de la distancia euclidiana de (Rossi & Brinkkemper, 1996). Determinando la complejidad conceptual de PM.1 Planificación de proyecto es decir C'(PM.1) = 38.4, como se muestra en la Tabla 23.

Tabla N° 23 Resultado de la complejidad conceptual de la actividad PM.1 de planificación de proyecto.

M	Definición	Resultado	Cálculo
<b>Z4</b>	C'(A)	38.4	$C'(PM.1) = \sqrt{5^2 + 15^2 + 35^2} = 38.4$

- **En la actividad PM.2 Ejecución de plan de proyecto**, en esta sección con el propósito de calcular su complejidad conceptual de esta actividad tal cual como se realizó para la actividad PM.1. Se muestra en la Tabla 24 el valor de la métrica Z1= Número de entregables, es decir igual Z1=7. Así mismo, en la Tabla 25 se determina el valor de la métrica Z2= Número de tareas, obteniéndose Z2=6.

Tabla N° 24 Cálculo de métrica Z1 de la actividad PM.2 ejecución de plan de proyecto

M	Definición	Resultado	Fuente
<b>Z1</b>	NEn(A)	7	<pre> graph TD     AR[Acta de Reunión] --&gt; EPP[Ejecución del Plan de Proyecto]     SC[Solicitud de Cambio] --&gt; EPP     AC[Acciones Correctivas] --&gt; EPP     RP[Repositorio de Proyecto] --&gt; EPP     RRP[Respaldo del Repositorio del Proyecto] --&gt; EPP     PP[Plan de Proyecto] --&gt; EPP     RA[Reporte de avance] --&gt; EPP </pre>

Tabla N° 25 Tareas de ejecución del Plan de Proyecto, adaptada de (ISO/IEC, 2011)

GP.2	Lista de Tareas
1	Monitorear la ejecución del Plan del Proyecto y registrar la información actual en el Reporte de Avance
2	<p>Analizar y evaluar el impacto en costo, tiempo e impacto técnico de la solicitud de cambio.</p> <p>La solicitud de cambio puede ser propuesta externamente por el Cliente e internamente por el Equipo de Trabajo. En caso de que los cambios aceptados no afecten los acuerdos que se tienen con el Cliente, se debe actualizar el Plan de Proyecto.</p> <p>La Solicitud de cambio que afecte los acuerdos previos necesita ser negociada por ambas partes.</p>
3	Conducir reuniones de revisión con el Equipo de Trabajo, las cuales permiten identificar problemas, revisar el estado de los riesgos, registrar acuerdos y darles seguimiento hasta



GP.2	Lista de Tareas
	su conclusión.
4	Realizar reuniones con el Cliente, de las cuales se registrarán acuerdos y se dará seguimiento hasta su conclusión.  La solicitud de Cambio propuesta por el Cliente o por el Equipo de trabajo, que afecte al Cliente, necesita ser negociada para alcanzar un acuerdo entre ambas partes.  Si es necesario, se debe actualizar el Plan del Proyecto conforme a los nuevos acuerdos con el Cliente.
5	Realizar el respaldo del repositorio del Proyecto de acuerdo a la Estrategia de Control de Versiones.
6	Realizar la recuperación del repositorio del Proyecto utilizando el respaldo del repositorio del proyecto, en caso de ser necesario.

Seguido se determinar la métrica Z3= Número total de dependencias de los entregables con todas las tareas de la actividad PM.2, resultando 22 (ver Figura 4).

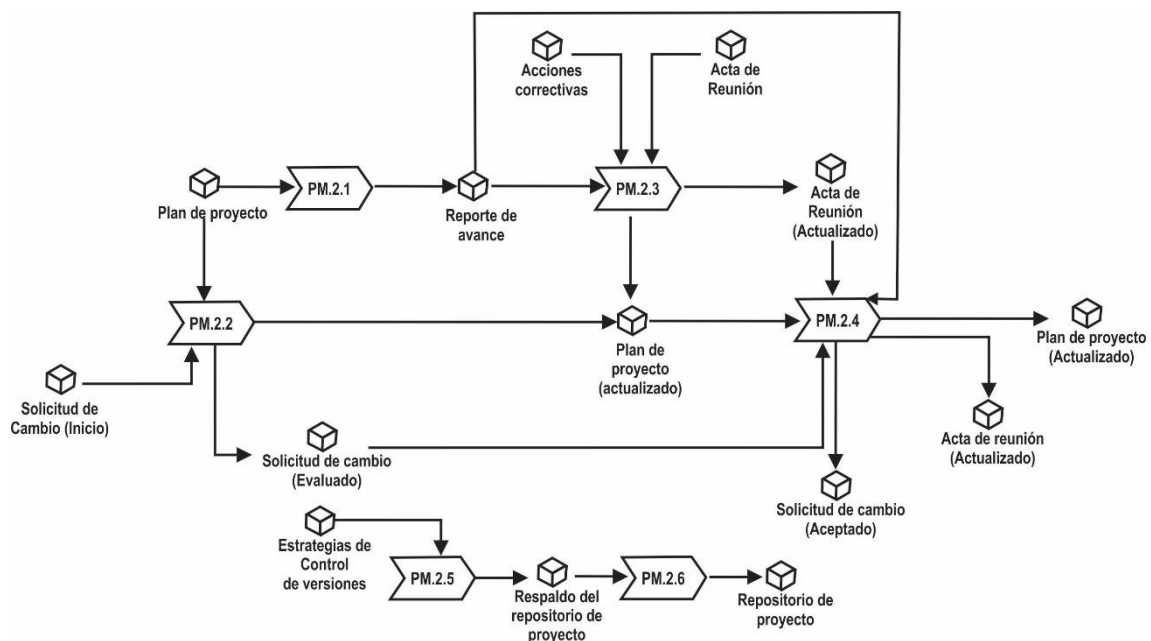


Figura N° 4 Interacción de la lista de tareas de la actividad PM.2 ejecución de plan de proyecto de la ISO/IEC 29110-5-1-2

Entonces en base a los resultados de las métricas anteriormente obtenidas, es decir: Z1= 7, Z2= 6 y Z3=33, se determina la complejidad conceptual de la actividad PM.2, como se muestra la Tabla 26.

Tabla N° 26 Resultado de la complejidad conceptual de la actividad PM.2 ejecución de plan de proyecto.

M	Definición	Resultado	Cálculo
Z4	C'(A)	23.9	$C'(PM.2) = \sqrt{7^2 + 6^2 + 22^2} = 23.9$

- **En la actividad PM.3 Evaluación y Control del plan de proyecto**, para determinar la complejidad conceptual de esta actividad se inicia con el cálculo de la métrica  $Z1 = \text{Número de entregables}$  que según la Tabla 27 es igual a 4 entregables. Por otro lado, la métrica  $Z2 = \text{cantidad de tareas}$ , resultado 3 tareas (ver Tabla 28).

Tabla N° 27 Cálculo de la métrica Z1 de actividad de evaluación y control de plan de proyecto

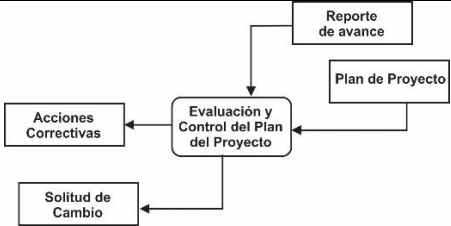
M	Definición	Resultado	Fuente
<b>Z1</b>	NEn(A)	4	

Tabla N° 28 Tareas de Evaluación y Control de proyectos, adaptada de (ISO/IEC, 2011).

GP.3	Lista de Tareas
<b>1</b>	<p>Evaluar el progreso del proyecto con respecto al Plan del Proyecto, comparando:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tareas reales contra las planeadas</li> <li>- Resultados reales contra los objetivos establecidos en el proyecto.</li> <li>- Recursos reales asignados contra los planeados.</li> <li>- Costos reales contra el presupuesto estimado</li> <li>- Tiempo real utilizado contra el programado.</li> <li>- Riesgo real contra el identificado previamente</li> </ul>
<b>2</b>	<p>Establecer acciones para corregir desviaciones o problemas e identificar riesgos que amenacen el cumplimiento del Plan, en caso de ser necesario, documentarlos en Acciones correctivas y dar seguimiento hasta su conclusión.</p>
<b>3</b>	<p>Identificar cambios a requisitos y/o al Plan del proyecto para hacer frente a desviaciones importantes, potenciales riesgos o problemas relativos al cumplimiento del plan: documentarlos en una Solicitud de cambio y dar seguimiento hasta su conclusión.</p>

Luego la métrica  $Z3 = \text{Número total de dependencias de los entregables con todas las tareas}$ , se determina realizando un conteo en la Figura 5, de la misma forma que en las anteriores actividades. Resultando  $Z3 = 7$  interacciones en total.

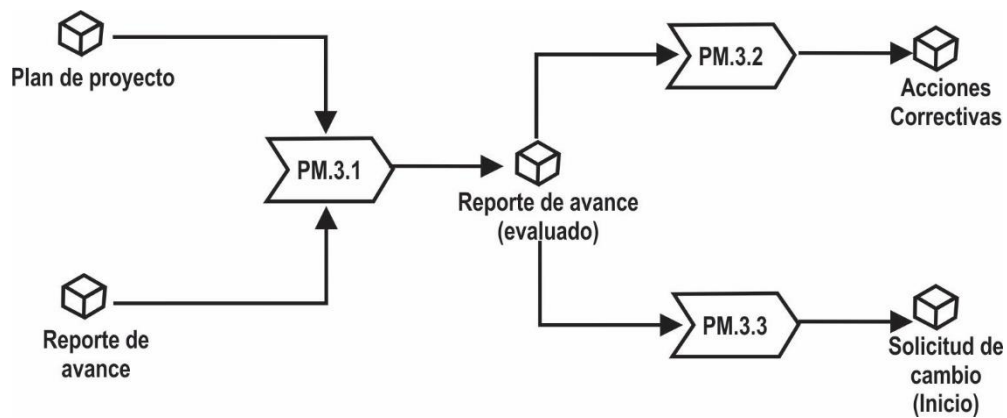


Figura N° 5 Interacción de la lista de tareas de la actividad de evaluación y control de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2

Por último, la complejidad conceptual de la actividad de evaluación y control es 8.6 (ver Tabla 25).

Tabla N° 29 Resultado de la complejidad conceptual de la actividad evaluación y control del plan de proyecto.

M	Definición	Resultado	Fuente
Z4	C'(A)	8.6	$C'(PM.3) = \sqrt{4^2 + 3^2 + 7^2} = 8.6$

- **En la actividad PM.4 Cierre de proyecto**, determinar las métricas Z1 a Z3 de la actividad de Cierre de proyecto se obtiene igual que las anteriores actividades. El resultado de estas 4 métricas (Z1, Z2, Z3 y Z4) se muestran en la Tabla 30. Así mismo, se hace referencia a las Tablas 31 y la Figura 6.

Tabla N° 30 Resultados de la complejidad conceptual de la actividad cierre de proyecto.

M	Definición	Resultado	Fuente
Z1	NEn(A)	3	
Z2	NT(A)	2	Ver Tabla 31
Z3	NDEnT(A)	7	Ver Figura 6
Z4	C'(A)	7.9	$C'(PM.4) = \sqrt{3^2 + 2^2 + 7^2} = 7.9$

Tabla N° 31 Tareas de Cierre de proyecto, adaptada de (ISO/IEC, 2011).

GP.3	Lista de Tareas
1	Formalizar la conclusión del proyecto de acuerdo a las instrucciones de Entrega establecidas en el Plan del Proyecto, proporcionando el apoyo para su aceptación y obteniendo las firmas correspondientes en la Acta de Aceptación.
2	Actualizar el repositorio del proyecto

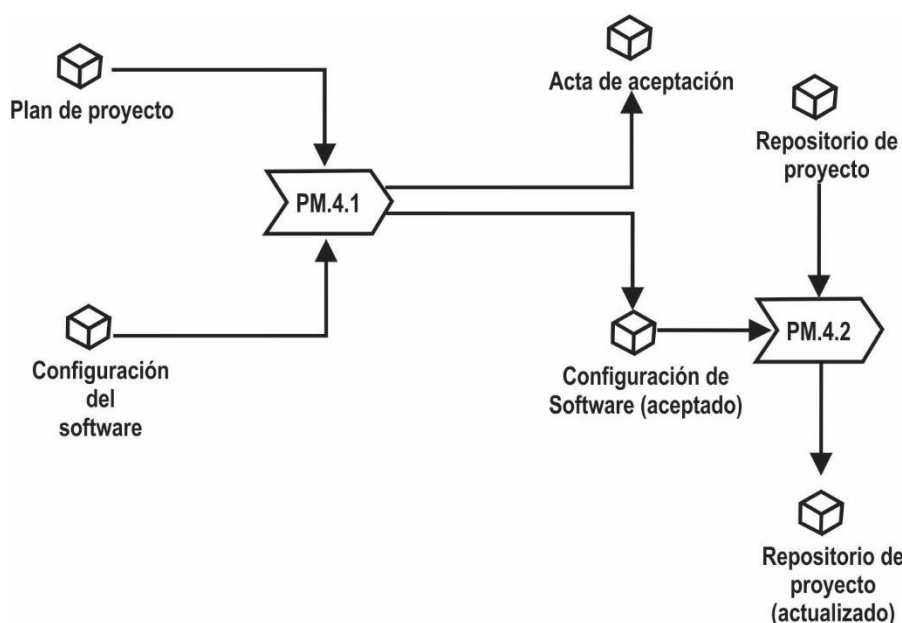


Figura N° 6 Interacción de la lista de tareas de la actividad de Cierre de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2

En resumen, los resultados de la complejidad conceptual (Z4) de las 4 actividades de la gestión de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2, PM.1: Planificación de proyecto, PM.2: Ejecución de plan de proyecto, PM.3: Evaluación y control del plan de proyecto y PM.4: Cierre de proyecto se muestra la Tabla 32.

Tabla N° 32 Resultados de la complejidad conceptual de cada actividad en la gestión de proyecto de la ISO/IEC 29110-5-1-2.

Actividad	Z1	Z2	Z3	Z4
PM.1 Planificación de proyecto	5	15	35	38.4
PM.2 Ejecución del plan de proyecto	7	6	22	23.9
PM.3 Evaluación y control del plan de proyecto	4	3	7	8.6
PM.4 Cierre de proyecto	3	2	7	7.9

Entonces a partir de lo anterior, se puede obtener Z5: Complejidad total, esta métrica se determina como la suma de los valores parciales de Z4, lo que da un total de  $C'(P) = 38.4 + 23.9 + 8.6 + 7.9 = 78.7$ . Este valor obtenido que corresponde a la métrica Z5 permite medir la complejidad total del proceso de gestión de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2.

La métrica Z6: Número de dependencias por proceso, se calcula realizando un conteo entradas y salidas del diagrama de proceso de gestión de proyecto de la ISO/IEC 29110-5-1-2 (Ver Figura 2). En lo que sigue se ha desglosado por actividad, dicho diagrama de la Figura 2. Los valores obtenidos corresponden a un conteo por actividad que se puede apreciar con mayor detalle en lo siguiente:

**En PM.1 Planificación del proyecto**, con el objetivo de calcular la complejidad de dependencias (Z6), en la Tabla 33 se observa que las dependencias de entradas que se representan por las barras de color oscuro es decir desde el entregable al proceso (4 entradas) y para las dependencias de salida de color claro, del proceso al entregable (4 salidas). Así mismo, esta forma de identificar las entradas y salidas se determina tomando como referencia el ejemplo de (García et al., 2006).

Tabla N° 33 Resultados de la Complejidad de dependencias de PM.1 de la ISO/IEC 29110-5-1-2.

Actividad	Gráfico	Entradas	Salidas
Planeación del proyecto		4	4

**En PM.2 Ejecución del plan de proyecto**, para esta actividad la complejidad de dependencias (Z6) también se determina de manera similar al anterior proceso. Como se muestra en la Tabla 34, el proceso PM.2 tiene 6 entradas y 5 salidas.

Tabla N° 34 Resultados de la Complejidad de dependencias de PM.2 de la ISO/IEC 29110-5-1-2.

Actividad	Gráfico	Entradas	Salidas
Ejecución del plan de proyecto		6	5

**En PM.3 Evaluación y control del plan de proyecto**, siguiendo la forma de cálculo de las anteriores actividades del proceso PM.1 y PM.2, se obtiene la complejidad de dependencias como se muestra en la Tabla 35 con los valores entradas=2 y salidas=2

Tabla N° 35 Resultados de la Complejidad de dependencias de PM.3 de la ISO/IEC 29110-5-1-2.

Actividad	Gráfico	Entradas	Salidas
Evaluación y Control del plan de proyecto	<pre> graph TD     RA[Reporte de avance] --&gt; ECP[Evaluación y Control del Plan del Proyecto]     PP[Plan de Proyecto] --&gt; ECP     ECP --&gt; AC[Acciones Correctivas]     ECP --&gt; SC[Solicitud de Cambio]         </pre>	2	2

**En PM.4 Cierre de proyecto**, los valores de la complejidad de dependencias se obtienen de manera similar al conteo de los anteriores procesos, como se muestra en la Tabla 35 los valores son: entradas=2 y salidas=2.

Tabla N° 36 Resultados de la Complejidad de dependencias de PM.4 de la ISO/IEC 29110-5-1-2.

Actividad	Gráfico	Entradas	Salidas
Cierre de Proyecto	<pre> graph TD     PP[Plan de Proyecto] --&gt; CP[Cierre del Proyecto]     CP --&gt; CS[Configuración de software]     CP --&gt; AA[Acta de Aceptación]         </pre>	2	2
Total		13	14

En la Tabla 37 se presenta un resumen de los resultados de los conteos de los procesos de gestión de proyectos de ISO/IEC 20119-5-1-2 de la Figura 2. Los valores obtenidos corresponden a un conteo por proceso resultando un total de 14 entradas y 13 salidas, es decir el valor de la métrica Z6: Número de dependencias del proceso de gestión de proyectos es igual 27.

Tabla N° 37 Resumen de resultados de la Complejidad de dependencias del proceso de gestión de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2.

PM	Descripción	Entradas	Salidas
1	Planificación del proyecto	4	4
2	Ejecución del plan de proyecto	6	5
3	Evaluación y control del plan de proyecto	2	2
4	Cierre de proyecto	2	2
Total		14	13

Finalmente, se determina la complejidad cognitiva de los entregable del proceso de gestión de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2. Los entregables a evaluar se muestran en la Tabla 38.

Tabla N° 38 Lista de entregable a evaluar de la gestión de proyecto de la ISO/IEC 29110-5-1-2

Entregables
Acta de aceptación
Solicitud de cambio
Acciones correctivas
Manual de mantenimiento
Acta de reunión
Manual de Operación
Reporte de avance
Plan de proyecto
Repositorio de proyecto
Respaldo del repositorio del proyecto
Especificación de requisitos
Software
Componente del software
Configuración del software
Diseño del software
Manual de usuario
Enunciado de trabajo
Casos de prueba y procedimiento de prueba
Reporte de pruebas
Registro de trazabilidad
Resultados de verificación
Resultados de validación

Las métricas de complejidad estructural de los entregables anteriormente mencionados son:  $Z7 = 108$ ,  $Z8 = 108$ ,  $Z9 = 108$ ,  $Z10 = 108$ , y a partir de ello se obtiene  $Z11 = 108$ .

### 3.2.1.1 Complejidad cognitiva de la ISO/IEC 29110-5-1-2

Esta sección determina finalmente la complejidad cognitiva del proceso de gestión de proyecto de la ISO/IEC 29110-5-1-2, teniendo en cuenta las métricas anteriormente obtenidos como son: (i) Z5: complejidad total del proceso de gestión de proyectos; (ii) Z6: complejidad de dependencias del proceso de gestión de proyectos y (iii) Z11: complejidad cognitiva de los entregables. En la Tabla 38 se muestra un resumen de los valores de estas métricas. El valor de la métrica Z5 se obtiene sumando los valores parciales de la métrica Z4: complejidad conceptual, obtenidos en cada proceso de gestión de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2. Así mismo, el valor de la métrica Z6: Complejidad de dependencias se obtiene del diagrama de procesos de gestión de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2 (Ver Figura 2). Luego, el resultado de la Z11: complejidad cognitiva de los entregables se obtuvieron a través de una evaluación por parte de expertos temáticos y usuarios avanzados relacionados con la gestión de proyectos. Finalmente, la métrica Z12: complejidad cognitiva del proceso de gestión de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2, se obtiene utilizando la filosofía de los factores tridimensionales de (Rossi & Brinkkemper, 1996), resultando Z12=136.3.

Tabla N° 39 Resumen de resultados de la Complejidad Cognitiva del proceso de gestión de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2.

	M	Descripción	ISO/IEC 29110-5-1-2	Resultados parciales	Resultado Total	Complejidad cognitiva
Z12 = Complejidad Cognitiva	Z5	Complejidad Total	PM.1: Planificación de proyecto	Z4 (PM.1) = 38.4	78.7	136.3
			PM.2: Ejecución del plan de proyecto	Z4 (PM.2) = 23.9		
			PM.3: Evaluación y control del plan de proyecto	Z4 (PM.3) = 8.6		
			PM.4: Cierre de proyecto	Z4 (PM.4) = 7.9		
	Z6	Complejidad de dependencias	Diagrama del Proceso de gestión de proyectos	27	27	
	Z11	Complejidad cognitiva de los entregables	Entregables del proceso de gestión de proyectos.	108	108	



En resumen, para finalizar con la evaluación la ISO/IEC 29110-5-1-2, se utilizan las métricas Z5, Z6 y Z11, como se muestra Tabla 40. En dicha Tabla se presenta Z5: complejidad total del proceso de gestión de proyectos, Z6: complejidad de dependencias del proceso de gestión de proyectos y Z11: la complejidad cognitiva de los entregables. El valor obtenido para la métrica Z12: Complejidad cognitiva del proceso de gestión de proyecto es 136.3

Tabla N° 40 Resultados de la complejidad cognitiva de la ISO/IEC 29110-5-1-2

Proceso	Z5	Z6	Z11	Z12
Proceso de gestión de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2	78.7	27	108	136.3

### 3.2.2 Medición de la gestión de proyectos del PMBOK

La medición de la complejidad cognitiva de este marco de trabajo se determina según el orden de los grupos de proceso. Así mismo, la forma de cálculo de las métricas Z1 a Z6 se explica por grupo de proceso. En lo que sigue se determina la complejidad conceptual (Z4) con las métricas Z1 a Z3 en cada grupo de proceso es decir GP1, GP2, GP3, GP4 y GP5 del PMBOK.


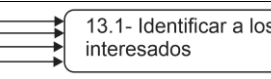
- En **GP1: Grupo de procesos de inicio**, para determinar el valor de la métrica Z1: cantidad de entregables, se considera los entregables de la Tabla 41. Obteniéndose, el valor de Z1=3.

Tabla N° 41 Entregables del grupo de proceso de inicio del PMBOK

Grupo de Proceso	Entregables
Inicio	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Project Charter</li> <li>2. Registro y Estrategia de Stakeholders</li> <li>3. Checklist de presentación para reunión de KickOff</li> </ol>

Luego, la métrica Z2= se obtiene según la cantidad de actividades por grupo de procesos (ver Tabla 42), es decir Z2=2 actividades. Considerando la envergadura del PMBOK, el cálculo definido de la métrica Z3 (número total de dependencias de los entregables con todas las tareas) en la sección 3.1. Elaboración de las métricas, es equivalente matemáticamente a la suma del número de entradas y salidas por actividad, como se muestran en la Tabla 31. Para esta actividad de Inicio, es Z3=11.

Tabla N° 42 Número total de dependencias de los entregables con todas las actividades del grupo de procesos de inicio.

#	Actividades de INICIO	NDEnTin(A)+NDEnTout(A)
1		6
2		5
	<b>Total</b>	<b>11</b>

Entonces, a partir de lo anterior la complejidad conceptual del grupo de procesos de inicio se calcula en función de las anteriores métricas obtenidas como son: (i)  $Z1=3$  (número de entregables totales); (ii)  $Z2=2$  (número de actividades) y (iii)  $Z3=11$  (número total de dependencias de los entregables con todas las actividades). El resultado se muestra en la Tabla 43.

Tabla N° 43 Resultados de la complejidad conceptual del grupo de procesos de inicio.

M	Definición	Resultado	Fuente
Z4	C'(GP1)	11.6	$C' (GP1) = \sqrt{3^2 + 2^2 + 11^2} = 11.6$

- **En GP2: Grupo de procesos de planificación**, con el objetivo de calcular la complejidad conceptual de este grupo de procesos, se determina el valor de las métricas Z1 (número de entregables), Z2 (número de actividades) y Z3 (número de dependencias de los entregables con todas las actividades). La métrica Z1 es tiene como valor de 39 entregables (ver Tabla 44).

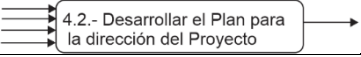
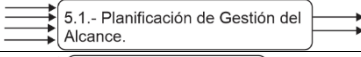




Tabla N° 44 Entregables del grupo de proceso de inicio del PMBOK


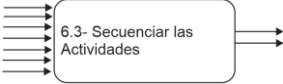

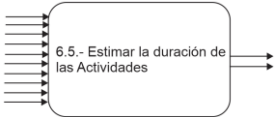

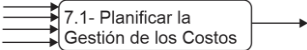

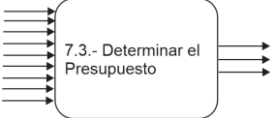
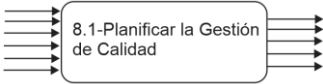
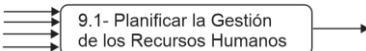
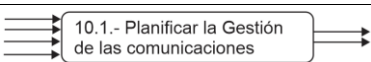


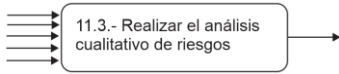
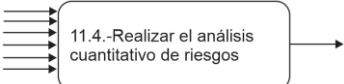
Grupo de Proceso	Entregables
Planificación	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Documentos de requisitos</li> <li>2. Plan de gestión de requisitos</li> <li>3. Matriz de trazabilidad de requisitos</li> <li>4. Scope statement</li> <li>5. Plan de gestión de Proyecto</li> <li>6. Plan de gestión de cambio</li> <li>7. Plan de gestión de la configuración</li> <li>8. Plan de gestión del alcance</li> <li>9. WBS del proyecto</li> <li>10. Diccionario WBS (Completo)</li> <li>11. Diccionario simplificado (Simplificado)</li> <li>12. Plan de Gestión del Schedule</li> <li>13. Identificación y Secuenciamiento de Actividades</li> <li>14. Red del Proyecto</li> <li>15. Estimación de Recursos y Duraciones</li> <li>16. Cronograma de Proyecto</li> <li>17. Plan de gestión de Costos</li> <li>18. Costeo del Proyecto</li> <li>19. Presupuesto del proyecto -por fase y por entregable</li> <li>20. Presupuesto del Proyecto - por fase y por tipo de recurso</li> </ol>

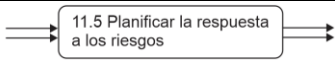
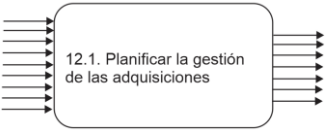

	21. Presupuesto por semana 22. Presupuesto en el tiempo (Curva S) 23. Plantilla de métrica de calidad 24. Línea base de calidad 25. Matriz de actividades de calidad 26. Plan de gestión de la calidad 27. Organigrama del proyecto 28. Matriz de asignación de responsabilidades 29. Descripción de roles 30. Cuadro de adquisiciones del personal del proyecto 31. Diagrama de carga del personal 32. Plan de Recursos humanos 33. Plan de gestión de las comunicaciones 34. Matriz de comunicaciones del proyecto 35. Glosario de terminología 36. Plan de gestión de riesgos 37. Plan de respuestas a riesgos 38. Plan de gestión de adquisiciones 39. Matriz de adquisiciones del proyecto
--	---

La métrica Z2 (número de actividades) contiene 24 actividades como se muestra en la Tabla 45. Seguido se determina el valor de la métrica Z3 (número total de dependencias de los entregables con todas las actividades), obteniéndose  $Z3=202$  (ve Tabla 45).

Tabla N° 45 Número total de dependencias de los entregables con todas las actividades del grupo de procesos de planificación

#	Actividades de planificación	NDEnTin(A)+NDEnTout(A)
1		5
2		6
3		7
4		6
5		7
6		5

#	Actividades de planificación	NDEnTin(A)+NDEnTout(A)
7		7
8		9
9		11
10		12
11		19
12		5
13		10
14		12
15		11
16		5
17		6
18		6
19		14
20		6
21		7

#	Actividades de planificación	NDEnTin(A)+NDEnTout(A)
22		4
23		16
24		6
<b>Total</b>		<b>202</b>

Entonces, luego de determinar las métricas: Z1=39 (número de entregables), Z2=24 (número de actividades) y Z3=202 (número total de dependencias de los entregables con todas las actividades). El resultado de la complejidad conceptual del GP2: grupo de procesos de planificación es Z4=207.1, como se muestra en la Tabla 46.

Tabla N° 46 Resultado de la complejidad conceptual del grupo de procesos de planificación

M	Definición	Resultado	Fuente
Z4	C'(GP2)	207.1	$C' (GP2)= \sqrt{39^2 + 24^2 + 202^2}=207.1$

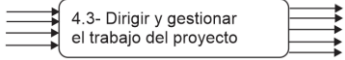
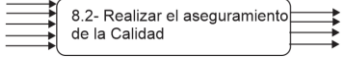
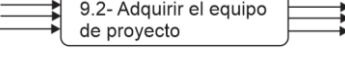
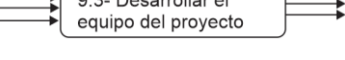
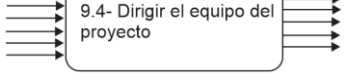
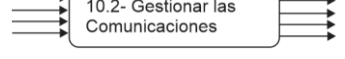
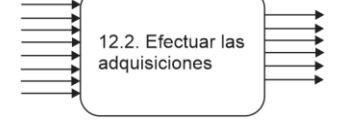
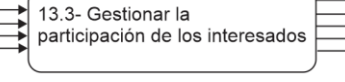
- **En GP3: Grupo de procesos de ejecución**, para determinar la complejidad conceptual de este grupo de procesos que según los entregables considerados en Tabla 47 realizará el conteo para obtener la métrica Z1= 9 entregables (ver Tabla 47).

Tabla N° 47 Resultado de la complejidad conceptual del grupo de procesos de planificación

Grupo de Proceso	Entregables
Ejecución	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Directorio del Equipo de Proyecto</li> <li>2. Acta de reunión de coordinación del proyecto</li> <li>3. Log de control de polémicas</li> <li>4. Informe de auditoría de Calidad</li> <li>5. Informe de performance del trabajo</li> <li>6. Evaluación de competencias para trabajar en equipo</li> <li>7. Evaluación de competencias de rendimiento</li> <li>8. Evaluación de competencias personales</li> <li>9. Evaluación de competencias generales.</li> </ol>

Luego se determina la métrica Z2 (número de actividades) donde la Tabla 48 explica que tiene 8 actividades entonces Z2=8. En seguida se determina la métrica Z3 (número total de dependencias de los entregables con todas las actividades) donde se tiene Z3=71 (ver Tabla 48).

Tabla N° 48 Número total de dependencias de los entregables con todas las actividades del grupo de procesos de ejecución.

#	Actividades de ejecución	NDEnTin(A)+NDEnTout(A)
1		9
2		9
3		6
4		5
5		11
6		8
7		14
8		9
		71

Entonces, la complejidad conceptual del GP3: grupo de procesos de ejecución se obtiene en función de los valores anteriormente determinados es decir Z1: número de entregables, Z2: número de actividades y Z3: número total de dependencias de los entregables con todas las actividades. Luego el valor de la complejidad conceptual del grupo de procesos de ejecución, se determina en la Tabla 49, resultando Z4=72.

Tabla N° 49 Resultados de la complejidad conceptual del grupo de procesos de ejecución.

M	Definición	Resultado	Fuente
Z4	C'(GP3)	72	$C' (GP3) = \sqrt{9^2 + 8^2 + 71^2}=72$

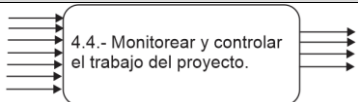
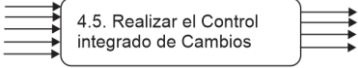

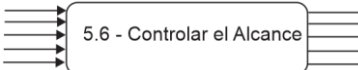
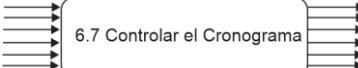

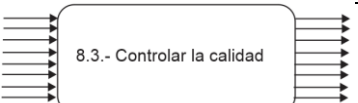
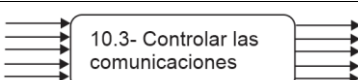

- **En GP4: Grupo de procesos de Monitoreo y Control**, se consideró 5 entregables para este grupo de procesos es decir la métrica  $Z1 = 5$ , como se muestra en la Tabla 50.


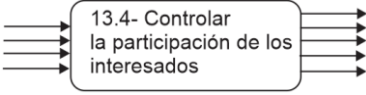
Tabla N° 50 Resultados de la complejidad conceptual del grupo de procesos de ejecución.

Grupo de Proceso	Entregables
Monitoreo y Control	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Solicitud de cambio</li> <li>2. Inspección de calidad</li> <li>3. Informe de monitoreo de Riesgos</li> <li>4. Reporte de Performance del proyecto simplificado</li> <li>5. Reporte de Performance del proyecto completo</li> </ol>

Luego en la métrica  $Z2=11$  actividades, se obtiene realizando un conteo en la Tabla 51, según el grupo de procesos de monitoreo y control. Así mismo, la métrica  $Z3$  es igual a 116, como se muestra en la Tabla 51.

Tabla N° 51 Número total de dependencias de los entregables con todas las actividades del grupo de procesos de Monitoreo y control

#	Actividades de monitoreo y control	NDEnTin(A)+NDEnTout(A)
1	 4.4.- Monitorear y controlar el trabajo del proyecto.	11
2	 4.5. Realizar el Control integrado de Cambios	9
3	 5.5 - Validar el Alcance	9
4	 5.6 - Controlar el Alcance	10
5	 6.7 Controlar el Cronograma	12
6	 7.4- Controlar los costos	10
7	 8.3.- Controlar la calidad	16
8	 10.3- Controlar las comunicaciones	10
9	 11.6- Controlar los Riesgos	9

#	Actividades de monitoreo y control	NDEnTin(A)+NDEnTout(A)
10		11
11		9
	Total	116

En seguida, la métrica de complejidad conceptual del grupo de procesos monitoreo y control se calcula según la Tabla 52, resultando  $Z4=116.6$

Tabla N° 52 Resultados de la complejidad conceptual del grupo de procesos de Monitoreo y Control.

M	Definición	Resultado	Fuente
Z4	C'(GP4)	116.6	$C' (GP2) = \sqrt{5^2 + 11^2 + 116^2} = 116.6$

- **En GP5: Grupo de procesos de Cierre**, al igual que los anteriores procesos se determinan las métricas Z1, Z2 y Z3 para luego determinar la complejidad conceptual del proceso es decir Z4. Este proceso según la Tabla 53 tiene 10 entregables, es decir  $Z1=10$ .


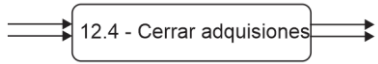
Tabla N° 53 Resultados de la complejidad conceptual del grupo de procesos de Monitoreo y Control.

Grupo de Proceso	Entregables
Cierre	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lecciones aprendidas</li> <li>2. Informe de métricas del proyecto</li> <li>3. Informe de performance final del proyecto</li> <li>4. Relación de lecciones aprendidas generadas</li> <li>5. Relación de activos de procesos generados en el proyecto</li> <li>6. Relación de documentos del proyecto</li> <li>7. Acta de entrega a operaciones</li> <li>8. Acta de aceptación de fase</li> <li>9. Acta de aceptación de proyecto</li> <li>10. Checklist de cierre de proyecto</li> </ol>



En la Tabla 54 se obtiene la métrica Z2 que se define como la cantidad de actividades del grupo de procesos de cierre, es decir  $Z2=2$ , como también se realiza un conteo para obtener la cantidad de interacciones de estos entregables y las actividades se ve representado en la métrica  $Z3=9$ .

Tabla N° 54 Número total de dependencias de los entregables con todas las actividades del grupo de procesos de cierre

#	Actividades de cierre	NDEnTin(A)+NDEnTout(A)
1		5
2		4
	Total	9

Por último, la complejidad conceptual de grupo de procesos de cierre es  $Z4=13.6$ . Este cálculo está representado en la Tabla 55.

Tabla N° 55 Resultado de la complejidad conceptual del grupo de procesos de cierre

M	Definición	Resultado	Fuente
Z4	$C'(GP5)$	13.6	$C' (GP2)=\sqrt{10^2 + 2^2 + 9^2}=13.6$

En resumen, se determinó la complejidad conceptual de cada grupo de procesos de manera individual. En la Tabla 56 se muestra un resumen de los valores obtenidos de cada grupo de procesos, donde la métrica relevante es Z4 (complejidad conceptual), ya que es una fórmula que está en función de Z1, Z2 y Z3.

Tabla N° 56 Resultados de la complejidad conceptual del Grupo de Procesos del PMBOK.

Grupo de procesos de la dirección de proyecto	Z1	Z2	Z3	Z4
GP1: Grupo de procesos de inicio	3	2	11	11.6
GP2: Grupo de procesos de planificación	39	24	202	207.1
GP3: Grupo de procesos de ejecución	9	8	71	72.0
GP4: Grupo de procesos de monitoreo y control	5	11	116	116.6
GP5: Grupo de procesos de cierre	10	2	9	13.6

Entonces, a partir de lo anterior se calcula la métrica Z5: Complejidad total, que se determina como la suma de los valores parciales de Z4 de la Tabla 56, de los cinco grupos de procesos. Es decir,  $Z5=11.6+207.1+72+116.6+13.6=420.9$ . Este valor obtenido permite medir la complejidad conceptual del PMBOK.

Así mismo, la métrica Z6: número de dependencias por proceso, se determina realizando un conteo de las entradas y salidas en el gráfico de interacciones entre procesos de la dirección de proyectos de la tercera sección página 53 del PMBOK (PMI, 2017). Donde, se obtiene 41 entradas + 22 salidas=63 en total. En lo que sigue de esta sección se explica el procedimiento realizado para dicho resultado donde se muestra el conteo de las entradas y salidas de cada uno de los grupos procesos del PMBOK. Este procedimiento es tomado como referencia del ejemplo de (García et al., 2006). Así mismo, cabe resaltar que para el conteo se tiene en cuenta que cada una de las barras de color oscuro representa un entregable en dirección desde el entregable al grupo de proceso y las barras de color más clara son las salidas desde del grupo de proceso al entregable. Además para esta evaluación se consideró la misma cantidad de fechas como entradas o salidas, tal cual como en el gráfico de interacciones entre procesos de la dirección de proyectos (PMI, 2017).

**En el GP1: Grupo de proceso de inicio**, con el objetivo de calcular el valor de la métrica de complejidad de dependencias se realiza un conteo de la cantidad de entradas. En la Tabla 57 se muestra tres grupos de entregables que están en dirección desde el entregable al grupo de proceso y suman 6 entradas; y los que están en dirección contraria suman 3 salidas.

Tabla N° 57 Resultados de la Complejidad de dependencias del gráfico de interacciones del grupo de proceso de Inicio

Grupo de Procesos	Gráfico	Entradas	Salidas
Inicio		6	3

**En el GP2: Grupo de proceso de Planificación**, determinar el valor de la métrica de complejidad de dependencias se realiza el mismo conteo que en el anterior grupo de procesos. En la Tabla 58 se muestra el valor 6 como entrada y 5 como salida, tal como se muestra en el gráfico.

Tabla N° 58 Resultados de la Complejidad de dependencias del gráfico de interacciones del grupo de procesos de planificación.

Grupo de Procesos	Gráfico	Entradas	Salidas
Planificación		6	5

En el GP3: Grupo de proceso de ejecución, como se muestra en el gráfico la cantidad de entradas es igual a 11 entregables que van en dirección el grupo de procesos. Las salidas son 6 entregables que van de salida del grupo de procesos como se muestra en el gráfico de la Tabla 59.

Tabla N° 59 Resultados de la Complejidad de dependencias del gráfico de interacciones del grupo de procesos de ejecución.

Grupo de Procesos	Gráfico	Entradas	Salidas
Ejecución		11	6

En el GP4: Grupo de proceso de monitoreo y control, para determinar la complejidad de dependencias se realiza el mismo procedimiento del calculo que los anteriores procesos. Como se muestra en la Tabla 60, el resultado del conteo del gráfico la cantidad de entradas es 9 y salidas es 6.

Tabla N° 60 Resultados de la Complejidad de dependencias del gráfico de interacciones del grupo de procesos de monitoreo y control.

Grupo de Procesos	Gráfico	Entradas	Salidas
Monitoreo y Control		9	6

En el GP5: Grupo de proceso de cierre, de la misma forma que los procesos anteriores se realizó el conteo en la Tabla 61 de las entradas y salidas del grupo de procesos de cierre. Resultado 9 entradas y 2 salidas.

Tabla N° 61 Resultados de la Complejidad de dependencias del gráfico de interacciones del grupo de procesos de cierre.

Grupo de Procesos	Gráfico	Entradas	Salidas
Cierre		9	2

En resumen, la Tabla 62 muestra los resultados de la cantidad de entradas y salidas de cada grupo de procesos y la suma total. Luego, el valor de la métrica Z6: complejidad de dependencias del PMBOK, es 41 entradas + 22 salidas = 63, donde Z6=63.

Tabla N° 62 Resultados de la Complejidad de dependencias del gráfico de interacciones del grupo de procesos de cierre.

Grupo de Procesos	Entradas	Salidas
Grupo de procesos de Inicio	6	3
Grupo de procesos de planificación	6	5
Grupo de procesos de ejecución	11	6
Grupo de procesos monitoreo y control	9	6
Grupo de proceso de Cierre	9	2
Total	41	22

### 3.2.2.1 Medición de entregables del PMBOK

Para realizar el análisis en el PMBOK, se decidió trabajar con una metodología de trabajo (de mayor detalle) de una empresa consultora con varios casos de éxito que está basado en el PMBOK. Por acuerdos de confidencialidad el nombre de la empresa se mantendrá en reserva. Considerando la manera en que trabaja la consultora, el análisis se realizó por grupos de procesos del PMBOK.

Tabla N° 63 Entregables por grupo de proceso basado en un caso de éxito.

Grupo de Proceso	Entregables
Inicio	<ul style="list-style-type: none"> <li>4. Project Charter</li> <li>5. Registro y Estrategia de Stakeholders</li> <li>6. Checklist de presentación para reunión de KickOff</li> </ul>
Planificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>40. Documentos de requisitos</li> <li>41. Plan de gestión de requisitos</li> <li>42. Matriz de trazabilidad de requisitos</li> <li>43. Scope statement</li> <li>44. Plan de gestión de Proyecto</li> <li>45. Plan de gestión de cambio</li> <li>46. Plan de gestión de la configuración</li> <li>47. Plan de gestión del alcance</li> <li>48. WBS del proyecto</li> <li>49. Diccionario WBS (Completo)</li> <li>50. Diccionario simplificado (Simplificado)</li> <li>51. Plan de Gestión del Schedule</li> <li>52. Identificación y Secuenciamiento de Actividades</li> <li>53. Red del Proyecto</li> </ul>

Grupo de Proceso	Entregables
	<ul style="list-style-type: none"> <li>54. Estimación de Recursos y Duraciones</li> <li>55. Cronograma de Proyecto</li> <li>56. Plan de gestión de Costos</li> <li>57. Costeo del Proyecto</li> <li>58. Presupuesto del proyecto -por fase y por entregable</li> <li>59. Presupuesto del Proyecto - por fase y por tipo de recurso</li> <li>60. Presupuesto por semana</li> <li>61. Presupuesto en el tiempo (Curva S)</li> <li>62. Plantilla de métrica de calidad</li> <li>63. Línea base de calidad</li> <li>64. Matriz de actividades de calidad</li> <li>65. Plan de gestión de la calidad</li> <li>66. Organigrama del proyecto</li> <li>67. Matriz de asignación de responsabilidades</li> <li>68. Descripción de roles</li> <li>69. Cuadro de adquisiciones del personal del proyecto</li> <li>70. Diagrama de carga del personal</li> <li>71. Plan de Recursos humanos</li> <li>72. Plan de gestión de las comunicaciones</li> <li>73. Matriz de comunicaciones del proyecto</li> <li>74. Glosario de terminología</li> <li>75. Plan de gestión de riesgos</li> <li>76. Plan de respuestas a riesgos</li> <li>77. Plan de gestión de adquisiciones</li> <li>78. Matriz de adquisiciones del proyecto</li> </ul>
Ejecución	<ul style="list-style-type: none"> <li>10. Directorio del Equipo de Proyecto</li> <li>11. Acta de reunión de coordinación del proyecto</li> <li>12. Log de control de polémicas</li> <li>13. Informe de auditoría de Calidad</li> <li>14. Informe de performance del trabajo</li> <li>15. Evaluación de competencias para trabajar en equipo</li> <li>16. Evaluación de competencias de rendimiento</li> <li>17. Evaluación de competencias personales</li> <li>18. Evaluación de competencias generales.</li> </ul>

Grupo de Proceso	Entregables
Monitoreo y Control	6. Solicitud de cambio 7. Inspección de calidad 8. Informe de monitoreo de Riesgos 9. Reporte de Performance del proyecto simplificado 10. Reporte de Performance del proyecto completo
Cierre	11. Lecciones aprendidas 12. Informe de métricas del proyecto 13. Informe de performance final del proyecto 14. Relación de lecciones aprendidas generadas 15. Relación de activos de procesos generados en el proyecto 16. Relación de documentos del proyecto 17. Acta de entrega a operaciones 18. Acta de aceptación de fase 19. Acta de aceptación de proyecto 20. Checklist de cierre de proyecto

Las métricas de complejidad estructural de los entregables anteriormente mencionados son:  $Z7 = 150$ ,  $Z8 = 150$ ,  $Z9 = 150$ ,  $Z10 = 149$ , y a partir de ello se obtiene  $Z11 = 149.8$ .

### 3.2.2.2 Complejidad cognitiva del PMBOK

Esta sección determina la complejidad cognitiva del PMBOK, en función de los valores obtenidos en las métricas que son: (i)  $Z5$ : complejidad total de una instancia del PMBOK, obteniéndose de la suma de los valores parciales de  $Z4$ ; (ii)  $Z6$ : complejidad de dependencias del PMBOK, según el gráfico de interacciones de los grupos de procesos con los entregables y (iii)  $Z11$ : complejidad cognitiva de los entregables, este valor se obtiene a través de una evaluación por parte de expertos temáticos y usuarios avanzados en la gestión de proyectos. De los valores ya mencionados se obtiene la métrica  $Z12$ : complejidad cognitiva del PMBOK, utilizando la filosofía de los factores tridimensionales de (Rossi & Brinkkemper, 1996) resultando  $Z12=457.6$ .

Tabla N° 64 Resultados de la complejidad cognitiva del PMBOK

Proceso para la dirección de proyectos	Z11	Z5	Z6	Z12
PMBOK	149.8	420.9	63	451.2

### 3.2.3 Comparación de la complejidad cognitiva del proceso de gestión de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2 respecto al PMBOK

Las mediciones realizadas permiten establecer con más claridad la complejidad de la estructura de los marcos de trabajo. En la Tabla 65 se presentan los resultados consolidados de la evaluación de la gestión de proyectos de ISO/IEC 29110-5-1-2 y de los grupos de procesos del PMBOK en dos bloques. Lo que se presenta en la Tabla es lo siguiente: (i) complejidad de cognitiva de los entregables, (ii) complejidad conceptual de los procesos de la gestión de proyectos y (iii) la complejidad de dependencias por proceso. Siendo evaluado cada marco de trabajo en ese orden. Los entregables se evaluaron como un todo obteniendo un solo valor. Para el segundo, se evaluó por cada proceso obteniéndose un valor parcial y la suma de ello se obtiene la complejidad conceptual del proceso. Finalmente, se evalúa los diagramas de cada marco.

Tabla N° 65 Cuadro comparativo de la evaluación de complejidad de la ISO/IEC 29110-5-1-2 con el PMBOK.

	<b>ISO/IEC 29110-5-1-2</b>	<b>R. Parcial</b>	<b>Resultado Total</b>	<b>PMBOK</b>	<b>R. Parcial</b>	<b>Resultado Total</b>
<b>Complejidad cognitiva de los entregables</b>	Entregables del proceso de gestión de proyectos.	108	108	Entregables del proceso de gestión de proyectos	149.8	149.8
<b>Complejidad conceptual</b>	Planificación de proyecto	38.4	78.7	Grupo de procesos de inicio	11.6	420.9
	Ejecución del plan de proyecto	23.9		Grupo de procesos de planificación	207.1	
	Evaluación y control del plan de proyecto	8.6		Grupo de procesos ejecución	72.0	
				Grupo de procesos de monitoreo y control	116.6	
	Cierre de proyecto	7.9		Grupo de procesos de cierre	13.6	
<b>Complejidad de dependencias por proceso</b>	Diagrama del Proceso de gestión de proyectos	27	27	Interacciones entre procesos de la Dirección de Proyectos	63	63
<b>Complejidad Cognitiva</b>			136.3	<b>Complejidad Cognitiva</b>		451.2



### **Conclusiones y Recomendaciones**

En esta investigación se obtuvieron los resultados de un análisis de complejidad cognitiva, determinándose que el proceso de gestión de proyectos de la ISO/IEC 29110-5-1-2 obtuvo una complejidad cognitiva de 136.3 y para el caso de la implementación basada en el PMBOK se obtuvo una complejidad cognitiva de 457.6. Estos resultados evidencian que la ISO/IEC 29110-5-1-2 es menos compleja en comparación con la implementación completa basada PMBOK, e implica además que el esfuerzo de implementar un modelo basado en la ISO/IEC 29110-5-1-2 es menor que una implementación completa basada en el PMBOK.

De otro lado, para el caso de definir una metodología basada en PMBOK, se puede utilizar la complejidad cognitiva para evaluar su facilidad y esfuerzo de adopción en una organización.

Además, esta investigación propone métricas para medir la complejidad estructural de los entregables, traducándose como la complejidad cognitiva. Como trabajo futuro se propone realizar una medición de la complejidad cognitiva de los procesos de desarrollo de software de las pequeñas empresas en comparación con la ISO/IEC 12207. Asimismo, resulta interesante contar con una herramienta de software para automatizar el cálculo de estas métricas de complejidad para la comparación de modelos

## Referencias Bibliográficas

- Batra, D. (2007). Cognitive complexity in data modeling: Causes and recommendations. *Requirements Engineering*, 12(4), 231–244. <https://doi.org/10.1007/s00766-006-0040-y>
- Bayona, S., Calvo-Manzano, J. A., Cuevas, G., & San Feliu, T. (2012). Método para Seleccionar un Modelo de Procesos para Desplegar Procesos Software. *CISTI (Iberian Conference on Information Systems & Technologies / Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação) Proceedings*, 489–494. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=iih&AN=82744595&lang=es&site=eds-live>
- Briand, L. C., Wiist, J., Ikonovski, S. V, Lounis, H., West, S., & Ha, C. (1999). *Investigating Quality Factors in Object-Oriented an Industrial Case Study Designs* :
- Britto, J. A. (2016). *Comparación de metofologías ágiles y procesos de desarrollo de Software basado en CMMI*. 21(2), 150–156.
- Cano, C., Melgar, A., Dávila, A., & Pessoa, M. (2015). Comparison of software process models. A systematic literature review. *Proceedings - 2015 41st Latin American Computing Conference, CLEI 2015*. <https://doi.org/10.1109/CLEI.2015.7360025>
- Cao, Q., Gu, V. C., & Thompson, M. A. (2012). Using complexity measures to evaluate software development projects: A nonparametric approach. *Engineering Economist*, 57(4), 274–283. <https://doi.org/10.1080/0013791X.2012.729878>
- Dey, S. K., Tariq, S. S. M., Islam, M. S., & Bashir, G. M. M. (2017). Cognitive complexity: A model for distributing equivalent programming problems. *ECCE 2017 - International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering*, 831–837. <https://doi.org/10.1109/ECACE.2017.7913018>
- Erickson, J., & Siau, K. (2004). Theoretical and practical complexity of modeling methods. *Communications of the ACM*, 50(8), 46–51. <https://doi.org/10.1145/1278201.1278205>
- Erickson, J., & Siau, K. (2007). Theoretical and practical complexity of modeling methods. *Communications of the ACM*, 50(8), 46–51. <https://doi.org/10.1145/1278201.1278205>
- Erickson, J., & Siau, K. (2005). Toward Practical Measures of Complexity in Real Time Modeling Methods. *11th Americas Conference on Information Systems*, 3067–3074.
- García, F., Piattini, M., Ruiz, F., Canfora, G., & Visaggio, C. A. (2006). FMESP: Framework for the modeling and evaluation of software processes. *Journal of Systems Architecture*, 52(11), 627–639. <https://doi.org/10.1016/j.sysarc.2006.06.007>
- ISO/IEC. (2011). *ISO/IEC TR 29110-5-1-2:2011 Software Engineering -- Lifecycle Profiles for Very Small Entities (VSEs) -- Part 5-1-2: Management and Engineering Guide: Generic Profile Group: Basic Profile*. <https://www.iso.org/standard/51153.html>
- ISO/IEC. (2016). *ISO/IEC TR 29110-1:2016 Systems and software engineering -- Lifecycle profiles for Very Small Entities (VSEs) -- Part 1: Overview*. <https://www.iso.org/standard/62711.html>
- ISO. (2011). *ISO/IEC 29110-5-1-2 Systems and software engineering -- Lifecycle profiles for Very Small Entities (VSEs) -- Part 5-1-2: Systems engineering -- Management and engineering guide: Generic profile group: Basic profile*. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2012.07.006>
- Kushwaha, D. S., & Misra, A. K. (2006). Cognitive software development process and associated metrics - A framework. *Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Cognitive Informatics, ICCI 2006*, 1, 255–260. <https://doi.org/10.1109/COGINF.2006.365705>
- Laporte, C. Y., & O'Connor, R. V. (2014). A Systems Process Lifecycle Standard for Very Small Entities: Development and Pilot Trials. *Communications in Computer and Information Science*,

- 425(June), 13–24. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-43896-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-662-43896-1_2)
- Marin, M. A., Lotriet, H., & Van Der Poll, J. A. (2014). *Measuring Method Complexity of the Case Management Modeling and Notation (CMMN)*. 209–216. <https://doi.org/10.1145/2664591.2664608>
- Mas, A., & Mesquida, A. L. (2013). Software project management in small and very small entities | Gestión de proyectos de software en pequeñas y micro empresas. *Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI*, 406–412.
- Mitani, Y., Matsumura, T., Barker, M., Tsuruho, S., Inoue, K., & Matsumoto, K. (2007). *Proposal of a Complete Life Cycle In-Process Measurement Model Based on Evaluation of an In-Process Measurement Experiment Using a Standardized Requirement Definition Process*. <https://doi.org/10.1109/ESEM.2007.27>
- Molina, R., Zea, P., Contento, J., & García, G. (2018). Comparación de Metodologías en aplicaciones web. *3C Tecnologías*, 7.
- Mustapha, I. O., Olabiyisi, S., Jimoh, R. G., & Alimi, M. O. (2018). Performance evaluation of implementation languages on cognitive complexity of Dijkstra Algorithm. *Annals. Computer Science Series, XVI*, 1–6.
- Oliveira, J. M. M. De, Oliveira, K. B. De, & Belchior, A. D. (2006). *Measurement Process : A Mapping Among CMMI-SW , ISO / IEC 15939 , IEEE Std 1061 , Six Sigma and PSM*. 15939(2002).
- Palomino, M., Dávila, A., & Melendez, K. (2019). Methodologies, methods, techniques and tools used on SLR elaboration: A mapping study. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 865, 14–30. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-01171-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-01171-0_2)
- Pedreschi, J., Rondón, S., Camarena, M., Basurto, C., & Dávila, A. (2007). Análisis, Diseño y Construcción de una Herramienta para Modelado de Procesos: MJS Process Designer. *IV Congreso Regional de Estudiantes de Ingeniería de Trujillo (COREIS)*.
- Pereplechikov, M., Ryan, C., & Tari, Z. (2013). *An Analytical Framework for Evaluating Service-Oriented Software Development Methodologies*. <https://doi.org/10.4304/jsw.8.7.1642-1659>
- PMI. (2017). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos*.
- Ram, P., Rodriguez, P., & Oivo, M. (2018). *Software Process Measurement and Related Challenges in Agile Software Development : A Multiple Case Study*.
- Rossi, M., & Brinkkemper, S. (1996). Complexity metrics for systems development methods and techniques. *Information Systems*, 21(2), 209–227. [https://doi.org/10.1016/0306-4379\(96\)00012-9](https://doi.org/10.1016/0306-4379(96)00012-9)
- Sharma, A., & Kushwaha, D. S. (2010). Complexity measure based on requirement engineering document and its validation. *2010 International Conference on Computer and Communication Technology, ICCCT-2010*, 608–615. <https://doi.org/10.1109/ICCCT.2010.5640472>
- Slavek, N., Lukić, I., & Köhler, M. (2012). Software process measuring model [Model mjerenja softverskog procesa]. *Tehnicki Vjesnik*, 19(1), 11–17. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84859181540&partnerID=40&md5=870159bb67251643fecf0dab02b9beb5>
- Unctad. (2012). *The Software Industry and Developing Countries*. [http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/ier2012\\_en.pdf](http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/ier2012_en.pdf)
- Zhang, H., Kishore, R., Sharman, R., & Ramesh, R. (2007). Agile Integration Modeling Language (AIML): A conceptual modeling grammar for agile integrative business information systems. *Decision Support Systems*, 44(1), 266–284. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2007.04.009>