

**GUÍA TÉCNICA PARA LA MEDICIÓN DE TESTING DE SOFTWARE PARA
PEQUEÑAS ORGANIZACIONES
DESARROLLADORAS DE SOFTWARE**



**Universidad
del Cauca**

**JENNIFER ANDREA FIGUEROA BOLAÑOS
JAVIER EDUARDO PINO BELALCAZAR**

**Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones**

**Popayán
2021**

**GUÍA TÉCNICA PARA LA MEDICIÓN DE TESTING DE SOFTWARE PARA
PEQUEÑAS ORGANIZACIONES
DESARROLLADORAS DE SOFTWARE**

**JENNIFER ANDREA FIGUEROA BOLAÑOS
JAVIER EDUARDO PINO BELALCAZAR**

**Trabajo de grado presentado a la Facultad
de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
de la Universidad del Cauca para obtención del Título de:
Ingeniero de Sistemas**

**Director:
Mag. Carlos Alberto Ardila Albarracín**

**Popayán
2021**

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Planteamiento del problema.	2
1.2. Objetivos.....	4
1.3. Solución propuesta	4
1.4. Metodología.....	4
1.5. Estructura del documento.....	5
2. TRABAJOS RELACIONADOS.....	6
2.1. Marco teórico.....	6
2.2. Protocolo utilizado	8
2.3. Resultados.....	9
2.4. Estado del arte obtenido.....	11
2.5. Síntesis.....	15
3. MÉTRICAS DOCUMENTADAS	16
3.1. Búsqueda y revisión de Métricas.....	16
3.2. Métricas seleccionadas y documentadas	25
3.2.1. Métricas Directas.....	25
3.2.2. Métricas Indirectas	34
4. GUÍA TÉCNICA	60
4.1. Descripción de la Guía Técnica.....	60
4.1.1. Propósitos y objetivos	60
4.1.2. Atributos a valorar	61
4.1.3. Relación de las Métricas con los atributos	62
4.2. Descripción en Detalle de la Guía Técnica.....	66
4.2.1. PROCESO 1 (P1). Definir Requerimientos de Evaluación.....	66
4.2.2. PROCESO 2 (P2). Planear Medición y Evaluación.....	68
4.2.3. PROCESO 3 (P3). Ejecutar Medición y Evaluación	71
4.3. Ejemplo de uso para la guía	73
4.3.1. Evaluación atributo EFECTIVIDAD	78
4.3.2. Evaluación atributo EFICIENCIA.....	82
5. EVALUACIÓN DE LA GUÍA TÉCNICA	88
5.1. Proceso de evaluación	88
5.1.1. Estructura general de sesión de grupo.....	88
5.1.2. Ejecución de la técnica sesión de grupo para la evaluación de la guía técnica	90
5.1.3. Modificaciones realizadas a partir de la evaluación	97
5.2. Sumario	98
5.3. Limitaciones de la evaluación.....	98
6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	100
6.1. Sumario	100
6.2. Conclusiones.....	101
6.3. Trabajo Futuro	103
7. REFERENCIAS.....	104

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Planeación del mapeo sistemático.....	8
Tabla 2. Categorización de los estudios primarios.....	9
Tabla 3. Clasificación de los estudios por año de publicación	9
Tabla 4. Problemáticas abordadas	10
Tabla 5. Métricas sobre Testing sugeridas por Burnstein [Burnstein, 2003]	16
Tabla 6. Métricas sobre Testing planteadas por Tricentis Corporation [Tricentis, 2016].....	19
Tabla 7. Métricas sobre Testing planteadas por ThinkSys Corporation [ThinkSys, 2018]	21
Tabla 8. Esquema general de ficha técnica para métricas	22
Tabla 9. Normalización para rangos abiertos donde a mayor valor es mejor	25
Tabla 10. Normalización para rangos abiertos donde a menor valor es mejor	25
Tabla 11. Métrica Directa "Tiempo de ejecución de prueba"	25
Tabla 12. Métrica Directa "Cantidad de defectos por artefacto"	26
Tabla 13. Métrica Directa "Tamaño del producto software"	26
Tabla 14. Métrica Directa "Cantidad de defectos encontrados en prueba de aceptación"	26
Tabla 15. Métrica Directa "Cantidad de errores encontrados"	26
Tabla 16. Métrica Directa "Cantidad total de defectos corregidos por el equipo de desarrollo"	27
Tabla 17. Métrica Directa "Cantidad total de defectos en la medición"	27
Tabla 18. Métrica Directa "Cantidad de errores en la revisión"	27
Tabla 19. Métrica Directa "Cantidad de errores en testing"	27
Tabla 20. Métrica Directa "Cantidad Total de errores encontrados por el equipo de desarrollo"	28
Tabla 21. Métrica Directa "Cantidad de casos de prueba ejecutados"	28
Tabla 22. Métrica Directa "Cantidad de casos de prueba planeados"	28
Tabla 23. Métrica Directa "Horas empleadas en la corrección de defectos"	28
Tabla 24. Métrica Directa "Cantidad de defectos corregidos"	29
Tabla 25. Métrica Directa "Cantidad de casos de prueba aprobados"	29
Tabla 26. Métrica Directa "Cantidad de casos de prueba bloqueados"	29
Tabla 27. Métrica Directa "Cantidad de casos de prueba corregidos"	29
Tabla 28. Métrica Directa "Cantidad de casos de prueba fallados"	30
Tabla 29. Métrica Directa "Tiempo invertido en planeación de pruebas"	30
Tabla 30. Métrica Directa "Tiempo invertido en diseño de pruebas"	30
Tabla 31. Métrica Directa "Tiempo invertido en ejecución de pruebas"	30
Tabla 32. Métrica Directa "Tiempo invertido en documentación de pruebas"	31
Tabla 33. Métrica Directa "Esfuerzo invertido en preparación de pruebas"	31
Tabla 34. Métrica Directa "Esfuerzo invertido en evaluación de pruebas"	31
Tabla 35. Métrica Directa "Costo de herramientas específicas para Testing"	31
Tabla 36. Métrica Directa "Costo de almacenamiento en servidores de los artefactos de Testing"	32
Tabla 37. Métrica Directa "Costo de horas dedicadas a re-trabajo"	32
Tabla 38. Métrica Directa "Cantidad casos de prueba diseñados"	32
Tabla 39. Métrica Directa "Requerimientos aprobados mapeados a casos de prueba"	32
Tabla 40. Métrica Directa "Total Requerimientos Aprobados"	33
Tabla 41. Métrica Directa "Costo Total de casos de prueba planeados"	33
Tabla 42. Métrica Directa "Costo de Casos de prueba ejecutados"	33
Tabla 43. Métrica Directa "Tiempo total empleado en casos de prueba"	33
Tabla 44. Métrica Indirecta "Densidad de defectos"	34
Tabla 45. Métrica Indirecta "Tasa de escape de defectos"	35
Tabla 46. Métrica Indirecta "Eficiencia de eliminación de defectos"	36
Tabla 47. Métrica Indirecta "Eficiencia de revisión"	37
Tabla 48. Métrica Indirecta "Efectividad de los casos de prueba"	38
Tabla 49. Métrica Indirecta "Esfuerzo medio por caso de prueba"	39
Tabla 50. Métrica Indirecta "Cobertura de ejecución de prueba"	40
Tabla 51. Métrica Indirecta "Tiempo medio de corrección de defectos"	41
Tabla 52. Métrica Indirecta "Cobertura de casos de prueba aprobados"	42
Tabla 53. Métrica Indirecta "Casos de prueba bloqueados"	43
Tabla 54. Métrica Indirecta "Porcentaje de defectos corregidos"	44
Tabla 55. Métrica Indirecta "Eficiencia de diseño de pruebas"	45

Tabla 56. Métrica Indirecta "Tasa de detección de errores"	46
Tabla 57. Métrica Indirecta "Porcentaje de casos de prueba ejecutados"	47
Tabla 58. Métrica Indirecta "Porcentaje de Requerimientos aprobados mapeados a casos de prueba"	48
Tabla 59. Métrica Indirecta "Porcentaje de Casos de Uso aprobados mapeados a casos de prueba"	49
Tabla 60. Métrica Indirecta "Esfuerzo Medio por caso de prueba aprobado"	50
Tabla 61. Métrica Indirecta "Fracción de re-trabajo de casos de prueba"	51
Tabla 62. Métrica Indirecta "Costo medio de la hora del personal en Actividades de Testing"	52
Tabla 63. Métrica Indirecta "Costo medio de caso de prueba planeado"	53
Tabla 64. Métrica Indirecta "Costo medio de caso de prueba ejecutado"	54
Tabla 65. Métrica Indirecta "Porcentaje de actividades tercerizadas en testing respecto al total"	55
Tabla 66. Métrica Indirecta "Costo medio de capacitación relacionada directamente con el proyecto"	56
Tabla 67. Métrica Indirecta "Costo de las horas dedicadas a re-trabajo con respecto al costo total"	57
Tabla 68. Métrica Indirecta "Tiempo medio invertido en planeación de pruebas"	58
Tabla 69. Métrica Indirecta "Tiempo medio invertido en diseño de pruebas"	59
Tabla 70. Atributos de Proceso de Prueba	62
Tabla 71. Actividades del Proceso P1	67
Tabla 72. P1. A1. Identificar los Requerimientos de evaluación de actividades de testing	67
Tabla 73. P1. A2. Seleccionar Artefactos	67
Tabla 74. Actividades del Proceso P2	69
Tabla 75. P2. A1. Priorizar Metas	69
Tabla 76. P2. A2. Relacionar métricas con los sub-atributos de proceso y los artefactos	70
Tabla 77. Actividades del Proceso P3	71
Tabla 78. P3. A1. Recolectar Datos	72
Tabla 79. P3. A2. Calcular Métricas e indicadores	72
Tabla 80. P3. A3. Elaborar reporte y divulgar resultados	72
Tabla 81. Valores de Metas de Proceso a lograr	74
Tabla 82. Valores de Metas de Proceso Ajustadas	75
Tabla 83. Relación Artefacto-Métricas	76
Tabla 84. Reconocimiento de Métricas utilizadas en el ejemplo de uso	77
Tabla 85. Normalización efectividad 1 ejemplo de uso	79
Tabla 86. Normalización efectividad 2 ejemplo de uso	79
Tabla 87. Valorización sugerida para Efectividad	81
Tabla 88. Normalización Eficiencia 1 ejemplo de uso	83
Tabla 89. Normalización Eficiencia 2 ejemplo de uso	83
Tabla 90. Normalización Eficiencia 3 ejemplo de uso	84
Tabla 91. Normalización Eficiencia 4 ejemplo de uso	85
Tabla 92. Valoración sugerida para Eficiencia	86
Tabla 93. Protocolo de la sesión de grupo	90
Tabla 94. Participantes de la sesión de grupo	91
Tabla 95. Evaluación del componente Repositorio de Métricas	93
Tabla 96. Evaluación del componente Tabla de Evaluación de Procesos	93
Tabla 97. Evaluación del componente Ejemplo de uso	94
Tabla 98. Resultado final "Encuesta de Evaluación de aspectos generales"	95
Tabla 99. Caso afirmativo, pregunta 10 y 11	96
Tabla 100. Modificaciones aplicadas después de la evaluación	97

Lista de Figuras

Figura 1. Vista General de la Guía Técnica	66
Figura 2. Actividades del Proceso P1 Definir Requerimientos de Evaluación	66
Figura 3. Actividades del Proceso P2 Planeación de Medición y Evaluación	68
Figura 4. Actividades del Proceso P3 Ejecutar Medición y Evaluación.....	71

1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta el procedimiento propuesto para la Guía Técnica para medición en actividades de testing, identificando el problema, objetivos, solución propuesta, metodología y la forma en que está organizado el documento.

1.1. Planteamiento del problema.

Debido a los avances tecnológicos el software se encuentra en la mayoría de los campos de la actividad humana, con una importancia que no debe subestimarse, y estos productos se encuentran desde controles de hornos microondas, automóviles, transacciones bancarias, tráfico aéreo hasta plantas de energía, nuestras vidas y la calidad de vida dependen muchas veces del software [Fenton y Bieman, 2015]. Se tiene una alta dependencia en las organizaciones a la generación y disponibilidad de información como se tiene en las DBs para la toma de decisiones.

La medición de software es un componente esencial de una buena ingeniería de software, muchos desarrolladores de software miden las características de su software para tener una idea que los requisitos sean consistentes y estén completos, si el diseño es de alta calidad y si el código está listo para ser lanzado, los gerentes de proyecto miden los atributos de los procesos y productos para saber cuándo el software estará listo para la entrega y si se excederá el presupuesto, las organizaciones utilizan mediciones de evaluación de procesos para seleccionar proveedores de software, los clientes informados miden los aspectos del producto final para determinar si cumple con los requisitos y si es de calidad suficiente. Además, los encargados del mantenimiento deben poder evaluar el producto actual para ver qué se debe actualizar y mejorar [Basili y Caldiera, 1995].

En muchas ocasiones las características y la funcionalidad de este software no es adecuada y se han desperdiciado ingentes cantidades de dinero en software que no hace lo que se supone que debe hacer [Pressman, 2005]. La calidad de software como lo define Pressman es: “proceso eficaz de software que se aplica de manera que crea un producto útil que proporciona un valor medible a quienes lo producen y a quienes lo utilizan” [Pressman, 2005]. Según IEEE 610: “la calidad del software es el grado con el que un sistema, componente o proceso cumple los requerimientos

especificados y las necesidades o expectativas del cliente o usuario”. El modelo más actual está representado por las normas ISO 25000 de 2005, que tiene 5 pilares para el aseguramiento de la calidad del software: 1) gestión de la Calidad, 2) modelo de calidad, 3) medidas de calidad, 4) requerimientos de Calidad y 5) evaluación de la calidad.

Para desarrollar un producto software de calidad se necesita recolectar medidas de las especificaciones reunidas con los clientes, que se utilizan para entender mejor los atributos de los modelos que se crean además de evaluar la calidad de los productos [Pressman, 2005]. Además, Fenton y Bieman definen a la medición de la siguiente manera: “la medición es el proceso mediante el cual se asignan números o símbolos a los atributos de las entidades en el mundo real de tal manera que se describen de acuerdo con reglas claramente definidas” [Fenton y Bieman, 2015].

Existe un gran número de métricas que pueden ayudarnos en la evaluación de un proyecto de software sin embargo estas métricas suelen ser ambiguas o estar dispersas y en lugar de apoyar un desarrollo puede llegar a complicarlo aún más, por lo que es necesario recopilarlas y documentarlas.

De acuerdo al problema descrito anteriormente, surge la siguiente pregunta de investigación: **¿Cómo incorporar buenas prácticas en medición para dar soporte a las necesidades de información sobre testing de software en pequeñas organizaciones desarrolladoras de software?**

Para responder esta pregunta planteada se propone una guía técnica, marco de trabajo o elementos específicos que facilite la definición y aplicación de métricas en testing de software en pequeñas organizaciones desarrolladoras de software.

Según Pressman: si se produce un software de mala calidad, se ven afectados tanto los clientes como los desarrolladores ya que los clientes no estarán satisfechos con el producto por sus deficiencias y el equipo de desarrollo tendrá que corregir los errores lo cual tendrá un costo alto de esfuerzo [Pressman, 2005].

Es por esto que la calidad de estos productos software tiene una relevancia cada vez mayor y surge la necesidad de crear estándares que fijen los criterios de evaluación del software para asegurar su calidad [Estayno et al., 2009].

1.2. Objetivos

Objetivo general

Proponer una guía técnica que facilite la incorporación de buenas prácticas en medición para dar soporte a las necesidades de información sobre testing de software en pequeñas organizaciones desarrolladoras de software.

Objetivos específicos

- a) Documentar las métricas e indicadores más adecuados que permitan recolectar información y evaluar características de procesos relacionados con testing de software.
- b) Determinar elementos conceptuales y metodológicos sobre buenas prácticas de definición y aplicación de métricas en testing de software.
- c) Evaluar la guía técnica de medición propuesta mediante la aplicación del método cualitativo denominado sesión de grupo.

1.3. Solución propuesta

Se pretende enfrentar el problema planteado abordando y estudiando diversos elementos, técnicas y/o herramientas que se centran en la definición y aplicación de la Guía Técnica que facilite el uso de métricas de software en pequeñas empresas desarrolladoras de software, orientando la ejecución de las prácticas requeridas y la elaboración de los artefactos o productos de trabajo necesarios.

1.4. Metodología

Se utilizó el método de investigación-acción estudiado por M. Bocco y M. Piattini [2014], el cuál rige el desarrollo del proyecto. En este método se identifican cuatro etapas, las cuales son:

1. *Etapa de planificación:* Se hace una descripción de los problemas relevantes que guiarán en la investigación tomando como referencia la literatura en las que se mencionen temas como medición en la disciplina de testing de software.
2. *Etapa de acción:* Se elabora la Guía Técnica que comprenda todos los pasos necesarios para incorporar buenas prácticas de medición en la disciplina de testing en pequeñas empresas
3. *Etapa de observación:* En esta etapa se evalúan los elementos que conforman la Guía Técnica mediante una técnica cualitativa.
4. *Etapa de reflexión:* En esta etapa se comparan y analizan los resultados obtenidos para ser compartidos con los interesados.

1.5. Estructura del documento

La presente monografía está conformada de la siguiente manera:

El capítulo 2, presenta los trabajos relacionados con medición en la disciplina de testing de software para la cual se realiza un mapeo sistemático para identificar, evaluar e interpretar fuentes notables disponibles en un área característica.

El capítulo 3, relaciona el proceso de identificación, selección y documentación de las métricas que conforman el artefacto denominado “repositorio de métricas” que es un elemento fundamental de la Guía Técnica.

El capítulo 4, presenta de manera detallada los componentes y la documentación que conforman la Guía Técnica para la aplicación de métricas en actividades de testing de software.

El capítulo 5, presenta el proceso de evaluación mediante una técnica de carácter cualitativo. Se detalla las etapas del proceso, los resultados obtenidos y como contribuyeron en la afinación de la propuesta planteada.

Para terminar, el capítulo 6 presenta conclusiones y el trabajo futuro derivado de este trabajo de grado.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Para el sumario de trabajos relacionados se realizó un mapeo sistemático de la literatura, que es un medio para identificar, evaluar e interpretar estudios notorios disponibles en un área característica. El objetivo principal fue examinar estudios relacionados con medición en testing de software en pequeñas empresas desarrolladoras de software, tales como marcos conceptuales, guías técnicas o procedimientos que indiquen como llevar a cabo la medición en testing de software.

2.1. Marco teórico

El objetivo del testing de software es aportar calidad al producto que se está desarrollando [Toledo, 2014], muchas empresas utilizan las pruebas para medir la calidad de sus productos software a lo largo de todas las etapas del desarrollo. Pressman define calidad de software como “el cumplimiento de los requisitos de funcionalidad y desempeño explícitamente establecidos, de los estándares de desarrollo explícitamente documentados, y de las características implícitas que se espera de todo software desarrollado profesionalmente” [Pressman, 2005], es decir que los estándares definen un conjunto de criterios de desarrollo que guían la forma en que se aplica la ingeniería del software.

Las definiciones de calidad [Echeverry, 2008] están orientadas a las facilidades que ofrece el software una vez esté terminado, éste debe contener las siguientes capacidades:

- **Fiabilidad.** Capacidad de operar sin errores.
- **Modificable.** Capacidad de hacer los cambios necesarios de una forma sencilla.
- **Comprensible.** Capacidad de comprender el software operativo, de cara a un cambio o arreglo.
- **Rendimiento.** Velocidad y compacidad del software.
- **Utilizable.** Capacidad de uso sencillo del software.
- **Probable.** Capacidad de construir y ejecutar fácilmente casos de prueba.
- **Portable.** Capacidad de mover el software fácilmente de un entorno de trabajo a otro.

Testing. El testing es una investigación técnica realizada para proveer información a los stakeholders sobre la calidad del producto o servicio bajo pruebas [Toledo, 2014]. Según Glenford Myers [Glenford, 2004] el testing de software es un proceso diseñado para asegurar que el código hace lo que se supone que debe hacer y no hace lo que se supone que no debe. El objetivo del testing es encontrar los fallos que más calidad le aporten al producto, es decir, los que al cliente más le interesen.

Métrica. Una métrica es un constructor de características específicas para cuantificar el grado en el que un artefacto de software posee alguna propiedad. Es una forma de medir (método de medición, función de cálculo o modelo de análisis) y una escala, definidas para realizar mediciones de uno o varios atributos, puede ser directa al realizar mediciones sin depender de ninguna otra métrica, o puede ser indirecta al depender de las mediciones de otras métricas [García, Piattini, 2004]. Cada métrica debe ser: medible, procesable, específica, relevante y oportuna, además debe definir la unidad que va a utilizar, la frecuencia con la que se utilizará, el proceso para su utilización y la forma de interpretarla [Mateluna, 2015].

Enfoque de caja negra. Las pruebas de caja negra, también llamadas pruebas de comportamiento, se centran en los requerimientos funcionales del software, para la que se crean conjuntos de condiciones de entrada que permiten revisar los requerimientos funcionales de un programa. Las pruebas de caja negra intentan encontrar errores de: funciones incorrectas o faltantes, errores de interfaz, errores en las estructuras de datos o en el acceso a bases de datos externas, errores de comportamiento o rendimiento y errores de inicialización y terminación [Pressman, 2005]

Enfoque caja blanca. El enfoque de caja blanca o estructural se realiza siguiendo una estrategia que implica tener en cuenta la estructura de control para obtener los casos de prueba. Se basa en diseñar un caso de prueba por cada camino independiente del programa, así se intenta garantizar que se prueben todos los caminos de ejecución del programa al menos una vez [Sánchez, 2015], estas pruebas suelen presentar problemas logísticos hasta para programas pequeños ya que el número de rutas lógicas posibles puede ser muy grande [Pressman, 2005].

2.2. Protocolo utilizado

En esta sección se presenta el enfoque de la pregunta de investigación para el presente mapeo sistemático,

(a) Enfoque de la pregunta. La meta fue identificar propuestas relacionadas con definición y aplicación de métricas en testing de software.

(b) Pregunta. ¿Cuáles son los enfoques existentes, marcos conceptuales, guías técnicas o procedimientos sobre definición y aplicación de métricas en testing de software para pequeñas organizaciones desarrolladoras de software?

Tabla 1. Planeación del mapeo sistemático

Palabras clave y sinónimos	Very small, small, enterprises, organizations, companies, definition, automated, testing, software testing, methodology, procedure, framework.
Intervención	Analizar trabajos relacionados con definición y aplicación de métricas en la disciplina de testing en pequeñas empresas desarrolladoras de software.
Efecto	Estudiar evidencia sobre definición y aplicación de métricas en la disciplina de testing en pequeñas empresas desarrolladoras de software.
Población Objetivo	Propuestas de investigación sobre definición y aplicación de métricas en la disciplina de testing en pequeñas empresas desarrolladoras de software.
Definición de criterios de selección de fuentes	Las fuentes se identificaron a partir del juicio de expertos en el área de investigación, que es el ámbito del mapeo sistemático.
Idioma	Inglés y español.
Identificación de fuentes	Método de búsqueda: La búsqueda de resultados primarios se hizo con el motor de búsqueda de www.scopus.com
	Cadenas de búsqueda:
	CADENA A: "Unit testing metrics" OR "small software development enterprises" CADENA B: "Integration testing metrics" OR "small software development enterprises" OR "Methodology, procedure, framework"

2.3. Resultados

Las búsquedas se ejecutaron en el sitio web de Scopus (www.scopus.com) y arrojaron 56 referencias. Para determinar si los artículos encontrados se relacionaban con propuestas para definición y aplicación de métricas en la disciplina de testing en pequeñas empresas desarrolladoras de software, se utilizó como criterio de exclusión el análisis del título, el abstract y las palabras clave de las 56 referencias encontradas. Una vez aplicado este criterio, se seleccionaron 12 referencias, de las cuales estaban disponibles 11 para descarga gratuita. En la Tabla 2 se categorizan los estudios analizados, en la Tabla 3 se clasifican por año de publicación, y en la Tabla 4 se consignan las principales problemáticas abordadas en los estudios analizados.

Tabla 2. Categorización de los estudios primarios

Categoría estructural	Definición	Conteo
Modelos propuestos	Estudios que formulan y describen un modelo.	3
Framework	Estudios que formulan y describen un Framework.	3
Herramientas	Estudios que formulan y describen herramientas	2
Marco de trabajo + Herramientas + Framework	Estudios que formulan y describen un marco de trabajo, herramientas y un framework.	3

Tabla 3. Clasificación de los estudios por año de publicación

Año de publicación	Cantidad
2011	1
2012	2
2013	1
2015	2
2016	1
2017	1
2018	2
2019	1

Tabla 4. Problemáticas abordadas

[Brzezinski, 2011]	Las métricas comúnmente usadas y definidas estáticamente ahora pueden no ser suficientes para describir completamente los sistemas distribuidos complejos y dinámicos.
[English, 2012]	Muchas construcciones de estructuración del sistema en lenguajes OO se han diseñado para ayudar a minimizar el acoplamiento entre módulos y maximizar la cohesión y la encapsulación de los módulos. El acoplamiento se centra en las interacciones entre clases y la cohesión se centra en las interacciones internas de las clases. Sin embargo, no está claro si el software desarrollado utilizando estos lenguajes usa las construcciones disponibles de manera adecuada para garantizar que se adhiera a estos principios.
[Kumar, 2012]	Se quiere resolver la complejidad que existe para la medición de calidad en software basado en componentes.
[Stevanetic, 2015]	Se plantean ciertas preguntas a resolver en el artículo ¿Qué métricas de software que miden los conceptos comprensibles de las estructuras de software arquitectónico de nivel superior? ¿Cuál es el nivel de madurez de las métricas identificadas? ¿Qué limitaciones en los estudios actuales deberían abordarse en futuras investigaciones? El propósito de esta pregunta de investigación es identificar cualquier deficiencia en los estudios existentes y proponer posibles técnicas y trabajos futuros para mitigarlos.
[Tanriover, 2015]	La falta de estudios que permitan generar automáticamente mediante herramientas de casos especialmente las métricas disponibles en la fase inicial de diseño, Solo unos pocos estudios han tenido en cuenta la posible relación del tamaño del software y las métricas de OO
[Cinneide, 2017]	No es sorprendente que varios estudios hayan intentado comparar métricas de software para comprender mejor sus similitudes y diferencias, ¿cómo se comparan entre sí los resultados de las métricas que pretenden medir la misma propiedad de software? ¿Pueden las métricas que miden la misma propiedad estar en desacuerdo y con qué fuerza pueden estar en desacuerdo?
[Alshayeb, 2018]	No existe una forma estándar para representar definiciones de métricas, lo que sería útil para el intercambio y la personalización de métricas. La falta de un formato adecuado para presentar definiciones de métricas de software.
[Mourtzis, 2017]	Pretende mejorar la evaluación de PSS ya que en la actualidad es un campo inmaduro, con pocos resultados.
[Tempero, 2018]	Como proporcionar definiciones inequívocas de métricas de acoplamiento, comparar de manera convincente y confiable las métricas de acoplamiento, como implementar eficientemente las métricas existentes.

2.4. Estado del arte obtenido

En esta sección se presenta el estado del arte elaborado a partir del análisis de los estudios obtenidos mediante el mapeo sistemático de la literatura. El contenido está organizado de acuerdo con las categorías antes indicadas

Modelos

En [Brzezinski, 2011] describen que la mayoría de sistemas de monitoreo basados en arquitectura orientada a servicios (SOA) y cloud computing tienen deficiencias para crear y definir métricas dinámicamente a partir de métricas ya existentes. Las métricas comúnmente usadas y definidas estáticamente ahora pueden no ser suficientes para describir completamente sistemas distribuidos complejos y dinámicos. Es por esto que proponen un formato universal para definir métricas (lenguaje de definición de métricas MDL) el cual proporciona la base suficiente para crear y definir métricas adecuadas para dicho sistema y establecen los requisitos y la gramática de MDL junto con ejemplos del uso, bajo el supuesto de que todos los datos empaquetados se tratan como un evento, MDL está orientado a ellos. Este lenguaje también es independiente del formato de datos, es decir, no asume ningún formato particular de los datos, por lo tanto, puede usarse con los sistemas y protocolos de monitoreo existentes, como SNMP, Nagios, Zabbix, etc.

En [Kumar, 2012] explican que, en el entorno del desarrollo basado en componentes, los sistemas de software se crean ensamblando componentes ya desarrollados y preparados para la integración. La complejidad, la reutilización, la fiabilidad y la capacidad de mantenimiento son los aspectos clave para estimar la calidad de los componentes, la calidad de un componente individual influye en la calidad del sistema general. Por lo tanto, existe una gran complejidad para la medición de calidad de software basado en componentes por lo que se genera la necesidad de seleccionar los componentes de mejor calidad, tanto en aspectos funcionales como no funcionales. En ese estudio se presenta un análisis crítico de métricas que incluye 4 características de calidad: complejidad, dependencia, reutilización, mantenibilidad para componentes y sistemas basados en componentes (CBS).

Se centraron en la literatura de investigación, teniendo como objetivo el enfoque basado en métricas para la calidad de la CBSE. Se aplicó una búsqueda sistemática para encontrar tanta literatura como sea posible, y se encontraron adecuados 49 artículos, que se analizan en función de parámetros definidos. Por último, para características como la complejidad y la dependencia, la mayoría de las métricas propuestas son analíticas; y para la reutilización y la mantenibilidad los investigadores han propuesto varias métricas utilizando ampliamente técnicas de computación flexible y algoritmos.

En [Alshayeb, 2018] plantean que a pesar de la existencia de métricas que pueden parecer bien definidas verbalmente, a la hora de implementarlas se vuelven ambiguas y poco claras, particularmente en diferentes paradigmas y entornos de programación. Proponen un lenguaje de definición de métricas de productos software (SPMDL) y desarrollan un lenguaje para definir métricas de software de forma precisa y reutilizable, este enfoque facilita la representación de definiciones de métricas con las capacidades de reutilización, extensibilidad, precisión y personalización

Framework + Herramientas

En [Cinneide, 2017] muestran que existen pocas herramientas para los cálculos de métricas y que también estas herramientas son principalmente de propiedad privada, esto limita la portabilidad y comparación de las métricas además de disminuir el intercambio de conocimientos en las comunidades científicas, se hace un mapeo sistemático sobre métricas de software que miden los conceptos comprensibles de las estructuras arquitectónicas de nivel superior y sus relaciones con la implementación del sistema, se identifican 3 modelos diferentes que corresponden a 3 enfoques distintos, a partir de este estudio se puede ayudar a crear desarrollar nuevas métricas o herramientas para el cálculo de métricas con el objetivo de mejorar los trabajos ya existentes.

En [Mourtzis, 2017.] indican que la evaluación de los sistemas que ofrecen productos y servicios PSS, es un campo inmaduro y con pocos resultados, la falta de métricas para medir estos sistemas es una de las principales causas de este problema, en este artículo se propone una metodología para medir la complejidad de personalización de sistemas de productos y servicios, además se muestran métricas para determinar el grado de complejidad de PSS en búsqueda de facilitar

la cuantificación de la complejidad de los sistemas en función del número de componentes

En [Tempero, 2018] presentan una definición de acoplamiento, aseguran que se han propuesto muchas métricas para medirlo y a menudo se describe de diferentes maneras, lo que dificulta la comparación y la investigación de resultados. Sus definiciones a menudo son incompletas, lo que significa que diferentes desarrolladores de herramientas pueden implementar la misma métrica de manera diferente lo que complica la comparación de resultados de estudios aplicados. Por lo tanto, este estudio tiene como principal objetivo definir mediante un marco formal, las métricas de acoplamiento e investigar la medida en que dos o más métricas miden lo mismo. Por último, los investigadores y profesionales pueden usar el marco para implementar el acoplamiento de métricas y simultáneamente aplicar múltiples métricas a la misma base de código.

Estudios de Caso + Procedimientos

En [Ozgur, 2015] los autores aseguran que el diseño orientado a objetos (OOD) y el desarrollo orientado a objetos han demostrado su valor para los sistemas que deben mantenerse, modificarse y reutilizarse. Dado que el análisis y el diseño orientados a objetos parecen estar a la vanguardia de las tecnologías de ingeniería de software, se han desarrollado muchas métricas orientadas a objetos. Las métricas de diseño orientadas a objetos son mediciones del estado estático del diseño y también se utilizan para evaluar atributos de calidad, complejidad y predecir clases y componentes potencialmente propensos a fallas por adelantado como indicadores de calidad. Las métricas de diseño también ayudan a identificar posibles problemas en las primeras etapas del proceso de desarrollo.

El objetivo de este estudio [Ozgur, 2015] es analizar empíricamente las métricas de OO en relación con el tamaño del software; especialmente las métricas disponibles en la fase inicial de diseño. Cómo estas métricas pueden generarse automáticamente mediante herramientas, se puede usar un modelo de regresión para estimar las líneas de código del software desde el diseño inicial. Solo unos pocos estudios han tenido en cuenta la posible relación del tamaño del software y las métricas de OO. Por esta razón, con el mapeo de artículos se identifica un conjunto de 42 métricas de OO, incluidas las métricas en MOOD suite, QMOOD Suite, Martin Suite y CK suite.

En [Stevanetic, 2015] expresan que si bien existen métricas para determinar si un elemento de los sistemas software funcionan correctamente, existe poca comprensión de cómo las métricas de software se relacionan entre sí. Tampoco existe una metodología para compararlas, en definitiva no se puede determinar si una métrica realmente mide la propiedad que pretende medir; se propone el concepto de “acuerdo métrico” y “desacuerdo métrico”, es decir, que aunque no se puede asegurar si una métrica particular mide la propiedad que pretende medir, sí se puede preguntar si está de acuerdo con otra métrica que mide la misma propiedad y aunque esto no representa una total seguridad de la pertinencia de las métricas si puede aumentar o disminuir la confianza en dichas métricas, además investigan definiciones de métricas de cohesión y se determina si proporcionan una visión coherente de esta propiedad de software.

En [Molnar, 2019] presentan una evaluación longitudinal de los valores métricos y sus relaciones en el contexto de tres aplicaciones complejas de código abierto (jEdit, Mente libre, TuxGuitar), donde la evaluación de la calidad del software sigue siendo el foco de importantes esfuerzos de investigación, proponiendo varios modelos de calidad y metodologías de evaluación. ISO 25010 describe la calidad del software en términos como confiabilidad, seguridad o mantenibilidad. A su vez, estas características se pueden evaluar en términos de valores de métricas de software, estableciendo una relación entre las métricas de software y la calidad. Sin embargo, los autores afirman que todavía no existe un modelo general basado en métricas para la calidad del software. La variedad de aplicaciones de software, las definiciones métricas y las diferencias entre los modelos de calidad propuestos contribuyen a esto. Este trabajo puede tomarse como punto de partida para determinar el umbral de valores métricos que indican buena práctica de diseño.

2.5 Síntesis

En los estudios mostrados anteriormente, se puede evidenciar que no se encuentra disponible una guía técnica, marco de trabajo o elementos específicos donde indique metódicamente a las pequeñas empresas desarrolladoras de software cuáles actividades deben realizar para la definición y aplicación de métricas en testing, en algunos de los estudios se hace un análisis de valores métricos y de la existencia de algunos de ellos:

Además se evidenció que algunos estudios se centran en nombrar la existencia de numerosas métricas y lo difícil que se ha vuelto su definición y posteriormente su comparación entre sí, en otros casos se ha identificado la ambigüedad sobre definición y aplicación de métricas en testing de software por ende en este aporte investigativo se pretende abordar y estudiar diferentes elementos, practicas, técnicas y/o herramientas que se centran en la definición y aplicación de métricas, guiando paso a paso (guía técnica) la elaboración de los artefactos o productos de trabajo necesarios para este fin.

3. MÉTRICAS DOCUMENTADAS

3.1. Búsqueda y revisión de Métricas

Para obtener el conjunto de métricas más adecuado, y que conforma el denominado “Repositorio de Métricas” de la Guía Técnica para la medición en actividades de Testing, se revisaron las fuentes que se indican en las subsiguientes páginas, y las métricas por estas presentadas, se relacionan en las Tablas 5 a 7.

Tabla 5. Métricas sobre Testing sugeridas por Burnstein [Burnstein, 2003]

Tamaño del producto de software (KLOC)
Tamaño del arnés de prueba
Número de requisitos o características a probar
Número de casos de prueba desarrollados
Número de casos de prueba ejecutados
Número de incidentes reportados
Número de defectos / KLOC
Costos para el proyecto en su conjunto
Horas dedicadas a tareas de prueba
Costos de los esfuerzos de prueba
Tiempo / esfuerzo invertido en la planificación de la prueba
Tiempo / esfuerzo invertido en la prueba unitaria
Tiempo / esfuerzo invertido en la prueba de integración
Tiempo / esfuerzo invertido en la prueba del sistema
Tiempo / esfuerzo invertido en la prueba de regresión
Tiempo total / esfuerzo dedicado a las pruebas
Tiempo empleado en el diseño de pruebas para pruebas unitarias (integración, sistema, etc)
Tiempo empleado en la ejecución de pruebas para pruebas unitarias (integración, sistema, etc)
Número de casos de prueba planificados
Número de casos de prueba no planificados
Índice de rendimiento de costes (CPI)
Grado planificado / real de cobertura de sucursales / extractos
Grado de declaración, rama, flujo de datos, cobertura lograda hasta la fecha

Número de características cubiertas hasta la fecha
Número de casos de prueba planificados ejecutados y aprobados
Valor ganado planificado para tareas de prueba
Aprovechamiento de eliminación de defectos (DRL)
Proporciones de siembra de fallas
Número de defectos detectados / período de tiempo unitario / nivel de gravedad
Tamaño del personal de capacitación
Costos del programa de capacitación (total y por módulo de capacitación)
Tiempo para dominar un módulo de capacitación
Tiempo asignado para sesiones de capacitación por evaluador
Costos de evaluación de herramientas
Costos de capacitación de herramientas
Costos de adquisición de herramientas
Costos de actualización y mantenimiento de herramientas
Costo / esfuerzo de realizar tareas de prueba antes y después de la capacitación
Costo / esfuerzo de realizar tareas de prueba antes y después del soporte de la herramienta
Número de llamadas de ayuda o de línea directa (para un producto de software en particular)
Número de quejas de clientes
Número de informes de problemas cuando el software está en funcionamiento
Número de fallas de campo
Número de casos de prueba reutilizados
Número de casos de prueba agregados a una base de datos de prueba
Número de casos de prueba que se vuelven a ejecutar cuando se realizan cambios en el software
Complejidad ciclomática de las unidades (pseudocódigo o código) Métricas de Halstead
Número de horas dedicadas a la planificación de pruebas durante la fase de requisitos
Número de horas dedicadas a la planificación de pruebas durante la especificación
Número de horas dedicadas a la planificación de pruebas durante el diseño
Número de casos de prueba / escenarios de prueba desarrollados a partir de información relacionada con los requisitos o la especificación
Número de casos de prueba desarrollados a partir de información de diseño
Número de horas dedicadas al desarrollo de una matriz de trazabilidad de requisitos
Tamaño del artículo revisado
Tiempo para las reuniones de revisión

Número de defectos encontrados por hora de tiempo de revisión

Apalancamiento de eliminación de defectos

Rendimiento de la fase (para cada fase de revisión)

Costos de capacitación en medición

Costos de herramientas de medición

Costos de mantenimiento de las bases de datos de medición (y depósito de defectos)

Tamaño de las bases de datos históricas

Número de referencias a datos históricos (en las bases de datos del proyecto)

Tiempo / esfuerzo dedicado al análisis causal de defectos

Número de acciones sugeridas

Esfuerzo / costos para el equipo de planificación de acciones

Esfuerzos / costos de los planes de acción (cambios de proceso)

Tiempo / esfuerzo del evaluador necesario para desarrollar y mantener un perfil operativo

Esfuerzo del usuario / cliente para respaldar el desarrollo de un perfil operativo

Costos de capacitación del evaluador

Costos de las pruebas estadísticas

Esfuerzo / costos de capacitar al equipo de la SEPG en el control de procesos

Esfuerzo / costos del análisis cuantitativo del proceso

Esfuerzo / costos de los ajustes de proceso (cambios de proceso)

Esfuerzo / costos de mantener un SEPG

Costos de mejora y optimización del proceso de prueba

Tiempo para completar una tarea con el software

Tiempo para acceder a la información en el manual del usuario

Tiempo para acceder a información de la ayuda en línea

Número de errores cometidos

Número y porcentaje de tareas completadas correctamente

Costos de capacitación para la reutilización de procesos

Costos para mantener la biblioteca de activos del proceso

Tamaño de la biblioteca de activos del proceso

Número de procesos reutilizados

Costos / esfuerzos asociados con la reutilización de un proceso

Tabla 6. Métricas sobre Testing planteadas por Tricentis Corporation [Tricentis, 2016]

Número total de casos de prueba
Número total de casos de prueba aprobados
Número total de casos de prueba fallidos
Número total de casos de prueba bloqueados
Número de defectos encontrados
Número de defectos aceptados
Número de defectos rechazados
Número de defectos diferidos
Número de defectos críticos
Número de horas de prueba planificadas
Número de horas de prueba reales
Número de errores encontrados después del envío
Porcentaje de casos de prueba aprobados
Porcentaje de casos de prueba fallados
Porcentaje de casos de prueba bloqueados
Porcentaje de defectos arreglados
Porcentaje de defectos aceptados
Porcentaje de defectos rechazados
Porcentaje de defectos diferidos
Porcentaje de defectos críticos
Tiempo promedio para que un equipo de desarrollo repare defectos
Número de pruebas ejecutadas por periodo de tiempo
Prueba de eficiencia de diseño
Eficiencia de revisión de prueba
Tasa de búsqueda de errores o número de defectos por hora de prueba
Cantidad de errores por prueba
Tiempo promedio para probar una corrección de errores
Efectividad de la prueba usando eficiencia de contención de defectos
Prueba de efectividad usando evaluación de equipo
Pruebas ejecutadas o porcentaje de cobertura de ejecución de prueba
Cobertura de requisitos
Casos de prueba por requerimiento
Defectos por requerimiento

Requisitos sin cobertura de prueba
Costos totales asignados para las pruebas
Costo real de las pruebas
Variación de presupuesto
Variación del horario
Costo de corrección de errores
Costo de no realizar pruebas
Distribución de defectos devueltos
Distribución de defectos abiertos para volver a realizar la prueba por miembro del equipo
Casos de prueba asignados por miembro del equipo
Casos de prueba ejecutados por cada miembro del equipo
Gráfico de estado de ejecución de prueba
Seguimiento de ejecución de prueba y seguimiento de velocidad de búsqueda de defectos
Efecto de los cambios de prueba
Tasa de inyección de defectos
Distribución de defectos por causa
Distribución de defectos por módulo/área funcional
Distribución de defectos por gravedad
Distribución de defectos por prioridad
Distribución de defectos por tipo
Distribución de defectos por tester (tipo de tester) desarrollador, calidad, usuario final
Distribución de defectos por tipo de prueba
Distribución de defectos por plataforma/entorno
Distribución de defectos en el tiempo por causa
Distribución de defectos en el tiempo por módulo
Distribución de defectos en el tiempo por gravedad
Distribución de defectos en el tiempo por plataforma
Gráfico de defectos creados vs defectos resueltos
Eficiencia en la remoción de Defectos / brecha de defectos
Densidad de defectos
Edad del Defecto

Tabla 7. Métricas sobre Testing planteadas por ThinkSys Corporation [ThinkSys, 2018]

Densidad de defectos
Fuga de defectos
Eficiencia de eliminación de defectos
Categoría de defecto
Índice de gravedad del defecto
Efectividad de los casos de prueba
Productividad de los casos de prueba
Cobertura de prueba
Cobertura de requisitos
Cobertura de diseño de prueba
Cobertura de ejecución de prueba
Cobertura de casos de prueba aprobados
Cobertura de casos de prueba fallados
Casos de prueba bloqueados
Porcentaje de defectos arreglados
Porcentaje de defectos aceptados
Porcentaje de defectos rechazados
Porcentaje de defectos diferidos
Porcentaje de defectos críticos
Tiempo promedio que se tarda en rectificar los defectos
Número de pruebas ejecutadas por periodo de tiempo
Eficiencia de diseño de prueba
Tasa de búsqueda de errores
Tiempo promedio para probar una corrección de errores
Eficacia de la prueba
Costos totales asignados para las pruebas
Costo real de las pruebas
Variación del presupuesto estimado
Variación del horario
Costo de arreglo de error
Costo de no realizar las pruebas
Casos de prueba asignados a cada miembro del equipo
Número de casos de prueba ejecutados por cada miembro del equipo

De esos listados, se identificó que había métricas repetidas, con documentación incompleta o no disponible, con elementos poco claros o subjetivos, otras no eran pertinentes, o no agregaban valor para evaluar atributos de las actividades de testing de software.

Durante este proceso, se definió el esquema general de la ficha técnica que consigna los diversos aspectos requeridos para considerar bien documentada una métrica, que se presenta en la Tabla 8.

Tabla 8. Esquema general de ficha técnica para métricas

FICHA TÉCNICA	
ID	Identificador breve para uso en expresiones y documentos
Nombre	Nombre breve
Descripción	Qué mide o su propósito
Tipo de Métrica	Directa / Indirecta / Indicador
Ámbito	Producto / Proceso / Proyecto
Tipo de escala	Nominal / Ordinal / Intervalo / Ratio
Rango de escala	Indicar valor mínimo, si es Abierta. Indicar rango, si es cerrada.
Unidad	Indica las unidades de medida
Método Aplicación	Conteo / Función de cálculo
Fórmula	Expresión matemática para obtener el valor de la métrica
Interpretación	Explicación sobre el significado de los valores obtenidos (también denominado criterio de referencia)
Normalización	Para las métricas que tienen rango cerrado $[0..1]$ y que tienen valores "buenos" aquellos valores que se acercan a cero se realiza la normalización invirtiendo los valores de las fórmulas de tal forma que los valores "buenos" ahora sean aquellos que se acerquen a 1

Descripción de los campos de la ficha técnica:

Id: Conjunto de caracteres alfanuméricos que sirve para identificar las métricas de este estudio. Pueden ser combinaciones de letras y números. Debe iniciar con una letra, no puede tener espacios en blanco, este ID debe ser único.

Nombre: Conjunto de palabras (una o más) para designar una métrica, este nombre debe ser único.

Descripción: Contiene la presentación objetiva de la métrica en mención, qué mide y/o su propósito.

Tipo de Métrica: Indica si la métrica es directa, indirecta o indicador:

- Directa, cuando no se deriva de otras métricas
- Indirecta, cuando se deriva de una o más métricas
- Indicador, punto de referencia que se da por una necesidad de información

Ámbito:

Proceso: Se recopilan de todos los proyectos, y durante un largo periodo de tiempo. Caracterizadas por: control y ejecución del proyecto. Medición de tiempos de las fases.

Proyecto: Permiten evaluar el estado del proyecto. Permiten seguir la pista de los riesgos.

Producto: Se centran en las características del software y no en cómo se fabricó. También son productos los artefactos, documentos, modelos y componentes que conforman el software.
Se miden cosas como el tamaño, la calidad, la totalidad, la volatilidad y el esfuerzo.

Tipo de Escala: Conjunto de valores con propiedades definidas, indica si es:

- Nominal, sitúa las métricas en diferentes categorías asignando al atributo un nombre.
- Ordinal, los atributos pueden ser ordenados en rangos, pero la distancia entre los mismos no es significativa.

- Intervalo, como la ordinal, pero la distancia entre los atributos si tiene sentido.
- Ratio, el más útil en medición del software, ya que preserva el orden, el tamaño de los intervalos y también las ratios entre las entidades.

Rango de Escala: Aquí se vuelve específica para cada métrica, Si por ejemplo la métrica maneja valores en un rango, entonces solo se escribe el rango.

Unidad: Indica las unidades de medida en la que está la métrica.

Método de aplicación: Indica el método de aplicación de la métrica, puede ser conteo o función de cálculo:

- Conteo, cuantificación directa.
- Función calculo, algoritmo que permite combinar dos o más métricas.

Fórmula: Expresión matemática utilizada para obtener el valor de la métrica.

Interpretación: Explica el significado de los resultados obtenidos, llamado también criterio de referencia.

Normalización: La normalización se realiza para que todos los datos tengan un ordenamiento óptimo.

Las métricas que tienen rango cerrado [0...1] y cuyos valores deseados o considerados “buenos” sean aquellos que tienden a cero, deben normalizarse para que los valores “buenos” sean aquellos que tiendan a uno. De esta manera, al normalizarse los valores de las métricas en un mismo sentido, permite el cálculo de indicadores y obtener resultados consistentes.

La normalización se realiza con la fórmula: **Métrica_r = 1 – Métrica**

Donde:

Métrica_r es el resultado de la métrica normalizada

Métrica es el resultado de la métrica en su estado original.

Ahora bien, aquellas métricas cuyos valores manejen rangos abiertos requieren definir tablas de referencia en las cuales cada empresa decidirá cuales son los valores a asignar para cada rango. En las tablas 9 y 10 se presentan estos esquemas de carácter genérico.

Tabla 9. Normalización para rangos abiertos donde a mayor valor es mejor

Rango de valor para la variable que representa el valor de métrica	Valoración cualitativa	Calificación normalizada a la escala [0...1]
Rango 1: $0 < x \leq \text{valor 1}$	Inaceptable	0
Rango 2: $\text{valor 1} < x \leq \text{valor 2}$	Deficiente	0.4
Rango 3: $\text{valor 2} < x \leq \text{valor 3}$	Aceptable	0.75
Rango 4: $\text{valor 3} < x$	Excelente	1

Tabla 10. Normalización para rangos abiertos donde a menor valor es mejor

Rango de valor para la variable x que representa el valor de métrica	Valoración cualitativa	Calificación normalizada a la escala [0...1]
Rango 1: $0 < x \leq \text{valor 1}$	Excelente	0
Rango 2: $\text{valor 1} < x \leq \text{valor 2}$	Aceptable	0.4
Rango 3: $\text{valor 2} < x \leq \text{valor 3}$	Deficiente	0.75
Rango 4: $\text{valor 3} < x$	Inaceptable	1

3.2. Métricas seleccionadas y documentadas

Tras varias revisiones, las métricas finalmente seleccionadas para conformar el denominado “Repositorio de Métricas” de la Guía Técnica se documentan de manera detallada en las tablas 11 a 61.

3.2.1. Métricas Directas

Tabla 11. Métrica Directa “Tiempo de ejecución de prueba”

ID	DIR-001
Nombre	Tiempo de ejecución de prueba
Descripción	Es absolutamente necesaria para estimar cuánto esfuerzo se requiere para realizar las pruebas planeadas
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 12. Métrica Directa "Cantidad de defectos por artefacto"

ID	DIR-002
Nombre	Cantidad de defectos por artefacto
Descripción	Esta métrica cuenta la cantidad total de defectos encontrados por cada artefacto software
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 13. Métrica Directa "Tamaño del producto software"

ID	DIR-003
Nombre	Tamaño del producto software
Descripción	Define con precisión cuantas líneas de código útiles tiene un producto software
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 14. Métrica Directa "Cantidad de defectos encontrados en prueba de aceptación"

ID	DIR-004
Nombre	Cantidad de defectos encontrados en cada prueba de aceptación del usuario
Descripción	Define la cantidad total de defectos encontrados en cada Prueba de Aceptación del Usuario [User Acceptance Testing -UAT-]
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 15. Métrica Directa "Cantidad de errores encontrados"

ID	DIR-005
Nombre	Cantidad de errores encontrados
Descripción	Esta métrica suma los errores encontrados en las diferentes actividades a lo largo del proyecto
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 16. Métrica Directa "Cantidad total de defectos corregidos por el equipo de desarrollo"

ID	DIR-006
Nombre	Cantidad total de defectos corregidos por el equipo de desarrollo
Descripción	Define la cantidad total de defectos corregidos por el equipo de desarrollo
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 17. Métrica Directa "Cantidad total de defectos en la medición"

ID	DIR-007
Nombre	Cantidad total de defectos en la medición
Descripción	Define la cantidad total de defectos en el momento en que se lleva a cabo la medición
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 18. Métrica Directa "Cantidad de errores en la revisión"

ID	DIR-008
Nombre	Cantidad de errores en el momento de la revisión
Descripción	Define la cantidad total <i>errores</i> en el momento en que se lleva a cabo la revisión
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 19. Métrica Directa "Cantidad de errores en testing"

ID	DIR-009
Nombre	Cantidad de errores de testing
Descripción	Define la cantidad total de errores de testing
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 20. Métrica Directa "Cantidad Total de errores encontrados por el equipo de desarrollo"

ID	DIR-010
Nombre	Cantidad Total de errores encontrados por el equipo de desarrollo
Descripción	Define la cantidad total de errores encontrados en las diferentes actividades a lo largo del proyecto por el equipo de desarrollo (testers y usuarios)
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 21. Métrica Directa "Cantidad de casos de prueba ejecutados"

ID	DIR-011
Nombre	Cantidad de casos de prueba ejecutados
Descripción	Define la cantidad total de casos de prueba que se ejecutan en tiempo real
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 22. Métrica Directa "Cantidad de casos de prueba planeados"

ID	DIR-012
Nombre	Cantidad casos de prueba planeados
Descripción	Esta métrica cuenta la cantidad de casos de prueba que se planean antes de llevar a cabo las actividades de testing
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 23. Métrica Directa "Horas empleadas en la corrección de defectos"

ID	DIR-013
Nombre	Horas totales empleadas en la corrección de defectos
Descripción	Esta métrica cuenta la cantidad total de horas que se emplean por el equipo de desarrollo en la corrección de defectos encontrados
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 24. Métrica Directa "Cantidad de defectos corregidos"

ID	DIR-014
Nombre	cantidad de defectos corregidos
Descripción	Cuenta la cantidad total de defectos corregidos
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 25. Métrica Directa "Cantidad de casos de prueba aprobados"

ID	DIR-015
Nombre	Cantidad de casos de prueba aprobados
Descripción	Esta métrica cuenta la cantidad total de casos de prueba que son aprobados
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 26. Métrica Directa "Cantidad de casos de prueba bloqueados"

ID	DIR-016
Nombre	Cantidad de casos de prueba bloqueados
Descripción	Esta métrica cuenta la cantidad total de casos de prueba que son bloqueados
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 27. Métrica Directa "Cantidad de casos de prueba corregidos"

ID	DIR-017
Nombre	Cantidad de casos de prueba corregidos
Descripción	Esta métrica cuenta la cantidad total de casos de prueba que son corregidos
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 28. Métrica Directa "Cantidad de casos de prueba fallados"

ID	DIR-018
Nombre	Cantidad de casos de prueba fallados
Descripción	Esta métrica cuenta la cantidad total de casos de prueba que fallan
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 29. Métrica Directa "Tiempo invertido en planeación de pruebas"

ID	DIR-019
Nombre	Tiempo invertido en planeación de pruebas
Descripción	Esta métrica cuenta la cantidad total de horas que se emplean por el equipo de desarrollo en la planeación de pruebas que se llevaran a cabo
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 30. Métrica Directa "Tiempo invertido en diseño de pruebas"

ID	DIR-020
Nombre	Tiempo invertido en diseño de pruebas
Descripción	Esta métrica cuenta la cantidad total de horas que se emplean por el equipo de desarrollo en el diseño de pruebas que se llevaran a cabo
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 31. Métrica Directa "Tiempo invertido en ejecución de pruebas"

ID	DIR-021
Nombre	Tiempo invertido en ejecución de pruebas
Descripción	Esta métrica cuenta la cantidad total de horas que se emplean por el equipo de desarrollo para la ejecución de pruebas
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 32. Métrica Directa "Tiempo invertido en documentación de pruebas"

ID	DIR-022
Nombre	Tiempo invertido en documentación de pruebas
Descripción	Esta métrica cuenta la cantidad total de horas que se emplean por el equipo de desarrollo en la documentación de pruebas
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 33. Métrica Directa "Esfuerzo invertido en preparación de pruebas"

ID	DIR-023
Nombre	Esfuerzo invertido en preparación de pruebas
Descripción	Esta métrica determina el esfuerzo en horas invertido por el equipo de testing en la preparación de las pruebas
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 34. Métrica Directa "Esfuerzo invertido en evaluación de pruebas"

ID	DIR-024
Nombre	Esfuerzo invertido en evaluación
Descripción	Esta métrica determina el esfuerzo en horas invertido por el equipo de testing en la evaluación de las pruebas
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 35. Métrica Directa "Costo de herramientas específicas para Testing"

ID	DIR-025
Nombre	Costo de herramientas específicas para Testing.
Descripción	Esta métrica determina el costo de las herramientas específicas para llevar a cabo las actividades de testing
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 36. Métrica Directa "Costo de almacenamiento en servidores de los artefactos de Testing"

ID	DIR-026
Nombre	Costo de almacenamiento en servidores de los artefactos de Testing.
Descripción	En esta métrica se especifica el costo de almacenamiento en servidores (o en la nube) de los artefactos de Testing, así como también se especifica el costo de almacenamiento en la nube de los artefactos de testing
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 37. Métrica Directa "Costo de horas dedicadas a re-trabajo"

ID	DIR-027
Nombre	Costo de horas dedicadas a re-trabajo
Descripción	Especifica el costo de cada hora invertidas en re-trabajo por parte del equipo
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 38. Métrica Directa "Cantidad casos de prueba diseñados"

ID	DIR-028
Nombre	Cantidad de casos de prueba diseñados
Descripción	Esta métrica cuenta la cantidad total de casos de prueba que son diseñados
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 39. Métrica Directa "Requerimientos aprobados mapeados a casos de prueba"

ID	DIR-029
Nombre	Requerimientos aprobados mapeados a casos de prueba
Descripción	Esta métrica cuenta la cantidad total de requerimientos que son mapeados a casos de prueba
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 40. Métrica Directa "Total Requerimientos Aprobados"

ID	DIR-030
Nombre	Total de Requerimientos aprobados
Descripción	Esta métrica cuenta la cantidad total de requerimientos que son aprobados
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 41. Métrica Directa "Costo Total de casos de prueba planeados"

ID	DIR-031
Nombre	Costo total de casos de prueba planeados
Descripción	Esta métrica especifica el costo total de los casos de prueba planeados por parte del equipo
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 42. Métrica Directa "Costo de Casos de prueba ejecutados"

ID	DIR-032
Nombre	Costo de casos de prueba ejecutados
Descripción	Esta métrica especifica el costo total de los casos de prueba ejecutados por parte del equipo
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

Tabla 43. Métrica Directa "Tiempo total empleado en casos de prueba"

ID	DIR-033
Nombre	Tiempo total empleado en los casos de prueba
Descripción	Esta métrica especifica las horas totales que se emplearon en llevar a cabo los casos de prueba
Tipo de Métrica	Directa
Método Aplicación	Conteo

3.2.2. Métricas Indirectas

Las métricas indirectas son métricas que se pueden estructurar o derivar sobre la base de dos o más métricas relacionadas, estas métricas se especifican mediante una función (o fórmula) determinada. [Olsina, 2004]

Tabla 44. Métrica Indirecta "Densidad de defectos"

ID	IND-001
Nombre	Densidad de defectos (DD)
Descripción	Determina el número total de defectos encontrados en un software durante un período específico de tiempo de operación o desarrollo. Los resultados se dividen por el tamaño de ese módulo en particular, lo que permite al equipo decidir si el software está listo para el lanzamiento o si requiere más pruebas. La densidad de defectos de un software se cuenta por cada mil líneas del código, puntos de función o por una persona en un mes [DESAI, 2016], Con esta métrica podemos saber el nivel de eficiencia del equipo de desarrollo.
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Proyecto
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango abierto. Valor mínimo: CERO.
Unidad	Hay tres opciones: [Cantidad Defectos / KLOC] [Cantidad Defectos / PF] [Cantidad Defectos / personas-mes]
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$DD = \frac{CD}{U}$ <p>Donde: CD: Cantidad de Defectos por artefacto U: Tamaño [en KLOC/ PF /personas-mes]</p>
Interpretación	Entre MÁS BAJO el valor de DD, es MEJOR
Normalización	Tabla de referencia

Tabla 45. Métrica Indirecta "Tasa de escape de defectos"

ID	IND-002
Nombre	Tasa de Escape de Defectos TED
Descripción	Relación entre los defectos encontrados por el usuario final para cada versión en particular, con el número total de defectos para esa versión total (suma de los defectos presentados por QA y los Desarrolladores antes de la implementación de producción y los defectos presentados por el cliente después de la implementación)
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Proyecto
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango cerrado: [0...1)
Unidad	Adimensional
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$TED = \left(\frac{NDU}{NDD + NDU} \right)$ <p>Donde:</p> <p>NDU: Cantidad total de defectos encontrados en cada Prueba de Aceptación del Usuario [User Acceptance Testing -UAT-]</p> <p>NDD: Cantidad total de defectos encontrados por el equipo de Desarrollo y QA antes de cada Prueba de Aceptación del Usuario</p>
Interpretación	Entre MÁS ALTO el valor de TED, es MEJOR

Tabla 46. Métrica Indirecta "Eficiencia de eliminación de defectos"

ID	IND-003
Nombre	Eficiencia de eliminación de defectos DRE
Descripción	La eficiencia de eliminación de defectos (DRE por su sigla en inglés "Defect Removal Efficiency") proporciona una medida de la capacidad del equipo de desarrollo para eliminar varios defectos del software, antes de su lanzamiento o implementación. Calculado durante y entre las actividades de prueba el DRE se mide por tipo de prueba e indica la eficiencia de los numerosos métodos de eliminación de defectos adoptados por el equipo de prueba
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Proyecto
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango cerrado: [0...1)
Unidad	
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$DRE = \frac{NDR}{TD}$ <p>Donde:</p> <p>NDR: Cantidad de defectos corregidos por el equipo de desarrollo</p> <p>TD: Cantidad total de defectos en el momento de la medición</p>
Interpretación	Entre MÁS ALTO el valor de DRE, es MEJOR

Tabla 47. Métrica Indirecta "Eficiencia de revisión"

ID	IND-004
Nombre	Eficiencia de revisión RE
Descripción	<p>La eficiencia de revisión pretende recolectar información sobre la cantidad de defectos que quedan en una entrega de software.</p> <p>Al implementar esta métrica, se reduce el costo y los esfuerzos utilizados en el proceso de rectificación o resolución de errores.</p> <p>Ayuda a disminuir la probabilidad de escape de defectos en las etapas posteriores de la prueba y valida la efectividad del caso de prueba.</p>
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Proyecto
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango cerrado: [0...1)
Unidad	Adimensional
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$RE = \frac{RD}{RD + TD}$ <p>Donde:</p> <p>RD: Cantidad de defectos encontrados en la revisión</p> <p>TD: Cantidad de defectos de testing [ver anexo A]</p>
Interpretación	Entre MÁS ALTO el valor de RE, es MEJOR
Anexo	<p>Anexo A:</p> <p>Los defectos de revisión son los errores encontrados por el equipo de desarrollo antes que el producto SW sea enviado a pruebas.</p> <p>Los defectos de testing son errores encontrados por el equipo de pruebas</p>

Tabla 48. Métrica Indirecta "Efectividad de los casos de prueba"

ID	IND-005
Nombre	Efectividad de los casos de prueba TCE
Descripción	Se define como la relación entre los errores reportados por quienes ejecutan las pruebas y la cantidad total de errores encontrados. Esto permite valorar la proporción de errores detectados antes que los elementos software lleguen a los usuarios, es decir, cuando hagan parte de un producto en funcionamiento. Cuantos menos errores lleguen a los usuarios, se considera que los casos de prueba son efectivos.
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Producto
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango Cerrado [0...1]
Unidad	Adimensional
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$TCE = \frac{FE}{TFE}$ <p>Donde: FE: Cantidad de errores encontrados TFE: Cantidad total de errores encontrados (por testers y por usuarios).</p>
Interpretación	Entre MÁS ALTO el valor de TCE, es MEJOR

Tabla 49. Métrica Indirecta "Esfuerzo medio por caso de prueba"

ID	IND-006
Nombre	Esfuerzo medio por caso de prueba EMCP
Descripción	Esta métrica se utiliza para medir y calcular el número de casos de prueba preparados por el equipo de evaluadores y los esfuerzos invertidos por ellos en el proceso. determina la productividad del diseño del caso de prueba y se utiliza como entrada para futuras mediciones y estimaciones
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Producto
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango abierto El valor mínimo debe ser mayor que cero.
Unidad	Horas / caso de prueba
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$EMCP = \frac{HCP}{TCP}$ <p>Donde: HCP: horas totales empleadas en los casos de prueba TCP: cantidad de casos de prueba diseñados</p>
Interpretación	Entre MÁS BAJO el valor de EMCP, es MEJOR
Normalización	Tabla de referencia

Tabla 50. Métrica Indirecta "Cobertura de ejecución de prueba"

ID	IND-007
Nombre	Cobertura de ejecución de pruebas TEC
Descripción	Esta métrica determina la cobertura de las pruebas, indica el porcentaje de casos de prueba o scripts que son ejecutados respecto al número de casos de prueba que han sido planeados a ejecutar, se mide durante la ejecución de la prueba
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Proceso
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango cerrado: [0...1]
Unidad	Adimensional
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$TEC = \frac{TECS}{TCS}$ <p>Donde</p> <p>TECS: Cantidad de casos de prueba ejecutados</p> <p>TCS: Cantidad de casos de prueba planeados</p>
Interpretación	Entre MÁS ALTO el valor de TEC, es MEJOR. Debe alcanzarse el valor de 1.

Tabla 51. Métrica Indirecta "Tiempo medio de corrección de defectos"

ID	IND-008
Nombre	Tiempo medio de corrección de defectos TMCD
Descripción	Con la ayuda de esta fórmula, los miembros del equipo pueden determinar el tiempo promedio que el equipo de desarrollo y pruebas necesita para rectificar los defectos.
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Proceso
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango abierto El valor mínimo debe ser mayor que cero.
Unidad	Horas / Defecto corregido
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$TMCD = \frac{TCE}{NE}$ <p>Donde:</p> <p>TCE: horas totales empleadas en la corrección de defectos</p> <p>NE: cantidad de defectos corregidos</p>
Interpretación	Entre MÁS BAJO el valor de TMCD, es MEJOR
Normalización	Tabla de referencia

Tabla 52. Métrica Indirecta "Cobertura de casos de prueba aprobados"

ID	IND-009
Nombre	Cobertura de casos de prueba aprobados CPA
Descripción	Mide el porcentaje de casos de prueba aprobados. Indica el porcentaje de aprobación en los casos de prueba del software que se está evaluando
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Producto
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango cerrado: [0...1]
Unidad	Adimensional
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$CPA = \frac{NPA}{NTPE}$ <p>Donde:</p> <p>NPA: Cantidad de casos de prueba aprobados</p> <p>NTPE: Cantidad de casos de prueba ejecutados</p>
Interpretación	Entre MÁS ALTO el valor de CPA, es MEJOR. Debe alcanzarse el valor de 1.

Tabla 53. Métrica Indirecta "Casos de prueba bloqueados"

ID	IND-010
Nombre	Cobertura de casos de prueba bloqueados CPB
Descripción	Determina el porcentaje de casos de prueba bloqueados durante el proceso de prueba de software
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Proyecto
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango cerrado: [0...1]
Unidad	Adimensional
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$CPB = \frac{NPB}{NTPE}$ <p>Donde: NPB: Cantidad de casos de prueba bloqueados NTPE: Cantidad de casos de prueba ejecutados</p>
Interpretación	Entre MÁS BAJO el valor de CPB, es MEJOR. Debe alcanzarse el valor de 0.
Normalización	$CPBr = 1 - \left[\frac{NPB}{NTPE} \right]$

Tabla 54. Métrica Indirecta "Porcentaje de defectos corregidos"

ID	IND-011
Nombre	Porcentaje de defectos corregidos
Descripción	Indica la capacidad del equipo de desarrollo para corregir los defectos encontrados
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Proyecto
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango cerrado: [0...1]
Unidad	Adimensional
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$CPC = \frac{NPC}{NTF}$ <p>Donde: NPC: Cantidad de casos de prueba corregidos NTF: Cantidad de casos de prueba fallados</p>
Interpretación	Entre MÁS ALTO el valor de CPC, es MEJOR. Debe alcanzarse el valor de 1.

Tabla 55. Métrica Indirecta "Eficiencia de diseño de pruebas"

ID	IND-012
Nombre	Eficiencia de diseño de prueba EDP
Descripción	El objetivo de esta métrica es evaluar la eficiencia de diseño de la prueba ejecutada
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Producto
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango abierto El valor mínimo debe ser mayor que cero.
Unidad	Pruebas realizadas / hora
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$EDP = \frac{TPR}{TTime}$ <p>Donde:</p> <p>TPR: Cantidad total de pruebas realizadas</p> <p>TTime: Horas totales empleadas en realizar las pruebas</p>
Interpretación	Entre MÁS ALTO el valor de EDP, es MEJOR
Normalización	Tabla de referencia

Tabla 56. Métrica Indirecta "Tasa de detección de errores"

ID	IND-013
Nombre	Tasa de detección de errores BFR
Descripción	Mide el número de defectos encontrados durante cada actividad de prueba
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Proceso
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango abierto El valor mínimo debe ser mayor que cero.
Unidad	Defectos encontrados / hora
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$BFR = \frac{TDE}{TTime} * 100$ <p>Donde:</p> <p>TDE: Cantidad total de defectos encontrados</p> <p>TTime: Horas totales empleadas en realizar las pruebas</p>
Interpretación	Entre MÁS ALTO el valor de BFR, es MEJOR
Normalización	Tabla de referencia

Tabla 57. Métrica Indirecta "Porcentaje de casos de prueba ejecutados"

ID	IND-014
Nombre	Porcentaje de casos de prueba ejecutados CPE
Descripción	Esta métrica se utiliza para obtener el estado de ejecución de los casos de prueba en términos de porcentaje
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Proceso
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango cerrado: [0...1]
Unidad	Adimensional
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$CPE = \frac{NCE}{TCP}$ <p>Donde: NCE: Cantidad de casos de prueba ejecutados TCP: Cantidad total de casos de prueba escritos</p>
Interpretación	Entre MÁS ALTO el valor de CPE, es MEJOR. Debe alcanzarse el valor de 1.

Tabla 58. Métrica Indirecta “Porcentaje de Requerimientos aprobados mapeados a casos de prueba”

ID	IND-015
Nombre	Porcentaje de Requerimientos aprobados mapeados a casos de prueba
Descripción	Esta métrica indica que proporción de los requerimientos aprobados han sido mapeados a casos de prueba.
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Proyecto
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango cerrado: [0...1]
Unidad	Adimensional
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$PRM = \frac{RMCP}{TRA}$ <p>Donde: RMCP: Requerimientos aprobados mapeados a casos de prueba TRA: Total de requerimientos aprobados</p>
Interpretación	Entre MÁS ALTO el valor de PRM, es MEJOR

Tabla 59. Métrica Indirecta “Porcentaje de Casos de Uso aprobados mapeados a casos de prueba”

ID	IND-016
Nombre	Porcentaje de Casos de Uso aprobados mapeados a casos de prueba
Descripción	Esta métrica sirve para determinar que fracción de los casos de uso aprobados han sido mapeados a casos de prueba.
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Proyecto
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango cerrado: [0...1]
Unidad	Adimensional
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$PCM = \frac{CMCP}{TCA}$ <p>Donde:</p> <p>CMCP: casos de uso aprobados mapeados a casos de prueba</p> <p>TCA: total de casos de uso aprobados</p>
Interpretación	Entre MÁS ALTO el valor de PCM, es MEJOR

Tabla 60. Métrica Indirecta “Esfuerzo Medio por caso de prueba aprobado”

ID	IND-017
Nombre	Esfuerzo medio por caso de prueba aprobado
Descripción	Esta métrica se utiliza para relacionar el esfuerzo invertido en la generación de casos de prueba y determinar un valor medio
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Proceso/ proyecto
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango abierto El valor mínimo debe ser mayor que cero.
Unidad	Horas / Caso de prueba
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$EMCA = \frac{HE}{NCA}$ <p>Donde:</p> <p>HE: horas de esfuerzo</p> <p>NCA: cantidad de casos de prueba aprobados</p>
Interpretación	Entre MÁS ALTO el valor de EMCA, es MEJOR
Normalización	Tabla de referencia

Tabla 61. Métrica Indirecta “Fracción de re-trabajo de casos de prueba”

ID	IND-018
Nombre	Fracción de re-trabajo de casos de prueba
Descripción	Esta métrica indica el porcentaje de casos de prueba que han sido re-escritos respecto al número total de casos de prueba
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Proceso
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango cerrado: [0...1]
Unidad	Adimensional
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$CCPR = \frac{NCPR}{TCP}$ <p>Donde: NCPR: número de casos de prueba re-escritos TCP: total de casos de prueba</p>
Interpretación	Entre MÁS BAJO el valor de CCPR, es MEJOR
Normalización	Tabla de referencia

Tabla 62. Métrica Indirecta “Costo medio de la hora del personal en Actividades de Testing”

ID	IND-019
Nombre	Costo medio de la hora del personal involucrado en Actividades de Testing CMPT
Descripción	Esta métrica indica el costo promedio de la hora del personal involucrado en cualquiera de las actividades de testing
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Proceso
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango abierto El valor mínimo debe ser mayor que cero.
Unidad	Unidad monetaria / hora
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$CMPT = \frac{CPAT}{THAT}$ <p>Donde: CPAT: costo personal involucrado en actividades de testing TH: total de horas en actividades de testing</p>
Interpretación	Entre MÁS BAJO el valor de CMPT, es MEJOR
Normalización	Tabla de referencia

Tabla 63. Métrica Indirecta “Costo medio de caso de prueba planeado”

ID	IND-020
Nombre	Costo medio de caso de prueba planeado
Descripción	Esta métrica indica el valor que conlleva planear cada uno de los casos de prueba, es decir la sumatoria de costo de todos los casos de prueba planeados respecto a la cantidad total de casos de prueba planeados
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Proceso
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango abierto El valor mínimo debe ser mayor que cero.
Unidad	Unidad monetaria / Caso de prueba planeado
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$CMCPP = \frac{CCPP}{NCPP}$ <p>Donde: CCPP: costo total casos de prueba planeados NCPP: cantidad de casos de prueba planeados</p>
Interpretación	Entre MÁS BAJO el valor de CMCPP, es MEJOR
Normalización	Tabla de referencia

Tabla 64. Métrica Indirecta “Costo medio de caso de prueba ejecutado”

ID	IND-021
Nombre	Costo medio de caso de prueba ejecutado.
Descripción	Esta métrica indica el valor que conlleva ejecutar cada uno de los casos de prueba, es decir la sumatoria de costo de todos los casos de prueba ejecutados respecto a la cantidad total de casos de prueba ejecutados
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Proyecto
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango abierto El valor mínimo debe ser mayor que cero.
Unidad	Unidad monetaria / Caso de prueba ejecutado
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$CMCPE = \frac{CCPE}{NCPE}$ <p>Donde: CCPE: Costo de los casos de prueba ejecutados NCPE: cantidad de casos de prueba ejecutados</p>
Interpretación	Entre MÁS BAJO el valor de CMCPE, es MEJOR
Normalización	Tabla de referencia

Tabla 65. Métrica Indirecta “Porcentaje de actividades tercerizadas en testing respecto al total”

ID	IND-022
Nombre	Porcentaje de actividades tercerizadas en testing con respecto al total de actividades tercerizadas PCAT
Descripción	Esta métrica indica el costo que tienen las actividades tercerizadas para testing relacionado con el costo total de las actividades tercerizadas del proyecto
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Proceso/ proyecto
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango abierto El valor mínimo debe ser mayor que cero.
Unidad	Unidad monetaria
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$PCAT = \frac{CATT}{CT}$ <p>Donde: CATT: Costo de las actividades tercerizadas en testing CT: Costo total de actividades tercerizadas del proyecto</p>
Interpretación	Entre MÁS BAJO el valor de PCAT, es MEJOR
Normalización	Tabla de referencia

Tabla 66. Métrica Indirecta “Costo medio de capacitación relacionada directamente con el proyecto”

ID	IND-023
Nombre	Costo medio de capacitación relacionada directamente con actividades de testing CMCP
Descripción	Esta métrica indica el valor medio que tienen las capacitaciones que llevan a cabo los integrantes del equipo de desarrollo y testing durante el proyecto
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Proceso/ proyecto
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango abierto El valor mínimo debe ser mayor que cero.
Unidad	Unidad monetaria
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$CMCP = \frac{CT}{HC}$ <p>Donde: CT: costo total de las capacitaciones relacionadas con testing HC: horas totales invertidas en capacitación de testing</p>
Interpretación	Entre MÁS BAJO el valor de CMCP, es MEJOR
Normalización	Tabla de referencia

Tabla 67. Métrica Indirecta “Costo de las horas dedicadas a re-trabajo con respecto al costo total”

ID	IND-024
Nombre	Costo de horas de re-trabajo con respecto al costo total del proyecto
Descripción	Esta métrica indica el costo en re-trabajo con respecto al total del proyecto
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Proceso/ proyecto
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango abierto El valor mínimo debe ser mayor que cero.
Unidad	Unidad monetaria
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$CRTP = \frac{CR}{CTP}$ <p>Donde CR: costo de horas dedicadas a re-trabajo CTP: costo total del proyecto</p>
Interpretación	Entre MÁS BAJO el valor de PHRT, es mejor
Normalización	Tabla de referencia

Tabla 68. Métrica Indirecta "Tiempo medio invertido en planeación de pruebas"

ID	IND-025
Nombre	Tiempo medio invertido en planeación de pruebas TMPP
Descripción	Esta métrica indica el valor medio invertido en la planeación de pruebas que llevan a cabo los integrantes del equipo de desarrollo y testing durante el proyecto
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Proceso/ proyecto
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango abierto El valor mínimo debe ser mayor que cero.
Unidad	Horas/caso prueba planeado
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$TMPP = \frac{TP}{CCP}$ <p>Donde: TP: tiempo invertido en planeación de pruebas CCP: cantidad de casos de prueba planeados</p>
Interpretación	Entre MÁS BAJO el valor de TMPP, es mejor
Normalización	Tabla de referencia

Tabla 69. Métrica Indirecta "Tiempo medio invertido en diseño de pruebas"

ID	IND-026
Nombre	Tiempo medio invertido en diseño de pruebas
Descripción	Esta métrica indica el valor medio invertido en el diseño de pruebas que llevan a cabo los integrantes del equipo de desarrollo y testing durante el proyecto
Tipo de Métrica	Indirecta
Ámbito	Proceso/ proyecto
Tipo de Escala	Ratio
Rango de Escala	Rango abierto El valor mínimo debe ser mayor que cero.
Unidad	Horas / caso prueba diseñado
Método Aplicación	Función cálculo
Fórmula	$TMDP = \frac{TDP}{CCD}$ <p>Donde: TDP: tiempo invertido en planeación de pruebas CCD: cantidad de casos de prueba planeados</p>
Interpretación	Entre MÁS BAJO el valor de TMDP, es MEJOR
Normalización	Tabla de referencia

4. GUÍA TÉCNICA

En este capítulo se describen los procesos clave que fueron escogidos para conformar la Guía Técnica a partir de la revisión de la literatura. Adicional a esto, la guía contiene un conjunto de métricas para evaluar los atributos de tales procesos, las cuales fueron reseñadas en el Capítulo 3. Las tareas clave corresponden a los procesos de definir requerimientos de evaluación, planear la medición y evaluación y por último ejecutar la medición y evaluación.

4.1. Descripción de la Guía Técnica

4.1.1. Propósitos y objetivos

El propósito general de la guía técnica es evaluar los atributos de EFECTIVIDAD y EFICIENCIA de las actividades de Testing en una organización, esta guía se puede utilizar en cualquier momento del proceso de prueba, además se puede utilizar para evaluar cualquier artefacto o subconjunto de actividades, sus objetivos son:

- Establecer las prácticas y los elementos para evaluar atributos específicos de actividades de testing en diferentes categorías de manera ordenada y detallada, enfocado en pequeñas empresas desarrolladoras de software.
- Fomentar las buenas prácticas de documentación de resultados teniendo en cuenta las necesidades del cliente.

Se considera para este estudio el capítulo 8 del SWEBOK que presenta un esquema genérico para la gestión en ingeniería de SW, se toman en cuenta aspectos de esta guía como los siguientes:

Establecer y sostener el compromiso de medir:

- Aceptar los requisitos de la medición
- Definir el alcance de la medición
- Compromiso del director y el personal de la medición
- Empeñar recursos para la medición

Planificar el proceso de medición:

- Hacer explícito el contexto
- Identificar las necesidades de información, se basan en metas, restricciones, riesgos y problemas
- Seleccionar las mediciones vinculadas a las necesidades de información, coste, facilidad de análisis etc.
- Definir los datos y el análisis a informar, contiene información de los horarios, tareas, gestión de almacenamiento etc.
- Definir los criterios para evaluar los productos de información, influenciados por objetivos técnicos y comerciales.

- Revisar, aprobar y proporcionar recursos para las tareas, debe ser revisado por contratistas adecuados y los recursos deben estar aprobados.
- Adquirir tecnologías de apoyo

Realizar el proceso de medición:

- Integrar los anteriores procesos y asegurarse de que los procesos se van a llevar a cabalidad, temas morales y factores humanos.
- Recolectar datos V y V (validación y verificación).
- Analizar datos y desarrollar productos de información como gráficas, números, indicadores.
- Comunicar los resultados

Evaluar las mediciones:

- Evaluar los productos de información, identificar fuerzas y debilidades de los productos con proceso interno o auditoría, incluye retroalimentación de los usuarios.
- Evaluar el proceso de medición.
- Identificar mejores potenciales, pueden ser cambios en los formatos de indicadores, unidades o medidas y comunicar con a los involucrados.

4.1.2. Atributos a valorar

EFFECTIVIDAD. Es la capacidad del proceso de prueba para encontrar y eliminar fallas y defectos. Se refiere a la calidad de las pruebas sin mencionar el tiempo o los recursos consumidos. La efectividad del proceso de prueba implica las 2 etapas: planificación y ejecución. La planificación se relaciona principalmente con la necesidad y suficiencia de las pruebas diseñadas. Mientras que la ejecución se refiere a la capacidad de detección de defectos en la ejecución de actividades, así como al aplicar técnicas y herramientas.

Sub-atributos de Efectividad:

- Efectividad en Preparación de pruebas: Es el proceso mediante el cual se seleccionan los elementos que van a ser utilizados en las pruebas, se tiene en cuenta las necesidades de información, se construye una versión preliminar de la lista de casos de prueba a partir de los escenarios típicos relacionados con el propósito de prueba.
- Efectividad en Ejecución de pruebas: En la ejecución de pruebas se integran los procesos de medición, se analizan los datos y se desarrollan productos de información, este proceso se puede realizar de manera manual o automatizada, en cualquiera de los casos, cuando se detecte un fallo en el sistema, este debe ser documentado y registrado en una herramienta que permita su gestión.

EFICIENCIA. La eficiencia del proceso de prueba es la capacidad para proporcionar un rendimiento adecuado, en relación con los recursos utilizados en las condiciones establecidas. Un proceso de prueba eficiente es el que tiene el menor costo posible. Incluye el costo asociado al manejo del tiempo de las actividades de prueba (pruebas + debugging), el costo de la herramienta de testing, así como la productividad del personal de pruebas.

Sub-atributos de Eficiencia

- Eficiencia en Recursos: Son los medios materiales o inmateriales que permiten satisfacer ciertas necesidades dentro del proceso productivo o actividad comercial de una empresa software
- Eficiencia en Tiempo: Es una magnitud física, el cual puede ser utilizado para llevar a cabo un proceso periódico, es decir la magnitud se repite de manera idéntica e indefinida.
- Eficiencia en Productividad: Es una medida del desempeño económico de una unidad productiva que compara la cantidad de bienes y servicios producidos con la cantidad de insumos, es decir, trabajo, capital, bienes intermedios, energía, utilizados.

4.1.3. Relación de las Métricas con los atributos

A continuación, se realiza la relación entre las métricas y los atributos especificados a evaluar, métricas que fueron estudiadas y seleccionadas del capítulo 3 y se encuentran consignadas en el repositorio como elemento clave e indispensable para la construcción de las valoraciones de los sub-atributos y por consiguiente obtener la valoración de los atributos.

Tabla 70. Atributos de Proceso de Prueba

Atributo	Sub-Atributo	Métricas asociadas
EFECTIVIDAD	Preparación de Pruebas (PP)	DIR-012, DIR-019, DIR-020, DIR-023, DIR-024, DIR-025, IND-016, IND-017, IND-018, IND-019
	Ejecución Pruebas (EP)	DIR-002, DIR-004, DIR-005, DIR-006, DIR-007, DIR-008, DIR-009, DIR-010, DIR-011, DIR-014, DIR-015, DIR-016, DIR-017, DIR-018, IND-001, IND-002, IND-005, IND-007, IND-009, IND-010, IND-011, IND-013, IND-014, IND-015
EFICIENCIA	Recursos (RE)	DIR-026, DIR-027, DIR-028, IND-020, IND-021, IND-022, IND-023, IND-024, IND-025
	Tiempo (TM)	DIR-001, DIR-013, DIR-019, DIR-020, DIR-021, DIR-022, IND-008, IND-012
	Productividad (PR)	DIR-003, IND-003, IND-004, IND-006

Atributo Efectividad:

Métricas para evaluar Sub-atributo Preparación de Pruebas (PP)

- DIR-012. Métrica "Cantidad de casos de prueba planeados"
- DIR-019. Métrica "Tiempo invertido en planeación de pruebas"
- DIR-020. Métrica "Tiempo invertido en diseño de pruebas"
- DIR-023. Métrica "Esfuerzo invertido en preparación de pruebas"
- DIR-024. Métrica "Esfuerzo invertido en evaluación"
- IND-016. Porcentaje de Requerimientos aprobados mapeados a casos de prueba
- IND-017. Porcentaje de Casos de Uso aprobados mapeados a casos de prueba
- IND-018. Esfuerzo medio por caso de prueba aprobado
- IND-019. Fracción de re-trabajo de casos de prueba

Métricas para evaluar Sub-atributo Ejecución Pruebas (EP)

- DIR-002. Métrica "Cantidad de defectos por artefacto"
- DIR-004. Métrica "Cantidad de defectos encontrados en prueba de aceptación"
- DIR-005. Métrica "Cantidad de defectos encontrados por el equipo de desarrollo"
- DIR-006. Métrica "Cantidad total de defectos resueltos por el equipo de desarrollo"
- DIR-007. Métrica "Cantidad total de defectos en la medición"
- DIR-008. Métrica "Cantidad de defectos en la revisión"
- DIR-009. Métrica "Cantidad de defectos en testing"
- DIR-010. Métrica "Cantidad de defectos encontrados"
- DIR-011. Métrica "Cantidad de casos de prueba ejecutados"
- DIR-014. Métrica "Número de defectos corregidos"
- DIR-015. Métrica "Cantidad de casos de prueba aprobados"
- DIR-016. Métrica "Cantidad de casos de prueba bloqueados"
- DIR-017. Métrica "Cantidad de casos de prueba corregidos"
- DIR-018. Métrica "Cantidad de casos de prueba fallados"
- IND-001. Densidad de defectos
- IND-002. Tasa de escape de defectos
- IND-005. Efectividad de los casos de prueba
- IND-007. Cobertura de ejecución de pruebas
- IND-009. Cobertura de casos de Prueba aprobados
- IND-010. Casos de Prueba boqueados
- IND-011. Porcentaje de defectos corregidos
- IND-013. Tasa de detección de errores
- IND-014. Porcentaje de prueba ejecutados
- IND-015. Efectividad de prueba

Atributo Eficiencia:

Métricas para evaluar Sub-atributo Recursos (RE)

- DIR-025. Costo de herramientas específicas para testing
- DIR-026. Costo de almacenamiento en servidores de los artefactos de testing
- DIR-027. Costo de horas dedicadas a re-trabajo
- IND-020. Costo medio de la hora del personal involucrado en actividades de testing
- IND-021. Costo medio de caso de Prueba planeado
- IND-022. Costo medio de caso de Prueba ejecutado
- IND-023. Porcentaje de actividades tercerizadas en testing respecto al proyecto
- IND-024. Costo medio de capacitación en testing
- IND-025. Costo de horas de re-trabajo con respecto al costo del proyecto

Métricas para evaluar Sub-atributo Tiempo (TM)

- DIR-001. Tiempo de ejecución de prueba
- DIR-013. Horas totales empleadas en la corrección de defectos
- DIR-019. Tiempo invertido en planeación de pruebas
- DIR-020. Tiempo invertido en diseño de pruebas
- DIR-021. Tiempo invertido en ejecución de pruebas
- DIR-022. Tiempo invertido en documentación de pruebas
- IND-008. Tiempo medio de corrección de defectos
- IND-012. Eficiencia de diseño de prueba

Métricas para evaluar Sub-atributo Productividad (PR)

- DIR-003. Métrica Tamaño del producto software
- IND-003. Eficiencia de eliminación de defectos
- IND-004. Eficiencia de revisión
- IND-006. Esfuerzo medio por caso de prueba

Cómo obtener la valoración a partir de las métricas

Los atributos se pueden evaluar asignándole ponderaciones a cada uno de los sub- atributos, se multiplica la ponderación con el valor obtenido de las métricas y se suma con la multiplicación del otro o de los otros sub- atributos de la siguiente manera:

$$\text{EFECTIVIDAD} = (C1*PP) + (C2*EP)$$

$C1+C2 = 1$. Son las ponderaciones.

Los valores de las ponderaciones irán de acuerdo a los objetivos de cada empresa y dicho valor puede variar.

PP y EP son las valoraciones de los sub- atributos “Efectividad de Preparación de Pruebas” y “Efectividad de Ejecución de Pruebas”.

Un sub- atributo como “Efectividad en Preparación de Pruebas (PP)” puede evaluarse:

$$PP = (K1*M1) + (K2*M2) + \dots + (Kn*Mn)$$

Donde:

$K1 + K2 + \dots + Kn = 1$, son las ponderaciones, pues algunas métricas pueden incidir o “pesar” más para valorar el sub- atributo. 1

$M1, M2, \dots, Mn$ son los valores normalizados (en escala 0 ... 1) de las métricas que permiten valorar el sub- atributo.

Al estar normalizadas en escala 0 ... 1 con sentido positivo (entre más alto mejor) se puede obtener la valoración completa del sub- atributo.

Paralelamente esto aplica para cada sub- atributo, pero esto hay que dejarlo explícito indicando cuales métricas permiten evaluar el sub- atributo. 2

1 Los pesos los define la organización y en principio podrían valer igual

2 Una métrica puede utilizarse para evaluar más de un sub- atributo, no son excluyentes

4.2. Descripción en Detalle de la Guía Técnica

En la Figura 1, como se puede apreciar a continuación, se muestra la vista general de la guía técnica propuesta en este trabajo de grado, utilizando BPMN (Business Process Model Notation)

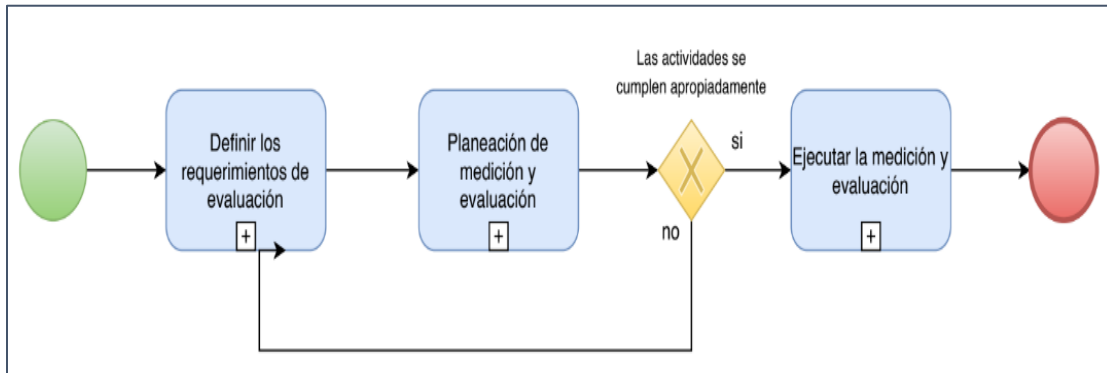


Figura 1. Vista General de la Guía Técnica

4.2.1. PROCESO 1 (P1). Definir Requerimientos de Evaluación

En este proceso están consignadas las actividades de: identificación de requerimientos de evaluación de actividades de testing y seleccionar los artefactos, más adelante se mostrará una descripción de cada una de estas actividades además se mostrarán las entradas y salidas que puedan tener.

Vista de las actividades incluidas en el proceso P1

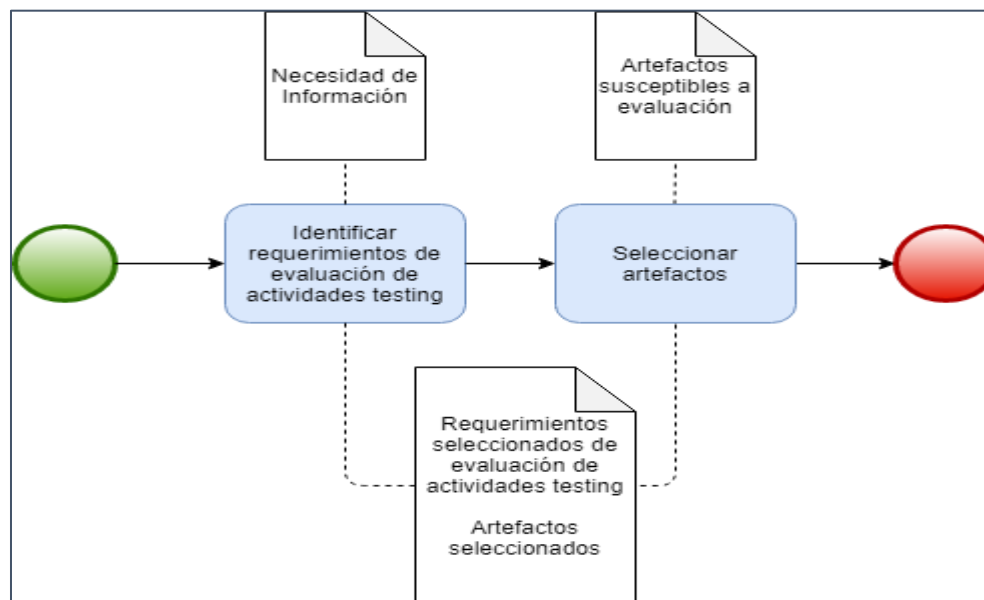


Figura 2. Actividades del Proceso P1 Definir Requerimientos de Evaluación

Tabla 71. Actividades del Proceso P1

Entrada(s)	Actividad	Salida(s)
Necesidades de Información	P1.A1. Identificar Requerimientos de evaluación de Actividades de Testing	Requerimientos seleccionados de evaluación de Actividades de Testing
Artefactos susceptibles de evaluación	P1.A2. Seleccionar Artefactos	Artefactos seleccionados

Tabla 72. P1. A1. Identificar los Requerimientos de evaluación de actividades de testing

Título	Identificar los requerimientos de evaluación de Actividades de testing
DESCRIPCIÓN	
La primera actividad “Identificar Requerimientos de evaluación de Actividades de Testing” produce una lista de Requerimientos seleccionados de evaluación de Actividades de Testing a partir de diversas fuentes como son las metas de negocio o metas de proyecto.	
ENTRADAS	
Necesidades de información	
SALIDAS	
Requerimientos seleccionados de evaluación de actividades de testing	

Tabla 73. P1. A2. Seleccionar Artefactos

Título	Seleccionar Artefactos
DESCRIPCIÓN	
La segunda actividad “Seleccionar Artefactos” genera una lista de filtrada de los artefactos asociados a las actividades de testing, a partir de una lista de artefactos posibles.	
ENTRADAS	
Artefactos susceptibles de evaluación	
SALIDAS	
Artefactos seleccionados	

4.2.2. PROCESO 2 (P2). Planear Medición y Evaluación

En este proceso están consignadas las actividades de priorizar metas y relacionar las métricas con los sub-atributos de proceso y los artefactos, estas serán detalladas más adelante con una descripción, entradas y salidas.

Vista de las actividades incluidas en el proceso P2

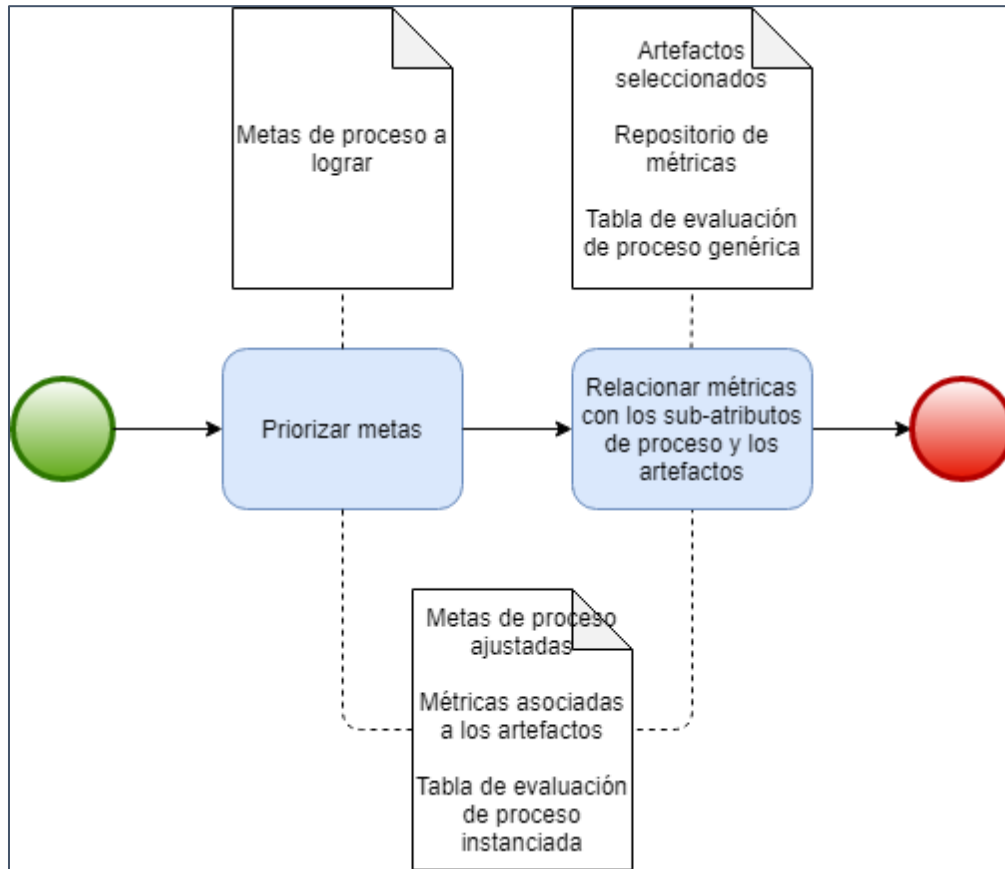


Figura 3. Actividades del Proceso P2 Planeación de Medición y Evaluación

Tabla 74. Actividades del Proceso P2

Entrada(s)	Actividad	Salida(s)
Metas de Proceso a lograr	P2. A1. Priorizar metas	Metas de Proceso ajustadas
Artefactos seleccionados Repositorio de Métricas Tabla de Evaluación de Proceso genérica	P2. A2. Relacionar Métricas con los Atributos de Proceso y las Entidades	Métricas asociadas a los Artefactos Tabla de Evaluación de Proceso instanciada

Tabla 75. P2. A1. Priorizar Metas

Título	Priorizar metas
DESCRIPCIÓN	
La primera actividad “Priorizar metas” usa la lista de metas del proceso y se determina cuáles sub-atributos son de interés para el proyecto en el momento requerido, de modo que se obtenga una lista de metas de proceso ajustadas al momento de avance del proyecto.	
ENTRADAS	
Metas de Proceso a lograr	
SALIDAS	
Metas de proceso ajustadas	

Tabla 76. P2. A2. Relacionar métricas con los sub-atributos de proceso y los artefactos

Título	Relacionar métricas con los sub-atributos de Proceso y los artefactos
DESCRIPCIÓN	
La segunda actividad “Relacionar Métricas con los Atributos de Proceso y las Artefactos” toma la lista de artefactos seleccionados, el Repositorio de Métricas de la presente Guía junto con la Tabla de Evaluación de Proceso en su forma genérica. Esta actividad busca establecer relaciones entre los sub-atributos y los artefactos seleccionados; las cuales se registran en la Tabla de Evaluación de Proceso, de modo que se obtenga una versión instanciada (específica).	
ENTRADAS	
Artefactos seleccionados Repositorio de métricas Tabla de evaluación de proceso genérica	
SALIDAS	
Métricas asociadas a los artefactos Tabla de evaluación de proceso instanciada	

4.2.3. PROCESO 3 (P3). Ejecutar Medición y Evaluación

En este proceso están consignadas las actividades de recolectar datos, relacionar las métricas con los sub-atributos de proceso y los artefactos, estas serán detalladas más adelante con una descripción, entradas y salidas.

Vista de las actividades incluidas en el proceso P3

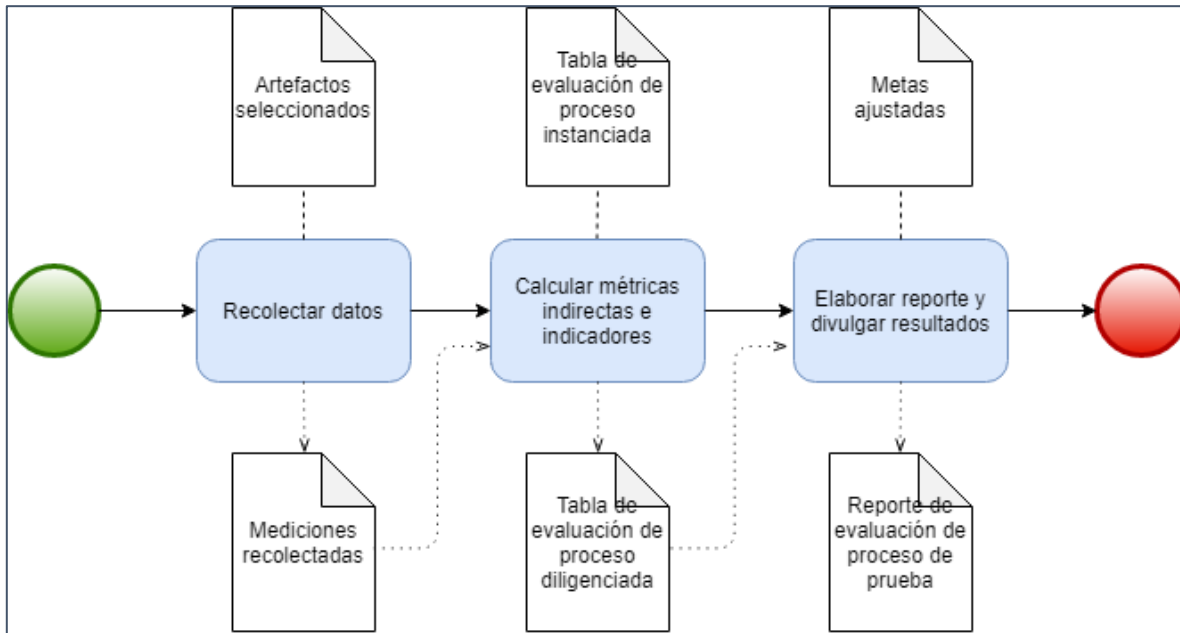


Figura 4. Actividades del Proceso P3 Ejecutar Medición y Evaluación

Tabla 77. Actividades del Proceso P3

Entrada(s)	Actividad	Salida(s)
Artefactos seleccionados	P3.A1. Recolectar Datos	Mediciones recolectadas
Mediciones recolectadas Tabla de Evaluación de Proceso instanciada	P3.A2. Calcular Métricas Indirectas e Indicadores	Tabla de Evaluación de Proceso diligenciada
Metas ajustadas Tabla de Evaluación de Proceso diligenciada	P3.A3. Elaborar reporte y divulgar resultados	Reporte de evaluación de Proceso de Prueba

Tabla 78. P3. A1. Recolectar Datos

Título	Recolectar Datos
DESCRIPCIÓN	
La primera actividad “Recolectar Datos” se ha establecido para gestionar la recolección y validación de los datos resultantes de las mediciones directas aplicadas a los artefactos seleccionados.	
ENTRADAS	
Artefactos seleccionados	
SALIDAS	
Mediciones recolectadas	

Tabla 79. P3. A2. Calcular Métricas e indicadores

Título	Calcular métricas indirectas e indicadores
DESCRIPCIÓN	
La segunda actividad “Calcular Métricas Indirectas e Indicadores”, parte de las mediciones recolectadas para obtener los resultados de calcular las métricas indirectas elegidas del repositorio, así como los indicadores que la organización establezca. Los valores se normalizan de acuerdo con lo definido en las fichas técnicas del repositorio de métricas y se registran en la Tabla de Evaluación instanciada para así obtener juicios de valor sobre el estado de los sub-atributos asociados a las actividades de Testing que sean de interés en el momento de aplicación de esta Guía Técnica.	
ENTRADAS	
Mediciones recolectadas Tabla de evaluación de proceso instanciada	
SALIDAS	
Tabla de evaluación de proceso diligenciada	

Tabla 80. P3. A3. Elaborar reporte y divulgar resultados

Título	Elaborar reporte y divulgar resultados
DESCRIPCIÓN	
La tercera actividad “Elaborar reporte y divulgar resultados” resume el estado de las actividades de Testing de modo que se puedan identificar sus fortalezas y aspectos por mejorar, el cual se refleja en el reporte de evaluación	
ENTRADAS	
Metas ajustadas Tabla de proceso diligenciada	
SALIDAS	
Reporte de evaluación de proceso de prueba	

4.3. Ejemplo de uso para la guía

A continuación, se realizará un escenario para la ejecución de nuestra guía y se mostrará la manera correcta de uso.

Una organización necesita un producto software para el cual ha contratado un equipo de desarrollo para su ejecución, este equipo en aras de conocer la calidad de sus actividades de testing necesita medir los atributos de efectividad y eficiencia de las pruebas relacionadas con las actividades de testing, para esto lleva a cabo la realización de las actividades relacionadas a los procesos que hacen parte de la guía técnica propuesta.

Esta guía se puede utilizar en cualquier momento del desarrollo del producto software, para este ejemplo se tomará para una iteración en un tiempo de una semana de trabajo, los datos se obtendrán a través de la realización de pruebas unitarias.

Descripción de la vista de las actividades incluidas en el proceso P1

Para este proceso se tiene la actividad,

- P1.A1. Identificar requerimientos de evaluación de actividades de testing que tiene como entrada las necesidades de información
- P1.A2. Seleccionar artefactos y tiene como entrada los artefactos susceptibles de evaluación

A partir de estas dos actividades se tiene como salida los requerimientos seleccionados de evaluación de actividades testing y los artefactos seleccionados

ENTRADAS

- La **necesidad de información** es valorar los atributos de eficiencia y efectividad asociadas a las actividades de testing. Se realizarán pruebas unitarias para la obtención de los datos, Estas actividades están enmarcadas en un periodo de tiempo corto de una semana y corresponden a una iteración del desarrollo.
- Los **artefactos susceptibles de evaluación** son, los casos de prueba, el documento de requerimientos, los módulos de software, los diagramas de clase

SALIDAS

- Requerimientos seleccionados de evaluación de actividades testing
- Los **artefactos seleccionados** para evaluación son, los casos de prueba, los módulos de software y el documento de requerimientos.

Descripción de la vista de las actividades incluidas en el proceso P2

En este proceso se tiene,

- Actividad P2.A1. Priorizar metas que tiene como entrada las Metas de Proceso a lograr
- Actividad P2.A2. Relacionar métricas con los sub_atributos de proceso y los artefactos, que tiene como entrada los artefactos seleccionados, repositorio de métricas y la tabla de evaluación de proceso genérica

Como resultado de estas dos actividades se tiene las salidas metas de proceso ajustadas, métricas asociadas a los artefactos y la tabla de evaluación de proceso instanciada

ENTRADAS

- **Metas de proceso a lograr** son: conseguir una valoración ampliamente alcanzado o plenamente alcanzado para los atributos de efectividad y eficiencia

Tabla 81. Valores de Metas de Proceso a lograr

Valor alcanzado por el atributo	Valoración Cualitativa
$x > 0.85$	Plenamente alcanzado
$0.5 < x \leq 0.85$	Ampliamente alcanzado
$0.15 < x \leq 0.5$	Parcialmente alcanzado
$X < 0.15$	NO alcanzado

- Los **artefactos seleccionados** para evaluación son, los casos de prueba, los módulos de software y el documento de requerimientos
- **Repositorio de métricas** se encuentra consignado en el capítulo 3 de la monografía

- **Tabla de evaluación de proceso genérica**

		ATRIBUTOS DE PROCESO DE PRUEBA				
		EFECTIVIDAD		EFICIENCIA		
		Preparación de Pruebas	Ejecución Pruebas	Recursos	Tiempo	Productividad
Categoría (y sus Métodos)	Estáticas					
	Unitarias					
	Integración					
	Aceptación					
	Sistema					
Documentación	Plan de Prueba					
	Casos de Prueba					
	Reportes					
	Logs					

SALIDAS

- **Metas de proceso ajustadas:** conseguir una valoración ampliamente alcanzado o plenamente alcanzado para los atributos de efectividad y eficiencia

Tabla 82. Valores de Metas de Proceso Ajustadas

Valor alcanzado por el atributo	Valoración Cualitativa
$x > 0.85$	Plenamente alcanzado
$0.5 < x \leq 0.85$	Ampliamente alcanzado
$0.15 < x \leq 0.5$	Parcialmente alcanzado
$X < 0.15$	NO alcanzado

- **Métricas asociadas a los artefactos:**

Tabla 83. Relación Artefacto-Métricas

ARTEFACTO	Casos de prueba	DIR 012, DIR 028, DIR 031, DIR 011, DIR 015, DIR 016, DIR 017, DIR 018, DIR 032, DIR 033
	Documento de requerimientos	DIR 029, DIR 030
	Módulo de software y/o software	DIR 019, DIR 020, DIR 005, DIR 010, DIR 014, DIR 001, DIR 01, DIR 006, DIR 007

- **Tabla de evaluación de proceso instanciada:**

En la tabla siguiente se llenará la fila correspondiente a **pruebas unitarias**

		ATRIBUTOS DE PROCESO DE PRUEBA				
		EFECTIVIDAD		EFICIENCIA		
		Preparación de Pruebas	Ejecución Pruebas	Recursos	Tiempo	Productividad
Categoría (y sus Métodos)	Estáticas					
	Unitarias					
	Integración					
	Aceptación					
Documentación	Sistema					
	Plan de Prueba					
	Casos de Prueba					
	Reportes					
	Logs					

Descripción de la vista de las actividades incluidas en el proceso P3

Para este proceso se tiene tres actividades,

- Actividad P3.A1. Recolectar datos que tiene la entrada Artefactos seleccionadas y como salida mediciones recolectadas
- Actividad P3.A2. Calcular métricas indirectas e indicadores que tiene la entrada mediciones recolectadas y la tabla de evaluación de proceso instanciada y tiene como salida tabla de evaluación de proceso diligenciada
- Actividad P3.A3. Elaborar reporte y divulgar resultados que tiene la entrada metas ajustadas y la tabla de evaluación de proceso diligenciada y tiene como salida el reporte de evaluación de proceso de prueba

ENTRADAS

- Los **artefactos seleccionados** se encuentran como salida del proceso anterior
- **Tabla de evaluación de proceso instanciada:** se encuentra como salida del proceso anterior
- **Metas ajustadas** se encuentran como salida del proceso anterior

SALIDAS

- **Mediciones recolectadas** se mostrarán en el desarrollo del ejemplo

Del conjunto de pruebas unitarias realizadas en el período de análisis se han recolectado los siguientes datos:

Tabla 84. Reconocimiento de Métricas utilizadas en el ejemplo de uso

	Ítem	Valor	Código Métrica
1	Cantidad de casos de prueba planeados	15	DIR-012
2	Cantidad de casos de prueba diseñados	12	DIR-028
3	Tiempo invertido en planeación de pruebas	25 horas	DIR-019
4	Tiempo invertido en diseño de pruebas	45 horas	DIR-020
5	Requerimientos aprobados mapeados a casos de prueba	15	DIR-029
6	Total de requerimientos aprobados	20	DIR-030
7	Costo total casos de prueba planeados	\$1.500.000	DIR-031
8	Cantidad de errores encontrados	37	DIR-005
9	Cantidad total de errores encontrados por el equipo de desarrollo	61	DIR-010
10	Cantidad de casos de prueba ejecutados	12	DIR-011
11	Número de defectos corregidos	50	DIR-014
12	Cantidad de casos de prueba aprobados	10	DIR-015
13	Cantidad de casos de prueba bloqueados	2	DIR-016
14	Cantidad de casos de prueba corregidos	10	DIR-017
15	Cantidad de casos de prueba fallados	1	DIR-018
16	Costo de los casos de prueba ejecutados	\$3.600.000	DIR-032
17	Tiempo Total en ejecución de pruebas	60 horas	DIR-001
18	Horas totales empleadas en la corrección de defectos	25 horas	DIR-013
19	Cantidad de defectos corregidos por el equipo de desarrollo	40	DIR-006
20	Cantidad total de defectos en el momento de la medición	61	DIR-007
21	Tiempo total empleado en los casos de prueba	60	DIR-033

4.3.1. Evaluación atributo EFECTIVIDAD

Se procede a evaluar el atributo EFECTIVIDAD del proceso asociado a un conjunto de pruebas unitarias. Para ello es necesario evaluar los sub-atributos de Efectividad en Preparación de Pruebas (EPP) y Efectividad en Ejecución de Pruebas (EEP) aplicando la expresión:

$$\text{EFECTIVIDAD} = (C1 * \text{EPP}) + (C2 * \text{EEP})$$

$C1 + C2 = 1$. Son las ponderaciones para cada sub-atributo. Los valores de las ponderaciones irán de acuerdo a los objetivos de cada empresa y dicho valor puede variar.

De forma genérica, el sub-atributo “Efectividad en Preparación de Pruebas (EPP)” se evalúa así:

$$\text{EPP} = (K1 * M1) + (K2 * M2) + \dots + (Kn * Mn)$$

Y el sub-atributo “Efectividad en Ejecución de Pruebas (EEP)” se evalúa así:

$$\text{EEP} = (K1 * M1) + (K2 * M2) + \dots + (Kn * Mn)$$

Donde:

$K1 + K2 + \dots + Kn = 1$ son las ponderaciones, pues algunas métricas pueden incidir o “pesar” más para valorar el sub-atributo. [eso lo define la organización y en principio podrían valer igual]

$M1, M2, \dots, Mn$ son los valores normalizados (en escala 0 ... 1 y con sentido positivo) de las métricas que permiten valorar el sub-atributo.

A partir de los datos recolectados, es necesario normalizar las métricas para llevar sus valores a una misma escala de 0..1 con sentido positivo, es decir, que valores altos son los que indiquen un estado deseable.

Evaluación del sub-atributo de Efectividad en Preparación de Pruebas (EPP).

A partir de los ítems 1 y 3, se calcula la métrica indirecta:

IND-025. Métrica Indirecta "Tiempo medio invertido en planeación de pruebas"

$$TMPP = \frac{TP}{CCP}$$

Cuyo resultado es: $TMPP = 15 \text{ horas} / 12 \text{ casos} = 1.25 \text{ horas/caso}$.

La organización ha definido la siguiente tabla de normalización:

Tabla 85. Normalización efectividad 1 ejemplo de uso

Rango de valor para la variable x que representa el valor de métrica	Valoración cualitativa	Valor Normalizado
Rango 1: $x \leq 0,4$	Excelente	1
Rango 2: $0,4 < x \leq 0,8$	Aceptable	0.75
Rango 3: valor $0,8 < x \leq 1$	Deficiente	0.4
Rango 4: $x > 1$	Inaceptable	0

De acuerdo con la tabla de normalización, este resultado es inaceptable y su valor normalizado es cero. Esta será la Métrica normalizada 1 y se le ha asignado una ponderación de 0.3.

A partir de los ítems 2 y 4, se calcula la métrica indirecta:

IND-026 Métrica Indirecta "Tiempo medio invertido en planeación de pruebas"

$$TMDP = \frac{TDP}{CCD}$$

Cuyo resultado es: $TMDP = 45 \text{ horas} / 12 \text{ casos} = 3.75 \text{ horas/caso}$.

La organización ha definido la siguiente tabla de normalización:

Tabla 86. Normalización efectividad 2 ejemplo de uso

Rango de valor para la variable x que representa el valor de métrica	Valoración cualitativa	Valor Normalizado
Rango 1: $x \leq 0.8$	Excelente	1
Rango 2: $0.8 < x \leq 1.6$	Aceptable	0.75
Rango 3: valor $1.6 < x \leq 2$	Deficiente	0.4
Rango 4: $x > 2$	Inaceptable	0

De acuerdo con la tabla de normalización, este resultado es inaceptable y su valor normalizado es cero. Esta será la Métrica normalizada 2 y se le ha asignado una ponderación de 0.3.

A partir de los ítems 5 y 6, se calcula la métrica indirecta:

IND-015. Porcentaje de Requerimientos aprobados mapeados a casos de prueba.

$$PRM = \frac{RMCP}{TRA}$$

Cuyo resultado es: $PRM = 15 / 20 = 0.75$

Esta métrica ya se encuentra normalizada en su definición. Esta será la Métrica normalizada 3 y se le ha asignado una ponderación de 0.4.

Valoración del sub-atributo:

$$\begin{aligned} EPP &= (K1 * M1) + (K2 * M2) + \dots + (Kn * Mn) \\ EPP &= (0.3 * 0) + (0.3 * 0) + (0.4 * 0.75) = 0 + 0 + 0.3 = 0.3 \end{aligned}$$

Evaluación del sub-atributo de Efectividad en Ejecución de Pruebas (EEP).

A partir de los ítems 8 y 9, se calcula la métrica indirecta:

IND-005. Efectividad de los casos de prueba (ECP)

$$TCE = \frac{FE}{TFE}$$

Cuyo resultado es: $TCE = 37 / 61 = 0.606$

Esta métrica ya se encuentra normalizada en su definición. Esta será la Métrica normalizada 4 y se le ha asignado una ponderación de 0.4.

A partir de los ítems 10 y 12, se calcula la métrica indirecta:

IND-009. Cobertura de casos de Prueba aprobados (CCPA)

$$CPA = \frac{NPA}{NTPE}$$

Cuyo resultado es: $CPA = 10 / 12 = 0.8333$

Esta métrica ya se encuentra normalizada en su definición. Esta será la Métrica normalizada 5 y se le ha asignado una ponderación de 0.4.

A partir de los ítems 10 y 13, se calcula la métrica indirecta:

IND-010. Cobertura casos de Prueba Bloqueados (CPB)

$$CPB = \frac{NPB}{NTPE} \qquad CPB = NPB / NTPE = 2 / 12 = 0.1667$$

Esta métrica se debe normalizar, pues si bien sus valores están en el rango 0...1, los valores buenos son los más bajos, pero como se está manejando escalas con sentido positivo (un mayor valor significa un estado deseable), se procede:

$$CPBr = 1 - CPB = 1 - 0.1667 = 0.8333.$$

Esta será la Métrica normalizada 6 y se le ha asignado una ponderación de 0.2.

Valoración del sub-atributo:

$$EEP = (K1 * M1) + (K2 * M2) + \dots + (Kn * Mn)$$

$$EEP = (0.4 * 0.606) + (0.4 * 0.8333) + (0.2 * 0.8333) = 0.2424 + 0.3333 + 0.1666 = 0.724$$

Una vez valorados los sub-atributos, se puede evaluar el atributo EFECTIVIDAD.

$$EFECTIVIDAD = (C1 * EPP) + (C2 * EEP)$$

La organización ha definido las siguientes ponderaciones: C1 = 0.5 y C2 = 0.5.

$$EFECTIVIDAD = (0.5 * 0.3) + (0.5 * 0.724) = 0.15 + 0.362 = 0.512$$

Tabla de valoración del atributo sugerida (se puede usar para todos):

[Tomando como referencia la escala de calificación establecida en la norma ISO/IEC 15504]

Tabla 87. Valorización sugerida para Efectividad

Valor alcanzado por el atributo	Valoración cualitativa
x > 0.85	Plenamente alcanzado
0.5 < x <= 0.85	Ampliamente alcanzado
0.15 < x <= 0.5	Parcialmente alcanzado
X < 0.15	NO alcanzado

4.3.2. Evaluación atributo EFICIENCIA

Se procede a evaluar el atributo EFICIENCIA del proceso de prueba. Para ello es necesario evaluar los sub-atributos de Eficiencia en Recursos (ER), Eficiencia en Tiempo (ET) y Eficiencia en Productividad (EP).

$$\text{EFICIENCIA} = (C1 * ER) + (C2 * ET) + (C3 * EP)$$

$C1 + C2 + C3 = 1$. Son las ponderaciones para cada sub-atributo. Los valores de las ponderaciones irán de acuerdo a los objetivos de cada empresa y dicho valor puede variar.

De forma genérica, el sub-atributo “Eficiencia en Recursos (ER)” se evalúa así:

$$ER = (K1 * M1) + (K2 * M2) + \dots + (Kn * Mn)$$

De forma genérica, el sub-atributo “Eficiencia en Tiempo (ET)” se evalúa así:

$$ET = (K1 * M1) + (K2 * M2) + \dots + (Kn * Mn)$$

De forma genérica, el sub-atributo “Eficiencia en Productividad (EP)” se evalúa así:

$$EP = (K1 * M1) + (K2 * M2) + \dots + (Kn * Mn)$$

Donde:

$K1 + K2 + \dots + Kn = 1$ son las ponderaciones, pues algunas métricas pueden incidir o “pesar” más para valorar el sub-atributo. [eso lo define la organización y en principio podrían valer igual]

$M1, M2, \dots, Mn$ son los valores normalizados (en escala 0 ... 1) de las métricas que permiten valorar el sub-atributo.

A partir de los datos recolectados, es necesario normalizar las métricas para llevar sus valores a una misma escala de 0..1 con sentido positivo, es decir, que valores altos son los que indiquen un estado deseable.

Evaluación del sub-atributo de Eficiencia en Recursos (ER).

A partir de los ítems 1 y 7 se calcula la métrica indirecta:
IND-020. Costo Medio de caso de prueba Planeado (CMCPP)

$$CMCPP = \frac{CCPP}{NCPP}$$

Cuyo resultado es: CMCPP = 1'500.000 pesos / 15 casos = 100.000 pesos/caso.

La organización ha definido la siguiente tabla de normalización:

Tabla 88. Normalización Eficiencia 1 ejemplo de uso

Rango de valor para la variable x que representa el valor de métrica	Valoración Cualitativa	Valor Normalizado
Rango 1: x <= 40.000	Excelente	1
Rango 2: 40.000 < x <= 80.000	Aceptable	0.75
Rango 3: valor 80.000 < x <= 120.000	Deficiente	0.4
Rango 4: x > 120.000	Inaceptable	0

De acuerdo con la tabla de normalización, este resultado es deficiente y su valor normalizado es 0.4 Esta será la Métrica normalizada 7 y se le ha asignado una ponderación de 0.5

A partir de los ítems 10 y 16 se calcula la métrica indirecta:
IND-021. Costo Medio de caso de prueba Ejecutado (CMCPE)

$$CMCPE = \frac{CCPE}{NCPE}$$

Cuyo resultado es: CMCPE = 3'600.000 pesos / 12 casos = 300.000 pesos/caso.

La organización ha definido la siguiente tabla de normalización:

Tabla 89. Normalización Eficiencia 2 ejemplo de uso

Rango de valor para la variable x que representa el valor de métrica	Valoración Cualitativa	Valor Normalizado
Rango 1: x <= 100.000	Excelente	1
Rango 2: 200.000 < x <= 300.000	Aceptable	0.75
Rango 3: valor 200.000 < x <= 300.000	Deficiente	0.4
Rango 4: x > 300.000	Inaceptable	0

De acuerdo con la tabla de normalización, este resultado es deficiente y su valor normalizado es 0.4 Esta será la Métrica normalizada 8 y se le ha asignado una ponderación de 0.5

Valoración del sub-atributo:

$$ER = (K1 * M1) + (K2 * M2) + \dots + (Kn * Mn)$$

$$ER = (0.5 * 0.4) + (0.5 * 0.4) = 0.2+0.2 = 0.4$$

Evaluación del sub-atributo de Eficiencia en Tiempo (ET).

A partir de los ítems 18 y 11 se calcula la métrica indirecta:

IND-008. Tiempo Medio de corrección de defectos (TMCD)

$$TMCD = \frac{TCE}{NE}$$

Cuyo resultado es: TMCD = 25 horas / 50 defectos = 0.5 horas/defectos.

La organización ha definido la siguiente tabla de normalización:

Tabla 90. Normalización Eficiencia 3 ejemplo de uso

Rango de valor para la variable x que representa el valor de métrica	Valoración Cualitativa	Valor Normalizado
Rango 1: x <= 0.2	Excelente	1
Rango 2: 0.2 < x <= 0.6	Aceptable	0.75
Rango 3: valor 0.6 < x <= 1	Deficiente	0.4
Rango 4: x > 1	Inaceptable	0

De acuerdo con la tabla de normalización, este resultado es aceptable y su valor normalizado es 0.75 esta será la Métrica normalizada 9 y se le ha asignado una ponderación de 1

Valoración del sub-atributo:

$$ET = (K1 * M1) + (K2 * M2) + \dots + (Kn * Mn)$$

$$ET = 1 * 0.75 = 0.75$$

Evaluación del sub-atributo de Eficiencia en Productividad (EP).

A partir de los ítems 19 y 20 se calcula la métrica indirecta:

IND-003. Eficiencia de eliminación de Defectos (DRE)

Cuyo resultado es: $DRE = 40 \text{ defectos} / 61 \text{ defectos} = 0.65 \text{ defectos}$

Esta métrica ya se encuentra normalizada en su definición. Esta será la Métrica normalizada 10 y se le ha asignado una ponderación de 0.5

A partir de los ítems 2 y 21 se calcula la métrica indirecta:

IND-006. Esfuerzo medio por caso de Prueba (EMCP)

$$EMCP = \frac{HCP}{TCP}$$

Cuyo resultado es: $EMCP = 60 \text{ horas} / 12 \text{ casos de prueba} = 5 \text{ horas/caso de prueba}$

La organización ha definido la siguiente tabla de normalización:

Tabla 91. Normalización Eficiencia 4 ejemplo de uso

Rango de valor para la variable x que representa el valor de métrica	Valoración Cualitativa	Valor Normalizado
Rango 1: $x \leq 1.2$	Excelente	1
Rango 2: $1.2 < x \leq 2.8$	Aceptable	0.75
Rango 3: valor $2.8 < x \leq 4$	Deficiente	0.4
Rango 4: $x > 4$	Inaceptable	0

De acuerdo con la tabla de normalización, este resultado es inaceptable y su valor normalizado es cero. Esta será la Métrica normalizada 11 y se le ha asignado una ponderación de 0.5

Valoración del sub-atributo:

$$EP = (K1 * M1) + (K2 * M2) + \dots + (Kn * Mn)$$

$$EP = (0.5 * 0.65) + (0.5 * 0) = 0.325 + 0 = 0.325$$

Una vez valorados los sub-atributos, se puede evaluar el atributo EFICIENCIA.

$$EFICIENCIA = (C1 * ER) + (C2 * ET) + (C3 * EP)$$

La organización ha definido las siguientes ponderaciones: $C1 = 0.35$, $C2 = 0.30$ y $C3 = 0.35$

$$EFICIENCIA = (0.35 * 0.4) + (0.30 * 0.75) + (0.35 * 0.325) = 0.14 + 0.225 + 0.1138 = 0.478$$

Tabla de valoración del atributo sugerida (se puede usar para todos):
 [Tomando como referencia la escala de calificación establecida en la norma ISO/IEC 15504]

Tabla 92. Valoración sugerida para Eficiencia

Valor alcanzado por el atributo	Valoración Cualitativa
$x > 0.85$	Plenamente alcanzado
$0.5 < x \leq 0.85$	Ampliamente alcanzado
$0.15 < x \leq 0.5$	Parcialmente alcanzado
$X < 0.15$	NO alcanzado

- **Tabla de evaluación de proceso diligenciada:**

Esta tabla es entrada de la actividad P3.A3. y nos sirve como elemento para elaborar reporte y divulgar resultados

		ATRIBUTOS DE PROCESO DE PRUEBA				
		0.512 EFECTIVIDAD		0.478 EFICIENCIA		
		0.5 Preparación de Pruebas EPP	0.5 Ejecución Pruebas EEP	0.35 Recursos ER	0.30 Tiempo ET	0.35 Productividad EP
Categoría (y sus Métodos)	Estáticas					
	Unitarias	0.3	0.724	0.4	0.75	0.325
	Integración					
	Aceptación					
	Sistema					
Documentación	Plan de Prueba					
	Casos de Prueba					
	Reportes					
	Logs					

- **Reporte de evaluación de proceso de prueba**

Este reporte es la única salida de la actividad P3.A3. se puede realizar a partir de la tabla de evaluación de proceso diligenciada

La valoración del atributo EFECTIVIDAD fue de 0.512 lo que indica que este atributo fue Ampliamente alcanzado, sin embargo, la valoración del atributo EFICIENCIA fue de 0.478 lo que indica que el atributo fue Parcialmente alcanzado.

Para el atributo EFICIENCIA la organización ha determinado que no se han cumplido con los niveles de satisfacción requeridos por lo tanto se deberán seguir los protocolos establecidos para solucionar este problema.

Con la elaboración del reporte de evaluación de proceso de prueba se da por terminado el ejemplo de uso de la guía. Se insiste que todos estos procesos se pueden aplicar cuando se requiera evaluar actividades de testing para diversas categorías y en diferentes momentos del proyecto de desarrollo de software.

La aplicación frecuente de los procesos y actividades presentados en esta guía ofrecen una oportunidad para que una pequeña empresa de software pueda valorar el estado de sus actividades de testing.

5. EVALUACIÓN DE LA GUÍA TÉCNICA

En este capítulo, se describe el proceso de evaluación de la guía técnica para la medición en actividades de testing para pequeñas organizaciones desarrolladoras de software. Se describe el método de evaluación de grupo focal el cual es un método que se caracteriza por ser una entrevista de forma no estructurada y natural que un moderador capacitado realiza a un pequeño grupo de encuestados, el principal propósito de las sesiones de grupo consiste en obtener información al escuchar a un grupo de personas relacionadas con el área de estudio, hablar sobre temas de interés para el investigador. El valor de la técnica reside en los hallazgos inesperados que a menudo se obtienen de una discusión grupal que fluye con libertad [Malhotra, 2004]. Este método fue seleccionado debido a su Grado de estructura y su capacidad de Descubrimiento de información es muy alta. Luego, se especifica las etapas de este método, los resultados obtenidos y cómo influyeron en la afinación de la propuesta de la guía técnica.

5.1. Proceso de evaluación

En esta sección se presenta la evaluación de la guía técnica siguiendo los lineamientos establecidos en [Malhotra, 2004] para cada una de sus etapas.

5.1.1. Estructura general de sesión de grupo

La estructura general de sesión de grupo, según lo planteado por Kontio [Kontio, 2004] se forma de las siguientes fases:

- 1) Definición del problema de investigación. Se selecciona el cual es el tema a evaluar. La técnica sesión de grupo es la más adecuada para obtener retroalimentación inicial en trabajos relacionados con desarrollo de nuevos conceptos, generación de ideas nuevas, recolección o priorización de problemas potenciales, obtener información sobre cómo se presentan o se documentan modelos etc.

- 2) Planeación. En esta fase se identifican los alcances de lo deseado con el método y se determina su factibilidad. En caso afirmativo, se prepara el material a utilizar. Un evento de sesión de grupo por lo general dura de dos

a tres horas y tiene un horario y estructura predefinida. El número de temas a cubrir debe ser limitado de modo que sea posible asignar tiempo suficiente a los participantes para que comprendan el problema y tengan una discusión e interacción significativas.

- 3) Selección de participantes. En esta fase es necesario definir criterios de selección, puesto que una buena caracterización, definición y selección de participantes representativos es fundamental para el éxito de la actividad. Un grupo de enfoque puede tener entre 3 y 12 personas. La experiencia define que grupos con numero bajo de integrantes tienden a ser más participativos.
- 4) Conducción de la sesión. En esta etapa se requiere hacer lo siguiente:
 - a. Sesión básica. El moderador debe iniciar la sesión definiendo los objetivos, reglas de participación y los temas. En la discusión el moderador puede hacer uso de diferentes técnicas como lluvia de ideas, encuestas, votaciones etc.
 - b. Captura de información. Se puede hacer uso de varios métodos como encuestas, elaborar documentos de respaldo con ayuda de observadores tomando notas o usar dispositivos de grabación de audio y/o video.
 - c. Rol de moderador. El moderador debe facilitar la discusión, e impedir que sus opiniones generen influencia sobre los participantes, sus intervenciones deben conducir a alcanzar la profundidad requerida en la discusión.
- 5) Análisis de la información y reporte de resultados. Una vez recolectada la información de la fase anterior, se pueden utilizar métodos de análisis de información cualitativa. Si se reunieron datos cuantitativos, estos se pueden analizar utilizando estadística descriptiva u otros métodos de análisis cuantitativo.

5.1.2. Ejecución de la técnica sesión de grupo para la evaluación de la guía técnica

Se generó una versión inicial que incluía todos los componentes de la guía técnica para su evaluación por juicio de expertos empleando sesión de grupo, descrita en la sección anterior. Con la realimentación obtenida, esa versión de la guía técnica fue redefinida para así generar la versión definitiva de la guía técnica. A continuación, se presenta en detalle cada una de las fases ejecutadas.

Fase de planeación. Las actividades de esta fase fueron las siguientes:

Definición del problema de investigación. El objetivo al aplicar la técnica Sesión de grupo fue evaluar la versión previa de la “Guía técnica para la medición y valoración en actividades de testing para pequeñas empresas desarrolladoras de software”. Como base para el planeamiento y preparación se utilizó el documento sintetizado de La guía técnica incluido en la carpeta de documentos Entregables, adjunto a esta monografía.

Preparación de material. Los materiales a diligenciar por los participantes son:

- Ficha de participante
- Formato de evaluación de componentes
- Encuesta de evaluación de aspectos generales

También se programó la manera en que se debía obtener la información requerida. En primer lugar, se definió el protocolo de la sesión (Ver Tabla 93):

Tabla 93. Protocolo de la sesión de grupo

Tema	Evaluación de la “Guía Técnica para la medición en actividades de testing para pequeñas organizaciones desarrolladoras de software”
Duración de la sesión	90 minutos
Método de la sesión	Virtual
Fecha	Mayo 11
Hora	9 a.m.
Moderadores	Javier Eduardo Pino Belalcázar (javierbelacaza@unicauca.edu.co) Jennifer Andrea Figueroa Bolaños (andrefb@unicauca.edu.co)
Supervisor	Carlos Alberto Ardila Albarracín (cardila@unicauca.edu.co)
Objetivo General	El propósito general de la guía técnica es evaluar los atributos de EFECTIVIDAD y EFICIENCIA de las actividades de testing en una organización
Objetivos Específicos	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer las prácticas y los elementos para evaluar atributos específicos de actividades de testing en diferentes categorías • Fomentar las buenas prácticas de documentación de resultados teniendo en cuenta las necesidades del cliente

Definición de métodos de captura y registro de información. Los métodos elegidos fueron:

- Archivos de video de la sesión de grupo
- Documentos diligenciados por cada participante

Los archivos mencionados están incluidos en la carpeta de documentos Entregables.

Definición de métodos de análisis de información para generar el procesamiento de los productos de la sesión. Posterior a la sesión, se revisó la información obtenida por parte de los moderadores y del supervisor para identificar los aspectos que se consideraron más adecuados para redefinir la guía, de acuerdo con el alcance y los objetivos establecidos para este trabajo.

Fase de selección de participantes. El grupo de participantes fue definido de la siguiente manera:

Definición del perfil de participante. Profesionales adscritos a empresas de desarrollo de software, familiarizados con mejora de procesos y gestión cuantitativa de procesos. El aspecto más importante era que los participantes tuvieran conocimiento y/o experiencia en mejora de procesos en actividades de testing. El listado de profesionales invitados adscritos a la industria se relaciona en la Tabla 94.

Tabla 94. Participantes de la sesión de grupo

Id asignado	Nombre del participante
Cod01	Ph.D. Ricardo Zambrano
Cod02	Mag. Mauricio Caicedo
Cod03	Ing. Carlos Ordoñez
Cod04	Ing. Cristhiam Fernández
Cod05	Ing. Julián Montenegro

La información de cada participante sobre su preparación académica, organización en la que laboran el cargo que ocupa, correo electrónico y experiencia en el área de mejora de procesos en actividades de testing, se recolectó en “Ficha de Participante” ubicado en la carpeta de documentos Entregables.

Fase de conducción de la sesión. Las actividades fueron:

Secuencia básica. La sesión de grupo se llevó a cabalidad el día 11 de mayo de 2021 con el grupo de discusión, de forma virtual, siendo coordinado por los moderadores y el supervisor, e integrado por los participantes, se siguió el protocolo y se usaron los documentos nombrados en la sesión fase de planeación.

Captura de información. Se realizó mediante grabación de video junto con los formatos virtualmente diligenciados por cada participante. Este archivo de video está ubicado en la carpeta de documentos Entregables.

Rol de moderador. Este rol fue realizado por parte de los estudiantes Javier Eduardo Pino y Jennifer Andrea Figueroa, quienes se encargaron de efectuar la presentación de la guía técnica y luego gestionar el uso de la palabra para cada participante y demás actividades asociadas con los documentos a ser diligenciados, de manera que el protocolo se efectuó tal como estaba planeado:

- Presentación de la guía técnica, mediante una exposición, se describieron todos y cada uno de los componentes de la guía técnica.
- Cada participante expuso sus aportes para cada uno de los componentes, con enfoque crítico constructivo.
- Finalmente, cada participante diligenció virtualmente el formato de evaluación de componentes y la encuesta de aspectos generales.

Fase de análisis de información y reporte de resultados. En esta sección se analiza la información recolectada de la sesión de grupo y se muestra como influyó en la afinación de la guía técnica. A partir de la revisión del “formato de evaluación de componentes” y la “encuesta de evaluación de aspectos generales” y del archivo de video, se identificaron los aportes y observaciones indicadas por los participantes. En las siguientes paginas se muestra de manera sintetizada cuales fueron esos aportes.

En las siguientes tablas Tabla 95, Tabla 96, Tabla 97, se recopilan los aspectos positivos y los aspectos a mejorar respecto a los componentes de la guía técnica respectivamente, identificados por los participantes.

Tabla 95. Evaluación del componente Repositorio de Métricas

Repositorio de Métricas
Aspectos Positivos <ul style="list-style-type: none">• Estandarización y desarrollo de buenas prácticas en empresas de desarrollo de software• Formalidad y normalización• Facilidad de uso, métricas predefinidas, diversidad• Importante herramienta para seleccionar métricas dependiendo quizá del proyecto o su criticidad• Hay bastantes métricas estudiadas y se puede abarcar bastantes elementos
Aspectos a mejorar <ul style="list-style-type: none">• Pienso que si hay mejoras serán a partir del uso del repositorio. En principio me parecen adecuadas• Establecer mecanismos de extensión• Información sobre mediciones óptimas y nefastas• Habría sugerencias futuras, pero ese no es el alcance de este proyecto concreto• Organizarlas para saber cuál va mejor con ciertos productos

Tabla 96. Evaluación del componente Tabla de Evaluación de Procesos

Tabla de evaluación de procesos
Aspectos Positivos <ul style="list-style-type: none">• Formalidad, precisión• Claridad en las definiciones• Facilidad de uso, flexibilidad• Muy bien explicada y detallada• Organizada, buena relación entre los atributos efectividad y eficiencia
Aspectos a mejorar <ul style="list-style-type: none">• Igualmente pienso que la praxis es la clave para identificar oportunidades. Yo la usaría tal y como está• Automatizarla• Sino tengo claro que son las métricas, los índices de DIR-012 etc. no son claros de entender

Tabla 97. Evaluación del componente Ejemplo de uso

Ejemplo de uso
Aspectos Positivos <ul style="list-style-type: none">• Claridad, paso a paso• Poner comentarios explicativos en los resultados y los valores de referencia utilizados• Muy descriptivo e ilustrativo• El ejemplo estuvo claro, ya al leer las métricas aterrizó mucho• Corto y fácil de entender
Aspectos a mejorar <ul style="list-style-type: none">• Inclusión de la descripción de las métricas, e indicar de dónde provienen los parámetros usados en la normalización• Adicionar otros ejemplos• Automatizarlo con una herramienta• Me gustaría que la guía compacta sea mucho más pensada para "dummies" con una explicación más detallada que no dependa de la monografía y que ojalá las métricas puedan verse categorizadas o entender a qué categoría pertenecen• Preguntar primero que producto se va a evaluar y dar unos costos

Además, en la Tabla 98 se sintetizan los resultados de la “Encuesta de Evaluación de aspectos generales” diligenciada por los participantes de la sesión de grupo. En el caso de las preguntas 10 y 11, que se refiere a los elementos faltantes y debilidades de la guía se relacionan en la Tabla 99.

Tabla 98. Resultado final "Encuesta de Evaluación de aspectos generales"

No.	Pregunta	Opciones	
		sí	no
1	¿Considera usted que la guía técnica propuesta es necesaria para las pequeñas organizaciones desarrolladoras de software?	100%	
2	¿Considera usted que los componentes de la guía técnica son adecuados para las pequeñas organizaciones desarrolladoras de software?	100%	
3	¿Considera usted que las actividades propuestas en la guía técnica son apropiadas para pequeñas organizaciones desarrolladoras de software?	100%	
4	¿Considera usted que los productos generados en las actividades son adecuados para pequeñas organizaciones desarrolladoras de software?	100%	
5	¿Considera usted que las salidas están acordes con cada actividad indicada en la guía técnica?	100%	
6	¿Considera usted que las descripciones presentadas muestran de forma clara la estructura de la guía técnica y las actividades propuestas?	60%	40%
7	¿Considera usted que el repositorio de métricas de la guía técnica es claro y conciso?	80%	20%
8	¿Considera usted que la tabla de evaluación de procesos de la guía técnica es clara y concisa?	100%	
9	¿Considera usted que la relación entre las métricas y los sub-atributos de eficiencia y eficacia son claros y concisos?	80%	20%
10	¿Considera usted que le hacen falta elementos a la guía técnica? En caso afirmativo, por favor mencionarlos.	60%	40%
11	¿Considera usted que hay debilidades en la guía técnica? En caso afirmativo, por favor mencionarlas.	40%	60%
12	¿De acuerdo a su experiencia, ¿considera usted que la guía técnica puede ser de fácil aplicación?	100%	

Tabla 99. Caso afirmativo, pregunta 10 y 11

Caso afirmativo, pregunta 10
<ul style="list-style-type: none">• El capítulo de contextualizar o dividir entre micro, pequeñas y medianas empresas. Si afectar el núcleo de la guía• Me gustaría que se cambie la palabra entidad por artefactos y que se explicara por qué se eligieron esas 21 métricas• Definir los costos de evaluación de la guía dependiendo de lo que quiera el cliente
Caso afirmativo, pregunta 11
<ul style="list-style-type: none">• Falto incluir la descripción de las métricas• Quizá me gustaría que algunos conceptos estén muy explicados sin necesidad de ir a la monografía• Antes de definir los requerimientos preguntar qué producto de va a evaluar

El resultado final de la evaluación de carácter cualitativo, llevada a cabo mediante la sesión de grupo, es la identificación de los aspectos más relevantes de la guía técnica que nombran a continuación:

- 1) Se sugiere que el repositorio de métricas sea dinámico, es decir que en cualquier momento que se necesite se pueda agregar una o más métricas, en caso contrario que cuando ya no se considere útil una de ellas se pueda eliminar.
- 2) Podría incluirse un artefacto que permita a las empresas obtener información sobre cuales han sido los resultados de los cálculos al aplicar el ejemplo de uso, considerando resultados optimo y resultados nefastos.
- 3) Se sugiere incluir un artefacto que permita a las empresas identificar cuáles son las métricas más adecuadas en algunos casos donde se pudieran aplicar, de forma tal que se pueda identificar el caso de aplicación más fácilmente.
- 4) Se sugiere incluir más información y descripción de los métodos de formalización.
- 5) Es una guía clara, sencilla de aplicar a una pequeña empresa desarrolladora de software. Se puede apreciar la formalidad y la precisión de los elementos.
- 6) Las métricas están claramente estudiadas, lo que facilita su buena relación con los atributos eficiencia y efectividad.

- 7) Se sugiere establecer un modelo basado en categorías que permita la aplicación las métricas y resultados definidos, esto traería amplios beneficios para la industria de software dado que establecerá un orden de aplicación basado en propiedades.
- 8) Sondar la opción del desarrollo de una herramienta software de gestión que soporte las prácticas de la guía técnica. La automatización podría mejorar la obtención y el análisis de la información y facilitaría la ejecución de las prácticas.

5.1.3. Modificaciones realizadas a partir de la evaluación

En la Tabla 8 se indican los elementos modificados en la guía, como resultado del proceso de evaluación. La versión definitiva está incluida de manera íntegra en el capítulo 4 de esta monografía

Tabla 100. Modificaciones aplicadas después de la evaluación

Ubicación	Modificación
Capítulo 4. Guía técnica	<ol style="list-style-type: none">1) Se modificó tanto en descripciones, definiciones, tablas y figuras el término “entidades” por el de “artefacto”, esto con el fin de evitar ambigüedades técnicas.2) Se incluyó información sobre las tablas de formalización utilizadas en el ejemplo de uso.
Encuesta de evaluación de aspectos generales	Se refinaron los formatos incluyendo espacios para contextualizar las respuestas.

5.2. Sumario

Se consideró necesario evaluar la guía técnica propuesta mediante una sesión de grupo, ya que este método de evaluación ofrece beneficios como obtención de información de manera rápida y de carácter pertinente, sugerencias y observaciones para mejorar la propuesta, además de caracterizar la reacción de los participantes frente a nuestra propuesta.

El proceso de evaluación apoyado en la técnica Sesión de Grupo permitió la recolección de los aportes de cada uno de los participantes <sección 5.1.2> de modo que fueran un referente para realizar los ajustes correspondientes a la Guía Técnica de manera que se tuviera una propuesta pertinente para su uso en procesos de testing de pequeñas empresas desarrolladoras de software.

A partir de las recomendaciones planteadas por los participantes en la Sesión de Grupo se incluyeron los cambios pertinentes y se trabajó en mejorar los elementos que tenían errores. La versión definitiva de esta Guía Técnica se encuentra en el capítulo 4 de esta monografía.

5.3. Limitaciones de la evaluación

La primera limitación que existe es que los participantes no aporten información completa o que esta información tenga un sesgo debido a lo siguiente:

(1) Preparación insuficiente. Es posible que los participantes asistan a la sesión sin la debida preparación lo que se reflejaría en aportes muy pobres. Para mitigar ese factor se le envió a cada uno un documento sintetizado de la Guía de 2 páginas.

(2) Inhibición del participante debido a que se requiere expresar los conceptos y apreciaciones públicamente. Esto haría que no aporte de manera plena sobre el aspecto que desea abordar. Para reducir el impacto de este factor, se fueron asignando turnos para el uso de la palabra a cada uno de los participantes

En segundo lugar, pueden presentarse problemas de carácter logístico que afecten de manera negativa el desempeño de una Sesión de Grupo, como los siguientes:

(1) Dificultad para sincronizar la agenda de quienes desean participar en la Sesión de Grupo. Incluso puede darse el caso de participantes confirmados que desisten a última hora cuando ya no hay posibilidad de reprogramar la sesión.

(2) Reducción o pérdida de control de parte del moderador durante la ejecución de la sesión. Por naturaleza una Sesión de Grupo es más difícil de controlar que las entrevistas individuales, por lo tanto, el moderador debe mantener el dominio de la

sesión para evitar que se desperdicie el tiempo o que los participantes discutan sobre aspectos escasamente relacionados con el tema de la sesión.

(3) Mayor dificultad para el análisis de la información recolectada. Sintetizar información cualitativa representada en comentarios y observaciones expresadas de manera tanto verbal como escrita se dificulta por el hecho que una misma idea puede expresarse de diversas formas.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este capítulo se expone las conclusiones de la presente investigación, así como también los trabajos futuros.

6.1. Sumario

En este trabajo de grado, inicialmente se preparó un estado del arte para determinar la disponibilidad de trabajos específicos sobre la medición en actividades de testing para pequeñas organizaciones desarrolladoras de software, siguiendo los lineamientos establecidos en una revisión sistemática de la literatura. Al no evidenciar la disponibilidad esperada de esos trabajos, esto motivó la elaboración de esta guía técnica.

Para la elaboración y definición de esta guía técnica se ejecutaron algunas actividades sugeridas por el método de investigación-acción estudiado por M. Bocco y M. Piattini [Bocco. Piattini, 2014]. Esto se hizo para que la propuesta planteada reflejara buenas prácticas de medición en la disciplina de testing, prácticas que ya han sido probadas y aceptadas en la industria de software.

En consecuencia, se generó una propuesta para pequeñas empresas, llamada Guía Técnica para la medición y valoración en actividades de testing, que permite incorporar buenas prácticas y actividades que apoyan la medición de testing de procesos de desarrollo de software, y que tiene los siguientes componentes:

- 1) Repositorio de métricas.
- 2) Ejemplo de guía de uso.
- 3) Tabla de evaluación de procesos.

Se elaboró el repositorio de métricas que se considera el primer componente de la guía la técnica, en este se recogió, estudió y clasificó un pool de métricas apoyadas en listas de métricas sugeridas por varios autores, a cada métrica se implementó una ficha técnica con sus propiedades.

Se elaboró y refinó el ejemplo de guía de uso para llevar a cabo prácticas y actividades propias de la medición de testing en un proceso particular. En este se presenta un ejemplo completo que muestra paso a paso como realizar las mediciones definidas aplicadas al proceso “medición de software” en particular para los atributos de eficiencia y eficacia planteados en el capítulo 4, la importancia de

este componente radica en que no se quede en anunciar “que hacer” sino que muestra “cómo hacerlo” de manera detallada.

Se maduró la tabla de evaluación de procesos, que en un momento se muestra instanciada, luego se indica los valores a ser diligenciados luego de tener los resultados del ejemplo de guía de uso.

Seguidamente se efectuó una valoración cualitativa de la guía técnica mediante una sesión de grupo con profesionales involucrados en procesos de testing, en esta sesión se presentaron los componentes de la guía técnica y se recolectaron los puntos de vista a cerca de cada uno de estos.

Se efectuaron los ajustes pertinentes a la propuesta de la guía técnica a partir del análisis de la información recolectada de la sesión de grupo, en los que se incluyen los siguientes elementos:

- a) El cambio del término “artefactos” por el de “entidades” en todas las descripciones, definiciones, tablas y figuras donde pueda existir ambigüedad.
- b) Información sobre las tablas de formalización utilizadas en el ejemplo de uso.
- c) La refinación de los formatos con espacios para contextualizar las respuestas.

Lo mencionado anteriormente hizo posible el refinamiento de la guía técnica, de modo que se mantuviera una propuesta más completa para la medición y valoración en actividades de testing para una pequeña empresa desarrolladora de software.

6.2. Conclusiones

La técnica de revisión sistemática de literatura fue una herramienta muy útil para establecer el estado global del conocimiento en el área de medición del testing, a partir de ésta se evidenció que no hay disponible una guía técnica, marco de trabajo o atributos específicos donde indique metódicamente a las pequeñas empresas desarrolladoras de software cuales actividades realizar para la medición de métricas en testing como efectividad y eficiencia.

Se aportó a la línea de investigación sobre medición del software al presentar el repositorio de métricas, que ofrece un amplio repertorio, se evaluó y se definió un esquema general de ficha técnica para documentar las métricas seleccionadas, que ofrece varias opciones para llevar el control de las mediciones de manera metódica. Se documentaron en total 59 métricas, de las cuales las primeras 33 son métricas

directas con una ficha técnica resumida y las siguientes 26 son métricas indirectas con una ficha técnica completa. Este repositorio lo podemos apreciar en el capítulo 3 del presente trabajo.

En relación con el control de mediciones, se definió la tabla de evaluación de procesos como elemento importante de esta guía donde se resume el resultado de la evaluación, debido a que no solo documenta el estado actual si no que sirve de elemento de información cuando la vuelvan a aplicar, entonces se pueden comparar los resultados ya consignados con los que se obtengan posteriormente, con esta tabla se puede determinar si los atributos a evaluar cumplen o no con los lineamientos establecidos previamente por la empresa.

La cantidad de actividades indicadas se considera la mínima a ejecutar y se han incluido teniendo en cuenta el perfil de las pequeñas empresas desarrolladoras de software, se definió de tal manera que implique efectividad y eficiencia cuando se requiera obtener resultados sobre estos para alcanzar metas ajustadas que en algún momento fueron metas de proceso a lograr.

El conjunto de métricas definido para el ejemplo de uso en un escenario específico, se consideró pertinente para la evaluación de los atributos efectividad y eficiencia a partir del reconocimiento de métricas depositadas en el repositorio.

El proceso de evaluación apoyado en la sesión de grupo es un método pertinente y útil para la valoración de propuestas como esta guía técnica, a partir de este proceso de evaluación se incluyó información sobre las tablas de formalización utilizadas en el ejemplo de uso, se cambió el término “entidades” por el de “artefactos”, y se refinaron los formatos incluyendo espacios para contextualizar las respuestas. Estos cambios se realizaron haciendo uso de medios para captura de información como el “Formato de evaluación de componentes”, la “Encuesta de aspectos generales” y los archivos multimedia.

6.3. Trabajo Futuro

Como trabajo futuro, a la Guía técnica se le podrían incorporar los siguientes elementos:

- (1) Automatización de la guía técnica para mejorar tiempos y disminuir el uso de recursos en la evaluación de actividades de testing.

- (2) Ampliación de los atributos evaluados, existen otros atributos para los cuales se podrían hacer guías que indiquen una forma de medir su cumplimiento.

- (3) Ampliación de los repositorios de métricas.

- (4) Elaboración de un artículo que sintetice el trabajo esta tesis de pregrado con la finalidad de que el trabajo realizado tenga visibilidad en el campo de la ingeniería de software.

7. REFERENCIAS

A. Echeverry, C. Cabrera, L. Valencia. "Introduction to Software Quality" ISSN 0122-1701 326. 2008.

A-J. Molnar, A. Neamtu y S. Motogna. "Longitudinal Evaluation of SOFTWARE Quality Metrics in Open-Source Applications". En: *Proceeding ENASE 2019 Proceedings of the 14th International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering*, pp. 80-91. 2019. ISBN: 978-989-758-375-9.

Burstein, I. *Practical Software Testing: A Process-Oriented Approach*. Springer Professional Computing. 2003.

D. Mourtzis, S. Fotia y N. Boli. "Metrics definition for the Product-Service System Complexity within Mass Customization and Industry 4.0 Environment". En: *2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC) Proceedings*, pp. 1166-1172. ISBN: 978-1-5386-0774-9. 2017.

E. Tempero y P. Ralph. "A Framework for Defining Coupling Metrics". En: *Science of Computer Programming*, issue 166, pp. 214–230, 2018.

F. García, M. Piattini, F. Ruiz, C. Calero, L. Olsina. "Una Ontología de la Medición del Software". 2010.

F. Toledo. "Introducción a las pruebas de sistemas de información", Abstracta, Montevideo, 2014. ISSN 0122-1701 326, pág. 121.

J. Brzezinski, D. Dwornikowski, M. Kalewski, T. Pawlak y M. Sajkowski. "MDL: Metrics Definition Language", In: *Nguyen N.T., Kim CG., Janiak A. (eds) Intelligent Information and Database Systems. ACIIDS 2011*. Lecture Notes in Computer Science, vol 6591, pp. 248-256. 2011.

J. Glenford. "The Art of Software Testing", Second Edition, ISBN-10: 9780471469124, Pág. 10. 2004.

J. Mateluna. "Isaca Glossary of Terms Expert Translation Reviewers" 2015.

J. Sánchez, "*Pruebas de Software Fundamentos y Técnicas*", Madrid. 2015. pp. 31-32.

Kontio, J., Lehtola, L. y Bragge J. (2004). Using the Focus Group Method in Software Engineering: Obtaining Practitioner and User Experiences. International Symposium on Empirical Software Engineering (ISESE'04).

M. Alshayeb, Y. Shaaban y J. Al-Ghamdi. "*SPMDL Software Product Metrics Definition Language*". En: *ACM Journal of Data and Information Quality*, Vol. 9, No. 4, Article 20. 2018.

M. Bocco, J. Lemus, M. Piattini. "*Métodos de investigación en ingeniería del software*", RA-MA Editorial, Madrid, 2014.

M. Estayno, G. Dapozo, L. Cuenca, C. Greiner. "*Modelos y Métricas para evaluar la Calidad de Software*", XI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, 2009, págs. 382-388.

M.O. Cinneide, I. H. Moghadam, M. Harman, S. Counsell y L. Tratt. "*An experimental search-based approach to cohesion metric evaluation*". En: *Empirical Software Engineering*, February 2017, vol. 22, issue 1, pp 292–329.

Malhotra, N.K. (2004). *Investigación de Mercados, Un enfoque aplicado*, Cuarta Edición. Editorial Pearson Educación. ISBN: 970-26-0491-5. 816 p. pp. 141, 169.

N. Fenton y J. Bieman. "*Software Metrics: a Rigorous and Practical Approach*", Third Edition, 2015.

O. Ozgur Tanriover y R. Eryigit. "*An empirical analysis of early object oriented design metrics in relation to code size*". En: *2015 6th IEEE International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS) Proceedings*, pp. 62 - 65. ISBN: 978-1-4799-8353-7.

R. Pressman. "*Ingeniería del software: Un enfoque práctico*", Séptima Edición, Ed. McGrawHill, 2005.

R. Pressman. "*Ingeniería del software: Un enfoque práctico*", Séptima Edición, Ed. McGrawHill, 2005. pág. 340. *Idem*, pág. 414. *Idem*, pág. 415.

S. Stevanetic y U. Zdun. "*Software Metrics for Measuring the Understandability of Architectural Structures: a systematic mapping study*". En: *Proceedings of the 19th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, p.1-14, April 27-29, 2015, Nanjing, China [doi>10.1145/2745802.2745822].

ThinkSys Corporation. *Software Testing Metrics & KPIs*. 2018. [Online]. Available: <https://bit.ly/35aN1Vx>

Tricentis Corporation. *64 Essential Testing Metrics for Measuring Quality Assurance Success*. 2016. [Online]. Available: <https://bit.ly/2R3mUaN>

V. Basili y G. Caldiera. "*Improve software Quality by Reusing Knowledge and Experience*", Sloan management review, ISSN 0019-848X, Vol. 37, N°. 1, 1995, págs. 55-64.

V. Kumar, A. Sharma, R. Kumar y P.S. Grover. "*Quality aspects for component-based systems: A metrics-based approach*". En: *Journal of Software: Practice and Experience*, vol. 42, issue 12, December 2012, pp. 1531-1548.