

Modelo de métricas para apoyar la evaluación de DevOps en empresas de desarrollo de software



Carlos Eduardo Orozco Garcés

Director:

PhD. MSc. César Jesús Pardo Calvache

Universidad del Cauca

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Departamento de Sistemas

¹Grupo de I+D en Tecnologías de la información (GTI)

²Grupo de I+D en Ingeniería de Software (IDIS)

Popayán, junio de 2022

CARLOS EDUARDO OROZCO GARCÉS

**Modelo de métricas para apoyar la evaluación de
DevOps en empresas de desarrollo de software**

Tesis presentada a la Facultad de Ingeniería
Electrónica y Telecomunicaciones de la
Universidad del Cauca para obtener el
Título de:

Magister en
Computación

Director:

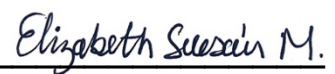
PhD. MSc. César Jesús Pardo Calvache

Popayán
2022

Nota de Aceptación



Presidente del jurado



Jurado

Agradecimientos

Al saldo en mi cuenta de ahorros, que se redujo drásticamente y me desangró financieramente cada semestre, pero me motivó a terminar rápido.

*Carlos Eduardo Orozco, Medellín, Antioquia.
Junio de 2022*

Tabla de contenido

Capítulo I. Introducción.....	11
1.1. Problemática y justificación.....	11
1.2. Objetivos.....	13
1.2.1. Objetivo general.....	13
1.2.2. Objetivos específicos.....	13
1.3. Metodología.....	13
1.3.1. Ciclo conceptual. Análisis conceptual.....	13
1.3.2. Ciclo metodológico. Definición de la solución.....	14
1.3.3. Ciclo de evaluación teórica. Grupo focal.....	14
1.3.4. Ciclo de evaluación práctica. Estudio de caso.....	14
1.3.5. Ciclo de documentación y socialización.....	15
1.4. Resultados obtenidos.....	15
1.5. Estructura del documento.....	15
Capítulo II. Marco teórico y estado del arte.....	16
2.1. Marco teórico.....	16
2.1.1. DevOps.....	16
2.1.2. Proceso de desarrollo de software.....	16
2.1.3. Enfoques ágiles y tradicionales.....	16
2.1.4. Importancia del uso de DevOps en empresas desarrolladoras de software.....	16
2.1.5. Importancia de la evaluación de los procesos en las empresas de desarrollo de software.....	17
2.1.6. Métrica.....	17
2.1.7. Goal Question Metric (GQM).....	17
2.2. Estado del arte.....	17
2.2.1. Protocolo de investigación.....	17
2.2.1.1. Etapa de planificación.....	18
2.2.1.2. Preguntas de investigación.....	18
2.2.1.3. Estrategia de búsqueda.....	18
2.2.1.4. Criterios de selección de estudios primarios.....	18
2.2.1.5. Criterios de evaluación de la calidad.....	19
2.2.1.6. Estrategia de extracción de datos.....	20
2.2.1.7. Método de síntesis.....	20
2.2.1.8. Calendario del mapeo sistemático.....	21
2.2.1.9. Etapa de ejecución.....	21
2.2.2. Resultados del mapeo sistemático de la literatura.....	21
2.2.2.1. P1: ¿Cuál es la distribución temporal de los estudios primarios?.....	21
2.2.2.2. P2: ¿Cuál es la distribución geográfica de los estudios primarios?.....	22
2.2.2.3. P3: ¿Cuáles son los estudios primarios más citados?.....	22
2.2.2.4. P4: ¿Cuáles son las metodologías o instrumentos de investigación utilizados en la literatura?.....	22
2.2.2.5. P5: ¿Cuál es el tipo de solución propuesta?.....	23
2.2.2.6. P6: ¿Se han propuesto herramientas tecnológicas para evaluar DevOps?.....	23
2.2.2.7. P7: ¿Cuáles son los tipos de empresas involucradas en los estudios relacionados?.....	24
2.2.3. Discusión.....	24
2.2.3.1. Observaciones principales.....	25
2.2.3.2. Limitaciones y sesgos del mapeo sistemático.....	25

2.2.3.3. Importancia para la investigación y la práctica	25
Capítulo III. Armonización elementos de proceso relacionados con DevOps	26
3.1. Análisis de elementos de proceso de DevOps	26
3.1.1. Proceso para llevar a cabo la armonización de múltiples modelos.....	26
3.1.1.1. Método para llevar a cabo la homogeneización	26
3.1.1.1.1. Adquisición de conocimiento concerniente a los modelos.....	27
3.1.1.1.2. Análisis estructural y terminología	28
3.1.1.1.3. Identificación de los requerimientos necesarios para la homogeneización	28
3.1.2. Método para llevar a cabo la comparación	30
3.1.2.1. Análisis de las soluciones.....	30
3.1.2.2. Diseñar la comparación	30
3.1.2.3. Llevar a cabo la comparación.....	31
3.1.2.3.1. Comparación de dimensiones y valores	32
3.1.2.3.2. Comparación de prácticas	33
3.1.2.3.3. Análisis de correspondencia	34
3.1.2.3.3.1. Análisis de correspondencia de dimensiones	34
3.1.2.3.3.2. Análisis de correspondencia de valores	35
3.1.2.3.3.3. Análisis de correspondencia de prácticas	35
3.1.3. Método para llevar a cabo la integración de modelos.....	36
3.1.3.1. Diseño de la integración	36
3.1.3.2. Establecer los criterios de integración	36
3.1.3.3. Llevar a cabo la integración.....	37
3.2. Sesgos de la armonización de soluciones analizadas.....	39
Capítulo IV. Modelo de métricas para apoyar la evaluación de DevOps	40
4.1. Propósito.....	40
4.2. Objetivos específicos	40
4.3. Componentes.....	40
4.3.1. Objetivos (Goals).....	41
4.3.2. Preguntas (Questions).....	43
4.3.3. Métricas (Metrics)	47
4.3.3.1. Método para la asignación de pesos ponderados	47
4.3.3.2. Definición de métricas.....	48
4.3.3.2.1. Métricas para evaluar el grado de implementación de prácticas 48	
4.3.3.2.1.1. Métricas para evaluar el grado de implementación de prácticas fundamentales	48
4.3.3.2.1.2. Métricas para evaluar el grado de implementación de prácticas complementarias	49
4.3.3.2.1.3. Métrica para evaluar el grado de implementación total de prácticas.....	50
4.3.3.2.2. Métricas para evaluar el grado de implementación de dimensiones	50
4.3.3.2.3. Métrica para evaluar el grado de implementación de valores	51
4.3.3.2.4. Métrica para evaluar el grado de implementación total de DevOps	52
4.3.3.3. Ejemplo de aplicación del modelo de métricas	52
4.3.3.3.1. Descripción del ejemplo	52
4.3.3.3.2. Ejecución del modelo	53
4.3.3.3.3. Análisis y reporte de resultados	53
4.4. Proceso de evaluación.....	54
4.4.1. Roles involucrados en el proceso de evaluación.....	55

4.4.2. Actividades	55
4.5. Herramienta para apoyar la automatización del proceso de evaluación de DevOps	56
4.5.1. Arquitectura de la solución	57
4.5.1.1. Arquitectura del frontend	57
4.5.1.2. Arquitectura del backend	58
4.5.2. Módulos	59
4.5.2.1. Módulo de administración	59
4.5.2.2. Módulo de evaluación	60
4.5.2.3. Módulo de reportes	60
4.6. Sesgos en la definición del modelo de métricas	61
Capítulo V. Evaluación de la propuesta	62
5.1. Evaluación teórica: Grupo focal	62
5.1.1. Planeamiento de la investigación	63
5.1.2. Diseño del grupo de discusión (Reclutamiento)	63
5.1.3. Conducción de la sesión de debate	65
5.1.4. Captura de información	66
5.1.5. Análisis de la información y reporte de resultados	67
5.1.5.1. Análisis de las preguntas con escala definida	67
5.1.5.1.1. Comprensibilidad	68
5.1.5.1.2. Aplicabilidad	69
5.1.5.1.3. Idoneidad	70
5.1.5.1.4. Completitud	71
5.1.5.2. Análisis de preguntas abiertas	72
5.1.6. Aspectos de mejora identificados	73
5.2. Evaluación práctica: Estudio de caso	74
5.2.1. Diseño de los estudios de caso	75
5.2.2. Selección de los sujetos de estudio	75
5.2.3. Procedimiento de campo y recolección de datos	76
5.2.3.1. Planificación	76
5.2.3.2. Generación de reportes y resultados	77
5.2.3.2.1. Análisis de resultados en la empresa E1	77
5.2.3.2.2. Análisis de resultados en la empresa E2	81
5.2.4. Análisis de los resultados obtenidos en los estudios de caso	85
5.2.4.1. Esfuerzo en tiempo	85
5.2.4.2. Costo	86
5.2.4.3. Análisis cualitativo	87
5.2.5. Análisis de validez	88
5.2.6. Limitaciones del estudio de caso	89
Capítulo VI. Conclusiones y trabajo futuro	90
6.1. Análisis de los objetivos de investigación	90
6.1.1. Objetivos específicos - OE	90
6.1.2. Objetivo general - OG	91
6.2. Publicaciones	91
6.2.1. Artículos directamente relacionados con el proyecto	91
6.2.2. Artículos de colaboración	92
6.3. Conclusiones	92
6.4. Trabajo futuro	93
Bibliografía	95

Anexos.....	100
Anexo A: Comparación de dimensiones y valores.....	100
Anexo B: Comparación de prácticas.....	105
Anexo C: Resultados del grupo focal.....	111
Anexo C.1: Caracterización de participantes.....	111
Anexo C.2: Evaluación de elementos de proceso.....	112
Anexo C.3: Evaluación de ponderaciones.....	113
Anexo C.4: Evaluación de métricas.....	114
Anexo D: Documentación del estudio de caso.....	117
Anexo E: Resultados del estudio de caso.....	120
Anexo E.1: Resultados obtenidos en la empresa E1.....	120
Anexo E.2: Resultados obtenidos en la empresa E2.....	121

Índice de tablas

Tabla 1. Preguntas de investigación.....	18
Tabla 2. Criterios de evaluación de la calidad de los estudios primarios.....	19
Tabla 3. Resultados obtenidos tras aplicar los criterios de evaluación de la calidad... ..	19
Tabla 4. Posibles respuestas a las preguntas de investigación.....	20
Tabla 5. Relación entre los estudios primarios y las preguntas de investigación.....	20
Tabla 6. Estudios primarios.....	21
Tabla 7. Herramientas identificadas que evalúan DevOps.....	24
Tabla 8. Herramientas identificadas por asesores expertos.....	24
Tabla 9. Cuadro comparativo de soluciones metodológicas.....	27
Tabla 10. Cuadro comparativo de herramientas.....	27
Tabla 11. Plantilla para la comparación de elementos de proceso.....	28
Tabla 12. Plantilla adaptada para la identificación de dimensiones y prácticas.....	28
Tabla 13. Elementos de proceso identificados en las soluciones metodológicas.....	29
Tabla 14. Elementos de proceso identificados en las herramientas.....	30
Tabla 15. Plantilla para la comparación de soluciones.....	31
Tabla 16. Comparación de criterios para la selección de modelo base.....	31
Tabla 17. Modelo base vs dimensiones y valores propuestos en [52].....	32
Tabla 18. Modelo base vs dimensiones y valores propuestos en [80].....	32
Tabla 19. Modelo base vs prácticas propuestas en [52].....	33
Tabla 20. Modelo base vs prácticas propuestas en [80].....	33
Tabla 21. Análisis de correspondencia de dimensiones.....	34
Tabla 22. Análisis de correspondencia de valores.....	35
Tabla 23. Análisis de correspondencia de prácticas.....	35
Tabla 24. Plantilla de términos de integración.....	37
Tabla 25. Plantilla de aspectos para escribir una práctica unificada.....	37
Tabla 26. Elementos de proceso integrados.....	37
Tabla 27. Relación entre prácticas y dimensiones.....	38
Tabla 28. Relación entre dimensiones y valores.....	39
Tabla 29. Objetivos y preguntas obtenidas después de aplicar GQM.....	41
Tabla 30. Cantidad de métricas obtenidas tras aplicar GQM.....	41
Tabla 31. Objetivos propuestos para las prácticas fundamentales.....	41
Tabla 32. Objetivos propuestos para las prácticas complementarias.....	42
Tabla 33. Preguntas asociadas a las prácticas fundamentales.....	43
Tabla 34. Preguntas asociadas a las prácticas complementarias.....	46
Tabla 35. Respuesta diligenciada en el instrumento de evaluación.....	47
Tabla 36. Escala de calificación definida para método de evaluación.....	47
Tabla 37. Pesos ponderados asociados.....	47
Tabla 38. Plantilla para la definición de métricas.....	48

Tabla 39. Porcentajes ponderados por práctica.....	48
Tabla 40. Grado de implementación individual de una práctica fundamental.....	49
Tabla 41. Grado de implementación ponderado de una práctica fundamental.....	49
Tabla 42. Grado de implementación total de prácticas fundamentales.....	49
Tabla 43. Grado de implementación individual de una práctica complementaria.....	49
Tabla 44. Grado de implementación ponderado de una práctica complementaria.....	50
Tabla 45. Grado de implementación total de prácticas complementarias.....	50
Tabla 46. Grado total de cumplimiento de las prácticas de DevOps.....	50
Tabla 47. Porcentaje ponderado de dimensiones.....	50
Tabla 48. Grado de implementación individual de una dimensión.....	51
Tabla 49. Grado de implementación total de dimensiones.....	51
Tabla 50. Porcentaje ponderado de valores.....	51
Tabla 51. Grado de implementación individual de un valor.....	52
Tabla 52. Grado de implementación total de DevOps.....	52
Tabla 53. Resultados preliminares obtenidos.....	53
Tabla 54. Resultados al evaluar las prácticas.....	53
Tabla 55. Grado de implementación de prácticas.....	53
Tabla 56. Resultados obtenidos en la evaluación de dimensiones.....	54
Tabla 57. Grado de implementación de valores.....	54
Tabla 58. Roles propuestos en el modelo.....	55
Tabla 59. Recomendación de tiempo y esfuerzo requerido para aplicar el modelo.....	56
Tabla 60. Comparación de herramientas para evaluar DevOps.....	56
Tabla 61. Actividades llevadas a cabo para el planteamiento de la investigación.....	63
Tabla 62. Estructura del protocolo utilizado para el grupo focal.....	63
Tabla 63. Elementos para la realización del grupo focal.....	63
Tabla 64. Perfil académico de los participantes del grupo focal.....	64
Tabla 65. Perfil profesional de los participantes del grupo focal.....	64
Tabla 66. Organización del grupo focal.....	65
Tabla 67. Nivel de conformidad de acuerdo con la escala de Likert.....	66
Tabla 68. Preguntas del grupo focal.....	66
Tabla 69. Conteo de respuestas a preguntas con escala definida.....	67
Tabla 70. Concepto en las preguntas de comprensibilidad.....	68
Tabla 71. Concepto en las preguntas de aplicabilidad.....	69
Tabla 72. Concepto en las preguntas de idoneidad.....	70
Tabla 73. Concepto en las preguntas de completitud.....	71
Tabla 74. Respuesta a las preguntas abiertas.....	72
Tabla 75. Aspectos de mejora identificados en el grupo focal.....	74
Tabla 76. Pregunta de investigación para llevar a cabo el estudio de caso.....	75
Tabla 77. Preguntas específicas para llevar a cabo el estudio de caso.....	75
Tabla 78. Descripción general de las empresas.....	76
Tabla 79. Actividades realizadas durante la planificación.....	76
Tabla 80. Roles involucrados durante la evaluación.....	76
Tabla 81. Esfuerzo empleado en cada empresa.....	77
Tabla 82. Resultados al evaluar las prácticas en la empresa E1.....	77
Tabla 83. Grado de implementación de prácticas en la empresa E1.....	78
Tabla 84. Resultados obtenidos en la evaluación de dimensiones.....	79
Tabla 85. Grado de implementación de valores.....	80
Tabla 86. Acciones de mejora identificadas en la empresa E1.....	80
Tabla 87. Resultados al evaluar las prácticas en la empresa E2.....	81
Tabla 88. Grado de implementación de prácticas en la empresa E2.....	82
Tabla 89. Resultados obtenidos en la evaluación de dimensiones en la empresa E2.....	83
Tabla 90. Grado de implementación de valores en la empresa E2.....	83
Tabla 91. Acciones de mejora identificadas en la empresa E2.....	84
Tabla 92. Esfuerzo en horas aplicados en los estudios de caso.....	85
Tabla 93. Esfuerzo aplicado por los responsables del proceso en la empresa E1.....	86

Tabla 94. Costo total tras aplicar el modelo.	86
Tabla 95. Conteo de respuestas a preguntas con escala definida en los estudios de caso.	87
Tabla 96. Respuesta a las preguntas abiertas.	88
Tabla 97. Artículos directamente relacionados con el proyecto.	92
Tabla 98. Artículos de colaboración.	92

Índice de figuras

Figura 1. Distribución temporal de los estudios relacionados.	22
Figura 2. Extracto del proceso para llevar a cabo la evaluación de DevOps.	55
Figura 3. Arquitectura del frontend.	57
Figura 4. Arquitectura del backend.	58
Figura 5. Módulo de administración.	59
Figura 6. Módulo de evaluación.	60
Figura 7. Módulo de reportes (extracto).	60
Figura 8. Módulo de reportes (sección de preguntas).	61
Figura 9. Actividades realizadas para llevar a cabo el grupo focal.	62
Figura 10. Consolidado de respuestas.	68
Figura 11. Detalle de comprensibilidad.	69
Figura 12. Detalle de aplicabilidad.	70
Figura 13. Detalle de idoneidad.	71
Figura 14. Detalle de completitud.	72
Figura 15. Actividades realizadas para llevar a cabo los estudios de caso.	75

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Grado de implementación individual de una práctica fundamental.	49
Ecuación 2. Grado de implementación ponderado de una práctica fundamental.	49
Ecuación 3. Grado de implementación total de prácticas fundamentales.	49
Ecuación 4. Grado de implementación individual de una práctica complementaria. ...	49
Ecuación 5. Grado de implementación ponderado de una práctica complementaria. .	50
Ecuación 6. Grado de implementación total de prácticas complementarias.	50
Ecuación 7. Porcentaje total de cumplimiento de prácticas.	50
Ecuación 8. Grado de implementación individual de una dimensión.	51
Ecuación 9. Grado de implementación total de dimensiones.	51
Ecuación 10. Grado de implementación individual de un valor.	52
Ecuación 11. Grado de implementación total de DevOps.	52

Capítulo I. Introducción

Este capítulo presenta una descripción detallada sobre la motivación del trabajo de investigación, los objetivos definidos, la estrategia utilizada para realizar la investigación y la descripción de la solución propuesta. Finalmente, se presenta la estructura del documento en el cual se describe el contenido de cada capítulo a alto nivel.

1.1. Problemática y justificación

Actualmente, las empresas de desarrollo de software se enfrentan a desafíos relacionados con la necesidad de desplegar productos y/o servicios que entreguen cumplan con los deseos o necesidades de los clientes, con altos estándares de calidad y en intervalos cortos de tiempo [1]. Para lograrlo, las empresas buscan la mejora continua de sus procesos mediante la adopción de enfoques, estándares o modelos de referencia que permitan garantizar la calidad de sus procesos [1]. En este sentido, han surgido soluciones directamente relacionadas al ciclo de vida de la implementación de productos software (también conocido como Development en inglés o a través de su abreviación Dev) que pueden ser clasificadas como tradicionales y ágiles, algunas de las soluciones tradicionales más utilizadas son: CMMI [2], RUP [3], Modelo en cascada (waterfall) [4], modelo en espiral [5], diseño rápido de aplicaciones (RAD) [6], entre otros. Por otro lado, entre algunas de las soluciones ágiles utilizadas están: Scrum [7], Lean Software [8], Test Driven Development (TDD) [9], Extreme Programming (XP) [10], Crystal Clear [11], Adaptive Software Development [12], Dynamic Systems Development Method [13], entre otros. Además, se han propuesto soluciones híbridas que aprovechan lo mejor de los dos enfoques, así como: Scrum & XP [14], Scrumban [15], Scrum & CMMI [16], entre otros. Por otra parte, las empresas de software también han prestado especial atención a los procesos relacionados con la gestión de operaciones en Tecnologías de la Información – TI en ambientes productivos (también conocida como Operations en inglés o a través de su abreviación Ops), lo que ha permitido a las empresas obtener beneficios como: (i) reducir tiempos de desarrollo, integración y despliegue de manera continua, (ii) delegar tareas repetitivas a procesos automatizados, (iii) reducir el sesgo humano causado por la intervención humana [17], [18], entre otros. Como resultado, se han propuesto diferentes soluciones relacionadas a la gestión de operaciones en TI, tales como: ITIL [19], COBIT [20], la norma ISO/IEC 20000 [21], la norma ISO/IEC 27000 [22], entre otros.

No obstante, los marcos de trabajo y/o soluciones mencionadas en el apartado anterior definen sus prácticas y elementos de proceso considerando cada área (Dev u Ops) por separado, por lo cual, se ha creado una brecha entre estas dos áreas. De acuerdo con lo anterior, y con el objetivo de integrar las mejores prácticas propuestas tanto en los procesos relacionados con el desarrollo y las operaciones (Dev y Ops), en el 2009 Debois [23] introdujo por primera vez el término DevOps, el cual permite potenciar aspectos relacionados entre los dos enfoques trayendo consigo beneficios como, mejorar: (i) la productividad, (ii) calidad y (iii) competitividad de las empresas que desarrollan software [24], [25]. En este sentido, DevOps se enfoca en el establecimiento de mejores prácticas relacionadas con: (i) la integración continua [26], (ii) la gestión del cambio [27], (iii) las pruebas automatizadas [28], (iv) el despliegue continuo [29], (v) el mantenimiento continuo [30], entre otros.

De acuerdo con el reporte de resultados de la encuesta mundial acerca del estado de la agilidad del año 2021 [31], el 75% de los participantes mencionaron que llevar a cabo una transformación hacia una cultura apoyada en DevOps es importante en las organizaciones y expresaron que aplicar DevOps trae múltiples beneficios para las

empresas en términos de disminución del esfuerzo, costo y tiempo. Sin embargo, adoptar DevOps en las empresas de software no es una tarea fácil [32], y para minimizar el riesgo de error en su implementación, las empresas deben contar con los elementos necesarios que permitan cuantificar y evaluar cómo es implementado durante el desarrollo de sus proyectos, esto; con el objetivo de identificar oportunidades de mejora y establecer estrategias para la mejora continua de los procesos [33]. Para lograrlo, las empresas deben contar con las prácticas, procesos, conocimiento y herramientas necesarias que permitan evaluar, mejorar y gestionar de forma clara y ágil las prácticas de DevOps en sus proyectos.

A partir del análisis de la literatura realizado en [34], fue posible observar que se han realizado esfuerzos en la definición de propuestas y soluciones relacionadas a la evaluación de DevOps en empresas de software a través de dos mecanismos: (i) definición de soluciones metodológicas, por ejemplo: modelos de capacidad, madurez o colaboración, métricas, métodos de certificación, entre otros, y (ii) la implementación de herramientas desarrolladas por actores activos en la industria que tienen por objetivo evaluar el grado de implementación de las prácticas, actividades y tareas asociadas a DevOps. No obstante, los resultados obtenidos permitieron identificar que existe un alto grado de heterogeneidad en las soluciones propuestas, debido a que no existe un consenso general y claro en las definiciones, relaciones y conceptos en DevOps [35]. En este sentido, las soluciones identificadas en la literatura fueron propuestas de acuerdo con un conjunto de valores, principios, actividades, roles, prácticas y tareas consideradas como relevantes por cada autor, y aunque todas las soluciones siguen un objetivo equivalente; *evaluar el grado de capacidad, madurez y/o competencia de DevOps*, las soluciones existentes resultan heterogéneas, con percepciones distintas, alcances diferentes y en algunos casos ambiguas. Asimismo, las soluciones identificadas, establecen “qué” hacer, sin embargo, no es claro “cómo” llevar a cabo la implementación de las prácticas propuestas, lo que puede generar confusión al momento de diseñar los procesos en las empresas de software. Por otro lado, a partir de los hallazgos obtenidos en [34], también fue posible identificar estudios relacionados con la evaluación de DevOps en empresas de diferentes tamaños, enfocando la mayoría de los esfuerzos en realizar la evaluación de DevOps en empresas grandes y medianas, donde no se evidencian esfuerzos de evaluación en micro y pequeñas empresas de software, las cuales, según el informe de transformación digital realizado por la comisión económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en el año 2021 [36], corresponden a aproximadamente el 99% de las empresas legalmente constituidas en América Latina y se han convertido gradualmente en actores activos de la industria que buscan aplicar DevOps en sus proyectos [37].

De acuerdo con lo anterior, surge la siguiente pregunta de investigación: ***¿Cómo apoyar la evaluación del grado de implementación de DevOps a través de las mejores prácticas propuestas en la literatura y en la industria de software?*** La respuesta a esta pregunta no es sencilla, y aunque en la literatura consultada se logra evidenciar que existen soluciones metodológicas y herramientas para evaluar DevOps, cada autor sugiere su propia terminología y criterios de evaluación, conceptos, prácticas y elementos de procesos, resultando en un alto grado de heterogeneidad, confusión, inconsistencia y conflictos terminológicos. Razón por la cual, en este proyecto se presenta la definición de un modelo de métricas a partir del enfoque Goal, Question, Metric (GQM) [38], con el cual se describe un conjunto de objetivos (goals), preguntas (questions) y métricas (metrics) para apoyar la evaluación de los procesos relacionados a DevOps enmarcados en las dimensiones de personas, cultura, tecnología y procesos. Lo anterior, con el objetivo de aportar mayor claridad en el qué y cómo mejorar los procesos relacionados a DevOps en la industria de software, así como proporcionar un instrumento de medición que permita identificar oportunidades de mejora de manera clara, precisa, idónea y completa. Asimismo, clarificar los conceptos y definiciones

utilizadas y reducir la ambigüedad en la terminología utilizada a partir de la utilización de la ontología propuesta en [39].

1.2. Objetivos

A continuación, se presentan los objetivos aprobados por el consejo de Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca según la resolución número [8.4.3-90.2/002 de 2022](#).

1.2.1. Objetivo general

Proponer un modelo de métricas para apoyar la evaluación del grado de implementación de DevOps basado en un conjunto de prácticas propuestas en la literatura, y que apoye a los profesionales y empresas de software a identificar oportunidades de mejora en sus procesos de DevOps.

1.2.2. Objetivos específicos

A continuación, se presentan los objetivos específicos de acuerdo con las palabras claves propuestas en la taxonomía de Bloom [40]:

- **OE1:** Identificar los elementos fundamentales para apoyar la evaluación de las prácticas y procesos relacionados a DevOps en empresas de desarrollo de software, a través de su identificación por medio de un mapeo sistemático de la literatura (MSL), que permita conocer las soluciones metodológicas y herramientas propuestas por otros autores.
- **OE2:** Construir un modelo de métricas para apoyar la evaluación de DevOps basado en el enfoque Goal-Question-Metric (GQM), que establezca las métricas necesarias para evaluar el grado de implementación de las prácticas fundamentales de DevOps propuestas en la literatura y en la industria de software.
- **OE3:** Evaluar el modelo propuesto a través un grupo focal como técnica cualitativa de estudio, con el objetivo de identificar oportunidades de mejora a partir de las observaciones realizadas por expertos en DevOps.
- **OE4:** Evaluar el modelo propuesto a través de estudio de caso aplicado a empresas desarrolladoras de software, con el objetivo de evaluar la: idoneidad, claridad y completitud de la propuesta.

1.3. Metodología

Para llevar a cabo la ejecución del proyecto, se utilizó el método Investigación-Acción con múltiples ciclos de forma lineal [41]. La evaluación de la propuesta fue llevada a cabo a través de un grupo focal (focus group) [42] y un estudio de caso [43]. A continuación, se describen los ciclos y las actividades que se llevaron a cabo para el desarrollo del proyecto.

1.3.1. Ciclo conceptual. Análisis conceptual

En esta fase se realizó la investigación acerca del estado del arte actual acerca de la propuesta de soluciones para evaluar el grado de implementación de DevOps en empresas de software, esto, con el objetivo de identificar, estudiar, entender y comparar las iniciativas, problemáticas, soluciones y trabajos relacionados en el área. En esta fase se desarrollaron las siguientes actividades:

- **Revisión del estado del arte:** Se realizó un mapeo sistemático de la literatura [34] para identificar las propuestas relacionadas a la evaluación del grado de implementación de DevOps en empresas de software.
- **Profundización:** A partir de los resultados obtenidos en el mapeo sistemático, se llevó a cabo un estudio de las características, similitudes y diferencias en las soluciones propuestas.

1.3.2. Ciclo metodológico. Definición de la solución

En esta fase se armonizaron los elementos de proceso identificados durante la revisión del estado del arte con el objetivo de establecer el conjunto unificado de prácticas que puedan ser caracterizadas en un modelo de métricas genérico. En esta fase se desarrollaron las siguientes actividades:

- **Armonización de soluciones metodológicas:** Se aplicó un proceso de armonización que permitió comparar las soluciones existentes a través de una estructura homogénea de proceso.
- **Análisis de herramientas existentes:** Se llevó a cabo un análisis de las herramientas identificadas en la industria con el objetivo de establecer los elementos que son considerados como más relevantes por las empresas de software.
- **Definición del modelo de métricas:** Definir el modelo de métricas del grado de implementación de DevOps en empresas de software.

1.3.3. Ciclo de evaluación teórica. Grupo focal

En esta fase se llevó a cabo la evaluación de la propuesta a través de un grupo focal (focus group) [42] que reunió a miembros de la comunidad académica y de la industria con el objetivo de evaluar la propuesta a través de opiniones de expertos desde múltiples perspectivas. En esta fase se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- **Planificación:** Se llevó a cabo la capacitación, coordinación, organización y diseño de cada grupo focal.
- **Selección de la muestra:** Se llevó a cabo el proceso de selección de las personas que participaron en el grupo focal, de acuerdo con su experiencia y conocimiento en la aplicación de DevOps en empresas de software.
- **Acción:** Se ejecutó el grupo focal de acuerdo con la planificación y diseño planteado en la actividad anterior.
- **Observación:** Se tomaron los datos sobre la ejecución e intervención del grupo focal.
- **Reflexión:** Se generó un reporte como resultado de la reflexión, análisis, y realimentación de los datos obtenidos durante la ejecución del grupo focal.

1.3.4. Ciclo de evaluación práctica. Estudio de caso

En esta fase se llevó a cabo la evaluación de la propuesta a través de un estudio de caso [43] aplicado en una empresa de software. En esta fase se realizaron las siguientes actividades:

- **Diseño del estudio:** Se establecieron los objetivos, el diseño y el protocolo del estudio de caso
- **Realización del estudio:** Se ejecutó el estudio de caso en la empresa teniendo en cuenta la planificación y diseño planteado en la actividad anterior.
- **Análisis y conclusiones:** Se generó un reporte como resultado de la reflexión y el análisis de los datos obtenidos durante la ejecución del estudio de caso.

1.3.5. Ciclo de documentación y socialización

Este ciclo se realizó de manera transversal al proyecto con el fin de organizar la documentación y socialización de los resultados obtenidos durante la ejecución del proceso de investigación. En esta fase se realizaron las siguientes actividades:

- **Estancia de investigación:** Se realizó una pasantía en el grupo de investigación I+D+I en tecnologías de la información y las comunicaciones – GIDITIC de la Universidad EAFIT bajo la tutoría de la PhD. Elizabeth Suescún. Esta pasantía permitió socializar los resultados parciales del proyecto y realizar ajustes sobre la propuesta.
- **Elaboración de monografía:** Se elaboró la monografía teniendo en cuenta los anexos que resultaron durante el proceso de investigación.
- **Elaboración de artículos:** Se colaboró en el grupo de investigación GTI de la universidad del Cauca y el grupo GIDITIC de la Universidad EAFIT para la elaboración de un total de 8 artículos de investigación que fueron escritos durante el tiempo que se llevó a cabo la definición de la propuesta.
- **Divulgación de resultados:** Se presentaron y sustentaron los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto de investigación.

1.4. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos durante el proyecto de maestría son los siguientes:

- Monografía de trabajo de grado, el cual se estructura con los elementos definidos en la siguiente subsección.
- Modelo de métricas para apoyar la evaluación del grado de adopción de DevOps en empresas de software.
- Artículos publicados en revistas indexadas (ver Sección 6.2. Publicaciones)

1.5. Estructura del documento

El trabajo de investigación está dividido en seis (6) capítulos, los cuales se describen de manera resumida a continuación:

El Capítulo II presenta el marco teórico, el cual incluye los conceptos básicos relacionados con la temática del proyecto, el estado del arte actual obtenido como resultado de aplicar un mapeo sistemático de la literatura. En el Capítulo III se realiza el análisis del conjunto de elementos de proceso identificados a partir de la revisión del marco teórico mediante la aplicación de un proceso de armonización. En el Capítulo IV se presenta el modelo de métricas que describe los elementos necesarios para evaluar el grado de adopción de DevOps en empresas de software. El capítulo V presenta la evaluación del modelo de métricas, indicando el procedimiento realizado para la aplicación de un grupo focal y lo correspondiente para la realización de un estudio de caso en una organización de desarrollo de software. El Capítulo VI describe las conclusiones obtenidas a partir del trabajo de investigación, las lecciones aprendidas y las posibles brechas de investigación futuras. Además, se presenta el resumen de cómo se cumplieron los objetivos de investigación y los aportes investigativos del proyecto en el área de la ingeniería de software. De manera complementaria, como resultado de este trabajo se presentan los siguientes artefactos: (i) monografía del trabajo de grado, (ii) anexos, (ii) artículo técnico y (iv) un disco compacto con todos los artefactos mencionados anteriormente en formato digital.

Capítulo II. Marco teórico y estado del arte

En este capítulo se presentan los conceptos más relevantes en el proyecto conformando el marco teórico de la propuesta. También, se presenta el mapeo sistemático de la literatura usado como instrumento para proporcionar un estado del arte actualizado donde se sintetizan los trabajos relacionados, propuestas e iniciativas en la evaluación de DevOps en empresas de software.

2.1. Marco teórico

A continuación, se presentan algunos conceptos importantes que facilitarán el proceso de lectura del documento y permitirán mejorar la comprensión de la propuesta.

2.1.1. DevOps

Según Jabbari et al. [44], DevOps se define como: *“una metodología, enfoque o cultura que tiene por objetivo cerrar la brecha existente entre el desarrollo y las operaciones mediante un proceso de mejora continua cuya base se soporta en: la comunicación, colaboración, integración/despliegue continuo y el aseguramiento de la calidad mediante la aplicación del conjunto de mejores prácticas propuestas durante el proceso de desarrollo de software”*.

2.1.2. Proceso de desarrollo de software

En el contexto de la ingeniería de software un proceso de software es un enfoque adaptable que permite que el equipo de desarrollo busque y elija el conjunto apropiado de acciones y tareas para el trabajo [45].

2.1.3. Enfoques ágiles y tradicionales

De acuerdo con Pressman et al. [45], un enfoque tradicional se puede definir como: *“un enfoque que permite que cada equipo de desarrollo elija el conjunto de actividades más adecuadas para llevar a cabo una metodología de trabajo estructurada y ordenada”*. Por otro lado, de acuerdo con los precursores y practicantes de la comunidad ágil [46], los enfoques ágiles se caracterizan por seguir los siguientes principios: *“Individuos e interacciones sobre procesos y herramientas, software funcionando sobre documentación extensiva, colaboración con el cliente sobre negociación contractual y respuesta ante el cambio sobre seguir un plan”*

2.1.4. Importancia del uso de DevOps en empresas desarrolladoras de software

La mejora en las prácticas y el surgimiento de herramientas tecnológicas relacionadas con la automatización de las actividades presentes durante el ciclo de vida de desarrollo de software trajo consigo la definición de un enfoque que adopta el conjunto de mejores prácticas presentes en el Desarrollo y las Operaciones, conocido actualmente como DevOps. Según França et al. [18], aplicar DevOps aborda problemáticas relacionadas con: (i) la integración continua [26], (ii) gestión del cambio [27], (iii) pruebas automatizadas [28], (iv) despliegue continuo [29], (v) mantenimiento continuo [30], entre

otros, las cuales permiten potenciar aspectos relacionados con: (i) gestión de infraestructura, (ii) gestión de la configuración, (iii) mitigación de desastres, entre otros [47]. En este sentido, DevOps provee una base para mejorar aspectos críticos durante el desarrollo de proyectos software como: la productividad, calidad, competitividad y comunicación [24], [25] a través de la automatización de las tareas relacionadas al ciclo de vida del desarrollo de software.

2.1.5. Importancia de la evaluación de los procesos en las empresas de desarrollo de software

En general, las empresas de software enfrentan diferentes desafíos con relación a la ejecución de los proyectos que llevan a cabo, entre ellos: (i) producir entregables que cumplan con las expectativas de los clientes, (ii) realizar entregas en intervalos cortos de tiempo, y (iii) mantener altos estándares de calidad [1]. En este sentido, las empresas deben adoptar y/o implementar procesos que permitan asegurar la calidad de sus soluciones [48]. Sin embargo, la implementación de un proceso no basta para garantizar que está siendo aplicado correctamente. Como parte del proceso de mejora continua, las empresas deben establecer los elementos necesarios para evaluar sus procesos internos de manera cuantitativa y garantizar que sus prácticas son aplicadas de manera correcta [48]. Para lograrlo, las empresas deben definir mecanismos que permitan realizar una evaluación cuantitativa y/o cualitativa del grado de implementación de sus procesos e identificar oportunidades de mejora que se encuentren alineadas con los objetivos de la empresa [33], [48]. En particular, DevOps integra dos áreas con altos niveles de complejidad, por lo cual, se deben establecer estrategias y mecanismos que permitan cuantificar como es implementado en una empresa [44].

2.1.6. Métrica

De acuerdo con [49], una métrica se define como la medición cuantitativa del grado en el cual un sistema, componente o proceso cumple con un atributo. El objetivo de las métricas en el contexto de la ingeniería de software es identificar y controlar el conjunto de parámetros esenciales que están presentes durante el ciclo de vida de desarrollo de software.

2.1.7. Goal Question Metric (GQM)

Según [38], GQM es un paradigma que permite desarrollar un conjunto de métricas que plantea como principio básico; que la medición debe ser realizada siempre orientada hacia un objetivo. Este paradigma propone un modelo de medición en tres niveles, donde primero se define un objetivo, luego se refina por medio de preguntas, y finalmente se definen métricas para responder las preguntas formuladas.

2.2. Estado del arte

A continuación, se presenta un extracto de los hallazgos obtenidos a partir de un mapeo sistemático de la literatura (MSL) publicado en [34], el cual se aplicó con el propósito de analizar el estado del arte con relación a la definición de soluciones metodológicas y herramientas para evaluar el grado de implementación de DevOps en empresas de software.

2.2.1. Protocolo de investigación

El mapeo sistemático de la literatura (en adelante MSL) es un método utilizado para identificar los estudios relevantes en un área de interés y el posterior análisis de la

información obtenida a partir de un conjunto de criterios definidos por los autores. El MSL se realizó siguiendo la guías metodológicas propuestas en [50], [51], aplicando de manera ordenada las siguientes etapas: (i) planeación, (ii) ejecución y (iii) documentación. A continuación, se presenta un resumen de la planificación, ejecución y análisis de los resultados.

2.2.1.1. Etapa de planificación

En la etapa de planificación se realizaron las siguientes actividades: (i) definición de preguntas de investigación, (ii) definición de la estrategia de búsqueda, (iii) definición de los criterios de selección de estudios primarios, (iv) definición de los criterios de evaluación de la calidad, (v) definición de la estrategia de extracción de datos y (vi) selección de los métodos de síntesis. A continuación, se presenta el detalle de cada una de las actividades presentes durante la planificación.

2.2.1.2. Preguntas de investigación

Con el objetivo de identificar posibles brechas de interés durante el proceso de investigación, se plantearon 7 preguntas de investigación las cuales son presentadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Preguntas de investigación.

No	Pregunta de investigación	Motivación
P1	¿Cuál es la distribución temporal de los estudios primarios?	Identificar tendencias y comportamientos con relación al interés en proponer soluciones para evaluar DevOps.
P2	¿Cuál es la distribución geográfica de los estudios primarios?	Identificar las regiones geográficas que han hecho los mayores esfuerzos en la definición de soluciones para evaluar DevOps.
P3	¿Cuáles son los estudios primarios más citados?	Determinar los estudios de mayor impacto que buscan proponer soluciones o iniciativas para evaluar DevOps.
P4	¿Cuáles son las metodologías o instrumentos de investigación utilizados en la literatura?	Identificar técnicas, metodologías o protocolos presentes en la literatura.
P5	¿Cuál es el tipo de solución propuesta?	Identificar las soluciones metodológicas propuestas para evaluar DevOps.
P6	¿Se han propuesto herramientas tecnológicas para evaluar DevOps?	Identificar las herramientas tecnológicas utilizadas para evaluar DevOps.
P7	¿Cuáles son los tipos de empresas involucradas en los estudios relacionados?	Identificar los tipos específicos de empresas en los cuales se ha propuesto o aplicado algún mecanismo para evaluar DevOps.

Acrónimos: **No**: Número.

2.2.1.3. Estrategia de búsqueda

La búsqueda se realizó aplicando combinaciones de los conectores lógicos “AND” y “OR”; La cadena de búsqueda fue ejecutada en los siguientes motores de búsqueda: Google Scholar, IEEEEXplore, Scopus y SpringerLink. Además, se analizó la literatura gris proporcionada por expertos en el área; la cadena aplicada fue: “(*devops* OR “*develop and operation*” OR “*development and operation*”) AND ((*capability* OR *maturity* OR *evaluation* OR *assessment* OR *measure* OR *measurement* OR *appraisal* OR *metric*) AND (“*reference model*” OR *tool* OR *process* OR *technique* OR *method*)”.

2.2.1.4. Criterios de selección de estudios primarios

Los estudios se evaluaron de acuerdo con su título, resumen y palabras clave. Los estudios seleccionados como relevantes se evaluaron mediante los siguientes criterios: (i) estudios en inglés que proponen mecanismos para evaluar DevOps; y (ii) estudios publicados desde el año 2009 (cuando se definió por primera vez el término DevOps

[23]) hasta el 2021 en revistas, conferencias y congresos de alto impacto. Por otro lado, se descartaron los estudios que cumplen al menos uno de los siguientes criterios de exclusión: (i) estudios que no contribuyen a la evaluación de DevOps, (ii) estudios que no tienen suficiente nivel de detalle, (iii) estudios de debate presentados como resumen o presentación, (iv) estudios sin fecha de publicación y (v) estudios duplicados.

2.2.1.5. Criterios de evaluación de la calidad

Para medir la calidad de los estudios primarios, se definió un cuestionario con escala de puntuación de tres valores (1, 0 y -1), el cual es presentado en la Tabla 2. En la Tabla 3 se presenta la suma de la puntuación de cada estudio que conforma la puntuación final (obteniendo un valor entre -6 y +6). Las puntuaciones obtenidas son utilizadas como indicador para que otros autores puedan identificar cuales estudios pueden tener mayor relevancia en el futuro, por lo cual, los resultados presentados a continuación no son considerados un criterio de exclusión.

Tabla 2. Criterios de evaluación de la calidad de los estudios primarios.

No	Pregunta	Puntuación asignada		
		+1	0	1
C1	¿El estudio contempla una definición clara de DevOps?	Si	Parcialmente	No
C2	¿El estudio propone procesos, modelos, técnicas, herramientas o guías metodológicas para evaluar DevOps?	Si	Parcialmente	No
C3	¿El estudio valida la propuesta de evaluación de DevOps?	A través de uno o más estudios de caso	A través de un estudio focal	No validado
C4	¿El estudio expone de manera clara y detallada los resultados obtenidos?	Si	Parcialmente	No
C5	¿El estudio ha sido publicado en una revista, conferencia o congreso relevante?	JCR > 2.0	$1.0 \leq JCR \leq 2.0$	JCR < 1.0
C6	¿El estudio ha sido citado por otros autores (según el índice de citas de Google Scholar)?	Mas de cinco autores	Entre uno y cinco autores	No ha sido citado

Acrónimos: **No**: Número.

Tabla 3. Resultados obtenidos tras aplicar los criterios de evaluación de la calidad.

No	Ref	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Puntuación
1	[52]	-1	+1	-1	+1	-1	+1	0
2	[53]	0	+1	+1	-1	-1	-1	-1
3	[54]	-1	-1	-1	-1	-1	+1	-4
4	[55]	-1	-1	-1	-1	-1	0	-5
5	[56]	-1	-1	-1	-1	-1	0	-5
6	[57]	-1	-1	-1	-1	+1	+1	-2
7	[58]	+1	-1	+1	0	+1	-1	+1
8	[59]	0	+1	+1	0	-1	0	+1
9	[60]	0	-1	-1	-1	-1	-1	-5
10	[61]	+1	+1	+1	+1	+1	-1	+4
11	[62]	+1	+1	+1	+1	-1	+1	+4
12	[63]	0	+1	-1	-1	0	+1	0
13	[64]	0	+1	-1	-1	-1	+1	-1
14	[65]	0	+1	+1	+1	-1	0	+2
15	[66]	+1	+1	0	+1	-1	-1	+1
16	[67]	+1	+1	+1	+1	-1	0	+3
17	[68]	+1	-1	-1	-1	-1	0	-3
18	[69]	-1	+1	0	0	-1	-1	-2
19	[70]	+1	+1	-1	-1	0	+1	+1
20	[71]	+1	-1	-1	-1	-1	-1	-4
21	[72]	0	+1	+1	-1	-1	+1	+1
22	[73]	+1	-1	-1	-1	-1	+1	-2
23	[74]	0	-1	-1	-1	-1	+1	-3
24	[75]	0	0	-1	-1	-1	-1	-4

Acrónimos: **No**: Número. **Ref**: Referencia. **C_n**: Criterio.

2.2.1.6. Estrategia de extracción de datos

Para asegurar que se aplicaron los criterios de extracción de datos, se definió un conjunto de posibles respuestas para cada pregunta de investigación, las cuales son presentadas en la Tabla 4.

Tabla 4. Posibles respuestas a las preguntas de investigación.

No	Pregunta de investigación	Respuesta
P1	¿Cuál es la distribución temporal de los estudios primarios?	Periodo comprendido en el intervalo 2009-2021.
P2	¿Cuál es la distribución geográfica de los estudios primarios?	Distribución por continentes y países.
P3	¿Cuáles son los estudios primarios más citados?	Trabajos relacionados con mayor cantidad de citas por otros autores.
P4	¿Cuáles son las metodologías o instrumentos de investigación utilizados en la literatura?	Mapeo sistemático, revisión de la literatura, estudio de caso, entrevistas, otros.
P5	¿Cuál es el tipo de solución propuesta?	Modelo, técnica, metodología, framework, proceso, otro.
P6	¿Se han propuesto herramientas tecnológicas para evaluar DevOps?	Sito web, frameworks, herramientas de automatización, encuestas en línea, reportes, otros.
P7	¿Cuáles son los tipos de empresas involucradas en los estudios relacionados?	Microempresas, empresas pequeñas, empresas medianas, empresas grandes.

Acronimos: No: Número.

2.2.1.7. Método de síntesis

La información de los estudios primarios fue extraída, ordenada y estructurada de la siguiente manera: identificación, resumen y descripción. En la Tabla 5, se presenta la tabla que describe la relación entre los estudios primarios y las preguntas de investigación.

Tabla 5. Relación entre los estudios primarios y las preguntas de investigación.

No	Ref	Nombre	Preguntas						
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
1	[52]	An empirical study on culture, automation, measurement, and sharing of devsecops	X	X	X	X	X	-	X
2	[53]	Towards a Model for Assessing Collaboration Capability Between Development and Operations	X	X	X	X	X	X	X
3	[54]	A Continuous Certification Methodology for DevOps	X	X	X	X	X	X	X
4	[55]	Comparison of devops maturity models	X	X	X	X	X	-	X
5	[56]	Developing a DevOps maturity model: a validated model to evaluate the maturity of DevOps in organizations	X	X	X	X	X	X	X
6	[57]	Fallacies and pitfalls on the road to DevOps: a longitudinal industrial study	X	X	X	X	-	-	X
7	[58]	A research on DevOps maturity models	X	X	X	X	X	-	X
8	[59]	DevOps and software quality: A systematic mapping	X	X	X	X	X	-	X
9	[60]	DevOps and Organisational Performance: The Fallacy of Chasing Maturity	X	X	X	X	X	-	X
10	[61]	A maturity model for DevOps	X	X	X	X	X	-	X
11	[62]	Development of a GQM-based Technique for Assessing DevOps Maturity	X	X	X	X	X	-	X
12	[63]	DevOps competences and maturity for software producing organizations	X	X	X	X	-	-	X
13	[64]	A DevOps collaboration culture acceptance model	X	X	X	X	-	-	X
14	[65]	An assessment of DevOps maturity in a software project	X	X	X	X	X	-	X
15	[66]	Towards a quality model for devops	X	X	X	X	X	-	X
16	[67]	Evaluation of agility assessment tools: a multiple case study	X	X	X	X	-	-	-
17	[68]	Analysis of Tools for Assessing the Implementation and Use of Agile Methodologies in SMEs	X	X	X	X	X	-	X
18	[69]	Application of Scrum Maturity Model in SoftDesign Company	X	X	X	X	-	-	X
19	[70]	Towards the adoption of DevOps in software product organizations: A Maturity Model Approach	X	X	X	X	X	-	X
20	[71]	Designing a metrics model for DevOps at Philips IT	X	X	X	X	X	-	-

21	[72]	CMMI guided process improvement for DevOps projects: an exploratory case study	X	X	X	X	-	-	-
22	[73]	Devsecops metrics	X	X	X	X	-	-	-
23	[74]	Measurement Based Performance Evaluation of DevOps	X	X	X	X	-	-	-
24	[75]	Composable DevOps: automated ontology based DevOps maturity analysis	X	X	X	X	-	-	-

Acrónimos: **No**: Número. **Ref**: Referencia. **P_n**: Pregunta.

2.2.1.8. Calendario del mapeo sistemático

El MSL se aplicó en el transcurso comprendido entre diciembre de 2020 y febrero de 2021. Posteriormente, se realizó una actualización considerando los últimos artículos publicados durante el año 2021. Durante el desarrollo del trabajo de investigación, el mapeo sistemático fue publicado en la revista Facultad de Ingeniería [34].

2.2.1.9. Etapa de ejecución

La selección de los estudios consistió en cinco iteraciones, una por cada fuente de búsqueda. Para ello, se realizaron las siguientes actividades: (a) revisión de 7 estudios correspondientes a la literatura gris; (b) selección de estudios que cumplen con los criterios de inclusión; (c) selección de estudios que responden a las preguntas de investigación; y (d) eliminación de estudios duplicados. Como resultado, se identificaron 1211 estudios relacionados; después de aplicar cada una de las iteraciones, se obtuvo un total de 24 estudios primarios. En la Tabla 6, se presenta el consolidado de estudios relacionados con cada etapa de exclusión.

Tabla 6. Estudios primarios.

No	Base de datos	a	b	c	d
1	IEEEExplore	221	14	5	2
2	SpringerLink	426	18	5	4
3	Scopus	283	20	7	4
4	Google Scholar	274	57	11	9
5	Literatura Gris	7	6	5	5
Total		1211	115	33	24

Acrónimos: **No**: Número.

2.2.2. Resultados del mapeo sistemático de la literatura

A continuación, se presenta la respuesta a cada una de las preguntas de investigación, todas las respuestas encontradas tienen sus referencias respectivas para facilitar su estudio posterior en profundidad por parte de las partes interesadas.

2.2.2.1. P1: ¿Cuál es la distribución temporal de los estudios primarios?

Se identificó un interés creciente a partir del año 2014 con relación a la definición de propuestas para evaluar DevOps. De acuerdo con la Figura 1, en el año 2019 se realizó la mayor cantidad de aportes con un total de 8 estudios (33.3%) ([52]–[58], [76]), seguido por el año 2020 con 5 estudios (20.8%) ([35], [59]–[62]) y el año 2020 con 5 estudios (20.8%) ([63]–[66]), Por otro lado, en 2016 y 2017 se realizaron 2 estudios por año para un total de 4 estudios (16.7%) ([67]–[70]), Finalmente, en 2014, 2015 y 2021 se realizó un estudio por año para un total de 3 estudios relacionados (12.5%) ([71], [77], [78]).

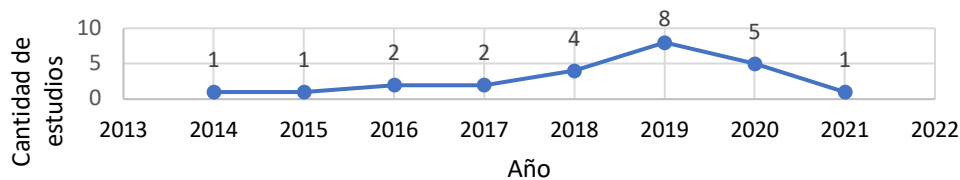


Figura 1. Distribución temporal de los estudios relacionados.

2.2.2.2. P2: ¿Cuál es la distribución geográfica de los estudios primarios?

Se observó que la mayoría de los estudios se realizaron en Europa con un total de 15 estudios (62.5%), de los cuales 5 ([56], [57], [63], [70], [71]) fueron propuestos en Países Bajos, seguido por Noruega con 2 estudios relacionados ([52], [59]), y finalmente; Alemania, Austria, España, Finlandia, Italia, Lituania, Portugal y Suecia con 1 estudio, respectivamente, para un total de 8 estudios relacionados ([53]–[55], [61], [62], [66], [68], [77]). Por otro lado: (i) se realizaron 3 estudios en África (12.5%) de los cuales 2 fueron llevados a cabo en Sudáfrica ([60], [64]) y 1 en Arabia Saudita ([58]), (ii) se identificaron 3 estudios relacionados (12.5%) en Sudamérica, de los cuales 2 fueron propuestos en Colombia ([35], [76]) y 1 en Brasil ([69]), (iii) se identificaron 2 trabajos relacionados en Asia (8.3%), propuestos por autores ubicados en la zona geográfica de Turquía que pertenece al continente asiático ([65], [67]) y (iv) se realizó un 1 estudio relacionado en Norteamérica que fue llevado a cabo en Estados Unidos (4.2%) ([78]).

2.2.2.3. P3: ¿Cuáles son los estudios primarios más citados?

El estudio más citado a la fecha en la cual se realizó el MSL fue [77] con un total de 137 citas, seguido por [52] con 16 citas; por otro lado, [67], [70] fueron citados 15 veces respectivamente, [58], [63], [66] fueron citados 9 veces cada uno, [64] fue citado 6 veces, [59] fue citado 4 veces, [56], [68], [76] fueron citados 3 veces, [71] fue citado 2 veces, [54], [57], [69] fueron citados 1 vez. Finalmente, [35], [53], [55], [60]–[62], [78] no fueron citados, debido a que los estudios relacionados identificados no han sido difundidos lo suficiente para ser identificados por la comunidad científica a la fecha del MSL.

2.2.2.4. P4: ¿Cuáles son las metodologías o instrumentos de investigación utilizados en la literatura?

De acuerdo con los resultados se observó que: (i) 10 estudios (41.7%) ([55], [58]–[60], [62], [64], [66], [68], [72], [73]) realizan estudios exploratorios a través de MSL para establecer el estado de arte en el uso de modelos, procesos, técnicas, herramientas o marcos de referencia para la evaluación de DevOps, (ii) 7 estudios (29.2%) ([53], [54], [67], [69], [74], [75], [78]) proponen soluciones para evaluar DevOps a través de estudios de caso en empresas de software, (iii) 4 propuestas (16.7%) ([56], [61], [65], [71]) proponen modelos y métricas de evaluación siguiendo el modelo de investigación-acción, (iv) 2 trabajos (8.3%) ([63], [70]) fueron aplicados a través de revisiones sistemáticas de la literatura, y (v) 1 estudio (4.2%) ([52]) es llevado a cabo a través de modelos de investigación empíricos propuestos por los autores.

2.2.2.5. P5: ¿Cuál es el tipo de solución propuesta?

Con relación al tipo de solución propuesta, se identificó que: (i) en [68] se realiza un estudio exploratorio que presenta diferentes herramientas evaluar DevOps en pequeñas y medianas empresas de software (en adelante PyMEs), sin embargo, no hace un análisis detallado de las herramientas, (ii) en [35], [59], [72], [76] se realizaron MSL para identificar los elementos a considerar para aplicar DevOps en empresas de software, (iii) en [55], [58], [60], [70] se realizaron estudios para conocer el estado del arte con relación al uso de modelos de madurez para evaluar DevOps, (iv) en [66], [71], [73], [74] se proponen métricas para evaluar prácticas específicas como construcción, integración y despliegue continuo, (v) se han propuesto modelos de competencia ([53], [64]), madurez ([55], [56], [58], [60]–[63], [65], [69], [70]) y colaboración [53], (vi) en [69] se propone un modelo de evaluación de DevOps basado en SMM (Scrum Maturity Method), (vii) en [54] se propone un método para certificar el uso de mejores prácticas de DevOps, (viii) en [52] se propone un modelo para evaluar el desarrollo, seguridad y operaciones (DevSecOps) a través de los valores y principios (CALMS) propuestos en DevOps y (ix) en [78] se propone un estándar para la adopción de DevOps en empresas de software.

2.2.2.6. P6: ¿Se han propuesto herramientas tecnológicas para evaluar DevOps?

Los estudios analizados se dividen en dos categorías: (i) estudios que proponen soluciones metodológicas para evaluar DevOps (87.5%) ([52], [54]–[56], [59]–[66], [69]–[72], [74], [75], [78]); y (ii) estudios que realizan un análisis comparativo de herramientas propuestas para evaluar DevOps (12.5%) ([53], [67], [68]), sin embargo, no se lleva a cabo un análisis exhaustivo de las herramientas presentadas en los estudios. Con el objetivo de establecer un estado de conocimiento más amplio en el uso de herramientas, se realizó un estudio exploratorio apoyado en la metodología propuesta en [79] en el cual se identificó un total de 13 herramientas desarrolladas por diferentes empresas que buscan evaluar DevOps, y que son presentadas en la Tabla 7. Para llevar a cabo el estudio de las herramientas, se tuvo en cuenta aspectos como: (i) *accesibilidad (A1)*; para conocer si la herramienta es de acceso gratuito, gratuito con periodo de prueba o pago; (ii) *método utilizado para la evaluación (A2)*; la evaluación se realiza a través de encuestas, frameworks, consultoría, modelos de referencia, otro y (iii) *objetivo o alcance de la evaluación (A3)*; la herramienta realiza una evaluación a nivel de proceso, prácticas, actividades, roles, tareas, principios, otro. Con relación a la *accesibilidad (A1)*, se observó que 7 herramientas (54%) ([80]–[86]) son gratuitas y ofrecen su servicio a través de encuestas o guías metodológicas, seguido por 5 herramientas (38.4%) ([87]–[91]) que son de pago y 1 herramienta (7.6%) [92] que ofrece un periodo de prueba de 30 días. Con relación al *método de evaluación utilizado por las herramientas (A2)*, se observó que existe heterogeneidad en los mecanismos utilizados por las empresas para evaluar DevOps, por ejemplo: 6 herramientas (46.2%) ([80]–[83], [85], [86]) realizan la evaluación a través de encuestas; por otro lado, 5 herramientas (38.4%) ([88]–[92]) realizan la evaluación a través de consultoría a la medida, y 2 herramientas (15.4%) ([84], [87]) evalúan DevOps a través de guías metodológicas y frameworks especializados que proveen al cliente un conjunto de elementos a tener en cuenta para realizar acciones de mejora de acuerdo al resultado de la evaluación. Con relación al *objetivo o alcance de la evaluación (A3)*, se observó que: 6 herramientas (46.2%) ([87]–[92]) evalúan DevOps como proceso teniendo en cuenta el conjunto de principios, valores, tareas, actividades y roles llevados a cabo por una empresa, 5 herramientas (38.4%) ([80], [82]–[85]) realizan una evaluación a partir de prácticas como la construcción, integración y despliegue continuo, y 2 herramientas (15.4%) ([81], [86])

evalúan DevOps de acuerdo al cumplimiento de los principios CALMS propuesto por DevOps (Cultura, Automatización, Lean, Medición y Uso Compartido).

Tabla 7. Herramientas identificadas que evalúan DevOps.

No	Ref	Nombre	A1	A2	A3
1	[87]	IVI's DevOps Assessment	Pago	Framework	Proceso
2	[80]	DevOps Maturity Assessment	Gratuito	Encuesta	Prácticas
3	[81]	Microsoft DevOps Self-Assessment	Gratuito	Encuesta	Principios
4	[92]	Eficode	Periodo de prueba	Consultoría	Proceso
5	[82]	Infostretch	Gratuito	Encuesta	Prácticas
6	[83]	InCycle Evaluacion de devops	Gratuito	Encuesta	Prácticas
7	[88]	Veritis	Pago	Consultoría	Proceso
8	[89]	Boxboat	Pago	Consultoría	Proceso
9	[84]	IBM DevOps Self Assesment	Gratuito	Guía metodológica	Prácticas
10	[85]	DevOps Maturity Survey Report	Gratuito	Encuesta	Prácticas
11	[90]	Humanitec DevOps Assessment	Pago	Consultoría	Proceso
12	[91]	Atlasian DevOps Assessment	Pago	Consultoría	Proceso
13	[86]	DevOps Maturity model	Gratuito	Encuesta	Principios

Acrónimos: **No**: Número. **Ref**: Referencia. **A1**: Accesibilidad. **A2**: Método de evaluación. **A3**: Alcance.

Adicionalmente, durante la pasantía de investigación, asesores expertos en DevOps presentaron dos herramientas adicionales las cuales no se encontraron durante la exploración inicial de herramientas y que proveen perspectivas adicionales para el proyecto. En la Tabla 8, se presentan las herramientas identificadas. Como resultado, fue posible identificar que las dos herramientas evalúan DevOps a través de encuestas.

Tabla 8. Herramientas identificadas por asesores expertos.

No	Ref	Nombre	A1	A2	A3
1	[93]	DevOps Heath Radar Assessment	Gratuito	Encuesta	Prácticas
2	[94]	DORA DevOps Quick Check	Gratuito	Encuesta	Prácticas

Acrónimos: **No**: Numero. **Ref**: Referencia.

2.2.2.7. P7: ¿Cuáles son los tipos de empresas involucradas en los estudios relacionados?

Para realizar el análisis, se usó como criterio la clasificación de grande, mediana y pequeña empresa de acuerdo con el número de empleados definido por la unión europea en el reglamento número 651/2014 [95] y fue complementada por la definición de microempresa propuesta en [96]. Como resultado, se identificó que 14 estudios (58.3%) ([35], [52], [55], [58], [59], [62], [64]–[67], [70], [71], [76], [77]) no son aplicados en empresas desarrolladoras de software, 4 estudios (16.7%) ([54], [57], [60], [69]) fueron aplicados solo en empresas grandes, 1 estudio (4.2%) ([56]) fue aplicado en una empresa mediana y 1 estudio (4.2%) ([61]) fue aplicado en una empresa sin hacer explícito a que categoría pertenece. Por otro lado, también se llevaron a cabo estudios que fueron evaluados en múltiples empresas, 1 estudio (4.2%) ([68]) realizó la evaluación de su propuesta en una empresa mediana y una pequeña, 1 estudio (4.2%) ([63]) se llevó a cabo en una empresa mediana y una grande, 1 estudio (4.2%) ([53]) realizó múltiples estudios de caso en 3 empresas grandes, 3 medianas y 3 pequeñas, y 1 estudio (4.2%) ([78]) propone un estándar aplicable a empresas de cualquier tipo.

2.2.3. Discusión

En esta sección se presenta el análisis de los resultados obtenidos en el mapeo sistemático, con el objetivo de identificar aspectos a mejorar de acuerdo con los hallazgos presentes en cada uno de los estudios primarios y las herramientas que fueron objeto de estudio.

2.2.3.1. Observaciones principales

Después de analizar los resultados, fue posible observar que durante la última década se han realizado avances significativos en la definición de soluciones metodológicas y herramientas para evaluar DevOps. Sin embargo, se evidenció un alto grado de heterogeneidad en las soluciones planteadas debido a que no existe un consenso claro en las definiciones y conceptos asociados a DevOps [76]. Por ejemplo, propuestas como [56], [61], [62], [65], [72] proponen modelos de capacidad y madurez soportados en los elementos de proceso propuestos por CMMI, a diferencia de [75] que lo hace siguiendo los elementos de proceso propuestos por ITIL. Por otro lado, en [69] se propone un modelo de madurez soportado en el conjunto de valores y buenas prácticas propuestas por SMM y en [78] se propone un estándar para la adopción de DevOps. Por otro lado, se identificó que la industria ha enfocado sus esfuerzos en la implementación de herramientas para automatizar la evaluación de DevOps a través de artefactos como encuestas, frameworks, guías metodológicas y servicios de consultoría. Sin embargo, cada empresa establece sus propios criterios de evaluación soportados en el conjunto de prácticas o elementos de DevOps que consideran adecuados. Como resultado, se han propuesto soluciones que evalúan DevOps de acuerdo con sus valores, principios, actividades, prácticas, roles y tareas, pero cada autor o empresa define sus propios criterios de evaluación al no contar con un modelo/estándar de referencia genérico que pueda ser aplicado de manera transversal, y aunque es claro que todas las soluciones siguen el mismo objetivo: *evaluar la capacidad, madurez y/o grado competencia/implementación de DevOps*, no existe un consenso general sobre como evaluar DevOps, generando confusión. Como resultado, una empresa puede obtener diferentes resultados tras aplicar múltiples evaluaciones al mismo proceso. Además, se identificó un fuerte interés en el uso y validación de las soluciones propuestas en empresas de diferentes tamaños, enfocando la mayoría de los esfuerzos en hacer estudios de caso aplicados a empresas grandes y medianas, dejando a un lado a las micro y pequeñas empresas de software; quizá por los siguientes aspectos: (i) las empresas no han contemplado la institucionalización de prácticas relacionadas a DevOps y/o (ii) no cuentan con los recursos necesarios a nivel de capital y talento humano que les permitan adoptar modelos de evaluación de una manera óptima.

2.2.3.2. Limitaciones y sesgos del mapeo sistemático

Los resultados del MSL están limitados a la capacidad de los motores de búsqueda científicos. Los criterios de inclusión utilizados como punto de partida en la búsqueda de estudios primarios limitan los estudios a aquellos que fueron escritos en inglés. Además, los resultados obtenidos sirven como punto de partida para una versión posterior mucho más exhaustiva que busque identificar brechas y elementos que no consideraron durante el estudio.

2.2.3.3. Importancia para la investigación y la práctica

Las observaciones y hallazgos obtenidos tras aplicar el mapeo sistemático son de gran importancia para las partes interesadas que realicen investigaciones relacionadas con DevOps, específicamente en los modelos, procesos, técnicas o herramientas utilizados para llevar a cabo su evaluación en empresas de software. Asimismo, los resultados obtenidos son de gran interés debido a que abordan una temática relativamente madura que no ha sido trabajada con un grado alto de rigurosidad metodológica. Gracias a esto, los investigadores podrán apoyar la creación de modelos, procesos o guías de acuerdo con el conjunto de prácticas o elementos definidos por otros autores.

Capítulo III. Armonización de elementos de proceso relacionados con DevOps

Este capítulo presenta el análisis de elementos de proceso de DevOps que fueron identificados en las soluciones metodológicas y herramientas descritas en el capítulo anterior. Asimismo, se describe el proceso llevado a cabo para armonizar las prácticas, dimensiones y valores propuestos en DevOps a través de su homogeneización, comparación e integración.

3.1. Análisis de elementos de proceso de DevOps

En el capítulo anterior se realizó la descripción de cada una de las propuestas, soluciones, estudios relacionados y herramientas para evaluar DevOps en empresas de software. De acuerdo con los resultados tras analizar el estado del arte, fue posible identificar que las propuestas y estudios relacionados caracterizan DevOps de acuerdo con tres aspectos fundamentales: (i) prácticas, (ii) dimensiones y (iii) valores.

3.1.1. Proceso para llevar a cabo la armonización de múltiples modelos

En general, cada uno de los modelos identificados durante el análisis de la literatura define su propia estructura, características comunes y aspectos que los diferencian del resto. Con el objetivo de definir un modelo de métricas homogéneo y unificado para evaluar DevOps, se decidió realizar un proceso de armonización de múltiples modelos a través de la aplicación del proceso de armonización HPROCESS¹ propuesto en [97], el cual define el conjunto de actividades que se deben llevar a cabo para armonizar múltiples modelos a través de los siguientes métodos: (i) método de identificación llevado a cabo durante el estudio del estado del arte, (ii) método de homogeneización, (iii) método de comparación y (iv) método de integración de diferentes modelos. Como resultado de aplicar el proceso de armonización se obtuvo el conjunto unificado de dimensiones, valores y prácticas asociadas a DevOps a través de una estructura unificada. Las actividades llevadas a cabo para el proceso de armonización se describen en las siguientes subsecciones.

3.1.1.1. Método para llevar a cabo la homogeneización

Después de analizar el estado del arte, fue posible identificar que las soluciones propuestas cuentan con un alto grado de heterogeneidad que dificulta su adopción de manera transversal a cualquier tipo de empresa, lo cual es causado por la falta de un conjunto de definiciones claras que permitan establecer un estado del conocimiento estructurado y ordenado en torno a DevOps. Como resultado, los procesos, modelos, herramientas o técnicas que evalúan DevOps lo hacen de acuerdo con el conjunto de aspectos más relevantes de acuerdo con el criterio de cada autor. En este sentido, el método de homogeneización permite reducir la ambigüedad existente en la terminología de cada una de las soluciones, con el propósito de establecer un estado del arte ordenado y genérico que pueda ser aplicado de manera transversal por cualquier

¹ Proceso de Armonización, del inglés Harmonization Process.

solución. Para ello, se aplicó HoMethod² [97], el cual permite llevar a cabo la homogeneización de múltiples modelos mediante la aplicación de cuatro actividades: (i) adquisición de conocimiento concerniente a los modelos, (ii) análisis estructural y terminología, (iii) identificación de requerimientos necesarios para la homogeneización, (iv) identificación de la correspondencia y (v) análisis de resultados.

3.1.1.1.1. Adquisición de conocimiento concerniente a los modelos

De acuerdo con los resultados descritos en el estado del arte, se identificaron dos tipos de soluciones: (i) soluciones metodológicas y (ii) herramientas. En este sentido, se realizó un análisis para identificar la información general de cada solución metodológica y herramienta a través de: su referencia, tipo de solución, nivel de detalle de la solución, entorno de aplicación, entre otros. En la Tabla 9 y en la Tabla 10 se presenta el análisis comparativo para cada solución metodológica y herramienta, respectivamente.

Tabla 9. Cuadro comparativo de soluciones metodológicas.

No	Ref	Atributo			
		Tipo de solución	Nivel de detalle de la solución	Entorno de aplicación	
			Académico	Industria	
1	[52]	Empírico	Evaluación cualitativa	X	
2	[53]	Modelo de capacidad/madurez	Estudio de caso		X
3	[54]	Método de certificación	Estudio de caso		X
4	[55]	Modelo de madurez	Revisión de la literatura	X	X
5	[56]	Modelo de madurez	Tesis	X	X
6	[57]	Estudio exploratorio	Revisión de la literatura		X
7	[58]	Estudio exploratorio	Revisión de la literatura		
8	[59]	Estudio exploratorio	Revisión de la literatura	X	
9	[60]	Estudio exploratorio	Revisión de la literatura		X
10	[61]	Modelo de madurez	Tesis	X	X
11	[62]	Modelo de madurez	Estudio de caso		
12	[63]	Modelo de competencia	Estudio de caso		X
13	[64]	Modelo de aceptación	Propuesta	X	
14	[65]	Modelo de Madurez	Tesis	X	
15	[66]	Estudio exploratorio	Identificación de métricas	X	
16	[67]	Estudio exploratorio	Revisión de herramientas	X	
17	[68]	Estudio exploratorio	Comparación de herramientas		X
18	[69]	Estudio exploratorio	Estudio de caso		X
19	[70]	Modelo de competencia	Estudio de caso		
20	[71]	Modelo de métricas	Tesis	X	
21	[72]	Estudio exploratorio	Revisión de la literatura	X	
22	[73]	Estudio exploratorio	Revisión de la literatura	X	
23	[74]	Modelo de métricas	Estudio de caso	X	
24	[75]	Ontología	Estudio de caso	X	

Acróminos: **No**: Número. **Ref**: Referencia.

Tabla 10. Cuadro comparativo de herramientas.

No	Ref	Atributo				
		Nombre	Empresa	A1	A2	A3
1	[87]	DevOps Assessment	IVI	Pago	Framework	Proceso
2	[80]	DevOps Maturity Assessment	ATOS	Gratuito	Encuesta	Prácticas
3	[81]	DevOps Self-Assessment	Microsoft	Gratuito	Encuesta	Principios
4	[92]	Eficode	Eficode	Periodo de prueba	Consultoría	Proceso
5	[82]	DevOps Self-Assessment	Infostretch	Gratuito	Encuesta	Prácticas
6	[83]	Evaluación de devops	InCycle	Gratuito	Encuesta	Prácticas
7	[88]	Veritis	Veritis	Pago	Consultoría	Proceso
8	[89]	Boxboat	Boxboat	Pago	Consultoría	Proceso
9	[84]	DevOps Self Assesment	IBM	Gratuito	Guía metodológica	Prácticas
10	[85]	DevOps Maturity Survey Report	Xmatters	Gratuito	Encuesta	Prácticas
11	[90]	DevOps Assessment	Humanitec	Pago	Consultoría	Proceso

² Método de homogeneización, del inglés Homogeneization Method.

12	[91]	DevOps Assessment	Atlassian	Pago	Consultoría	Proceso
13	[86]	DevOps Maturity model	Atlassian	Gratuito	Encuesta	Principios
14	[93]	Heath Radar Assessment	AgileHeath	Gratuito	Encuesta	Prácticas
15	[94]	DORA DevOps Quick Check	Google	Gratuito	Encuesta	Prácticas

Acrónimos: **No**: Número. **Ref**: Referencia. **A1**: Accesibilidad. **A2**: Método de evaluación. **A3**: Alcance.

3.1.1.1.2. Análisis estructural y terminología

El proceso de armonización propone llevar a cabo un análisis exhaustivo de la estructura y las palabras clave o terminología utilizada en cada uno de los modelos. Sin embargo, este trabajo toma como base la ontología para DevOps presentada en [39] denominada DevOps Ontology. La decisión de utilizar DevOps Ontology se tomó de acuerdo con los siguientes criterios: (i) la ontología propone un conjunto de conceptos y relaciones entre conceptos claros en torno a DevOps, (ii) la ontología fue diseñada siguiendo un formalismo claro, (ii) la ontología es genérica y (iv) la ontología fue validada por pares expertos en DevOps.

3.1.1.1.3. Identificación de los requerimientos necesarios para la homogeneización

La identificación de requerimientos fue llevada a cabo a través de la definición de los parámetros necesarios para soportar el conjunto de dimensiones, valores y prácticas propuestas en cada solución con un nivel suficiente de detalle. Para ello, se aplicó una estructura común de elementos de proceso [98] (CSPE, por sus siglas en inglés). CSPE es definida a partir de los elementos de proceso definidos en PrMO [99] y que es descrito de manera detallada en [97]. CSPE se compone por cuatro (4) secciones: (i) descripción, (ii) roles y recursos, (iii), control e (iv) información adicional. En la Tabla 11 se describe la plantilla utilizada para la comparación de elementos de proceso.

Tabla 11. Plantilla para la comparación de elementos de proceso.

Sección	Descripción	Elementos	Solución 1	Solución 2	Solución n
1	Categoría de proceso (SD)	SD1. Proceso			
		SD2. Actividades			
		SD3. Tareas			
2	Roles y Recursos (SRR)	SRR1. Roles			
		SRR2. Herramientas			
3	Control (SC)	SC1. Artefactos			
		SC2. Objetivos			
		SC3. Métricas			
4	Información adicional (SIA)	SIA1. Procesos relacionados			
		SIA2. Métodos			

De acuerdo con el alcance de este estudio solo se utilizó la información presentada en la sección 4 (ver Tabla 11), de la cual se caracterizó la información de dimensiones, valores y prácticas. En la Tabla 12 se presenta la plantilla adaptada con los elementos resultantes. Debido a la cantidad de estudios identificados, se adaptó la estructura de la plantilla a un formato más compacto que facilite la visualización de la información.

Tabla 12. Plantilla adaptada para la identificación de dimensiones y prácticas.

No	Ref	Sección/Elementos		
		Información adicional (SIA)		
		SIA 3.1 Dimensiones	SIA 3.2 Practicas	SIA 3.3 Valores
1				
2				
3				
n				

Acrónimos: **No**: Número. **Ref**: Referencia.

En la Tabla 13 y en la Tabla 14 se presenta cada una de las dimensiones, valores y prácticas identificados en los estudios relacionados (ver Tabla 9) y las herramientas (ver Tabla 10). Como parte del análisis de las soluciones y las herramientas, se puede observar que algunas columnas quedaron en blanco, esto sucedió por alguna de las siguientes causas: (i) el estudio o herramienta no menciona de manera explícita un elemento como dimensión, práctica o valor, (ii) el estudio o herramienta es ambiguo al describir un elemento o (iii) el estudio o herramienta no permite el acceso a los elementos que define para su evaluación.

Tabla 13. Elementos de proceso identificados en las soluciones metodológicas.

No	Ref	Sección/Elementos		
		Información adicional (SIA)		
		SIA 3.1 Dimensiones	SIA 3.2 Practicas	SIA 3.3 Valores
1	[52]	Cultura, monitoreo.	Integración continua, despliegue continuo, monitoreo continuo, pruebas continuas, entrega continua.	Automatización, colaboración.
2	[53]	Cultura, personas, procesos, tecnología.	-	Automatización y herramientas, agilidad en entrega de valor.
3	[55]	Cultura, practicas lean, entrega continua, mejora continua, satisfacción del cliente, procesos, calidad, gobernanza, productos, fundación.	compartir conocimiento, confianza y respeto, organización del equipo, alineamiento de entregas, liberaciones eficientes, branch y merge, automatización de la construcción, mejora en la calidad de desarrollo, automatización de pruebas, automatización de despliegues, lanzamientos a producción, manejo de incidentes, gestión de la configuración, alineamientos de arquitectura, infraestructura.	Colaboración, automatización, comunicación
4	[56]	Cultura, monitoreo.	-	Colaboración, comunicación, automatización, medición.
5	[57]	cultura, lean, aseguramiento de la calidad.	Integración continua, entrega continua, despliegue continuo.	Automatización, colaboración, medición.
6	[58]	Procesos, calidad, personas, herramientas, tecnología, cultura, aseguramiento de la calidad, Visibilidad y reporte, productos, fundación.	Construcción continua, integración continua, lanzamiento continuo.	Colaboración, automatización.
7	[59]	Cultura, realimentación rápida.	Entrega continua, despliegue continuo.	Colaboración, automatización.
8	[60]	Calidad, gobernanza, cultura y organización, procesos, tecnología, visibilidad, alineamiento estratégico.	-	Automatización, colaboración.
9	[62]	Gestión eficiente, cultura y ambiente laboral, transformación y liderazgo, entrega continua.	Gestión de la información de tests, arquitectura, control de versiones, mantenibilidad de código, monitoreo, métricas, automatización, pruebas continuas, seguridad, empoderamiento del equipo, plataformas, integración continua, desarrollo, gestión de cambios en base de datos.	-
10	[63]	Cultura, procesos, productos, calidad, fundación.	Organización del equipo, comunicación, confianza y respeto, transferencia de conocimiento, alineamiento de los lanzamientos, gestión del cambio, automatización de pruebas, automatización del despliegue, automatización de las entregas, manejo de incidentes, gestión de la configuración, alineamiento de la arquitectura, infraestructura.	Colaboración
11	[64]	Cultura.	Integración continua, despliegue continuo, monitoreo continuo, pruebas continuas, ciclos de realimentación entre Dev y Ops, infraestructura como código, gestión del cambio, planeación continua, prototipado de aplicaciones, estandarización de procesos, participación de los interesados, desplazamiento a la izquierda.	-

12	[65]	Cultura, fundación, herramientas.	-	Automatización, medición, intercambio.
13	[66]	-	Integración continua, despliegue continuo.	-
14	[69]	Procesos, tecnología, organización, personas.	-	-
15	[74]	-	Entrega continua, despliegue continuo, construcción continua, control de cambios.	-

Acrónimos: **No**: Número. **Ref**: Referencia.

Tabla 14. Elementos de proceso identificados en las herramientas.

No	Ref	Sección/Elementos		
		Información adicional (SIA)		
		SIA 3.1 Dimensiones	SIA 3.2 Practicas	SIA 3.3 Valores
1	[80]	Agilidad, arquitectura y diseño, estructura organizacional, cultura e incentivos, estandarización.	Gestión de código fuente, integración continua, construcción continua, despliegue continuo, resiliencia, refactorización de código, gestión de la deuda técnica, pruebas continuas, uso de TDD.	Colaboración, automatización.
2	[81]	Procesos, tecnología, cultura, salidas.	-	Automatización, medición.
3	[89]	-	Integración continua, entrega continua, infraestructura como código.	-
4	[84]	-	-	-
5	[85]	Diseño y arquitectura, Cultura y alineamiento organizacional, tests, y verificación, entrega continua, Operación y soporte.	-	-
6	[94]	-	Tiempo de entrega, frecuencia de despliegues, tiempos de restauración, porcentaje de fallos	-

Acrónimos: **No**: Número. **Ref**: Referencia.

3.1.2. Método para llevar a cabo la comparación

El proceso de comparación fue llevado a cabo aplicando el conjunto de actividades propuestas por MaMethod³ [100], el cual fue adaptado para realizar la comparación a alto nivel de las dimensiones, valores y prácticas de DevOps propuestas en cada una de las soluciones metodológicas y herramientas identificadas. El proceso de comparación se divide en tres (3) actividades: (i) analizar las soluciones, (ii) diseñar la comparación y (iii) llevar a cabo la comparación.

3.1.2.1. Análisis de las soluciones

El análisis de las soluciones se realizó a través de las siguientes actividades: (i) analizar del estado del arte (ver la Sección 2.2. Estado del arte) y (ii) analizar las dimensiones, valores y prácticas propuestas en cada solución (ver la Sección 3.1. Análisis de elementos de proceso de DevOps).

3.1.2.2. Diseñar la comparación

Los resultados de la etapa de homogeneización permitieron identificar que cada una de las soluciones describen su propio conjunto de dimensiones, valores y prácticas, las cuáles son el insumo principal para la comparación de los modelos. En la Tabla 15 se presenta la plantilla utilizada para llevar a cabo la comparación entre las diferentes soluciones, la cual fue tomada de [97].

³ Método de Mapeo, del inglés Mapping Method.

Tabla 15. Plantilla para la comparación de soluciones.

Dirección del mapeo: De Modelo A hacia el Modelo B.				
Elementos de proceso mapeados: Actividades				
Pregunta del mapeo: ¿Qué actividades definidas por el Modelo A soportan actividades específicas del modelo B?				
Objetivo del mapeo: Determinar qué actividades del Modelo A tienen una relación cercana a algunas actividades específicas propuestas por el Modelo B.				
Modelo A	Modelo B			
	Proceso A			
	Actividad 1	Actividad 2	Actividad 3	Actividad m
Actividad 1				
Actividad 2				
Actividad 3				
Actividad n				

3.1.2.3. Llevar a cabo la comparación

Para realizar la comparación fue necesario establecer un modelo base que se cruzó contra el resto de los modelos y herramientas. El modelo base se eligió teniendo cuenta los siguientes criterios: (i) C1; es una solución genérica, (ii) C2; cuenta con un conjunto de dimensiones, valores y prácticas claramente definidos y (iii) C3; fue validado por pares expertos en DevOps. En la Tabla 16, se presenta el resultado del análisis llevado a cabo para identificar cuales estudios cumplen con los criterios. Después de analizar las soluciones, se identificó que la solución propuesta en [39] cumple con los tres criterios.

Tabla 16. Comparación de criterios para la selección de modelo base.

Tipo de solución	No	Referencia	C1. La solución es genérica	C2. La solución propone dimensiones, valores y prácticas.	C3. La solución fue validada por expertos
Solución metodológica	1	[39]	X	X	X
	2	[52]		X	
	3	[53]	X		X
	4	[54]	X		X
	5	[55]	X	X	
	6	[56]	X		
	7	[57]		X	
	8	[58]		X	
	9	[59]		X	
	10	[60]			
	11	[61]	X		X
	12	[62]	X		X
	13	[63]		X	X
	14	[64]	X		
	15	[65]	X		X
	16	[66]			
	17	[67]			
	18	[68]			
	19	[69]			X
	20	[70]	X		X
	21	[71]	X		X
	22	[72]			
	23	[73]			
	24	[74]	X		X
	25	[75]	X		X
Herramienta	1	[87]			X
	2	[80]		X	
	3	[81]			
	4	[92]			X
	5	[82]			
	6	[83]			
	7	[88]			
	8	[89]			

	9	[84]			X
	10	[85]			
	11	[90]			X
	12	[91]			X
	13	[86]			
	14	[93]		X	X
	15	[94]	X		

Acrónimos: **No**: Número. **C_n**: Criterio.

3.1.2.3.1. Comparación de dimensiones y valores

Tras analizar el modelo base [39], fue posible identificar que este propone un total de 4 dimensiones: herramientas, procesos, cultura y personas. Asimismo, el modelo base propone 4 valores fundamentales: automatización, colaboración, medición y comunicación. El modelo base fue comparado con un total de 13 soluciones metodológicas; en la Tabla 17 se presenta un extracto con la comparación entre el modelo base y la solución propuesta en [52]. Asimismo, el modelo base fue comparado con un total de 3 herramientas; en la Tabla 18 se presenta un extracto con la comparación entre el modelo base y la herramienta propuesta en [80]. El resto de las comparaciones se pueden consultar en el Anexo A: Comparación de dimensiones y valores.

Tabla 17. Modelo base vs dimensiones y valores propuestos en [52]

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia el estudio [52] Elementos de proceso mapeados: Dimensiones y valores Pregunta del mapeo: ¿Qué dimensiones y valores definidos por DevOps Model soportan actividades específicas en el estudio [52]? Objetivo del mapeo: Determinar qué dimensiones y valores de DevOps Model tienen una relación cercana a algunas actividades específicas propuestas en [52].			Estudio relacionado [52]			
			Cultura	Automatización	Monitoreo	Colaboración
DevOps Model	Dimensiones	Herramientas				
		Procesos			X	
		Cultura	X			
		Personas				
	Valores	Automatización		X		
		Colaboración				X
		Medición				
		Comunicación				

Tabla 18. Modelo base vs dimensiones y valores propuestos en [80]

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia la herramienta propuesta en [80] Elementos de proceso mapeados: Dimensiones y valores Pregunta del mapeo: ¿Qué dimensiones y valores definidos por DevOps Model soportan actividades específicas en [80]? Objetivo del mapeo: Determinar qué dimensiones y valores de DevOps Model tienen una relación a las actividades específicas propuestas en [80].			Estudio relacionado [80]					
			Agilidad	Colaboración	Automatización	Arquitectura y diseño	Estructura organizacional	Cultura e incentivos
DevOps Model	Dimensiones	Herramientas						
		Procesos				X		X
		Cultura	X				X	X
		Personas						
	Valores	Automatización			X			
		Colaboración		X				
		Medición						
		Comunicación						

3.1.2.3.2. Comparación de prácticas

Para realizar esta comparación, se cruzaron las prácticas definidas en [39] contra las prácticas identificadas en cada una de las soluciones metodológicas y herramientas. En general, el modelo base propone un total de 12 prácticas consideradas fundamentales y 6 consideradas como complementarias. El modelo base fue comparado contra un total de 10 soluciones metodológicas; en la Tabla 19 se presenta el detalle de la comparación entre el modelo base y la solución metodológica propuesta en [52]. Asimismo, el modelo base fue comparado contra un total de 2 herramientas; en la Tabla 20 se presenta el detalle de la comparación entre el modelo base y la solución metodológica propuesta en [80]. El resto de las comparaciones se puede consultar en el Anexo B: Comparación de prácticas.

Tabla 19. Modelo base vs prácticas propuestas en [52]

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia el estudio [52]		Estudio relacionado [52]					
		Integración continua	Despliegue continuo	Monitoreo continuo	Pruebas continuas	Entrega continua	
Elementos de proceso mapeados: Prácticas							
Pregunta del mapeo: ¿Qué prácticas definidas por DevOps Model soportan actividades específicas en el estudio [52]?							
Objetivo del mapeo: Determinar qué dimensiones y valores de DevOps Model tienen una relación a las actividades específicas propuestas en [52].							
DevOps Model	Prácticas fundamentales	Integración continua	X				
		Entrega continua				X	
		Pruebas continuas				X	
		Gestión de requisitos					
		Gestión de datos					
		Supervisión de la seguridad					
		Dirección estratégica					
		Gestión de la configuración					
		Monitoreo y observabilidad continua			X		
		Educación entorno a DevOps					
		Realimentación continua					
		Medición de la cultura					
	Prácticas complementarias	Despliegue continuo		X			
		Infraestructura como código					
		Gestión de acceso a privilegios					
		Aprendizaje continuo					
		Experimentación continua					
		Satisfacción laboral					

Tabla 20. Modelo base vs prácticas propuestas en [80]

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia la herramienta [80]		Estudio relacionado [80]							
		Gestión del código fuente	Integración continua	Construcción continua	Despliegue continuo	Resiliencia	Refactorización de código	Gestión de la deuda técnica	Pruebas continuas
Elementos de proceso mapeados: Prácticas									
Pregunta del mapeo: ¿Qué prácticas definidas por DevOps Model soportan actividades específicas en [80]?									
Objetivo del mapeo: Determinar qué Prácticas de DevOps Model tienen una relación cercana a algunas actividades específicas propuestas en [80]									
DevOps Model	Prácticas fundamentales	Integración continua	X						
		Entrega continua							
		Pruebas continuas						X	X

		Gestión de requisitos															
		Gestión de datos															
		Supervisión de la seguridad															
		Dirección estratégica															
		Gestión de la configuración	X														
		Monitoreo y observabilidad continua								X	X	X					
		Educación entorno a DevOps															
		Realimentación continua															
		Medición de la cultura															
	Prácticas complementarias	Despliegue continuo							X								
		Infraestructura como código															
		Gestión de acceso a privilegios															
		Aprendizaje continuo															
		Experimentación continua															
		Satisfacción laboral															

3.1.2.3.3. Análisis de correspondencia

Después de comparar las soluciones, se realizó un análisis de relación entre los modelos siguiendo una versión adaptada de las escalas propuestas en [100] con el fin de expresar el grado de relación entre el modelo base y el resto de las soluciones. Para ello, se definió una escala discreta que representa el nivel de relación entre los modelos. Cada uno de los elementos representados en la escala está asociado a un conjunto de valores cualitativos. El resultado se obtiene contando la cantidad de dimensiones, valores y prácticas específicas de un modelo que se relacionan de manera directa con el modelo base utilizando la siguiente escala discreta; **No relacionado (NR)**: No se identificaron dimensiones, valores o prácticas relacionadas entre el modelo base y los modelos, y **Fuertemente relacionado (FR)**: Las dimensiones, valores y prácticas propuestas en el modelo base tienen correspondencia directa con una o más dimensiones, valores o prácticas propuestas en la solución metodológica o herramienta.

3.1.2.3.3.1. Análisis de correspondencia de dimensiones

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 21 fue posible observar que: 5 de 13 estudios (38.5%) están fuertemente relacionados con la dimensión herramientas, 11 de 13 estudios (84.6%) están fuertemente relacionados con la dimensión procesos, 12 de 13 estudios (92.3%) están fuertemente relacionados con la dimensión cultura y 3 de 13 estudios (23%) están fuertemente relacionados a la dimensión personas. Por otro lado, el análisis de correspondencia de herramientas permitió observar lo siguiente: 2 de 3 herramientas (66.7%) están fuertemente relacionadas con la dimensión herramientas, 3 de 3 herramientas (100%) están fuertemente relacionadas con las dimensiones de procesos y cultura. Finalmente, no se identificaron herramientas relacionadas a la dimensión de personas.

Tabla 21. Análisis de correspondencia de dimensiones.

Dim	Solución metodológica													Herramienta		
	[52]	[53]	[55]	[56]	[57]	[58]	[59]	[60]	[62]	[63]	[64]	[65]	[69]	[80]	[81]	[85]
HERR	NR	FR	NR	NR	NR	FR	NR	FR	NR	NR	NR	FR	FR	NR	FR	FR
PROC	FR	FR	FR	FR	FR	FR	NR	FR	FR	FR	NR	FR	FR	FR	FR	FR
CULT	FR	FR	FR	FR	FR	FR	FR	FR	FR	FR	FR	FR	NR	FR	FR	FR
PERS	NR	FR	NR	NR	NR	FR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	FR	NR	NR	NR

Acrónimos: **Dim**: Dimensión. **HERR**: Herramientas. **PROC**: Procesos. **CULT**: Cultura. **PERS**: Personas.

3.1.2.3.3.2. Análisis de correspondencia de valores

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 22, fue posible observar lo siguiente: 9 de 13 estudios (69.2%) están fuertemente relacionados con la automatización, 8 de 13 estudios (61.5%) están fuertemente relacionados con la colaboración, 3 de 13 estudios (23%) están fuertemente relacionados con la medición y 3 de 13 estudios (23%) están fuertemente relacionados con la comunicación. Por otro lado, el análisis de correspondencia de herramientas permitió observar que: 2 de 3 herramientas (66.7%) están fuertemente relacionadas con la automatización, 1 de 3 herramientas (33.3%) está fuertemente relacionada con la colaboración y la medición. Finalmente, no se identificaron herramientas que relacionaran alguna actividad con la comunicación.

Tabla 22. Análisis de correspondencia de valores.

Valor	Solución metodológica											Herramienta				
	[52]	[53]	[55]	[56]	[57]	[58]	[59]	[60]	[62]	[63]	[64]	[65]	[69]	[80]	[81]	[85]
AUT	FR	FR	FR	FR	FR	FR	FR	FR	FR	NR	NR	FR	NR	FR	FR	NR
COL	FR	NR	FR	FR	FR	FR	FR	FR	NR	FR	NR	NR	NR	FR	NR	NR
MED	NR	NR	NR	FR	FR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	FR	NR	NR	FR	NR
COM	NR	NR	FR	FR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	FR	NR	NR	NR	NR

Acronimos: **AUT**: Automatización. **COL**: Colaboración. **MED**: Medición. **COM**: Comunicación.

3.1.2.3.3.3. Análisis de correspondencia de prácticas

De acuerdo con el análisis de correspondencia de las soluciones metodológicas presentado en la Tabla 23 se identificó lo siguiente: 8 de 10 estudios (80%) están fuertemente relacionados con la práctica de despliegue continuo, 7 de 10 estudios (70%) están fuertemente relacionados con la práctica de entrega continua, 6 de 10 estudios (60%) están fuertemente relacionados con la práctica de integración continua, 5 de 10 estudios (50%) están fuertemente relacionados con las prácticas de gestión de la configuración, monitoreo y observabilidad continua, 3 de 10 estudios (30%) están fuertemente relacionados con la práctica de pruebas continuas, 2 de 10 estudios (20%) están fuertemente relacionados con las prácticas de educación entorno a DevOps y medición de la cultura, 1 de 10 estudios (10%) está fuertemente relacionado con las prácticas de gestión de requisitos, supervisión de la seguridad, dirección estratégica, realimentación continua, infraestructura como código, experimentación continua y satisfacción laboral. Finalmente, no se identificaron estudios que relacionen las prácticas asociadas a la gestión de acceso de privilegios y el aprendizaje continuo. Por otro lado, la comparación de herramientas muestra lo siguiente: 2 de 3 herramientas (66.7%) están fuertemente relacionadas con la práctica de integración continua, 1 de 3 herramientas (33.3%) están fuertemente relacionadas con las prácticas de entrega continua, pruebas continuas, gestión de la configuración, monitoreo y observabilidad continua, despliegue continuo e infraestructura como código. Finalmente, no se identificaron herramientas relacionadas con las prácticas de gestión de requisitos, gestión de datos, supervisión de la seguridad, dirección estratégica, educación en torno a DevOps, realimentación continua, medición de la cultura, gestión de acceso a privilegios, aprendizaje continuo, experimentación continua y satisfacción laboral.

Tabla 23. Análisis de correspondencia de prácticas.

Práctica	Solución metodológica											Herramienta		
	[52]	[53]	[57]	[58]	[59]	[62]	[63]	[64]	[66]	[72]	[80]	[89]	[94]	
PF	Integración continua	FR	NR	FR	FR	NR	FR	NR	FR	FR	NR	FR	FR	NR
	Entrega continua	FR	FR	FR	FR	FR	NR	FR	NR	NR	FR	NR	FR	NR
	Pruebas continuas	NR	NR	NR	NR	NR	FR	FR	FR	NR	NR	FR	NR	NR

	Gestión de requisitos	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	FR	NR	NR	NR	NR	NR
	Gestión de datos	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
	Supervisión de la seguridad	NR	NR	NR	NR	NR	FR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
	Dirección estratégica	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	FR	NR	NR	NR	NR	NR
	Gestión de la configuración	NR	FR	NR	NR	NR	FR	FR	FR	NR	FR	FR	NR	NR
	Monitoreo y observabilidad continua	FR	FR	NR	NR	NR	FR	FR	FR	NR	NR	FR	NR	FR
	Educación entorno a DevOps	NR	FR	NR	NR	NR	FR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
	Realimentación continua	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	FR	NR	NR	NR	NR	NR
	Medición de la cultura	NR	FR	NR	NR	NR	FR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
PC	Despliegue continuo	FR	NR	FR	FR	FR	NR	FR	FR	FR	FR	FR	NR	FR
	Infraestructura como código	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	FR	NR	NR	NR	FR	NR
	Gestión de acceso a privilegios	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
	Aprendizaje continuo	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
	Experimentación continua	NR	NR	NR	NR	NR	FR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
	Satisfacción laboral	NR	NR	NR	NR	NR	NR	FR	NR	NR	NR	NR	NR	NR

Acronimos: **PF**: Práctica fundamental. **PC**: Práctica complementaria.

3.1.3. Método para llevar a cabo la integración de modelos

Posterior a aplicar los métodos de homogeneización y comparación, se llevó a cabo el proceso de integración que tuvo por objetivo unificar el conjunto de dimensiones, valores y prácticas necesarias que deberían ser consideradas para la definición de las métricas a través de una estructura unificada. Para llevar a cabo la integración, se aplicó el método IMethod⁴ [101], el cual permite obtener de manera sistemática los elementos de proceso integrados en múltiples modelos. IMethod menciona cinco (5) actividades que se deben llevar a cabo: (i) diseño de la integración, (ii) definir/establecer un criterio de integración, (iii) llevar a cabo la integración, (iv) analizar los resultados de la integración y (v) presentar el modelo integrado. A continuación, se describe el detalle de cada una de las actividades para realizar la integración.

3.1.3.1. Diseño de la integración

La integración fue propuesta tomando como base el conjunto de dimensiones, valores y prácticas definidas en el modelo base y los elementos relacionados que fueron cruzados durante la etapa de comparación.

3.1.3.2. Establecer los criterios de integración

Los criterios de integración fueron definidos mediante la aplicación de criterios utilizados en teoría de conjuntos. En la Tabla 24 se presentan los criterios utilizados para llevar a cabo la integración de las dimensiones, valores y prácticas.

⁴ Método de integración, del inglés Integration Method.

Tabla 24. Plantilla de términos de integración.

Término	Descripción
Integración, Complemento y Unión	Los elementos en una dimensión/práctica/valor B no pertenecen a una práctica A.
Rechazado	La descripción de una dimensión/práctica a de un modelo A no es considerada para su integración en una dimensión/práctica/valor b de un modelo B.
No está contenido	No existe relación entre las descripciones de la dimensión/práctica/valor de los dos modelos
Complejidad	Hace referencia a la información descrita en una dimensión/práctica/valor. La cantidad de elementos y sus relaciones determinan el nivel de granularidad de una dimensión/práctica.

Finalmente, se definió un criterio de correspondencia para escribir cada una de las actividades unificadas siguiendo un formato que permita describir las actividades resultantes de manera clara. En la Tabla 25 se presenta la plantilla para el análisis de correspondencia entre las actividades resultantes de aplicar el método de integración.

Tabla 25. Plantilla de aspectos para escribir una práctica unificada.

Id	Tipo de correspondencia	Método
1	Si la práctica a de un Modelo A satisface completamente la práctica b de un modelo B.	Práctica a es mantenida, se registran los resultados de la acción tomada.
2	Si la práctica a de un Modelo A satisface parcialmente la práctica b de un modelo B.	Requerimientos de la práctica b son modificados.
3	Si la práctica a de un Modelo A no satisface la práctica b de un modelo B.	Práctica b de un Modelo B es añadida a la práctica a de un Modelo A.

Acrónimos: **Id**: Identificador.

3.1.3.3. Llevar a cabo la integración

A partir de los resultados reportados en el análisis de correspondencia, se decidió abordar la solución de acuerdo con el conjunto de elementos de proceso propuestos en [39] debido a que cubren en alto grado cada una de las actividades propuestas en todas las soluciones analizadas. Como resultado, el modelo integrado se compone por: (i) 12 prácticas fundamentales, (ii) 6 prácticas complementarias, (iii) 4 dimensiones y (iv) 4 valores. En la Tabla 26, se presenta cada una de las prácticas, dimensiones y valores resultantes del proceso de integración.

Tabla 26. Elementos de proceso integrados.

Elemento de proceso	Acrónimo	Nombre	Propósito
Prácticas fundamentales	IC	Integración continua	Proporcionar retroalimentación rápida para que; si se introduce un defecto en la base del código, este se pueda identificar y corregir lo antes posible.
	EC	Entrega continua	Producir software en ciclos cortos, asegurando que el software se pueda lanzar de manera confiable en cualquier momento.
	PC	Pruebas continuas	Evaluar la calidad del software en cada paso del proceso de entrega continua mediante pruebas tempranas y pruebas frecuentes.
	GR	Gestión de requisitos	Operar con requisitos claros, realistas y acordados.
	GD	Gestión de datos	Aumentar la velocidad de los cambios en las bases de datos, monitorear constantemente el impacto de los cambios en el proceso de DevOps y replicarlos al lugar donde se requieran.
	SS	Supervisión de la seguridad	Mejorar la entrega de software y el rendimiento de la organización.
	DE	Dirección estratégica	Alinear todos los esfuerzos de la organización en torno a un objetivo.
	GC	Gestión de la configuración	Mantener la integridad y validez de los productos desarrollados durante todas las etapas del ciclo de vida del producto.

	MC	Monitoreo y observabilidad continua	Práctica esencial de DevOps que se encarga del monitoreo de todo tipo de recurso, personal y procesos para encontrar errores lo antes posible y determinar por qué suceden.
	ED	Educación entorno a DevOps	Contribuye al rendimiento de la entrega de software con las siguientes características: mayor frecuencia de implementación, plazos de entrega reducidos para los cambios, tiempo para restablecer el servicio y cambio en la tasa de fallas, cultura de equipo sólida.
	RC	Realimentación continua	Comunicación y aprendizaje permanente.
	MCu	Medición de la cultura	Conocer el impacto de la cultura sobre los resultados en el proceso de adopción de DevOps en la empresa.
Prácticas complementarias	DC	Despliegue continuo	Garantizar que se necesita un esfuerzo mínimo para desplegar código en entornos productivos
	ICo	Infraestructura como código	Permitir a los desarrolladores o equipos de operaciones administrar, monitorear y aprovisionar recursos automáticamente.
	GA	Gestión de acceso a privilegios	Proteger la infraestructura y aplicaciones utilizadas, gestionar el negocio de manera eficiente y mantener la confidencialidad de los datos sensibles y la infraestructura crítica.
	AC	Aprendizaje continuo	Mantener la competitividad, favorecer la innovación.
	ExC	Experimentación continua	Favorecer la innovación y el aprendizaje.
	SL	Satisfacción laboral	Impactar positivamente el rendimiento y compromiso del equipo de trabajo.
Dimensiones	HERR	Herramientas	Establecer las herramientas tecnológicas que dan soporte a los procesos, prácticas, tareas o productos desarrollados en el marco del desarrollo de software en todas sus fases bajo un enfoque de DevOps.
	PROC	Procesos	Definir el conjunto de políticas, estructuras organizativas, procedimientos, propósitos, objetivos y productos de trabajo requeridos durante todo el ciclo de vida de un producto de software que se deben tener en cuenta para la adopción de DevOps.
	CULT	Cultura	Caracterizar todos los aspectos relacionados con conocimientos, ideas, tradiciones y costumbres que caracterizan una organización dedicada al desarrollo de productos en la industria del software.
	PERS	Personas	Definir el conjunto de características a nivel de los individuos que conforman un equipo de trabajo.
Valores	AUT	Automatización	Priorizar la automatización de procesos sobre la realización de procesos manuales siempre que esto repercuta en mejoras al equipo de trabajo. Todo lo que se pueda automatizar se debe automatizar.
	COL	Colaboración	Establecer un marco de trabajo en el cual el trabajo en equipo es clave, aunque existan roles o áreas de trabajo diferentes, cualquier acción realizada por un individuo beneficiará o afectará a otro.
	MED	Medición	Establecer los mecanismos que permitan obtener realimentación y mejora continua para garantizar la toma de mejores decisiones en el futuro.
	COM	Comunicación	Garantizar a comunicación y la transparencia en todos los niveles de la organización y con el cliente.

Adicionalmente, se realizó un análisis con el propósito de identificar la relación entre prácticas, dimensiones y valores. Las relaciones obtenidas en la Tabla 27 y la Tabla 28 son utilizadas para la definición de las métricas descritas en el siguiente capítulo.

Tabla 27. Relación entre prácticas y dimensiones.

Prácticas	Acrónimo	Nombre	Dimensiones			
			Herramientas	Procesos	Cultura	Personas
Prácticas fundamentales	IC	Integración continua	X	X		X
	EC	Entrega continua	X	X		X
	PC	Pruebas continuas	X	X		X
	GR	Gestión de requisitos		X	X	X
	GD	Gestión de datos	X	X		X
	SS	Supervisión de la seguridad	X	X		X

	DE	Dirección estratégica		X		X
	GC	Gestión de la configuración	X	X		X
	MC	Monitoreo y observabilidad continua	X	X		X
	ED	Educación entorno a DevOps		X	X	
	RC	Realimentación continua			X	X
	MCu	Medición de la cultura		X	X	
Prácticas complementarias	DC	Despliegue continuo	X	X		X
	ICo	Infraestructura como código	X			X
	GA	Gestión de acceso a privilegios	X	X		X
	AC	Aprendizaje continuo		X	X	X
	ExC	Experimentación continua		X	X	X
	SL	Satisfacción laboral			X	X

Acrónimos: **Id:** Identificador.

Tabla 28. Relación entre dimensiones y valores.

Dimensiones	Valores			
	Automatización	Colaboración	Medición	Comunicación
Herramientas	X		X	X
Procesos	X		X	
Cultura	X	X	X	X
Personas		X		X

3.2. Sesgos de la armonización de soluciones analizadas

Debido a la naturaleza del estudio para la identificación de dimensiones, valores y prácticas, existe un grado de subjetividad que debe ser considerado para el análisis de los resultados obtenidos. Por lo cual, para llevar a cabo el trabajo de investigación se ha disminuido el grado de subjetividad mediante la aplicación de técnicas de análisis cuantitativas durante cada una de las etapas de armonización. Además, las fases de armonización fueron sometidas a validación de expertos en el área de mejora de procesos y armonización de múltiples modelos, los cuales hacen parte del trabajo de investigación como asesores externos.

Capítulo IV. Modelo de métricas para apoyar la evaluación de DevOps

A continuación, se presenta el modelo de métricas para evaluar el grado de implementación de DevOps en empresas desarrolladoras de software con relación a su: (i) propósito, (ii) objetivos específicos, (iii) componentes, (iv) métricas, (v) roles, y (vi) proceso de evaluación. Además, se presenta una herramienta implementada para apoyar la automatización del proceso de evaluación.

4.1. Propósito

El modelo de métricas tiene como propósito evaluar el grado de implementación de DevOps con base en un conjunto de preguntas que permiten conocer el porcentaje de cumplimiento de las prácticas, dimensiones, y valores de DevOps que fueron caracterizados previamente a través de un proceso de armonización de modelos. Los resultados obtenidos tras aplicar el modelo de métricas permiten a una empresa desarrolladora de software identificar aspectos de mejora relacionados con la forma en la cual aplican sus prácticas.

4.2. Objetivos específicos

El modelo de métricas tiene por objetivo: (i) apoyar la evaluación de DevOps realizada por uno o más roles designados en una organización a través de un conjunto de métricas claramente definidas siguiendo el formalismo propuesto por el enfoque GQM [38], (ii) evaluar el grado de implementación de DevOps en empresas de software e (iii) identificar aspectos de mejora en los mecanismos utilizados por las empresas para adoptar y/o aplicar DevOps.

4.3. Componentes

De acuerdo con los resultados documentados en el capítulo de armonización, se obtuvo un total de 12 prácticas fundamentales, 6 prácticas complementarias, 4 dimensiones y 4 valores (ver Tabla 26). El modelo sigue una estructura jerárquica en la cual: (i) los valores comprenden el nivel más alto de abstracción, representando el conjunto de aspectos que se deben considerar para garantizar que la cultura propuesta por DevOps se lleva a cabo adecuadamente, (ii) el segundo nivel de abstracción comprende las dimensiones que describen cada una de las actividades, roles, prácticas y herramientas requeridas para la implementación efectiva de los valores propuestos para DevOps y (iii) el tercer nivel de abstracción describe el conjunto de prácticas que se deben aplicar y/o adoptar para cumplir con cada una de las dimensiones propuestas para DevOps.

El protocolo para la definición del modelo de métricas siguió el paradigma Goal, Question, Metric – GQM [38], el cual propone: (i) un nivel conceptual (Goal), (ii) un nivel operacional (Question) y (iii) un nivel cuantitativo (Metric). En el nivel conceptual; se identificaron las dimensiones, prácticas y valores propuestos por DevOps. En el nivel operacional; se definieron las preguntas asociadas a cada práctica de DevOps, las cuales fueron caracterizadas con base en un conjunto de objetivos asociados a cada práctica. Finalmente, en el nivel operacional; se definió un conjunto de métricas que, a partir de las respuestas a las preguntas descritas en el nivel operacional, permiten

conocer el grado de implementación de las prácticas, dimensiones y valores de DevOps. Después de aplicar cada uno de los niveles propuestos por GQM, fue posible establecer un conjunto de objetivos y preguntas asociadas para las prácticas fundamentales y complementarias. En la Tabla 29, se presenta la cantidad de objetivos y preguntas resultantes después de definir el modelo de métricas.

Tabla 29. Objetivos y preguntas obtenidas después de aplicar GQM.

Elemento de proceso	Objetivos (Goals)	Preguntas (Questions)
Prácticas fundamentales	42	72
Prácticas complementarias	19	23

Además, la definición del modelo permitió obtener un conjunto de métricas asociadas a las prácticas fundamentales, prácticas complementarias, dimensiones y valores. Como resultado, fue posible definir un total de 11 métricas. En la Tabla 30 se presenta el resumen con la cantidad de métricas por prácticas, dimensiones y valores.

Tabla 30. Cantidad de métricas obtenidas tras aplicar GQM.

No	Aspecto por evaluar	Métricas (metrics)
1	Prácticas	7
2	Dimensiones	2
3	Valores	2
Total		11

Acróminos. **No**: Número.

4.3.1. Objetivos (Goals)

En la Tabla 31 y en la Tabla 32 se presentan los objetivos definidos para las prácticas fundamentales y complementarias, respectivamente.

Tabla 31. Objetivos propuestos para las prácticas fundamentales.

Acrónimo de la práctica	Nombre	Objetivo	Acrónimo del objetivo
IC	Integración continua	Habilitar un sistema de control de versiones.	O1_IC
		Acelerar el proceso de integración de código.	O2_IC
		Detectar errores de integración de forma temprana.	O3_IC
		Monitoreo de versiones compiladas para proceso de prueba, demostración o lanzamiento.	O4_IC
EC	Entrega continua	Implementar código de forma predecible.	O1_EC
		Reducción de los tiempos para la creación y entrega de cambios incrementales en el software.	O2_EC
PC	Pruebas continuas	Habilitar ambiente de pruebas.	O1_PC
		Integrar procesos de entrega y despliegue continuo.	O2_PC
		Analizar resultados de las pruebas.	O3_PC
		Enviar informes de defectos.	O4_PC
		Descubrir defectos de manera temprana.	O5_PC
GR	Gestión de requisitos	Proceso de gestión de requisitos (obtenido, analizado, documentado y gestionado).	O1_GR
		Análisis de requerimientos.	O2_GR
		Priorización de requisitos.	O3_GR
		Trazabilidad de requisitos hacia elementos de trabajo.	O4_GR
		Evaluar el impacto de los cambios.	O5_GR
GD	Gestión de datos	Incrementar la velocidad de entrega de cambios en la base de datos.	O1_GD
		Reducir el riesgo de pérdida de datos durante el proceso de despliegue.	O2_GD
		Sincronización de cambios en la aplicación y la base de datos.	O3_GD
		Establecer sistemas de control de versiones de la base de datos.	O4_GD

		Preservar y proteger los datos críticos de la empresa.	O5_GD
		Gestión de identidad y acceso.	O6_GD
SS	Supervisión de la seguridad	Gestión de privilegios.	O1_SS
		Hacer cumplir la política y la gobernanza.	O2_SS
		Firewall / gestión unificada de amenazas.	O3_SS
		Gestión de vulnerabilidades en todo el flujo de trabajo de DevOps.	O4_SS
		Formular e implantar la estrategia.	O1_DE
DE	Dirección estratégica	Desarrollo y movilización de los recursos y capacidades.	O2_DE
		Coordinación de diferentes recursos	O3_DE
		Establecer la visión, misión y filosofía.	O4_DE
		Entrega de productos alineados con los deseos de los clientes.	O5_DE
GC	Gestión de la configuración	Identificar los productos que serán tratados como elementos de configuración.	O1_GD
		Apoyar la evaluación de las solicitudes de cambio y documentar los resultados de control de cambios.	O2_GC
		Mantener la validez de la configuración y la precisión del sistema de gestión de la configuración.	O3_GC
MC	Monitoreo y observabilidad continua	Mejorar la transparencia y la visibilidad de las operaciones de red y TI.	O1_MC
		Identificar causas de error en el funcionamiento y rendimiento del software.	O2_MC
		Aplicar soluciones adecuadas a errores identificados antes de que se produzcan daños importantes.	O3_MC
		Rastrear el comportamiento del usuario.	O4_MC
ED	Educación entorno a DevOps	Mejorar velocidad del equipo en su flujo de trabajo.	O1_ED
RC	Realimentación continua e innovación	Optimizar los procesos asociados al flujo de trabajo.	O1_RC
MCu	Medición de la cultura	Identificar comportamientos en la cultura organizacional.	O1_MCu
		Fomentar prácticas organizacionales que favorezcan la confianza del equipo.	O2_MCu

Tabla 32. Objetivos propuestos para las prácticas complementarias.

Acrónimo de la práctica	Nombre	Objetivo	Acrónimo del objetivo
DC	Despliegue continuo	Establecer un pipeline de despliegue continuo	O1_DC
		Establecer prácticas de containerización o virtualización.	O2_DC
		Reducción de dependencias entre miembros del equipo (Dev -Op - QA)	O3_DC
ICo	Infraestructura como código	Los usuarios pueden definir, aprovisionar y administrar los recursos que necesitan, sin necesidad de que el personal de TI lo haga por ellos.	O1_ICo
		Uso de archivos de definición que especifiquen los elementos de infraestructura y cómo deben configurarse.	O2_ICo
		Gestionar archivos de definiciones para cada código de producto en un sistema de control de versiones.	O3_ICo
GA	Gestión de acceso a privilegios	Gestionar cuentas con privilegios.	O1_GA
		Supervisar la actividad con privilegios.	O2_GA
		Controlar el acceso de usuarios con privilegios.	O3_GA
		Controlar y proteger las cuentas de infraestructura.	O4_GA
		Proteger las credenciales de las aplicaciones de terceros.	O5_GA
AC	Aprendizaje continuo	Formalizar el proceso de aprendizaje.	O1_AC
		Establecer objetivos de aprendizaje dentro de los equipos.	O2_AC
		Iniciar un ecosistema de coaching peer-to-peer.	O3_AC
ExC	Experimentación continua	Fomentar el debate sobre distintas perspectivas.	O1_ExC
		Priorizar el proceso de toma de decisiones.	O2_ExC
SL	Satisfacción laboral	Dar incentivos que promuevan la confianza del equipo.	O1_SL
		Involucrar al equipo en procesos de la empresa.	O2_SL
		Compartir un sistema de valores y objetivos.	O3_SL

4.3.2. Preguntas (Questions)

Cada objetivo tiene asociado un conjunto de preguntas específicas que relacionan los aspectos que se deben evaluar. Las preguntas se definieron usando una escala nominal con dos posibles valores (SI: 100%, NO: 0%). La definición de las preguntas siguió el conjunto de buenas prácticas, recomendaciones y criterios propuestos en [102], los cuales evalúan aspectos como: (i) evitar preguntas ambiguas, (ii) evitar el uso de términos vagos, (ii) utilizar lenguaje sencillo, (iv) evitar la sobrecarga cognitiva, (v) realizar preguntas neutras, entre otros. En la Tabla 33 y en la Tabla 34, se presentan las preguntas identificadas de acuerdo con sus objetivos relacionados.

Tabla 33. Preguntas asociadas a las prácticas fundamentales.

Acrónimo de la práctica	Nombre	Preguntas		
		Acrónimo de la pregunta	Pregunta	Objetivos relacionados
IC	Integración continua	P1_IC	¿Se han definido políticas, procedimientos o estrategias explícitas para llevar a cabo el control de versiones en el proyecto?	O1_IC O2_IC
		P2_IC	¿Se han definido repositorios que permitan automatizar el control de versiones en los artefactos involucrados durante el proceso de desarrollo?	O1_IC O2_IC
		P3_IC	¿El proyecto utiliza herramientas que garanticen la integridad del código fuente antes de realizar actualizaciones de cualquier tipo?	O1_IC O2_IC
		P4_IC	¿Existen procedimientos claros para la implementación y documentación de pruebas unitarias?	O3_IC O4_IC
		P5_IC	¿La compilación, revisión y despliegue del código fuente está automatizada?	O1_IC O4_IC
		P6_IC	¿Existen mecanismos que permitan identificar de manera clara cualquier error durante la integración de nuevo código fuente durante el proceso de desarrollo?	O4_IC
		P7_IC	¿Existen mecanismos, políticas o procedimientos que permitan la recuperación de un estado estable del sistema en caso de un fallo durante el proceso de integración de nuevo código?	O3_IC O4_IC
		P8_IC	¿Los equipos de desarrollo y operaciones tienen acceso al sistema de control de versiones dispuesto para el proyecto?	O1_IC O2_IC
EC	Entrega continua	P1_EC	¿El proyecto cuenta con uno o más ambientes de preproducción?	O1_EC
		P2_EC	¿El proyecto cuenta con uno o más ambientes productivos?	O1_EC O2_EC
		P3_EC	¿Se han definido políticas, mecanismos o procedimientos claros que permitan identificar cuando y como se puede realizar una entrega a stage, preproducción o producción?	O1_EC O2_EC
		P4_EC	¿El proyecto utiliza herramientas que automaticen la entrega de nuevos cambios a preproducción o producción?	O1_EC O2_EC
		P5_EC	¿Los ambientes de preproducción y/o producción cuentan con un conjunto de criterios para verificar la integridad de nuevas funcionalidades a liberar?	O1_EC O2_EC
PC	Pruebas continuas	P1_PC	¿El proyecto cuenta con uno o más ambientes de pruebas (stage)?	O1_PC
		P2_PC	¿Se llevan a cabo pruebas de integración que garanticen la consistencia del sistema como conjunto?	O1_PC O2_PC O3_PC O5_PC

		P3_PC	¿El proceso de pruebas incluye escenarios claramente definidos para garantizar la integridad de nuevos cambios aplicados al sistema?	O1_PC O2_PC O4_PC O5_PC
		P4_PC	¿Se realizan pruebas sobre las API's?	O4_PC O5_PC
		P5_PC	¿Se realizan pruebas para verificar la integridad de los requerimientos no funcionales presentes en el proyecto?	O4_PC O5_PC
		P6_PC	¿Las pruebas funcionales son llevadas a cabo siguiendo un plan claramente definido?	O3_PC O4_PC O5_PC
		P7_PC	¿Existen políticas, mecanismos o procedimientos claros para la solución de incidentes identificados durante la etapa de pruebas funcionales y/o no funcionales?	O5_PC
		P8_PC	¿Se ha definido un espacio común que permita realizar seguimiento al proceso de pruebas?	O3_PC O4_PC O5_PC
		P9_PC	¿Al menos uno de los ambientes de stage dispuestos en el proyecto es un espejo de ambientes productivos?	O1_PC
GR	Gestión de requisitos	P1_GR	¿Se ha definido un espacio común que permita consultar y obtener información clara sobre los requisitos presentes en el proyecto?	O1_GR O2_GR
		P2_GR	¿Se ha definido una estrategia clara para la identificación, documentación y socialización de nuevos requisitos en el proyecto?	O1_GR O2_GR
		P3_GR	¿La información de los requisitos es accesible por todas las partes interesadas?	O1_GR O2_GR
		P4_GR	¿Se han definido mecanismos que permitan realizar el seguimiento de los requisitos durante el proceso de desarrollo?	O3_GR O4_GR O5_GR
GD	Gestión de datos	P1_GD	¿Se han definido mecanismos, estrategias o procedimientos claros para el acceso a los datos?	O1_GD
		P2_GD	¿Existen políticas para el tratamiento y gestión de datos heredados?	O1_GD O3_GD
		P3_GD	¿El proyecto cuenta con un modelo de gestión de datos claro?	O3_GD O5_GD
		P4_GD	¿El proyecto cuenta con un diccionario de datos claro y de acceso por todas las partes interesadas?	O3_GD O4_GD O6_GD
		P5_GD	¿El proyecto cuenta con mecanismos para la restauración de versiones anteriores (backups)?	O2_GD
		P6_GD	¿Existen políticas explícitas sobre el tratamiento de datos?	O6_GD
		P7_GD	¿Existen mecanismos para el tratamiento de datos sensibles?	O6_GD
SS	Supervisión de la seguridad	P1_SS	¿Se han definido mecanismos para alinear las prácticas de seguridad con el proceso de desarrollo?	O1_SS
		P2_SS	¿Se han definido mecanismos para la identificación de vulnerabilidades de seguridad en el proyecto?	O4_SS
		P3_SS	¿Se han definido procesos para el tratamiento y solución de vulnerabilidades en el proyecto?	O3_SS O4_SS
		P4_SS	¿Se han definido políticas claras y explícitas sobre el uso de herramientas y software de terceros?	O1_SS O2_SS
		P5_SS	¿Existen políticas claras sobre la asignación de permisos a las partes involucradas durante el proceso de desarrollo?	O1_SS
		P6_SS	¿Se han definido políticas de seguridad generales aplicables a todo el proyecto?	O1_SS O2_SS

		P7_SS	¿Se han definido políticas para garantizar el control de acceso solo a las partes que lo requieren?	O1_SS
DE	Dirección estratégica	P1_DE	¿Se ha definido un plan estratégico?	O1_DE
		P2_DE	¿Se han definido procesos para la gestión de los objetivos establecidos en el plan estratégico?	O2_DE
		P3_DE	¿Existen procesos de monitoreo para garantizar que se cumplen los objetivos establecidos en el plan estratégico?	O3_DE
		P4_DE	¿La empresa conoce su posición actual en el mercado?	O4_DE O5_DE
		P5_DE	¿La empresa ha identificado de manera clara su competencia?	O4_DE O5_DE
		P6_DE	¿Los objetivos del proyecto están alineados con la visión de la empresa?	O4_DE
GC	Gestión de la configuración	P1_GC	¿Existe un plan que describa el procedimiento llevado a cabo para realizar la gestión de la configuración en el proyecto?	O1_GC
		P2_GC	¿Se han identificado de manera clara cada uno de los elementos sensibles a cambio en el proyecto (Ítems de configuración)?	O1_GC O2_GC
		P3_GC	¿Se han definido políticas claras para definición de líneas base en el proyecto?	O1_GC O2_GC
		P4_GC	¿Existen procedimientos claros para el proceso de solicitud de cambio en el proyecto?	O2_GC O3_GC
		P5_GC	¿Se han definido herramientas para automatizar el seguimiento a las solicitudes de cambio en el proyecto?	O2_GC O3_GC
		P6_GC	¿Existen políticas para llevar a cabo evaluaciones funcionales sobre los ítems de configuración?	O2_GC
		P7_GC	¿Existen políticas para llevar a cabo evaluaciones no funcionales sobre los ítems de configuración?	O2_GC
MC	Monitoreo y observabilidad continua	P1_MC	¿Se han definido procesos claros para llevar a cabo el seguimiento a los logs implementados en el proyecto?	O1_MC
		P2_MC	¿Existen mecanismos para realizar el monitoreo de la infraestructura implementada en el proyecto?	O1_MC
		P3_MC	¿Existen mecanismos para realizar el monitoreo de red?	O1_MC O2_MC O3_MC
		P4_MC	¿Existen mecanismos para monitorear el cumplimiento de aspectos no funcionales en entornos productivos?	O3_MC O4_MC
		P5_MC	¿Existen mecanismos para la detección de problemas en ambiente productivo?	O4_MC
ED	Educación en torno a DevOps	P1_ED	¿Se han definido espacios para capacitar a las partes interesadas en DevOps?	O1_ED
		P2_ED	¿Se realiza seguimiento a la forma en la cual las partes interesadas aplican DevOps?	O1_ED
		P3_ED	¿Todas las partes interesadas saben aplicar DevOps?	O1_ED
RC	Realimentación continua e innovación	P1_RC	¿Se han definido espacios para compartir conocimiento?	O1_RC
		P2_RC	¿Existe apertura a nuevas ideas para mejorar los procesos existentes?	O1_RC
		P3_RC	¿Se buscan nuevos mecanismos para garantizar que los procesos existentes no se quedan obsoletos?	O1_RC
		P4_RC	¿Se han definido espacios comunes (wikis) para compartir información de interés común?	O1_RC
		P5_RC	¿Se han definido espacios de retrospectión para identificar aspectos de mejora de manera constante?	O1_RC
MCu	Medición de la cultura	P1_MCu	¿Se han definido mecanismos para medir la cultura organizacional?	O1_MCu

		P2_MCu	¿Se realiza seguimiento para garantizar que existe una cultura organizacional adecuada?	O1_MCu O2_MCu
		P3_MCu	¿Las partes involucradas comprenden y aceptan la cultura presente en la organización?	O2_MCu
		P4_MCu	¿Se han definido procedimientos claros para llevar a cabo planes de acción en caso de ser necesarios?	O2_MCu

Tabla 34. Preguntas asociadas a las prácticas complementarias.

Acrónimo de la práctica	Nombre	Preguntas		
		Acrónimo de la pregunta	Pregunta	Objetivos relacionados
DC	Despliegue continuo	P1_DC	¿Se han definido procedimientos claros que garanticen la integridad de un artefacto a desplegar?	O1_DC
		P2_DC	¿Se han definido herramientas para automatizar el despliegue de artefactos?	O1_DC O2_DC
		P3_DC	¿Se ha definido un proceso de orquestación que garantice el despliegue de nuevos artefactos?	O2_DC O3_DC
		P4_DC	¿El proceso de despliegue requiere que una aprobación manual?	O3_DC
ICo	Infraestructura como código	P1_ICo	¿Existen procedimientos claramente definidos para el aprovisionamiento de la infraestructura necesaria en los proyectos?	O1_ICo
		P2_ICo	¿Se han definido mecanismos para la configuración automatizada de los recursos e infraestructura presente en los proyectos?	O1_ICo O2_ICo
		P3_ICo	¿El proceso de configuración de recursos requiere operaciones manuales?	O2_ICo O3_ICo
GA	Gestión de acceso a privilegios	P1_GA	¿Se han definido mecanismos, estrategias o procedimientos claros para la identificación de privilegios?	O1_GA O2_GA
		P2_GA	¿Existen políticas para garantizar que los privilegios son asignados solo a las partes que lo requieran?	O2_GA O3_GA
		P3_GA	¿Se han definido mecanismos para automatizar la gestión de los privilegios?	O3_GA O5_GA
		P4_GA	¿La naturaleza de los privilegios es clara para todas las partes interesadas?	O3_GA O4_GA
AC	Aprendizaje continuo	P1_AC	¿Se han definido espacios que permitan capacitar a las partes interesadas en temas importantes para la organización?	O1_AC
		P2_AC	¿Existen espacios que permitan compartir conocimiento?	O1_AC O3_AC
		P3_AC	¿Se han definido espacios comunes que permitan centralizar información de interés para todos?	O2_AC O3_AC
		P4_AC	¿Existen espacios que permitan identificar aspectos de mejora y planes de acción que permitan recibir realimentación continua?	O2_AC O3_AC
		P5_AC	¿Los equipos de trabajo buscan constantemente aprender elementos de interés que permitan mejorar sus procesos existentes?	O3_AC
ExC	Experimentación continua	P1_ExC	¿La organización fomenta la experimentación con el objetivo de mejorar sus procesos existentes?	O1_ExC
		P2_ExC	¿Existen espacios que permitan identificar nuevas tecnologías/herramientas/procesos?	O1_ExC
		P3_ExC	¿Existen espacios que permitan la implementación de nuevas tecnologías/herramientas/procesos en entornos controlados?	O1_ExC O2_ExC
SL	Satisfacción laboral	P1_SL	¿Existen mecanismos claros que permitan identificar el nivel de satisfacción laboral en los miembros del equipo de manera objetiva?	O1_SL O2_SL

	P2_SL	¿La organización ofrece incentivos que permitan mejorar el nivel de satisfacción laboral?	O1_SL
	P3_SL	¿El ambiente de trabajo inventiva la comunicación, colaboración y coordinación asertiva?	O1_SL O2_SL
	P4_SL	¿Se han definido espacios de realimentación que permitan identificar el grado de satisfacción laboral en el equipo?	O1_SL O2_SL O3_SL

Para responder las preguntas, se definió un instrumento de evaluación tipo cuestionario con dos posibles respuestas (“SI”, “NO”). La respuesta a cada pregunta se debe dar de acuerdo con los criterios descritos en la Tabla 35. La plantilla puede ser consultada en el siguiente enlace: <https://bit.ly/37PC7bx>.

Tabla 35. Respuesta diligenciada en el instrumento de evaluación.

Respuesta	Descripción
SI	Se presentan las evidencias suficientes y necesarias para garantizar que el conjunto de actividades asociadas a la pregunta es llevado a cabo de manera correcta. Las evidencias pueden ser tomadas a partir de diferentes mecanismos, así como: (i) evidencia directa tomada mediante observación de una práctica, (ii) recopilación de opiniones por cada uno de los roles involucrados en la práctica o (iii) registros históricos consistentes que permitan evidenciar el cumplimiento de la práctica.
NO	Esta respuesta se da en dos escenarios: (i) la empresa no cuenta con algún tipo de evidencia o (ii) se observa el cumplimiento parcial de la práctica, es decir, no se cumplen todos los aspectos necesarios para garantizar que la pregunta se responde de manera completa.

4.3.3. Métricas (Metrics)

La calificación del grado de implementación de prácticas, dimensiones y valores utilizó la escala definida en [39], la cual se presenta en la Tabla 36.

Tabla 36. Escala de calificación definida para método de evaluación.

Acrónimo	Grado de implementación	Rango
NA	No alcanzado	$0\% \leq gi \leq 15\%$
PA	Parcialmente alcanzado	$15\% < gi \leq 50\%$
AA	Ampliamente alcanzado	$50\% < gi \leq 85\%$
CA	Completamente alcanzado	$85\% < gi \leq 100\%$

Acrónimos. gi: Grado de implementación.

4.3.3.1. Método para la asignación de pesos ponderados

Antes de definir las métricas, se aplicó el método de ponderación lineal [103] con el objetivo de establecer una ponderación o peso a cada una de las prácticas, dimensiones y valores. Tras aplicar el método se observó lo siguiente: (i) no es posible establecer un criterio que permita dar un peso mayor a una dimensión o valor con respecto a las demás, lo cual se debe a que, de acuerdo con el conjunto de principios propuestos por DevOps, cada dimensión y valor tiene un grado de importancia equiparable al resto, por lo cual se definió un peso de 25% a cada dimensión y a cada valor; por otro lado, (ii) el análisis de prácticas permitió identificar que el 100% de los estudios relacionados y herramientas dan un grado de importancia mayor a aspectos relacionados con las prácticas fundamentales, dejando de lado elementos asociados a las prácticas complementarias. Como resultado, se asoció un porcentaje de 70% a las prácticas fundamentales y 30% a las prácticas complementarias. En la Tabla 37, se presentan los porcentajes asociados a las prácticas, dimensiones y valores.

Tabla 37. Pesos ponderados asociados.

Elemento de proceso	Nombre	Acrónimo	Porcentaje ponderado	Total
Prácticas	Prácticas fundamentales	PF	70%	100%
	Prácticas complementarias	PC	30%	

Dimensiones	Herramientas	HERR	25%	100%
	Procesos	PROC	25%	
	Cultura	CULT	25%	
	Personas	PERS	25%	
Valores	Automatización	AUT	25%	100%
	Colaboración	COL	25%	
	Medición	MED	25%	
	Comunicación	COM	25%	

4.3.3.2. Definición de métricas

A continuación, se presentan las métricas para evaluar el grado de implementación de DevOps. En la Tabla 38, se presenta la plantilla definida para sintetizar los elementos que se deben tener en cuenta para la definición de la métrica.

Tabla 38. Plantilla para la definición de métricas.

Nombre de la métrica	
Identificador	En esta sección se presenta el identificador único de la métrica.
Propósito	En esta sección se describe el propósito de la métrica.
Unidad	En esta sección se presenta la unidad que soporta la métrica.
Escala	En esta sección se presenta la escala de valores que soporta la métrica.
Ecuación	Esta sección presenta la ecuación que describe la métrica.
Variables	Esta sección describe el detalle de cada una de las variables presentes en la ecuación.

4.3.3.2.1. Métricas para evaluar el grado de implementación de prácticas

En la Tabla 39 se presenta la ponderación asociada a cada una de las prácticas fundamentales y complementarias de acuerdo con el análisis definido en la Tabla 37.

Tabla 39. Porcentajes ponderados por práctica.

Prácticas	Acrónimo	Nombre	%PPA	Ponderación combinada
Prácticas fundamentales	IC	Integración continua	8,5%	70%
	EC	Entrega continua	8,4%	
	PC	Pruebas continuas	8,4%	
	GR	Gestión de requisitos	8,3%	
	GD	Gestión de datos	8,3%	
	SS	Supervisión de la seguridad	8,3%	
	DE	Dirección estratégica	8,3%	
	GC	Gestión de la configuración	8,3%	
	MC	Monitoreo y observabilidad continua	8,3%	
	ED	Educación en torno a DevOps	8,3%	
	RC	Realimentación continua e innovación	8,3%	
Prácticas complementarias	MCu	Medición de la cultura	8,3%	30%
	DC	Despliegue continuo	18%	
	ICo	Infraestructura como código	16%	
	GA	Gestión de acceso a privilegios	16%	
	AC	Aprendizaje continuo	16%	
	ExC	Experimentación continua	16%	
SL	Satisfacción laboral	18%		

Acrónimos: %PPA: Porcentaje ponderado asociado.

4.3.3.2.1.1. Métricas para evaluar el grado de implementación de prácticas fundamentales

A continuación, se presenta cada una de las métricas definidas para evaluar el grado de implementación de las prácticas fundamentales.

Tabla 40. Grado de implementación individual de una práctica fundamental.

Grado de implementación individual de una práctica fundamental	
Identificador	%PFI
Propósito	Conocer el grado de implementación de una práctica fundamental de manera individual.
Unidad	Porcentaje (%)
Escala	[0, 100]
Ecuación	Ecuación 1. Grado de implementación individual de una práctica fundamental. $\%PFI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \%P_i$
Variables	n: Cantidad de preguntas asociadas a la práctica fundamental. %P _i : Porcentaje obtenido para una pregunta específica. %PFI: Porcentaje de cumplimiento individual de una práctica fundamental.

Tabla 41. Grado de implementación ponderado de una práctica fundamental.

Grado de implementación ponderado de una práctica fundamental	
Identificador	%PFIP
Propósito	Conocer el grado de implementación de una práctica fundamental con respecto al resto de prácticas fundamentales.
Unidad	Porcentaje (%)
Escala	[0, %PPA] (ver Tabla 39).
Ecuación	Ecuación 2. Grado de implementación ponderado de una práctica fundamental. $\%PFIP = \%PFI * \%PPA$
Variables	%PFI: Porcentaje de cumplimiento individual de una práctica fundamental (ver Tabla 40). %PPA: Porcentaje ponderado asociado. (ver la Tabla 39). %PFIP: Porcentaje de cumplimiento ponderado de una práctica fundamental.

Tabla 42. Grado de implementación total de prácticas fundamentales.

Grado de implementación total de prácticas fundamentales.	
Identificador	%PFT
Propósito	Conocer el grado de implementación de todas las prácticas fundamentales.
Unidad	Porcentaje (%)
Escala	[0, 100]
Ecuación	Ecuación 3. Grado de implementación total de prácticas fundamentales. $\%PFT = \sum_{i=1}^n \%PFIP_i$
Variables	n: Cantidad de prácticas fundamentales. %PFIP _i : Porcentaje de cumplimiento ponderado de una práctica fundamental (ver Tabla 41). %PFT: Porcentaje de cumplimiento total de prácticas fundamentales.

4.3.3.2.1.2. Métricas para evaluar el grado de implementación de prácticas complementarias

A continuación, se presenta cada una de las métricas definidas para evaluar el grado de implementación de las prácticas complementarias.

Tabla 43. Grado de implementación individual de una práctica complementaria.

Grado de implementación individual de una práctica complementaria	
Identificador	%PCI
Propósito	Conocer el grado de implementación de una práctica complementaria de manera individual.
Unidad	Porcentaje (%)
Escala	[0, 100]
Ecuación	Ecuación 4. Grado de implementación individual de una práctica complementaria. $\%PCI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \%P_i$
Variables	n: Cantidad de preguntas asociadas a la práctica complementaria. %P _i : Porcentaje obtenido para una pregunta específica. %PCI: Porcentaje de cumplimiento individual de una práctica complementaria.

Tabla 44. Grado de implementación ponderado de una práctica complementaria.

Porcentaje de cumplimiento ponderado de una práctica complementaria	
Identificador	$\%PCIP$
Propósito	Conocer el grado de implementación de una práctica complementaria con respecto al resto de prácticas complementarias.
Unidad	Porcentaje (%)
Escala	[0, %PPA] (ver Tabla 39).
Ecuación	Ecuación 5. Grado de implementación ponderado de una práctica complementaria. $\%PCIP = \%PCI * \%PPA$
Variables	$\%PCI$: Porcentaje de cumplimiento individual de una práctica complementaria (ver Tabla 43). $\%PPA$: Porcentaje ponderado asociado. (ver Tabla 39). $\%PCIP$: Porcentaje de cumplimiento ponderado de una práctica complementaria.

Tabla 45. Grado de implementación total de prácticas complementarias.

Grado de implementación total de prácticas complementarias.	
Identificador	$\%PCT$
Propósito	Conocer el grado de implementación de todas las prácticas complementarias.
Unidad	Porcentaje (%)
Escala	[0, 100]
Ecuación	Ecuación 6. Grado de implementación total de prácticas complementarias. $\%PCT = \sum_i^n \%PCIP_i$
Variables	n : Cantidad de prácticas complementarias. $\%PCIP_i$: Porcentaje de cumplimiento ponderado de una práctica complementaria (ver Tabla 44). $\%PCT$: Porcentaje de cumplimiento total de prácticas complementarias.

4.3.3.2.1.3. Métrica para evaluar el grado de implementación total de practicas

Tabla 46. Grado total de cumplimiento de las prácticas de DevOps.

Grado total de cumplimiento de prácticas de DevOps	
Identificador	$\%PTP$
Propósito	Conocer el grado de implementación de las prácticas fundamentales y complementarias en conjunto
Unidad	Porcentaje (%)
Escala	[0, 100]
Ecuación	Ecuación 7. Porcentaje total de cumplimiento de prácticas. $\%PTP = (\%PPAF * \%PFT) + (\%PPAC * \%PCT)$
Variables	$\%PPAF$: Porcentaje ponderado asociado a todas las prácticas fundamentales (ver Tabla 39). $\%PPAC$: Porcentaje ponderado asociado a todas las prácticas complementarias (ver Tabla 39). $\%PFT$: Porcentaje total de cumplimiento de prácticas fundamentales (ver Tabla 42). $\%PCT$: Porcentaje total de cumplimiento de prácticas complementarias (ver Tabla 45). $\%PTP$: Porcentaje de cumplimiento total de prácticas.

4.3.3.2.2. Métricas para evaluar el grado de implementación de dimensiones

Durante el proceso de armonización, se obtuvo un total de 4 dimensiones: herramientas, procesos, cultura y personas (ver Tabla 26). En la Tabla 47 se presenta la ponderación de cada dimensión de acuerdo con el análisis presentado en la Tabla 37.

Tabla 47. Porcentaje ponderado de dimensiones.

Dimensión	Porcentaje ponderado asociado (%PPAD)	Total
Herramientas	25%	100%
Procesos	25%	
Cultura	25%	
Personas	25%	

A continuación, se presentan las métricas definidas para calcular el grado de implementación de dimensiones.

Tabla 48. Grado de implementación individual de una dimensión.

Grado de implementación individual de una dimensión	
Identificador	%PCDI
Propósito	Conocer el grado de implementación de una dimensión de manera individual.
Unidad	Porcentaje (%)
Escala	[0, 100]
Ecuación	<p>Ecuación 8. Grado de implementación individual de una dimensión.</p> $\%PCDI = \frac{\%PPAF}{n} \sum_i^n \%PFI_i + \frac{\%PPAC}{m} \sum_j^m \%PCI_j$
Variables	<p>n: Cantidad de prácticas fundamentales asociadas a una dimensión. m: Cantidad de prácticas complementarias asociadas a una dimensión. %PPAF: Porcentaje ponderado asociado a todas las prácticas fundamentales (ver Tabla 39). %PPAC: Porcentaje ponderado asociado a todas las prácticas complementarias (ver Tabla 39). %PFI_i: Porcentaje de cumplimiento individual de una práctica fundamental específica asociada a una dimensión (ver Tabla 40). %PCI_i: Porcentaje de cumplimiento individual de una práctica complementaria específica asociada a una dimensión (ver Tabla 43). %PCDI: Porcentaje de cumplimiento individual de una dimensión.</p>

Tabla 49. Grado de implementación total de dimensiones.

Grado de implementación total de dimensiones	
Identificador	%PCDT
Propósito	Conocer el grado de implementación de todas las dimensiones.
Unidad	Porcentaje (%)
Escala	[0, 100]
Ecuación	<p>Ecuación 9. Grado de implementación total de dimensiones.</p> $\%PCDT = \sum_i^n \%PPAD_i * \%PCDI_i$
Variables	<p>n: Cantidad de dimensiones. %PPAD_i: Porcentaje ponderado asociado a una dimensión específica (ver Tabla 47). %PCDI_i: Porcentaje de cumplimiento individual de una dimensión específica (ver Tabla 48). %PCDT: Porcentaje de cumplimiento total de dimensiones.</p>

4.3.3.2.3. Métrica para evaluar el grado de implementación de valores

A partir del análisis realizado durante el proceso de armonización, se obtuvo un total de 4 valores: (i) automatización, (ii) colaboración, (iii) medición y (iv) comunicación (ver Tabla 26). Además, cada valor tiene un conjunto de dimensiones asociadas (ver Tabla 28). En la Tabla 50 se presenta la ponderación asociada a cada valor de acuerdo con el análisis presentado en la Tabla 37.

Tabla 50. Porcentaje ponderado de valores.

Valor	Porcentaje ponderado asociado (%PPAV)	Total
Automatización	25%	100%
Colaboración	25%	
Medición	25%	
Comunicación	25%	

A continuación, se presenta la métrica definida para calcular el grado de implementación de valores.

Tabla 51. Grado de implementación individual de un valor.

Grado de implementación individual de un valor	
Identificador	%PCVI
Propósito	Conocer el grado de implementación de un valor de manera individual con relación a sus dimensiones asociadas.
Unidad	Porcentaje (%)
Escala	[0, 100]
Ecuación	Ecuación 10. Grado de implementación individual de un valor. $\%PCVI = \frac{1}{n} \sum_i^n \%PCDI_i$
Variables	n: Cantidad de dimensiones asociadas al valor %PCDI _i : Porcentaje de cumplimiento de una dimensión específica (ver Tabla 43). %PCVI: Porcentaje de cumplimiento individual de un valor.

4.3.3.2.4. Métrica para evaluar el grado de implementación total de DevOps

El grado total de cumplimiento de DevOps en una empresa desarrolladora de software se obtiene a partir de los resultados ponderados de sus valores (ver Tabla 50). A continuación, se presenta la métrica asociada a este cálculo.

Tabla 52. Grado de implementación total de DevOps.

Grado de implementación total de DevOps.	
Identificador	%PCDev
Propósito	Conocer el grado de implementación total de DevOps
Unidad	Porcentaje (%)
Escala	[0, 100]
Ecuación	Ecuación 11. Grado de implementación total de DevOps. $\%PCDev = \sum_i^n \%PPAV_i * \%PCVI_i$
Variables	n: Cantidad de valores %PPAV _i : Porcentaje ponderado asociado a un valor específico (ver Tabla 47). %PCVI _i : Porcentaje de cumplimiento individual de un valor específico (ver Tabla 48) %PCDev: Grado de implementación de DevOps.

4.3.3.3. Ejemplo de aplicación del modelo de métricas

A continuación, se presenta un ejemplo simulado sobre cómo se llevaría a cabo la evaluación de un conjunto de prácticas específicas tras aplicar el modelo de métricas en una empresa desarrolladora de software. Para ello, se plantean tres momentos de acción: (i) *descripción del ejemplo*; en el cual se presenta el escenario de aplicación, (ii) *ejecución del modelo*; en el cual se describe el proceso realizado para llevar la evaluación, y (iii) *análisis y reporte de resultados*: en el cual se detallan los resultados obtenidos tras aplicar la evaluación.

4.3.3.3.1. Descripción del ejemplo

La empresa X decidió adoptar DevOps para apoyar su proceso de desarrollo. Para ello, la empresa comenzó con la implementación de actividades relacionadas con la *integración continua (IC)*, *entrega continua (EC)*, *pruebas continuas (PC)*, *gestión de la configuración (GC)*, *despliegue continuo (DC)* y *satisfacción laboral (SL)*. En este sentido, la empresa solicitó al grupo investigador realizar un proceso de evaluación.

4.3.3.3.2. Ejecución del modelo

Posterior a identificar el alcance y objetivo de la evaluación, el grupo investigador entregó la documentación necesaria para ejecutar la evaluación. Una semana después, la empresa X entregó la plantilla diligenciada con los soportes al grupo investigador.

4.3.3.3.3. Análisis y reporte de resultados

Después de revisar la documentación entregada por la empresa, se identificó que algunas de las preguntas respondidas por la empresa no corresponden a un “SI” porque los soportes no eran suficientes para garantizar que sus prácticas eran llevadas a cabo correctamente. En la Tabla 53 se presenta el resumen de los resultados obtenidos inicialmente, y los resultados finales tras revisar la documentación.

Tabla 53. Resultados preliminares obtenidos.

Prácticas	Acrónimo	Nombre	Puntuación inicial	Puntuación tras revisar la documentación
PF	IC	Integración continua	100%	100.00%
	EC	Entrega continua	100%	85.40%
	PC	Pruebas continuas	100%	93.20%
	GC	Gestión de la configuración	66%	66.00%
PC	DC	Despliegue continuo	100%	71.30%
	SL	Satisfacción laboral	67%	49.68%

Acrónimos: **PF**: Práctica fundamental. **PC**: Práctica complementaria.

Después de analizar los resultados, el grupo investigador presentó el reporte a la empresa X. En la Tabla 54 se presenta el resumen general de los resultados y en la Tabla 55 se presenta la puntuación total de prácticas.

Tabla 54. Resultados al evaluar las prácticas.

Prácticas	Id	Nombre	%PPFA	%PFI	%PFIP	Ponderación	%PTCP
PF	IC	Integración continua	8.50%	100.00%	8.50%	70%	26.82%
	EC	Entrega continua	8.40%	85.40%	7.17%		
	PC	Pruebas continuas	8.40%	93.20%	7.83%		
	GR	Gestión de requisitos	8.30%	0.00%	0.00%		
	GD	Gestión de datos	8.30%	0.00%	0.00%		
	SS	Supervisión de la seguridad	8.30%	0.00%	0.00%		
	DE	Dirección estratégica	8.30%	0.00%	0.00%		
	GC	Gestión de la configuración	8.30%	66.00%	5.48%		
	MC	Monitoreo y observabilidad continua	8.30%	0.00%	0.00%		
	ED	Educación en torno a DevOps	8.30%	0.00%	0.00%		
	RC	Realimentación continua e innovación	8.30%	0.00%	0.00%		
	MCu	Medición de la cultura	8.30%	0.00%	0.00%		
%PFT					28.98%		
Prácticas	Id	Nombre	%PPCA	%PCI	%PCIP	Ponderación	
PC	DC	Despliegue continuo	18.00%	71.30%	12.83%	30%	
	ICo	Infraestructura como código	16.00%	0.00%	0.00%		
	GA	Gestión de acceso a privilegios	16.00%	0.00%	0.00%		
	AC	Aprendizaje continuo	16.00%	0.00%	0.00%		
	ExC	Experimentación continua	16.00%	0.00%	0.00%		
	SL	Satisfacción laboral	18.00%	49.68%	8.94%		
%PCT					30%		

Acrónimos: **PF**: Práctica fundamental. **PC**: Práctica complementaria. **Id**: Identificador.

Tabla 55. Grado de implementación de prácticas.

Prácticas	Identificador	Nombre	%PFI	Grado de implementación
PF	IC	Integración continua	100.00%	CA
	EC	Entrega continua	85.40%	CA

	PC	Pruebas continuas	93.20%	CA
	GC	Gestión de la configuración	66.00%	AA
Prácticas	Identificador	Nombre	%PCI	Grado de implementación
PC	DC	Despliegue continuo	71.30%	AA
	SL	Satisfacción laboral	49.68%	PA

Acrónimos: **PF**: Práctica fundamental. **PC**: Práctica complementaria. **AA, CA, PA** (ver Tabla 36).

A nivel general, la empresa identificó que: (i) sus prácticas de integración continua, entrega y pruebas continuas obtuvieron un grado de implementación completamente alcanzado (CA), (ii) sus prácticas de gestión de la configuración y despliegue continuo obtuvieron un grado de implementación ampliamente alcanzado (AA) y su práctica de satisfacción laboral obtuvo un grado de implementación parcialmente alcanzado (PA). Como resultado, la empresa X identificó que debe realizar acciones de mejora aumentar la satisfacción de los equipos. Además, el grupo investigador presentó a la empresa los resultados obtenidos para cada una de las dimensiones y valores. En la Tabla 56 presentan los resultados obtenidos tras evaluar las dimensiones; de acuerdo con los resultados obtenidos, la empresa logró identificar que: (i) la empresa obtuvo un grado ampliamente alcanzado (AA) a nivel de herramientas, (ii) la empresa obtuvo un grado parcialmente alcanzado (PA) a nivel de procesos y personas, y (iii) la empresa obtuvo un grado no alcanzado (NA) a nivel de cultura. De manera análoga, se presentaron los resultados obtenidos para cada valor. En la Tabla 57 se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de valores. De acuerdo con los resultados, la empresa obtuvo un grado parcialmente alcanzado en todos sus valores.

Tabla 56. Resultados obtenidos en la evaluación de dimensiones.

Dimensiones	%PCDI	Grado de implementación individual	%PPAD	%PCDT	Grado de implementación total
Herramientas	41.59%	AA	25.00%	26.00%	PA
Procesos	27.28%	PA	25.00%		
Cultura	4.97%	NA	25.00%		
Personas	30.17%	PA	25.00%		

Acrónimos: **AA, NA, PA** (ver Tabla 36).

Tabla 57. Grado de implementación de valores.

Valor	%PCVI	Grado de implementación individual	%PPAV	%PCDev	Grado de implementación total
Automatización	24.61%	PA	25.00%	23.09%	PA
Colaboración	17.57%	PA	25.00%		
Medición	24.61%	PA	25.00%		
Comunicación	25.58%	PA	25.00%		

Acrónimos: **PA** (ver Tabla 36).

Finalmente, la empresa obtuvo un grado de implementación de DevOps (%PCDev) parcialmente alcanzado (PA). Lo anterior tiene sentido para la empresa debido a que aún tienen un largo camino por recorrer en su proceso de adopción de DevOps. Sin embargo, la empresa logró identificar aspectos de mejora en las prácticas que ya están aplicando y ahora cuenta con un panorama general sobre las actividades adicionales que deben adoptar para mejorar su proceso actual.

4.4. Proceso de evaluación

A continuación, se presentan los elementos necesarios que se deben considerar para aplicar el modelo de evaluación en una empresa de software de acuerdo con sus (i) roles y (ii) actividades.

4.4.1. Roles involucrados en el proceso de evaluación

En la Tabla 58 se describen los roles propuestos para asumir las actividades que se deben llevar a cabo para aplicar el modelo.

Tabla 58. Roles propuestos en el modelo.

Identificador	Rol	Descripción
EV	Evaluador	Recurso humano con el conocimiento sobre cómo aplicar el modelo de evaluación, como llevar a cabo su evaluación y analizar los resultados obtenidos en una empresa desarrolladora de software.
RP	Responsable del proceso	Recurso humano con conocimiento detallado sobre el proceso de desarrollo de software en la empresa que quiere evaluar su proceso de DevOps.

4.4.2. Actividades

El proceso de evaluación es realizado siguiendo el conjunto de actividades propuestas en PvalCOMPETISOFT [104] las cuales se describen a continuación: **(A1) planificación de la evaluación**; El evaluador describe las características de la empresa donde se llevará a cabo la evaluación, fecha de la evaluación, actividades a realizar, esfuerzo y tiempo necesario para realizar la evaluación, **(A2) ejecución de la evaluación**; El evaluador toma las evidencias necesarias con la información requerida para aplicar las métricas, **(A3) generación de resultados**; El evaluador analiza los resultados obtenidos tras aplicar las métricas, y **(A4) reporte de resultados**; El evaluador presenta un reporte detallado de los resultados obtenidos al responsable del proceso. En la Figura 2, se presenta el proceso sugerido para llevar a cabo una evaluación.

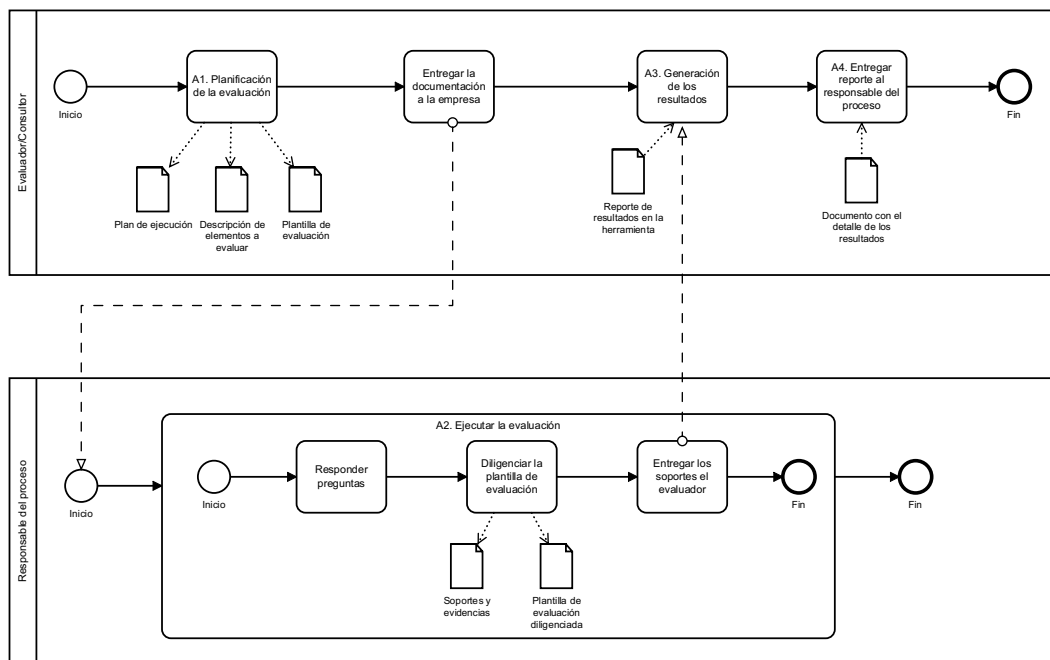


Figura 2. Extracto del proceso para llevar a cabo la evaluación de DevOps.

De acuerdo con el marco de trabajo descrito por PvalCOMPETISOFT [104], se sugiere que las actividades se lleven a cabo de acuerdo con la capacidad de la empresa en términos de recursos humanos, esfuerzo y tiempo disponibles. En este sentido, en la Tabla 59, se presenta una recomendación sobre los criterios que se deberían considerar para aplicar el modelo de acuerdo con la clasificación de tipo de empresa, tomando como parámetro la cantidad de empleados [95], [96] y el esfuerzo que debería aplicar el responsable del proceso.

Tabla 59. Recomendación de tiempo y esfuerzo requerido para aplicar el modelo.

Tipo de empresa	Cantidad de empleados (n)	Tiempo recomendado para aplicar la evaluación [semanas]	Esfuerzo [horas]	Tiempo recomendado entre evaluaciones [meses]
Grande	$n \geq 250$	1	3	9
Mediana	$50 \leq n < 250$	1	3	9
Pequeña	$10 \leq n < 50$	1.5	2	6
Micro	$n < 10$	2	1	6

4.5. Herramienta para apoyar la automatización del proceso de evaluación de DevOps

Como resultado del análisis del estado del arte, se identificó que se han propuesto herramientas que permiten evaluar DevOps. Con el objetivo de ofrecer una solución que permita facilitar el trabajo a un evaluador y disminuir el grado de intervención humana durante el proceso de evaluación, se realizó un análisis comparativo para identificar el nivel de detalle en la evaluación realizada por cada herramienta. Para ello, se evaluaron los siguientes criterios: (i) C1; la herramienta evalúa el grado de adopción de prácticas, dimensiones y valores de DevOps, (ii) C2; la herramienta es gratuita, (iii) C3; la herramienta está soportada en un conjunto de métricas claramente definidas, (iv) la herramienta cuenta con el apoyo de un consultor externo y (v) la herramienta está soportada por un modelo de referencia. En la Tabla 60 se presenta el resultado después de analizar cada una de las herramientas:

Tabla 60. Comparación de herramientas para evaluar DevOps.

No	Ref	Nombre	C1			C2		C3		C4		C5	
			Prac	Dim	Val	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
1	[87]	IVI's DevOps Assessment	X				X		X		X		X
2	[80]	DevOps Maturity Assessment	X			X			X		X		X
3	[81]	Microsoft DevOps Self-Assessment	X			X			X	X			X
4	[92]	Eficode	X				X		X		X		X
5	[82]	Infostretch	X			X			X		X		X
6	[83]	InCycle Evaluacion de devops	X			X			X		X		X
7	[88]	Veritis	X				X		X		X		X
8	[89]	Boxboat	X				X		X		X		X
9	[84]	IBM DevOps Self Assesment	X			X		X			X		X
10	[85]	DevOps Maturity Survey Report	X			X		X		X			X
11	[90]	Humanitec DevOps Assessment	X				X		X		X		X
12	[91]	Atlasian DevOps Assessment	X				X		X		X		X
13	[86]	DevOps Maturity model	X			X			X		X		X
14	[93]	DevOps Heath Radar Assessment	X	X		X		X					X
15	[94]	DORA DevOps Quick Check	X			X			X		X		X

Acronimos: **No**: Número. **Ref**: Referencia. **Prac**: Prácticas. **Dim**: Dimensiones. **Val**: Valores.

De acuerdo con los resultados obtenidos en análisis de herramientas fue posible observar lo siguiente: *con relación al criterio C1*; 15 herramientas (100%) realizan su evaluación a nivel de prácticas, 1 herramienta (6,6%) incluye aspectos relacionados con dimensiones, y ninguna herramienta (0%) realiza una evaluación de valores. *Con relación al criterio C2*; 9 herramientas (60%) son gratuitas y 6 herramientas (40%) requieren algún tipo de pago. *con relación al criterio C3*; 3 herramientas (20%) describen métricas propuestas a través de protocolos claros y estructurados, y 12 herramientas (80%) solo presentan las métricas sin dar información adicional que permita conocer como fueron definidas. *con relación al criterio C4*; 2 herramientas (13,3%) proveen servicios de seguimiento realizado por consultores expertos que proveen información adicional sobre los resultados arrojados por cada herramienta, y 13 herramientas (86,7%) solo proveen la información arrojada por la evaluación a través de reportes. *con relación al criterio C5*; ninguna herramienta (0%) está soportada a través de modelos de

referencia. De acuerdo con lo anterior fue posible observar lo siguiente; se han propuesto herramientas que buscan evaluar DevOps a través de diferentes aproximaciones, sin embargo, no se identificaron herramientas que realicen una evaluación integral que involucre prácticas, dimensiones y valores. Por otro lado, el 40% de las herramientas propuestas limitan los resultados de su evaluación o requieren suscripción para obtener un reporte más detallado. Además, el 80% de las herramientas no presentan un mecanismo claro que permita comprender el alcance de su evaluación y solo el 13,3% de las herramientas ofrecen servicios de consultoría especializada como apoyo en la evaluación. Finalmente, ninguna herramienta está soportada a través de modelos que estandaricen el conocimiento en torno a DevOps, resultando en soluciones heterogéneas que son definidas de acuerdo con lo que cada empresa considera más relevante.

Con el objetivo de apoyar el proceso de aplicación de las métricas a través de una herramienta que cumpla con los criterios descritos en el apartado anterior, se decidió implementar una aplicación web que permite automatizar el cálculo de los resultados obtenidos tras aplicar cada una de las métricas y ponderaciones propuestas en el modelo de evaluación. En las siguientes subsecciones, se presenta el detalle técnico de la solución de acuerdo con: (i) su arquitectura y (ii) módulos.

4.5.1. Arquitectura de la solución

A continuación, se presenta el detalle de la arquitectura frontend y backend de la solución.

4.5.1.1. Arquitectura del frontend

El frontend de la solución se implementó tomando en cuenta los siguientes criterios: (i) debe ser portable, (ii) flexible, (iii) mantenible y (iv) debe tener buen rendimiento ante la subida de archivos. Como resultado, la solución se construyó siguiendo el conjunto de buenas prácticas y patrones de Ionic Framework [105]. En la Figura 3 se presenta el diagrama general de la arquitectura.

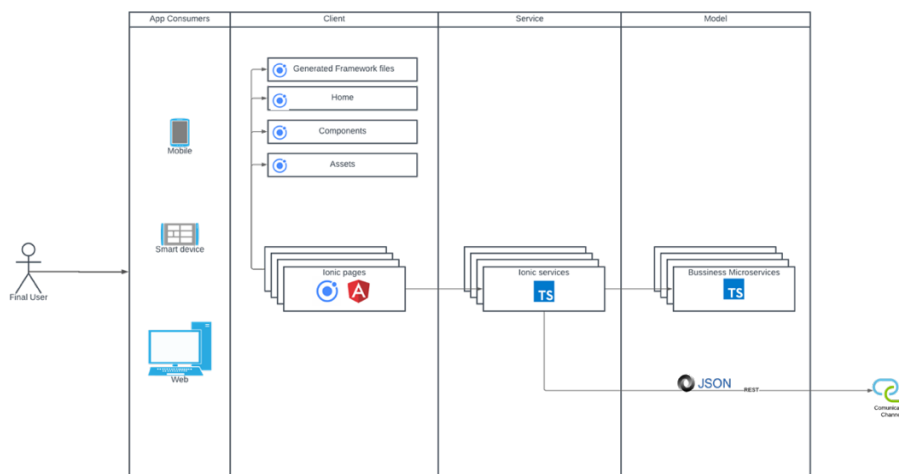


Figura 3. Arquitectura del frontend.

A continuación, se describe cada uno de los componentes de la arquitectura.

- **Consumidores de la aplicación:** El sistema se construyó con el propósito de ser ejecutado como una aplicación web adaptable a cualquier dispositivo.

- **Cliente:** Comprende el conjunto de elementos necesarios para que un usuario final pueda interactuar con las interfaces gráficas. A continuación, se describe cada uno de los módulos que componen esta capa de la aplicación:
- **Archivos generados por el framework:** Conjunto de archivos empaquetados que son construidos de manera genérica para cualquier proyecto desarrollado en Ionic Framework.
- **Home:** Modulo que describe el detalle de la funcionalidad necesaria para que un usuario pueda interactuar con la página principal del sistema.
- **Componentes:** Paquete que contiene todas las plantillas y estilos que el framework no tiene por defecto.
- **Assets:** Paquete que contiene todos los iconos, imágenes y material que no provee el framework.
- **Páginas Ionic:** Módulos que representan cada funcionalidad. La arquitectura interna de las páginas Ionic sigue las buenas prácticas propuestas en la especificación del framework [105].
- **Servicios:** Archivos typescript que representan la lógica de negocio necesaria para consultar el backend mediante comunicación REST [106] y mensajería JSON [107].
- **Modelo:** Archivos typescript que representan los objetos de negocio que son mapeados con la información que verá un usuario final.

4.5.1.2. Arquitectura del backend

La solución fue implementada utilizando lenguaje JAVA [108] apoyado en el conjunto de buenas prácticas y patrones que provee la suite de Spring Framework [109]. En la Figura 4, se presenta la arquitectura general del backend.

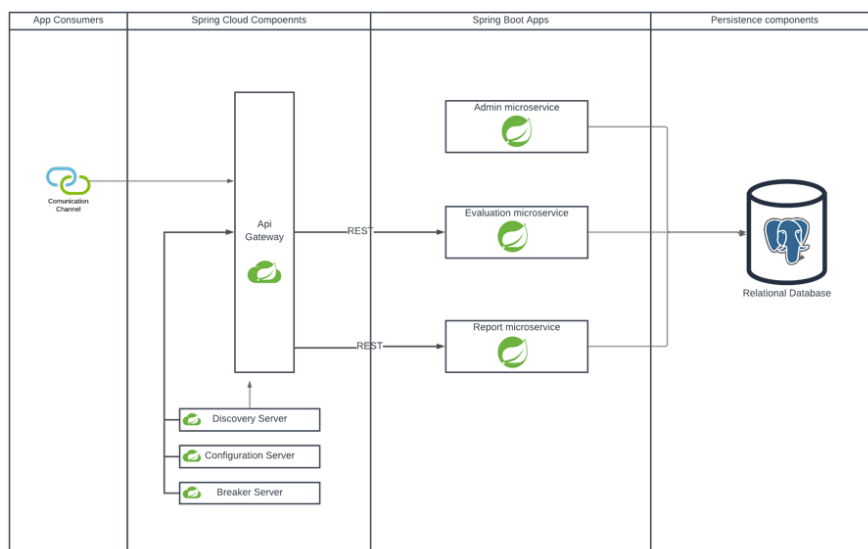


Figura 4. Arquitectura del backend.

A continuación, se describe cada uno de los elementos que componen la arquitectura general:

- **Consumidores de la aplicación:** El backend puede ser consumido por cualquier api con los permisos y autorización necesaria para hacer peticiones REST a los puntos de entrada habilitados por el sistema.
- **Componentes Spring Cloud:** La suite de Spring Cloud provee la infraestructura necesaria para garantizar la consistencia, integridad, balanceo de carga y

seguridad de la aplicación. A continuación, se describe cada uno de los componentes de la solución:

- **Puerta de entrada (Api Gateway):** Componente que establece las políticas y flujos necesarios para realizar el enrutamiento de las peticiones que llegan al backend.
- **Servidor de descubrimiento:** Componente encargado de implementar los mecanismos necesarios para el balanceo de carga dinámico.
- **Servidor de configuración:** Componente que contiene todas las configuraciones necesarias para automatizar las configuraciones en etapa de implementación, stage, preproducción y producción.
- **Servidor breaker:** Componente con la lógica necesaria para realizar el control de mensajería y comportamientos que no son parte de los flujos normales del sistema.
- **Aplicaciones Spring Boot (Microservicios):** Componente en el cual se construyeron cada uno de los microservicios que representan el dominio de negocio del sistema. Los microservicios se implementaron siguiendo el conjunto de patrones, buenas prácticas y recomendaciones de JAVA y Spring Framework. Los detalles de implementación pueden consultarse en el sitio web con la documentación oficial del framework [109].
- **Componentes de persistencia:** Componente que define la estructura utilizada para el almacenamiento de información. Para la solución se utilizó el esquema de base relacional implementado en PostgreSQL [110].

4.5.2. Módulos

Con el objetivo de ofrecer una experiencia de usuario que permita servir como apoyo a un evaluador, el sistema se dividió en módulos o funcionalidades principales que se encargan de aspectos específicos de la aplicación. A continuación, se presenta el detalle de cada uno de los módulos presentes en el sistema.

4.5.2.1. Módulo de administración

El módulo de administración tiene dos objetivos: (i) presentar la información general de cada una de las empresas registradas en el sistema, y un panel de acciones que permite ver el detalle de las evaluaciones realizadas a cada empresa; y (ii) presentar una interfaz que permite subir archivos en formato XLS con el detalle de una evaluación hecha por una empresa. En la Figura 5 se presenta la interfaz observará un evaluador.

← Empresas

Subir evaluación desde archivo plano

El sistema permite subir la información de una evaluación diligenciada siguiendo el formato de la plantilla de excel entregada por el consultor. Por favor revisar el NIT de la empresa antes de subir la evaluación.

Seleccionar archivo ningún archivo seleccionado

+ SUBIR NUEVA EVALUACIÓN LIMPIAR

Empresas registradas en el sistema

Nit	Nombre	Dirección	Contacto	Acciones
9000000000	Empresa de Carlos	Cra 45 # 26-162 Torre 4 Apto 2	+573116345180	

Figura 5. Módulo de administración.

4.5.2.2. Módulo de evaluación

El módulo de evaluación presenta el histórico de evaluaciones realizadas a una empresa a través de dos mecanismos: (i) una gráfica con las puntuaciones obtenidas y (ii) una grilla con información general de la evaluación (fecha de la evaluación, resultado total, grado de implementación) y (iii) un panel de acciones asociado a cada registro que permite visualizar el detalle de cada evaluación. En la Figura 6 se presenta la interfaz con la que interactúa un evaluador.

Detalle de la empresa			
Nombre: Empresa de Carlos			
Descripción de la empresa: Empresa que provee servicios a la medida para clientes específicos			
Nit: 9000000000			
Dirección: Cra 45 # 26-162			
Número de contacto: +573116345180			
Fecha de la evaluación	Resultado	Grado de cumplimiento	Acciones
26/02/2022	0.0% de 100%	No alcanzado	

Figura 6. Módulo de evaluación.

4.5.2.3. Módulo de reportes

El módulo de reportes presenta el detalle de una evaluación particular. En este módulo se describe el porcentaje de cumplimiento de cada práctica, dimensión y valor de DevOps. El reporte presenta la siguiente información al evaluador: (i) una tabla con el detalle de cada uno de los elementos evaluados y (ii) una gráfica que permite visualizar los resultados presentados en la tabla en un formato fácil de entender. En la Figura 7 se presenta un extracto con el detalle de la evaluación de prácticas complementarias.

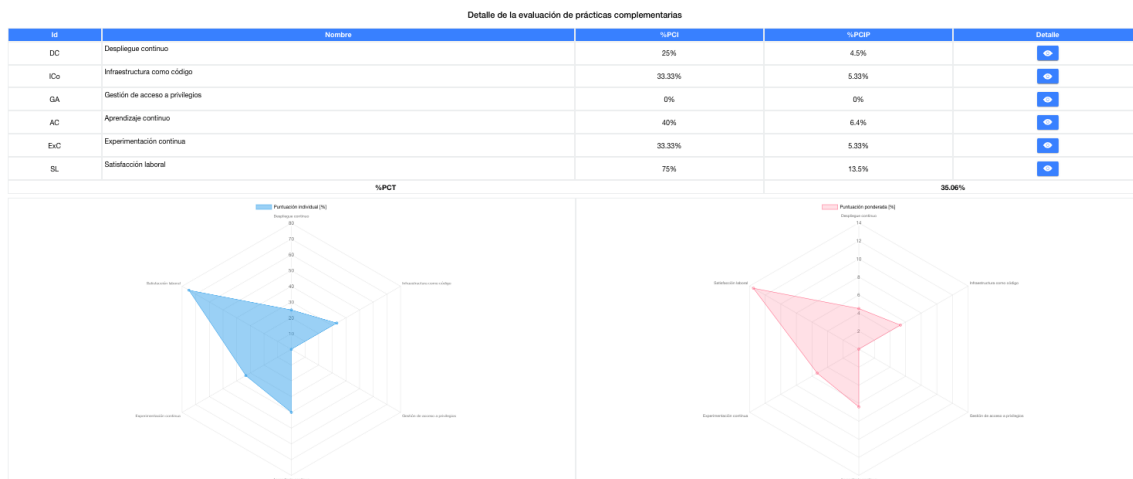


Figura 7. Módulo de reportes (extracto).

Adicionalmente, los resultados de cada práctica cuentan con una opción que permite visualizar las respuestas a cada una de sus preguntas asociadas. En la Figura 8 se presenta la interfaz con el detalle de las respuestas a cada una de las preguntas relacionadas con la práctica de Integración Continua (IC).

Detalle de preguntas

Código	Pregunta	Si	No
P1_IC	¿Se han definido políticas, procedimientos o estrategias explícitas para llevar a cabo el control de versiones en el proyecto?	X	
P2_IC	¿Se han definido repositorios que permitan automatizar el control de versiones en los artefactos involucrados durante el proceso de desarrollo?	X	
P3_IC	¿El proyecto utiliza herramientas que garanticen la integridad del código fuente antes de realizar actualizaciones de cualquier tipo?	X	
P4_IC	¿Existen procedimientos claros para la implementación y documentación de pruebas unitarias?	X	
P5_IC	¿La compilación, revisión y despliegue del código fuente está automatizada?	X	
P6_IC	¿Existen mecanismos que permitan identificar de manera clara cualquier error durante la integración de nuevo código fuente durante el proceso de desarrollo?	X	
P7_IC	¿Existen mecanismos, políticas o procedimientos que permitan la recuperación de un estado estable del sistema en caso de un fallo durante el proceso de integración de nuevo código?	X	
P8_IC	¿Los equipos de desarrollo y operaciones tienen acceso al sistema de control de versiones dispuesto para el proyecto?	X	

Figura 8. Módulo de reportes (sección de preguntas).

4.6. Sesgos en la definición del modelo de métricas

Para reducir el grado de subjetividad presente durante el estudio, se aplicaron técnicas de análisis cuantitativas en cada una de las etapas de definición de la solución. Adicionalmente, la solución fue sometida a una evaluación teórica por parte de pares expertos en DevOps a través de un grupo focal y una evaluación práctica mediante la ejecución de dos estudios de caso. Los mecanismos para realizar la evaluación de la propuesta son descritos con detalle en el siguiente capítulo.

Capítulo V. Evaluación de la propuesta

En este capítulo se presenta la evaluación del modelo de métricas a través de un grupo focal con miembros expertos de la industria de software y dos estudios de caso aplicados en empresas desarrolladoras de software. En la Sección 5.1, se presenta el protocolo y las actividades realizadas con el propósito de evaluar el modelo de métricas de acuerdo con su (i) aplicabilidad, (ii) comprensibilidad, (iii) completitud e (iv) idoneidad. A partir de los resultados obtenidos en el grupo focal, se identificaron acciones de mejora que fueron aplicadas al modelo, lo cual resultó en una versión refinada de la propuesta. En segundo lugar, en la Sección 5.2, se presentan los resultados obtenidos después de aplicar dos estudios de caso en la industria de software, el cual evaluó la utilidad, comprensibilidad y practicidad del modelo de métricas en un entorno real.

5.1. Evaluación teórica: Grupo focal

En esta sección se presentan los resultados del grupo focal aplicado a la primera versión del modelo de métricas. Los resultados permitieron identificar aspectos de mejora que fueron utilizados para crear una versión mejorada del modelo. El proceso llevado a cabo para realizar el grupo focal está basado en el conjunto de actividades propuestas en [42] las cuales se describen a continuación. En la Figura 9 se presenta el proceso seguido para el diseño, ejecución y análisis de los resultados obtenidos del grupo focal.

- **Planeamiento de la investigación:** se establece el contenido y el procedimiento para llevar a cabo la sesión de debate.
- **Diseño del grupo de discusión (Reclutamiento):** se definen las estrategias de selección de los participantes del grupo focal.
- **Conducción de la sesión de debate (Moderación):** se ejecutan los procedimientos establecidos en la fase de planeación con el fin de generar la sesión de debate y capturar las opiniones realizadas por los participantes.
- **Análisis de la información y reporte de resultados:** se realiza el análisis de tipo cuantitativo y/o cualitativo utilizando estadística descriptiva o métodos de tipo cuantitativo.

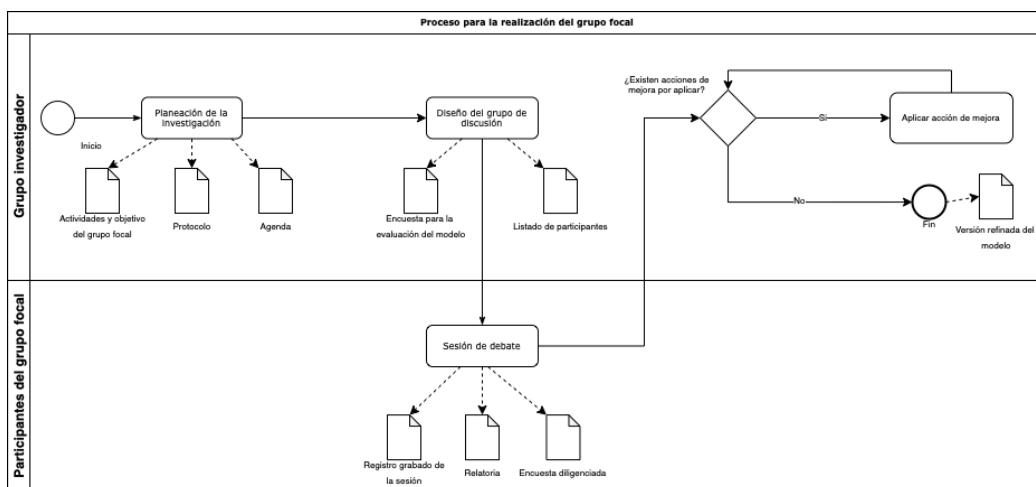


Figura 9. Actividades realizadas para llevar a cabo el grupo focal.

5.1.1. Planeamiento de la investigación

En esta fase se definieron los objetivos del grupo focal, el objetivo de investigación y se prepararon los materiales y procedimientos para realizar el grupo focal. En la Tabla 61 se presentan elementos relacionados a esta actividad.

Tabla 61. Actividades llevadas a cabo para el planteamiento de la investigación.

Actividad	Descripción
Objetivo del grupo focal	Conocer la percepción de profesionales expertos en DevOps acerca del grado de aceptación o rechazo de los siguientes elementos: (i) idoneidad, (ii) completitud, (iii) comprensibilidad del modelo, (iv) aplicabilidad en la industria de software.
Objetivo de investigación	Realizar la evaluación del conjunto de métricas propuesto para identificar aspectos de mejora con base en los comentarios y la realimentación de expertos en DevOps
Preparación de materiales y procedimientos aplicados por el investigador	Definir los procedimientos, materiales y técnicas necesarias para ejecutar el grupo focal, así como: (i) estructura del protocolo del grupo focal, (ii) instrumentos y métodos a emplear en el grupo focal, (iii) socialización de documentos a los participantes, (iv) definición de métodos de captura y análisis de información.
Protocolo del grupo focal	Conjunto de elementos que se deben considerar para ejecutar el grupo focal.
Métodos de captura y registro de información	El grupo focal cuenta con un relator encargado de tomar nota de la información relevante durante la sesión de debate (registro escrito, audio, video, entre otros)
Métodos de análisis de información	Posterior a aplicar el grupo focal, el investigador realizó un análisis detallado de la información recolectada en cada uno de los cuestionarios y un análisis cualitativo de las observaciones hechas por cada uno de los participantes.

En la Tabla 62 se presenta el detalle de los aspectos considerados para la definición del protocolo aplicado en el grupo focal. Por otro lado, en la Tabla 63 se presentan los elementos más relevantes considerados para la ejecución del grupo focal, entre ellos: su fecha de realización, hora de inicio, duración, lugar, entre otros.

Tabla 62. Estructura del protocolo utilizado para el grupo focal.

Elemento	Descripción
Agenda	Documento que detalla las actividades que realiza cada participante durante el grupo focal.
Cuestionario	Documento que describe el conjunto de preguntas clave que permiten obtener información relevante acerca del grado de aceptación o rechazo de la propuesta.
Estructura	Documento que describe el protocolo llevado a cabo para la ejecución del grupo focal.
Propuesta	Documento que contiene la descripción de la propuesta a evaluar.

Tabla 63. Elementos para la realización del grupo focal.

Elemento	Descripción
Fecha de realización	Fecha en la que se realiza el grupo focal.
Hora de inicio	Hora exacta de inicio del grupo focal.
Duración	Duración aproximada del grupo focal.
Lugar	Espacio físico o virtual para la realización del grupo focal.
Tema por tratar	Tema que aborda el grupo focal.
Moderador	Rol encargado de asegurar la participación de los asistentes.
Supervisor	Persona encargada de recopilar información relevante.
Relator	Persona encargada de exponer el tema a tratar durante el grupo focal.
Participantes	Profesionales expertos en el área a tratar.
Objetivo del grupo focal	Objetivo principal del grupo focal.
Objetivo de investigación	Objetivos relacionados con la realización del grupo focal.

5.1.2. Diseño del grupo de discusión (Reclutamiento)

A continuación, se describen cada una de las actividades realizadas para llevar a cabo la selección de los participantes del grupo focal.

- Definición del perfil asociado a cada participante:** En esta actividad se describen los criterios considerados para la selección de cada participante, los cuales se mencionan a continuación: (i) ser un profesional experto en DevOps, (ii) tener experiencia trabajando en la industria de software y/o en el sector

académico, (iii) tener conocimiento claro sobre todas o algunas actividades llevadas a cabo cuando se aplica DevOps, (iv) tener conocimiento y/o experiencia sobre marcos de trabajo ágiles y su aplicación en la industria de software.

- **Identificación de los participantes:** De acuerdo con los criterios de selección, se identificó el conjunto de posibles participantes del grupo focal. Posteriormente, se invitó a las personas que cumplieran con los criterios establecidos. Finalmente, el grupo conformado fue compuesto por los profesionales que aceptaron la invitación.

Como resultado del proceso de identificación de participantes, la sesión de debate contó con un total de 14 asistentes. En la Tabla 64 se presenta el resumen de la información relacionada a cada uno de los participantes de acuerdo con su información académica. A partir de la caracterización de los participantes fue posible observar lo siguiente: (i) los 14 participantes (100%) eran profesionales en ingeniería de sistemas o afines, (ii) 4 participantes (28.6%) contaban un título de especialización en temas relacionados con ingeniería de software y/o gerencia de proyectos informáticos y (iii) 3 participantes (21.4%) tenían un título de maestría en computación; finalmente, la sesión de debate no contó con participantes que tuvieran un título de doctorado.

Tabla 64. Perfil académico de los participantes del grupo focal.

Id	Nivel de estudios				Titulo más reciente
	Pregrado	Especialización	Maestría	Doctorado	
1	X	X			Pregrado en Ingeniería de Sistemas.
2	X	X			Pregrado en Ingeniería de Sistemas.
3	X	X	X		Máster en Computación.
4	X				Pregrado en Ingeniería de Sistemas.
5	X		X		Máster en Gerencia de proyectos informáticos.
6	X				Pregrado en Ingeniería de Sistemas.
7	X				Pregrado en Ingeniería de Sistemas.
8	X				Pregrado en Ingeniería de Sistemas.
9	X				Pregrado en Ingeniería de Sistemas.
10	X	X			Pregrado en Ingeniería de Sistemas.
11	X		X		Máster en Computación.
12	X				Pregrado en Ingeniería de Sistemas.
13	X				Diplomado en tecnologías de la información.
14	X				Pregrado en Ingeniería de Sistemas.

Acrónimos: Id: Identificador.

En la Tabla 65 se presenta el resumen de acuerdo con el perfil profesional de los participantes. Las descripciones presentadas corresponden a lo que cada participante diligenció en el formulario. Las secciones marcadas sin información representan las secciones que no fueron diligenciadas por un participante.

Tabla 65. Perfil profesional de los participantes del grupo focal.

Id	Cargo	Experiencia profesional		Experiencia trabajando con DevOps	
		Descripción	Años	Descripción	Años
1	CEO	Experiencia trabajando en todo el ciclo de desarrollo de software y gestión de proyectos TI.	17	He utilizado Jenkins y pipelines para despliegue continuo.	4
2	Consultor	Desarrollador Mobile senior.	15	-	5
3	Desarrollador Android	Desarrollo de aplicaciones multimodulares con equipos multidisciplinares y en diferentes zonas horarias, bajo enfoque Scrum y con implementación de prácticas de integración y entrega continua.	14	Desarrollo usando prácticas de integración y entrega continua, utilizando herramientas como GitHub, firebase, travis CI y Jira.	4
4	Ingeniero de desarrollo	-	10	-	2

5	Ingeniero de integración	Experiencia en desarrollo de SW en python, JAVA, C, R. Bases de datos relacionales: SQL Server, Oracle, No relacionales, y análisis de grandes volúmenes de datos.	7	Experiencia con herramientas de integración continua, Scrum, Kanban, pruebas de aceptación y unitarias, revisión de pares.	3
6	Desarrollador Fullstack Senior	Desarrollo de aplicaciones enfocado a frontend y backend.	5	Procesos de despliegue y automatización.	2
7	Especialista en seguridad de la información	-	5	-	2
8	Consultor de soluciones	-	5	-	1
9	Lead Software Engineer	Ingeniero Backend y Cloud.	5	Automatización de infraestructura.	1
10	Desarrollador Senior	Desarrollador Java-Groovy experto en todas las etapas del ciclo de vida de desarrollo de software.	4	Desarrollo, pruebas, integración y supervisión continua de diferentes clústeres que implican microservicios.	1
11	Arquitecto Junior	2 años como desarrollador en una empresa de telecomunicaciones y 2 en una empresa de software contable.	4	Experiencia trabajando con esta metodología.	2
12	Líder técnico	-	4	-	3
13	Ingeniero de producto	Levantamiento de requerimientos, pruebas de aceptación, gestión de equipos de trabajo, participación en actividades de talento humano.	2.5	Se realizó el trabajo de grado titulado: "Proceso que soporta DevOps en la integración, entrega y despliegue continuo".	2
14	Desarrollador web/móvil	-	2	-	1

Acronimos: Id: Identificador.

Con relación a la experiencia de los participantes, fue posible observar que: 4 participantes (28.6%) tenían 5 años de experiencia en actividades relacionadas con ingeniería de sistemas, informática o afines; 3 participantes (21.4%) tenían 4 años de experiencia; 1 participante (7.1%) cuenta con 2 años y medio de experiencia; 1 participante (7.1%) tenía 2 años experiencia; finalmente, 5 participantes (35.5%) cuentan con 7, 10, 14, 15 y 17 años de experiencia cada uno, respectivamente. Como resultado, la distribución obtenida de acuerdo con la experiencia de los participantes permitió recibir realimentación desde múltiples puntos de vista asociados con el grado de experiencia de cada participante. De igual manera, el análisis con relación a la experiencia de los participantes en el uso de DevOps muestra lo siguiente: 2 participantes (35.7%) tenían 2 años de experiencia en la adopción y/o definición de prácticas relacionadas con DevOps, 4 participantes (28.6%) tienen 1 año de experiencia, 2 participantes (14.3%) tienen 3 años de experiencia, 2 participantes (14.3%) tienen 4 años de experiencia, finalmente, 1 participante (7.1%) cuenta con 5 años de experiencia. Además, el análisis de la descripción diligenciada por cada uno de los participantes permitió observar que todos los participantes cuentan con experiencia en la adopción de prácticas presentes en el modelo de métricas como: integración, pruebas y despliegue continuo.

5.1.3. Conducción de la sesión de debate

La sesión de debate tuvo una duración de una hora y media en la cual el moderador fue el responsable de asegurar que las actividades descritas en Tabla 66 fueran llevadas a cabo de manera correcta.

Tabla 66. Organización del grupo focal.

Actividad	Descripción
1	Bienvenida y agradecimiento a los participantes por su participación.
2	Presentación del grupo investigador, objetivos del grupo focal y de investigación.
3	Presentación de los participantes.
4	Presentación del modelo.

5	Discusión de la propuesta por parte de los asistentes del grupo focal.
6	Diligenciamiento de la encuesta.
7	Agradecimiento a los participantes.
8	Finalización del grupo focal.

Después de aplicar el grupo focal se obtuvo los siguientes artefactos de salida: (i) grabación de la sesión de debate con previo consentimiento de los participantes, (ii) toma de notas resultantes de la intervención de cada participante y (iii) encuesta diligenciada por cada uno de los participantes.

5.1.4. Captura de información

El proceso de captura de información fue realizado por el relator asignado en la sesión, quien fue el responsable registrar toda la información relevante durante la discusión. Adicionalmente, se presentó un cuestionario a los participantes al final de la sesión con el propósito de identificar la percepción de los asistentes de acuerdo con sus observaciones. El cuestionario fue estructurado en dos etapas: (i) descripción del perfil de los participantes (ver Tabla 64 y Tabla 65), y (ii) definición de las preguntas diseñadas para obtener información de interés posterior a la sesión de debate. El cuestionario final tiene un total de 2 preguntas abiertas y 17 preguntas con escala discreta definidas mediante la escala de Likert [111]. La correspondencia de valores propuestos por la escala de Likert es presentada en la Tabla 67.

Tabla 67. Nivel de conformidad de acuerdo con la escala de Likert.

Valor	Descripción
1	Muy mal, muy insatisfecho(a)
2	Mal, poco satisfecho(a)
3	Bien, suficiente, adecuado, algo satisfecho(a)
4	Bastante bien, bastante satisfecho(a)
5	Muy bien, muy adecuado, muy satisfecho(a)

En la Tabla 68 se presentan las preguntas definidas en el cuestionario diligenciado por cada uno de los participantes después de la sesión de debate. El detalle de las preguntas se puede consultar en el Anexo C: Resultados del grupo focal. Adicionalmente, se presenta la relación entre cada pregunta con respecto a los siguientes criterios: (i) C1: comprensibilidad; (ii) C2: aplicabilidad; (iii) C3: idoneidad y (iv) C4: completitud.

Tabla 68. Preguntas del grupo focal.

Aspecto por evaluar	Id	Preguntas con escala discreta	C1	C2	C3	C4
Elementos de proceso	P1	¿Considera que las prácticas propuestas en el modelo son claras y de fácil comprensión?	X			
	P2	¿Considera que las dimensiones propuestas en el modelo son claras y de fácil comprensión?	X			
	P3	¿Considera que los valores propuestos en el modelo son claros y de fácil comprensión?	X			
	P4	De acuerdo con su experiencia: ¿Considera que la evaluación de prácticas, dimensiones y valores es adecuada y permite identificar aspectos de valor para las empresas desarrolladoras de software?		X		
Ponderación	P5	¿Considera que la ponderación definida para las prácticas fundamentales y complementarias es adecuada?		X	X	
	P6	¿Considera que la ponderación definida para las dimensiones es adecuada?			X	
	P7	¿Considera que la ponderación definida para los valores es adecuada?			X	
Métricas	P8	De acuerdo con su experiencia ¿Considera que las métricas tienen suficiente rigor matemático?			X	X
	P9	¿Considera que las métricas definidas para evaluar el grado de adopción de prácticas fundamentales son adecuadas?			X	X

	P10	¿Considera que las métricas definidas para evaluar el grado de adopción de prácticas complementarias son adecuadas?			X	X
	P11	¿Considera que la métrica para calcular el grado de adopción total de prácticas es adecuada?			X	X
	P12	¿Considera que las métricas para calcular el grado de adopción de dimensiones son adecuadas?			X	X
	P13	¿Considera que la métrica para calcular el grado de adopción de valores es adecuada?			X	X
	P14	¿Considera que la métrica para calcular el grado de adopción de DevOps es adecuada?			X	X
	P15	¿Considera que las métricas propuestas en el modelo son suficientes para garantizar una evaluación completa de DevOps?				X
	P16	¿Considera que los resultados obtenidos tras aplicar el modelo de métricas permitirán a una empresa identificar aspectos de mejora en sus procesos?		X		X
	P17	De acuerdo con su experiencia ¿Considera que el modelo de métricas propuesto puede ser aplicado en empresas con limitaciones de infraestructura, capital, personal o tamaño?				X
Preguntas abiertas						
	Id	Pregunta				
	P18	¿Considera que se deben agregar, eliminar o modificar elementos en el modelo de métricas?				
	P19	¿Tiene algún comentario adicional acerca del modelo de métricas propuesto?				

Acronimos: **Id**: Identificador.

5.1.5. Análisis de la información y reporte de resultados

Después de ejecutar el grupo focal, se llevó a cabo el análisis de los comentarios mencionados por cada uno de los participantes durante la sesión. A continuación, se presentan cada una de las actividades realizadas para el análisis de los resultados.

5.1.5.1. Análisis de las preguntas con escala definida

Inicialmente, se realizó el conteo de las respuestas diligenciadas por cada participante. En la Tabla 69, se presenta el detalle con los resultados obtenidos para cada una de las preguntas de acuerdo con su nivel de conformidad.

Tabla 69. Conteo de respuestas a preguntas con escala definida.

Id	Pregunta	Nivel de conformidad (escala de Likert)				
		1	2	3	4	5
P1	¿Considera que las prácticas propuestas en el modelo son claras y de fácil comprensión?	0	0	0	7	7
P2	¿Considera que las dimensiones propuestas en el modelo son claras y de fácil comprensión?	0	0	0	8	6
P3	¿Considera que los valores propuestos en el modelo son claros y de fácil comprensión?	0	0	0	3	11
P4	De acuerdo con su experiencia: ¿Considera que la evaluación de prácticas, dimensiones y valores es adecuada y permite identificar aspectos de valor para las empresas desarrolladoras de software?	0	0	2	4	8
P5	¿Considera que la ponderación definida para las prácticas fundamentales y complementarias es adecuada?	0	0	1	5	8
P6	¿Considera que la ponderación definida para las dimensiones es adecuada?	0	0	1	8	5
P7	¿Considera que la ponderación definida para los valores es adecuada?	0	0	2	5	7
P8	De acuerdo con su experiencia ¿Considera que las métricas tienen suficiente rigor matemático?	0	0	1	5	8
P9	¿Considera que las métricas definidas para evaluar el grado de adopción de prácticas fundamentales son adecuadas?	0	0	0	5	9
P10	¿Considera que las métricas definidas para evaluar el grado de adopción de prácticas complementarias son adecuadas?	0	0	0	5	9
P11	¿Considera que la métrica para calcular el grado de adopción total de prácticas es adecuada?	0	0	0	7	7
P12	¿Considera que las métricas para calcular el grado de adopción de dimensiones son adecuadas?	0	0	0	7	7
P13	¿Considera que la métrica para calcular el grado de adopción de valores es adecuada?	0	0	0	6	8

P14	¿Considera que la métrica para calcular el grado de adopción de DevOps es adecuada?	0	0	0	7	7
P15	¿Considera que las métricas propuestas en el modelo son suficientes para garantizar una evaluación completa de DevOps?	0	0	2	4	8
P16	¿Considera que los resultados obtenidos tras aplicar el modelo de métricas permitirán a una empresa identificar aspectos de mejora en sus procesos?	0	0	1	6	7
P17	De acuerdo con su experiencia ¿Considera que el modelo de métricas propuesto puede ser aplicado en empresas con limitaciones de infraestructura, capital, personal o tamaño?	0	1	4	3	6

Acrónimos. **Id:** Identificador.

En la Figura 10 se presenta el consolidado de las respuestas diligenciadas para cada una de las preguntas con escala discreta de acuerdo con su nivel de conformidad.

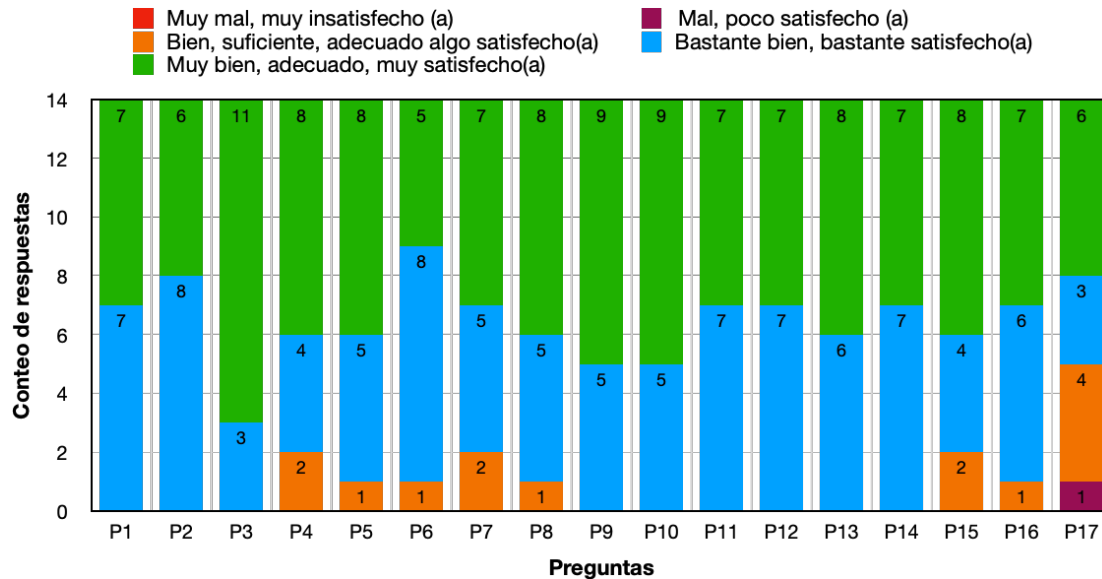


Figura 10. Consolidado de respuestas.

A continuación, se presenta el análisis detallado de las respuestas con relación a su: (i) comprensibilidad, (ii) aplicabilidad, (iii) idoneidad y (iv) completitud. En general, fue posible observar que los participantes tuvieron una opinión favorable acerca de la propuesta, observando que la mayoría de las preguntas fueron calificadas con un valor de 5, 4 y 3; por otro lado, solo una pregunta tuvo una puntuación de 2; finalmente, no se identificaron preguntas con calificación 1. En las siguientes subsecciones, se presenta el análisis cuantitativo de los resultados tras evaluar cada una de las preguntas. El detalle gráfico de los resultados obtenidos en el formulario de Google diligenciado por los participantes puede ser consultado en el Anexo C: Resultados del grupo focal.

5.1.5.1.1. Comprensibilidad

En total se definieron tres (3) preguntas (P1, P2 y P3) que buscan evaluar la comprensibilidad de la propuesta. En la Tabla 70 se presenta el detalle de los resultados obtenidos para el concepto de comprensibilidad. En la Figura 11, se presenta el resumen de los resultados de acuerdo con la cantidad de participantes que respondieron cada pregunta.

Tabla 70. Concepto en las preguntas de comprensibilidad.

Pregunta	Descripción	Nivel de conformidad (escala de Likert) %				
		1	2	3	4	5
P1	¿Considera que las prácticas propuestas en el modelo son claras y de fácil comprensión?	0	0	0	50	50

P2	¿Considera que las dimensiones propuestas en el modelo son claras y de fácil comprensión?	0	0	0	57.1	42.9
P3	¿Considera que los valores propuestos en el modelo son claros y de fácil comprensión?	0	0	0	21.4	78.6

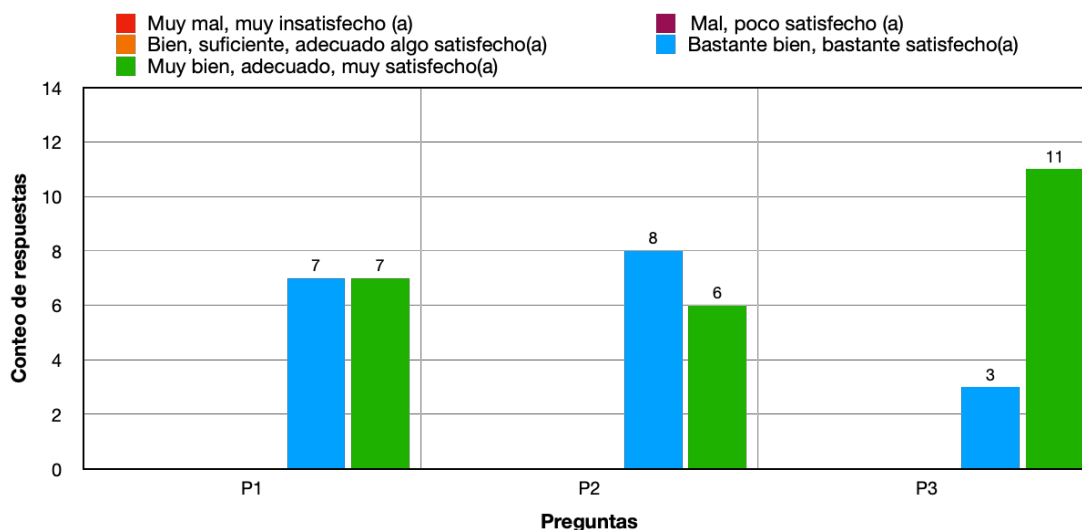


Figura 11. Detalle de comprensibilidad.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se observó que los participantes tuvieron una percepción positiva con relación a las prácticas, dimensiones y valores propuestos en el modelo de métricas. Como resultado de la sesión, se identificó que los participantes consideraron que las prácticas son suficientes y necesarias para garantizar la evaluación del conjunto de actividades propuestas en DevOps; asimismo, consideraron que las dimensiones y valores propuestos ofrecen valor a las empresas gracias a que abordan DevOps incluyendo aspectos relacionados con las habilidades blandas como la comunicación, cooperación, transparencia, trabajo en equipo, entre otros.

5.1.5.1.2. Aplicabilidad

En total se definieron tres (3) preguntas (P4, P5 y P16) que buscan evaluar la aplicabilidad de la propuesta. En la Tabla 71 se presenta el detalle de los resultados obtenidos para el concepto de aplicabilidad. En la Figura 12, se presenta el resumen de los resultados de acuerdo con la cantidad de participantes que respondieron cada pregunta.

Tabla 71. Concepto en las preguntas de aplicabilidad.

Pregunta	Descripción	Nivel de conformidad (escala de Likert) %				
		1	2	3	4	5
P4	De acuerdo con su experiencia: ¿Considera que la evaluación de prácticas, dimensiones y valores es adecuada y permite identificar aspectos de valor para las empresas desarrolladoras de software?	0	0	14.3	28.6	57.1
P5	¿Considera que la ponderación definida para las prácticas fundamentales y complementarias es adecuada?	0	0	7.1	35.7	57.1
P16	¿Considera que los resultados obtenidos tras aplicar el modelo de métricas permitirán a una empresa identificar aspectos de mejora en sus procesos?	0	0	7.1	42.9	50

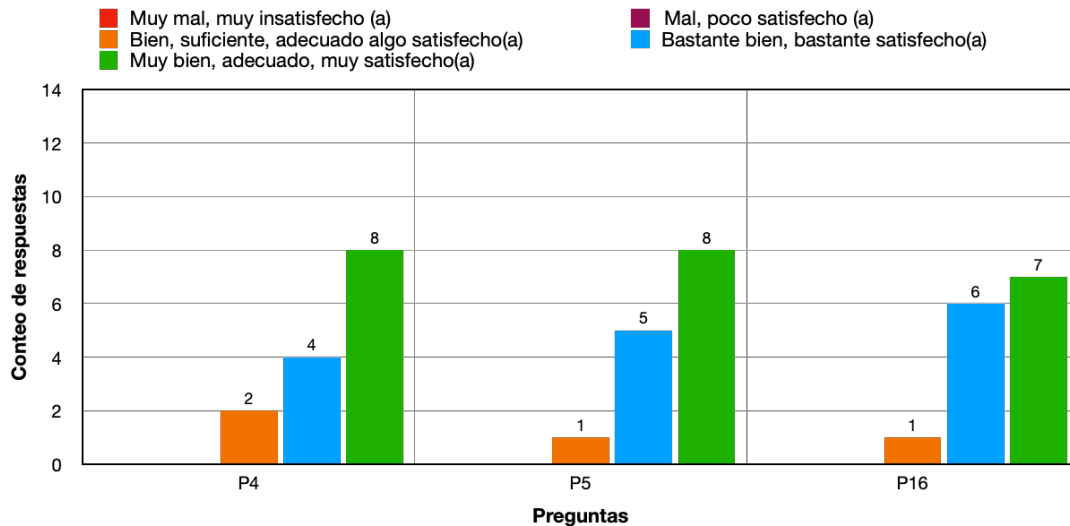


Figura 12. Detalle de aplicabilidad.

De acuerdo con los resultados se observó que existe un grado de conformidad alto con respecto a la aplicabilidad de la propuesta. En general, los participantes manifestaron que los elementos de proceso presentes en el modelo proveen valor a las empresas y posibles oportunidades de mejora tras aplicar un proceso de evaluación. Asimismo, los participantes manifestaron que las ponderaciones definidas con consistentes y adecuadas de acuerdo con la distribución de prácticas fundamentales y complementarias. Por otro lado, los participantes consideraron que la decisión de elegir una ponderación equitativa para las dimensiones y valores propuestas en el modelo fue acertada, justificando que todas las dimensiones y valores son igual de importantes. Sin embargo, fue posible identificar aspectos de mejora relacionados con la forma en la cual se debe plantear el modelo de evaluación con el propósito de permitir que una pequeña o mediana empresa puedan hacer uso de este sin incurrir en cargas adicionales de esfuerzo, tiempo y recursos humanos. El detalle de las acciones mejoras planteadas se puede observar en la Tabla 75.

5.1.5.1.3. Idoneidad

En total se definieron diez (10) preguntas (P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13 y P14) que buscan evaluar la idoneidad de la propuesta. En la Tabla 72, se presenta el detalle de los resultados obtenidos para el concepto de idoneidad. En la Figura 13, se presenta el resumen de los resultados de acuerdo con la cantidad de participantes que respondieron cada pregunta.

Tabla 72. Concepto en las preguntas de idoneidad.

Pregunta	Descripción	Nivel de conformidad (escala de Likert) %				
		1	2	3	4	5
P5	¿Considera que la ponderación definida para las prácticas fundamentales y complementarias es adecuada?	0	0	7.1	35.7	57.1
P6	¿Considera que la ponderación definida para las dimensiones es adecuada?	0	0	7.1	35.7	57.1
P7	¿Considera que la ponderación definida para los valores es adecuada?	0	0	14.3	35.7	50
P8	De acuerdo con su experiencia ¿Considera que las métricas tienen suficiente rigor matemático?	0	0	7.1	35.7	57.1
P9	¿Considera que las métricas definidas para evaluar el grado de adopción de prácticas fundamentales son adecuadas?	0	0	0	35.7	64.3
P10	¿Considera que las métricas definidas para evaluar el grado de adopción de prácticas complementarias son adecuadas?	0	0	0	35.7	64.3

P11	¿Considera que la métrica para calcular el grado de adopción total de prácticas es adecuada?	0	0	0	50	50
P12	¿Considera que las métricas para calcular el grado de adopción de dimensiones son adecuadas?	0	0	0	50	50
P13	¿Considera que la métrica para calcular el grado de adopción de valores es adecuada?	0	0	0	42.9	57.1
P14	¿Considera que la métrica para calcular el grado de adopción de DevOps es adecuada?	0	0	0	50	50

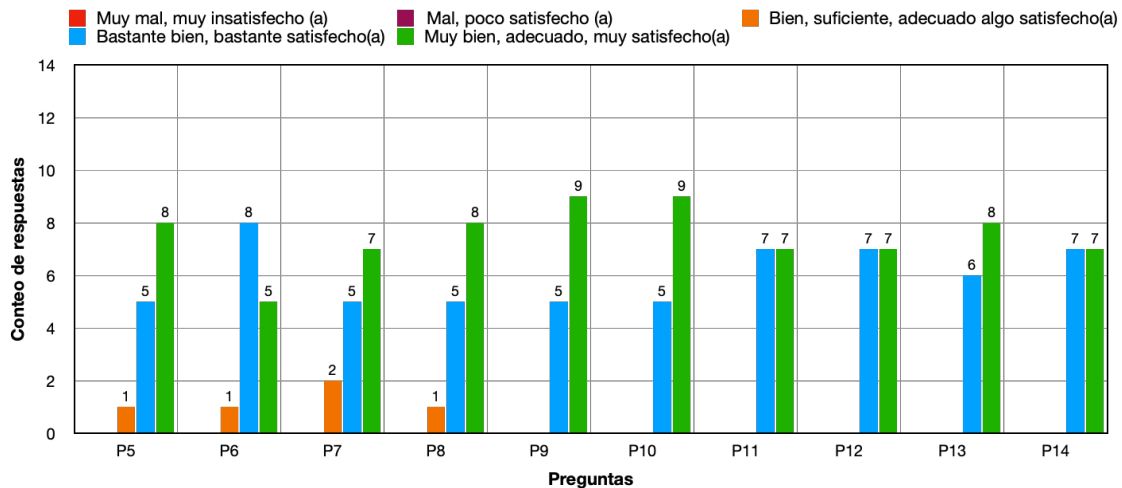


Figura 13. Detalle de idoneidad.

En general, se observó un grado de conformidad alto con respecto a la idoneidad de la propuesta. De acuerdo con el concepto de los participantes, el modelo cuenta con una base matemática sólida y las expresiones propuestas para calcular cada una de las métricas son consistentes y coherentes con respecto a los objetivos propuestos para cada una de las prácticas definidas en el modelo. En este sentido, los participantes manifestaron que las métricas pueden ofrecer un resultado que aporte valor y permita identificar posibles aspectos de mejora a las empresas. Sin embargo, se identificaron posibles aspectos de mejora con relación al rigor matemático y ponderaciones propuestas para los elementos de proceso presentes en el modelo de métricas. De acuerdo con la opinión de los participantes, se planteó la posibilidad de agregar aspectos de evaluación cualitativa para reforzar el modelo. El detalle de las acciones mejoras planteadas se puede observar en la Tabla 75.

5.1.5.1.4. Completitud

En total se definieron diez (10) preguntas (P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16 y P17) que buscan evaluar la completitud de la propuesta. En la Tabla 72, se presenta el detalle de los resultados obtenidos para el concepto de completitud. En la Figura 13, se presenta el resumen de los resultados de acuerdo con la cantidad de participantes que respondieron cada pregunta.

Tabla 73. Concepto en las preguntas de completitud.

Pregunta	Descripción	Nivel de conformidad (escala de Likert) %				
		1	2	3	4	5
P8	De acuerdo con su experiencia ¿Considera que las métricas tienen suficiente rigor matemático?	0	0	7.1	35.7	57.1
P9	¿Considera que las métricas definidas para evaluar el grado de adopción de prácticas fundamentales son adecuadas?	0	0	0	35.7	64.3
P10	¿Considera que las métricas definidas para evaluar el grado de adopción de prácticas complementarias son adecuadas?	0	0	0	35.7	64.3
P11	¿Considera que la métrica para calcular el grado de adopción total de prácticas es adecuada?	0	0	0	50	50

P12	¿Considera que las métricas para calcular el grado de adopción de dimensiones son adecuadas?	0	0	0	50	50
P13	¿Considera que la métrica para calcular el grado de adopción de valores es adecuada?	0	0	0	42.9	57.1
P14	¿Considera que la métrica para calcular el grado de adopción de DevOps es adecuada?	0	0	0	50	50
P15	¿Considera que las métricas propuestas en el modelo son suficientes para garantizar una evaluación completa de DevOps?	0	0	14.3	28.6	57.1
P16	¿Considera que los resultados obtenidos tras aplicar el modelo de métricas permitirán a una empresa identificar aspectos de mejora en sus procesos?	0	0	7.1	42.9	50
P17	De acuerdo con su experiencia ¿Considera que el modelo de métricas propuesto puede ser aplicado en empresas con limitaciones de infraestructura, capital, personal o tamaño?	0	7.1	28.6	21.4	42.9

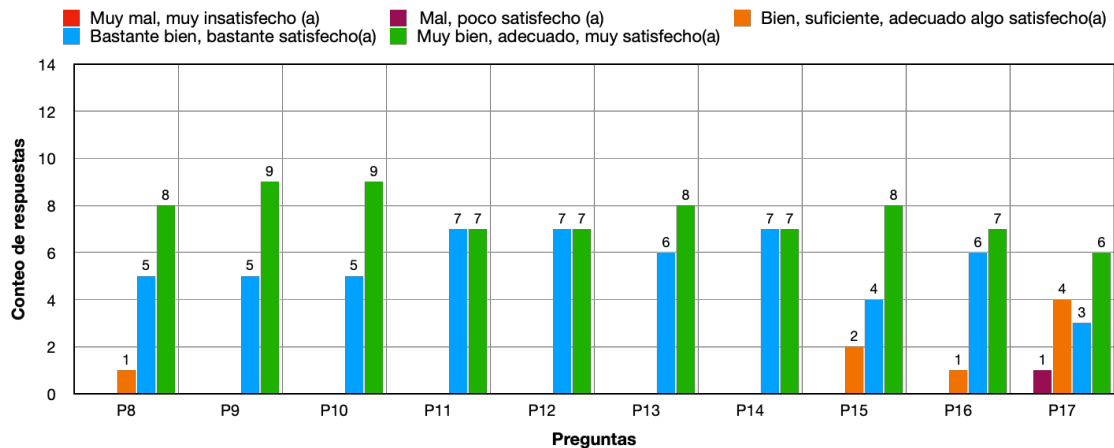


Figura 14. Detalle de completitud.

A partir del análisis de los comentarios y recomendaciones de los participantes fue posible observar una opinión favorable con respecto a aspectos relacionados al rigor matemático y a la utilidad de las métricas propuestas. Sin embargo, de acuerdo con la percepción de los participantes, se identificaron aspectos de mejora relacionados con la aplicabilidad de la propuesta en empresas pequeñas y medianas. El detalle de las acciones mejoras planteadas se puede observar en la Tabla 75.

5.1.5.2. Análisis de preguntas abiertas

Las preguntas P18 y P19 (ver Tabla 68) se definieron con el propósito de presentar a los participantes la oportunidad de proponer ajustes que consideren convenientes de acuerdo con su experiencia y percepción tras participar en el grupo focal. En la Tabla 74, se presentan las respuestas diligenciadas por cada uno de los participantes que llenaron los campos en el formulario.

Tabla 74. Respuesta a las preguntas abiertas.

Pregunta	Respuesta
P18	Ninguna.
	No, muy completo.
	Considero que para el modelo actual se ajustan correctamente.
	Para iniciar un piloto estaría bien.
	Tomar en cuenta el nivel de experiencia dentro de la organización de los devs y también el tiempo que se requiere en entrenar los nuevos integrantes.
P19	Dentro del modelo de dimensiones y a nivel gráfico, no me queda clara la relación entre los procesos y las personas, ya que a nivel conceptual las personas son quienes directamente ejecutan los procesos, pero no es muy claro el gráfico en este sentido.
	Ninguna.
	Ninguna.
	No.
	No.
	Considerar el personal limitado y empresas con alta rotación. ¿Cómo el modelo puede verse afectado?

	Sería importante incluir dentro de la definición de las métricas el tipo de perfil de la persona que podría aplicar el instrumento de evaluación, o por lo menos cuales son los elementos para tener en cuenta.
	El modelo por supuesto tiene oportunidades de mejora para poder abordar distintos escenarios posibles dentro de una empresa. Pero a nivel general engloba todo lo necesario y fundamental en una evaluación general de un proceso de DevOps.
	La propuesta en general es bastante clara e interesante. Me parece muy acertado el componente matemático definido en el modelo de métricas. Podría incluirse de algún modo algún componente cualitativo al modelo?
	¡Muy buen proyecto! Sería bueno incluir (de manera opcional) en la plantilla Excel por cada pregunta el listado de herramientas, mecanismos, tipos de pruebas, ambientes, etc. que implementa la empresa, solo para tener un soporte más detallado de la evaluación.

En total, seis (6) participantes respondieron la pregunta P18 y nueve (9) participantes respondieron la pregunta P19. A continuación, se presenta el detalle de los resultados obtenidos tras analizar las respuestas a cada una de las preguntas abiertas.

Con respecto a la pregunta P18: de acuerdo con los resultados se identificó que 4 de los 6 participantes (66.8%) consideran que el modelo es adecuado y no dieron observaciones adicionales. Por otro lado, 1 de los 6 participantes (16.6%) sugirió que el modelo debería considerar aspectos relacionados con la estructura y grado de conocimiento técnico de los miembros de los equipos de desarrollo con el objetivo de evitar sesgos que puedan surgir de aplicar el modelo en empresas con alta rotación laboral. Finalmente, 1 de los 6 participantes (16.6%) manifestó que la gráfica que presenta la relación entre las dimensiones de procesos y personas no era clara.

Con respecto a la pregunta P19: a partir del análisis de los resultados fue posible observar lo siguiente: (i) 4 de los 9 participantes (44.4%) manifestaron que no tenían observaciones adicionales sobre el modelo; (ii) 1 de los 9 participantes (11.1%) sugirió considerar aspectos relacionados con la aplicación del modelo en empresas con recursos humanos limitados y entornos en los cuales se presenta alta rotación, lo anterior tras identificar que la alta rotación podría sesgar la evaluación del factor humano presente en el modelo; (iii) 1 de los 9 participantes (11.1%) manifestó que se debería incluir el tipo de perfil que podría aplicar el instrumento y como debería hacerlo; (iv) 1 de los 9 participantes (11.1%) mencionó que el modelo contiene los elementos necesarios y suficientes para garantizar una evaluación general de DevOps, además, manifestó la posibilidad de identificar posibles oportunidades de mejora, sin embargo, no mencionó cuales; (v) 1 de los 9 participantes (11.1%) consideró que el componente matemático de la propuesta es acertado y sugirió la posibilidad de incluir aspectos de evaluación cualitativos a la propuesta; finalmente, (vi) 1 de los 9 participantes (11.1%) sugirió incluir el detalle de los mecanismos que implementa la empresa en cada una de sus prácticas de DevOps para establecer un reporte más detallado de la evaluación.

5.1.6. Aspectos de mejora identificados

De acuerdo con los resultados obtenidos tras aplicar el grupo focal, fue posible identificar diferentes aspectos de mejora que fueron tomados a partir de los siguientes mecanismos: (i) el análisis de los resultados obtenidos en las respuestas con escala discreta, (ii) el análisis de las respuestas a las preguntas abiertas y (iii) el análisis de la grabación y los comentarios que fueron documentados durante la relatoría de la sesión. En la Tabla 75 se presentan los comentarios realizados por los participantes y su acción de mejora asociada o justificación en caso de no aplicar. Las acciones de mejora fueron consideradas de acuerdo con los siguientes criterios: (i) la observación representa una limitante en la propuesta y (ii) la observación se encuentra dentro del alcance definido por el proyecto de investigación.

Tabla 75. Aspectos de mejora identificados en el grupo focal.

No	Comentario	¿Aplica acción de mejora?		Justificación
		SI	NO	
1	Se debería hacer un análisis para identificar como la estructura y/o grado de conocimiento técnico de los miembros de los equipos de desarrollo pueden sesgar la evaluación.		X	Después de analizar el comentario, se observó que la alta rotación no es una limitante en el modelo de evaluación debido a que por definición, una empresa siempre va a contar con un recurso humano con un nivel detallado de conocimiento del proyecto.
2	Se debe revisar la gráfica que relaciona los procesos y las personas, no es claro cuál es la relación conceptual.		X	Se identificó que la gráfica no fue lo suficientemente clara durante la presentación. Sin embargo, el modelo describe el detalle de la diferencia entre las dimensiones.
3	Se debería incluir el tipo de perfil que debe aplicar el instrumento y como debe hacerlo.		X	El tipo de perfil y sus responsabilidades se describe en la sección 4.4.1. Roles involucrados en el proceso de evaluación.
4	Se sugiere incluir aspectos de evaluación cualitativos en el modelo.		X	La definición de criterios cualitativos de evaluación se encuentra fuera del alcance del proyecto porque no son contemplados en el enfoque GQM.
5	Se sugiere incluir un apartado que permita agregar el detalle de los mecanismos que aplica la empresa en cada una de sus prácticas.		X	No se aplica acción de mejora porque la respuesta a cada pregunta debe ir acompañada de uno o varios soportes que describan los mecanismos que aplica la empresa para una práctica específica.
6	Se deberían tener en cuenta aspectos relacionados con la calidad de código en las prácticas fundamentales.		X	No se aplica acción de mejora porque esta tarea está incluida en la práctica de integración continua.
7	Se sugiere revisar si incluir el factor humano en las métricas puede sesgar los resultados de la evaluación.		X	No se aplica acción de mejora porque el análisis de los estudios y los proyectos precedentes muestran que el factor humano es tan importante como los aspectos relacionados con la habilidades duras.
8	Se debería considerar la posibilidad de estudiar la integración entre el modelo de métricas y procesos de certificación para potenciar la evaluación de DevOps desde diferentes perspectivas. Ejemplo (la norma 27001)		X	El comentario es relevante y aporta valor a la propuesta, sin embargo, la integración del modelo de métricas con diferentes procesos de certificación está fuera del alcance del proyecto por lo cual se plantea como trabajo futuro.
9	Se sugiere identificar la evaluación de DevOps de acuerdo a los valores ágiles.		X	El modelo define 4 valores que están relacionados con el conjunto de principios propuestos en marcos de trabajo ágiles.
10	Se debe validar si el modelo es aplicable en empresas con recursos humanos limitados y alta rotación de personal.	X		La acción de mejora para estos comentarios fue aplicar dos estudios de caso que permitieron identificar si el modelo es aplicable en empresas con estas características.
11	Se sugiere estudiar mecanismos que permitan aplicar el modelo en empresas pequeñas y medianas.	X		
12	Se sugiere analizar cada cuanto es adecuado aplicar el modelo en una empresa.	X		
13	Se sugiere analizar cuál es el tiempo idóneo para aplicar el modelo en una empresa.	X		La acción de mejora para estos comentarios fue realizar un análisis adicional para identificar cual es el tiempo que le tomaría a una empresa aplicar el modelo de evaluación, y su validación a través de un estudio de caso. La sección se puede consultar en el apartado 4.4.2. Actividades.

Acrónimos: No: Número.

Como resultado del análisis de los comentarios realizados durante la sesión y de los resultados de la encuesta se identificó un total de 13 posibles acciones de mejora. Después de analizar los comentarios de acuerdo con el alcance y el contexto de la solución se observó lo siguiente: (i) 9 de 13 comentarios (69.2%) no requieren acciones de mejora y (ii) 4 de 13 comentarios (30.8%) son aplicables a través de un estudio de caso que permita identificar los aspectos descritos en la sesión mediante un estudio práctico.

5.2. Evaluación práctica: Estudio de caso

En esta sección se presenta la evaluación realizada al modelo de métricas. Como resultado del proceso de investigación, se pudo extender la evaluación de la propuesta a un total de dos (2) estudios aplicados en empresas desarrolladoras de software. Para

ello, se tomaron en cuenta los lineamientos establecidos para la realización de un estudio de caso descritos en [43], los cuales se presentan a continuación: (i) diseño del estudio de caso, (ii) identificación de los sujetos de estudio, (iii) procedimiento de campo y recolección de datos, (iv) análisis de resultados, (v) análisis de validez, y (vi) limitaciones del estudio. En la Figura 15 se presenta el procedimiento llevado a cabo para ejecutar cada una de las actividades descritas en los estudios de caso.

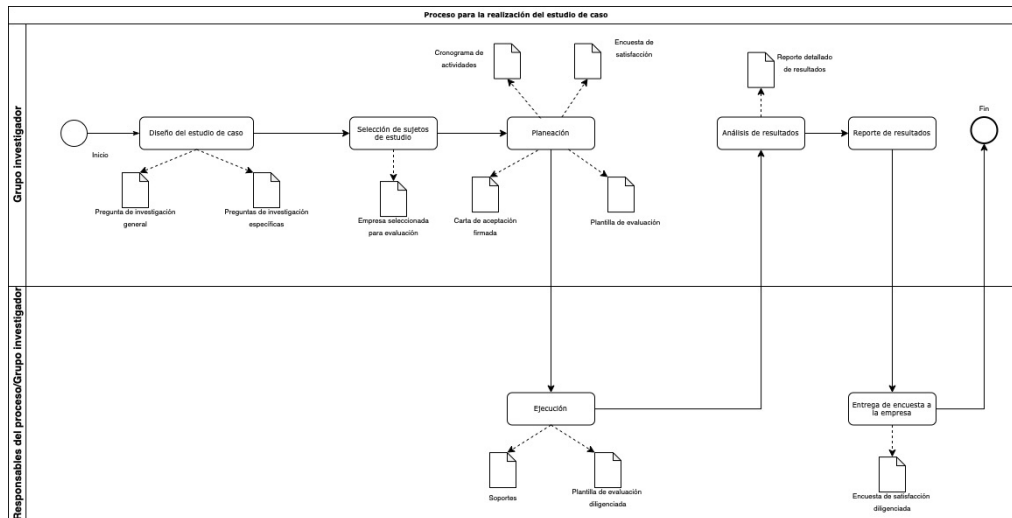


Figura 15. Actividades realizadas para llevar a cabo los estudios de caso.

5.2.1. Diseño de los estudios de caso

Con el objetivo de establecer un norte claro para los estudios de caso, se definió la pregunta de investigación presentada en la Tabla 76. Posteriormente, se definió el conjunto de preguntas específicas que buscan dar solución a la pregunta de investigación, las cuales se presentan en la Tabla 77.

Tabla 76. Pregunta de investigación para llevar a cabo el estudio de caso.

Pregunta de investigación
<i>¿El modelo permite evaluar de manera comprensible, útil y práctica el conjunto de prácticas, dimensiones y valores propuestos por DevOps en una empresa desarrolladora de software?</i>

Tabla 77. Preguntas específicas para llevar a cabo el estudio de caso.

Identificador	Pregunta
P1	¿Las variables utilizadas para la evaluación de las métricas son claras y de fácil comprensión?
P2	¿Los resultados obtenidos al realizar la evaluación del grado de implementación de las prácticas, dimensiones y valores proporcionan información de valor a las empresas para mejorar su proceso de adopción de DevOps?
P3	¿Una empresa puede aplicar el modelo con un grado de esfuerzo aceptable?

El diseño de cada estudio de caso fue holístico con una unidad de análisis [98], la cual se compone por la aplicación del modelo en una empresa desarrolladora de software para cada estudio de caso. Las medidas utilizadas en cada estudio de caso fueron: (i) el esfuerzo aplicado por cada empresa para aplicar la solución propuesta, (ii) las oportunidades de mejora identificadas después de aplicar las métricas en cada empresa y (iii) los beneficios obtenidos en cada empresa tras aplicar las métricas.

5.2.2. Selección de los sujetos de estudio

La selección de empresas para llevar a cabo cada estudio de caso se realizó de acuerdo con los siguientes criterios: (i) la empresa presta servicios relacionados con el desarrollo

de software, (ii) la empresa aplica DevOps en uno o más proyectos, (iii) la empresa tiene interés en llevar a cabo la evaluación del grado o porcentaje de implementación de DevOps en sus proyectos con el objetivo de identificar oportunidades de mejora en su proceso de desarrollo de software y (iv) la empresa tiene alta experiencia en el uso de marcos de trabajo ágiles como Scrum, Kanban y Lean. Como resultado, se seleccionó un total de dos (2) empresas desarrolladoras de software cuyo nombre no es revelado por razones de confidencialidad. En la Tabla 78, se presenta el detalle con las características de cada una de las empresas.

Tabla 78. Descripción general de las empresas.

Identificador de la empresa	Sector	Cantidad de empleados	Experiencia en la industria [Años]
E1	Salud	54	17
E2	Financiero	14	5

5.2.3. Procedimiento de campo y recolección de datos

A continuación, se describen las actividades llevadas a cabo en la empresa para aplicar el modelo: (i) planificación, (ii) ejecución y (iii) generación de reportes y resultados.

5.2.3.1. Planificación

La planificación fue llevada a cabo en diferentes etapas: (i) se estableció un primer contacto con cada una de las empresas con el propósito de plantear el objetivo del estudio de caso, actividades a realizar, aclaración de dudas, caracterización de la empresa y definición de una fecha para iniciar el estudio de caso; (ii) una vez establecido el primer contacto, se llevó a cabo una reunión en modalidad remota y síncrona, la cual tuvo una duración de dos horas. En la Tabla 79 se presentan las actividades realizadas durante la sesión de planeación

Tabla 79. Actividades realizadas durante la planificación.

No	Actividad	Descripción
1	Presentación del proyecto	Se presentó el objetivo del trabajo de investigación a las partes interesadas.
2	Presentación del modelo	Se presentó la solución a las partes interesadas.
3	Presentación y firma del documento de aceptación	Se presentó el documento de Aceptación de participación en el estudio de caso a los participantes
4	Asignación de roles	Se designó al responsable del proceso, quien cuenta con alta experiencia en el proceso de desarrollo de software realizado en el proyecto.
5	Cronograma de evaluación	En esta fase se definió la fecha de entrega de todo el material necesario para llevar a cabo la evaluación y la fecha para entregar el análisis de los resultados por parte del equipo investigador.

Acrónimos: **No**: Número.

5.2.3.2. Ejecución

Durante el proceso de ejecución se identificó, caracterizó y documentó el rol de cada uno de los participantes. El detalle de cada uno de los roles por empresa es presentado en la Tabla 80.

Tabla 80. Roles involucrados durante la evaluación.

Empresa	Identificador del rol	Nombre del rol	Descripción del rol
E1	E1_RH1	Líder de proyecto	Persona con conocimiento de todo el ciclo de vida del proyecto.
	E1_RH2	Desarrollador	Desarrollador Senior encargado de tareas enfocadas a la gestión de infraestructura y el despliegue de ambientes.

E2	E2_RH1	Líder de operaciones	Persona encargada de definir los lineamientos, políticas y estrategias necesarias para adoptar DevOps en la empresa.
	E2_RH2	Desarrollador/DevOps	Desarrollador Senior que realiza tareas relacionadas con el estudio e implementación de herramientas, tecnologías y mecanismos que puedan apoyar el uso de prácticas de DevOps en la empresa.

Posteriormente, se solicitó a los participantes contestar cada una de las preguntas presentes en la plantilla de evaluación y proveer los soportes necesarios para la certificación del grado de conformidad de cada pregunta. Después de realizar el análisis y reporte de los resultados, se solicitó a cada uno de los participantes diligenciar un formulario de Google que permitió evaluar la aplicabilidad, comprensibilidad, completitud e idoneidad de la propuesta. En la Tabla 81 se describe el esfuerzo en horas aplicado durante la etapa de ejecución de la evaluación. El reporte detallado del esfuerzo total aplicado por cada empresa es abordado en la siguiente subsección.

Tabla 81. Esfuerzo empleado en cada empresa.

Empresa	Roles involucrados	Esfuerzo individual	Esfuerzo total
E1	E1_RH1. Líder del proyecto	4	7
	E1_RH2. Desarrollador	3	
E2	E2_RH1. Líder de operaciones	5	13
	E2_RH2. Desarrollador/DevOps	8	

5.2.3.2. Generación de reportes y resultados

Los resultados obtenidos después de realizar la evaluación en cada empresa fueron variables y se analizaron con el propósito de establecer una visión desde diferentes perspectivas sobre grado de implementación de las prácticas, dimensiones y valores de DevOps a la fecha en la cual se realizó el estudio. Inicialmente, cada empresa entregó los artefactos diligenciados al grupo investigador, quien tuvo la tarea de realizar el análisis detallado de los resultados. El tiempo programado para realizar el análisis de los resultados fue de cinco (5) días hábiles desde el día en el cual se entregó la evaluación. En las siguientes subsecciones se presenta el análisis de los resultados obtenidos en cada una de las empresas.

5.2.3.2.1. Análisis de resultados en la empresa E1

Después de revisar la documentación diligenciada por la empresa, se identificó que dos preguntas no tenían respuesta y una pregunta tenía marcadas las opciones "SI" y "NO". Para solucionar las inconsistencias, se programó una sesión corta en la cual se presentó el incidente a los participantes, quienes concluyeron que fue un error al momento de llenar la plantilla. Finalmente, la empresa entregó una nueva versión del artefacto correctamente diligenciado. Con la documentación correcta, el grupo investigador subió el archivo a la plataforma web con el propósito de obtener el grado de implementación arrojado por el sistema. En la Tabla 82 se presenta el resumen general de los resultados obtenidos después de evaluar las prácticas.

Tabla 82. Resultados al evaluar las prácticas en la empresa E1.

Prácticas	Id	Nombre	%PFI	%PFIP	Peso	%PTCP	Grado de implementación
PF	IC	Integración continua	62.50%	5.31%	70%	56.06%	Ampliamente alcanzado (AA)
	EC	Entrega continua	100.00%	8.40%			
	PC	Pruebas continuas	87.50%	7.35%			
	GR	Gestión de requisitos	100.00%	8.30%			
	GD	Gestión de datos	100.00%	8.30%			

	SS	Supervisión de la seguridad	71.43%	5.93%			
	DE	Dirección estratégica	83.33%	6.92%			
	GC	Gestión de la configuración	57.14%	4.74%			
	MC	Monitoreo y observabilidad continua	20.00%	1.66%			
	ED	Educación en torno a DevOps	33.33%	2.77%			
	RC	Realimentación continua e innovación	40.00%	3.32%			
	MCu	Medición de la cultura	25.00%	2.07%			
		%PFT		65.07%			
Prácticas	Id	Nombre	%PCI	%PCIP	Peso		
PC	DC	Despliegue continuo	25.00%	4.60%	30%		
	ICo	Infraestructura como código	33.33%	5.33%			
	GA	Gestión de acceso a privilegios	0.00%	0.00%			
	AC	Aprendizaje continuo	40.00%	6.40%			
	ExC	Experimentación continua	33.33%	5.33%			
	SL	Satisfacción laboral	75.00%	13.50%			
			%PCT			35.06%	

Acrónimos: **Id**: Identificador. **PF**: Práctica fundamental. **PC**: Práctica complementaria. **Id**: Identificador.

Después aplicar los pesos ponderados de las prácticas, se identificó que el porcentaje de implementación total de prácticas fue de 56.06%, para un grado de implementación ampliamente alcanzado (AA).

- **Con relación a las prácticas fundamentales:** La empresa obtuvo una puntuación de 65.07% que corresponde a un grado de implementación ampliamente alcanzado (AA).
- **Con relación a las prácticas complementarias:** La empresa E1 obtuvo un porcentaje de implementación de 35.06% que corresponde a un grado de implementación parcialmente alcanzado (PA).

Con el propósito de realizar un análisis más exhaustivo de los resultados se tomó el grado de implementación individual de cada práctica fundamental (*%PFI*) y de cada práctica complementaria (*%PCI*). En la Tabla 83 se presentan los resultados individuales de cada práctica en orden descendente.

Tabla 83. Grado de implementación de prácticas en la empresa E1.

Prácticas	Identificador	Nombre	%PFI	Grado de implementación
PF	GR	Gestión de requisitos	100.00%	CA
	GD	Gestión de datos	100.00%	CA
	EC	Entrega continua	100.00%	CA
	PC	Pruebas continuas	87.50%	AA
	DE	Dirección estratégica	83.33%	AA
	SS	Supervisión de la seguridad	71.43%	AA
	IC	Integración continua	62.50%	AA
	GC	Gestión de la configuración	57.14%	AA
	RC	Realimentación continua e innovación	40.00%	PA
	ED	Educación en torno a DevOps	33.33%	PA
	MCu	Medición de la cultura	25.00%	PA
PC	MC	Monitoreo y observabilidad continua	20.00%	PA
	DC	Despliegue continuo	75.00%	AA
	ICo	Infraestructura como código	40.00%	PA
	GA	Gestión de acceso a privilegios	33.33%	PA
	AC	Aprendizaje continuo	33.33%	PA
	ExC	Experimentación continua	25.00%	PA
	SL	Satisfacción laboral	0.00%	NA

Acrónimos: **CA**, **AA**, **NA**, **PA** (ver Tabla 36).

De acuerdo con el análisis de las prácticas fundamentales se observó que las prácticas de entrega continua, pruebas continuas, gestión de requisitos y gestión de datos tuvieron un grado de implementación completamente alcanzado (CA), lo cual indica que

la empresa cuenta con las políticas, mecanismos, procesos, herramientas y actividades necesarias para garantizar que los objetivos propuestos para la evaluación de estas prácticas se cumplen de manera adecuada. Por otro lado, las prácticas de integración continua, supervisión de la seguridad, dirección estratégica y gestión de la configuración fueron ampliamente alcanzadas (AA). Finalmente, las prácticas de monitoreo y observabilidad continua, educación en torno a DevOps, realimentación continua e innovación y medición de la cultura fueron parcialmente alcanzadas (PA).

Por otro lado, los resultados de las prácticas complementarias muestran lo siguiente: la práctica de satisfacción laboral fue ampliamente alcanzada (AA), lo cual indica que la empresa cuenta con mecanismos claros que permiten definir, implementar y monitorear espacios para aumentar la moral de los miembros del equipo y mejorar la satisfacción de los empleados. Por otro lado, las prácticas de despliegue continuo, Infraestructura como código, aprendizaje y experimentación continua fueron parcialmente alcanzadas, indicando ausencia en estrategias, políticas y actividades claramente definidas para la automatización de procesos relacionados con el despliegue, la gestión de accesos y la mejora continua de las habilidades duras y blandas de los miembros del equipo. Finalmente, la actividad de gestión de acceso a privilegios no fue alcanzada (NA), debido a que la empresa no cuenta con políticas que permitan identificar, gestionar el control de accesos en los diferentes miembros del equipo.

Además, el grupo investigador presentó a la empresa los resultados obtenidos en cada una de las dimensiones y valores. En la Tabla 84 se presentan los resultados obtenidos tras evaluar las dimensiones. De acuerdo con los resultados obtenidos, fue posible identificar lo siguiente: (i) la empresa obtuvo un grado ampliamente alcanzado (AA) a nivel de herramientas, procesos y personas con un porcentaje de 55.69%, 54.48% y 60.87%, respectivamente, y (ii) obtuvo un grado parcialmente alcanzado (PA) a nivel de cultura con un porcentaje de 49.54%. De acuerdo con los resultados, se observa que la empresa ha realizado avances significativos con relación a la automatización de sus prácticas. No obstante, los resultados indican que la empresa no fomenta espacios que garanticen que los objetivos de los equipos de trabajo están alineados con la cultura organizacional. Como resultado, el grado de implementación total de dimensiones obtenido por la empresa fue ampliamente alcanzado (AA) con un porcentaje de 55.15%.

Tabla 84. Resultados obtenidos en la evaluación de dimensiones.

Dimensiones	%PCDI	Grado de implementación individual	%PPAD	%PCDT	Grado de implementación total
Herramientas	55.69%	AA	25.00%	55.15%	AA
Procesos	54.48%	AA	25.00%		
Cultura	49.54%	PA	25.00%		
Personas	60.87%	AA	25.00%		

Acrónimos: AA, NA, PA (ver Tabla 36)

Finalmente, la empresa obtuvo un grado de implementación de DevOps (%PCDev) ampliamente alcanzado (AA) con un porcentaje total de 54.26%. De acuerdo con los resultados, la empresa ha dedicado la mayoría de sus esfuerzos en la automatización y creación de políticas explícitas para aspectos operativos relacionados con la gestión de requisitos, gestión de datos, entrega continua, pruebas continuas, dirección estratégica, supervisión de la seguridad, integración continua, gestión de la configuración y satisfacción laboral. Sin embargo, se han descuidado aspectos relacionados con fomentar la definición y medición de prácticas para mejorar la cultura organizacional y el aprendizaje continuo de DevOps; por otro lado, la empresa no tiene políticas claramente definidas para apoyar sus proyectos en infraestructura como código, el despliegue continuo, la experimentación continua y la gestión de los privilegios. En la Tabla 85 se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de valores. De acuerdo

con los resultados, la empresa obtuvo un grado ampliamente alcanzado (AA) en todos sus valores.

Tabla 85. Grado de implementación de valores.

Valor	%PCVI	Grado de implementación individual	%PPAV	%PCDev	Grado de implementación total
Automatización	55.24%	AA	25.00%	54.26%	AA
Colaboración	55.20%	AA	25.00%		
Medición	53.24%	AA	25.00%		
Comunicación	55.37%	AA	25.00%		

Acrónimos: PA (ver Tabla 36)

Después de analizar los resultados, se identificaron posibles acciones de mejora relacionadas con cada una de las prácticas aplicadas por la empresa, las cuales se presentan en la Tabla 86.

Tabla 86. Acciones de mejora identificadas en la empresa E1.

Acrónimo	Nombre	%PFI	Grado de implementación	Acciones de mejora
PC	Pruebas continuas	87.50%	AA	Se sugiere establecer sets de pruebas enfocados en verificar la integración de las API's.
DE	Dirección estratégica	83.33%	AA	De acuerdo con los resultados, la empresa cuenta con un conjunto de objetivos alineados con la visión de la organización. No obstante, se sugiere documentar un proceso que defina el paso a paso que garantice que los objetivos son llevados a cabo de manera satisfactoria y hacerlo público a todas las partes interesadas.
SS	Supervisión de la seguridad	71.43%	AA	Se sugiere definir políticas y actividades claras que permitan garantizar que la integración de nuevas librerías, proyectos, dependencias o API's cumplen con aspectos de seguridad mínimos de acuerdo con el área de negocio de la empresa para garantizar que no se inyecten vulnerabilidades en los proyectos. Además, se deben establecer políticas de autorización y autenticación que garanticen que los accesos están limitados solo a las partes que lo requieren.
IC	Integración continua	62.50%	AA	Se recomienda implementar herramientas que permitan automatizar la publicación de nuevo código fuente que se sube a ambientes de integración, stage y producción mediante la ejecución de pipelines automatizados que se encarguen de verificar la integridad del nuevo código implementado durante la etapa de desarrollo.
GC	Gestión de la configuración	57.14%	AA	Se recomienda establecer políticas internas o externas (consultoría) que permitan realizar evaluaciones funcionales y no funcionales de los elementos de configuración presentes en sus proyectos. Además, se sugiere automatizar el ciclo de vida de las solicitudes de cambio en los proyectos apoyándose en las mejoras que ofrece la suite de Confluence.
RC	Realimentación continua e innovación	40.00%	PA	Se recomienda establecer wikis o espacios comunes que centralicen el conocimiento adquirido en el proyecto (buenas prácticas, defectos, bugs, herramientas, guías, procesos, entre otros) que permitan a los miembros del equipo (antiguos y nuevos) contar con material que permita solucionar dudas o problemas comunes de manera rápida. Además, se sugiere incluir reuniones cortas al final de cada sprint que permitan identificar aspectos de mejora sugeridos por los miembros del equipo.
ED	Educación en torno a DevOps	33.33%	PA	Se sugiere definir espacios que permitan capacitar a los miembros del equipo en DevOps

				y realizar seguimiento para verificar que las prácticas de DevOps son llevadas a cabo de manera adecuada.
MCu	Medición de la cultura	25.00%	PA	Se recomienda establecer espacios que permitan identificar el grado de conocimiento, adopción y aceptación de la cultura organizacional de la empresa.
MC	Monitoreo y observabilidad continua	20.00%	PA	Se sugiere apoyar los proyectos en herramientas que permitan automatizar la generación, lectura y reporte de los logs en cada una de las etapas durante el proceso de desarrollo (no solo en producción). Adicionalmente, es necesario implementar herramientas de monitoreo que permitan identificar problemas en producción a través de los dinámicos y/o dashboards en tiempo real.
Identificador	Nombre	%PCI	Grado de implementación	Acciones de mejora
DC	Despliegue continuo	75.00%	AA	Se sugiere establecer espacios, herramientas y/o actividades que permitan identificar el estado de ánimo de los miembros del equipo
ICo	Infraestructura como código	40.00%	PA	Es necesario establecer espacios que permitan aprender nuevas tecnologías, frameworks, procesos, entre otros. Adicionalmente, se sugiere fomentar espacios que permitan el intercambio de conocimiento entre los miembros del equipo.
GA	Gestión de acceso a privilegios	33.33%	PA	Se recomienda a la empresa realizar un spike que permita identificar la integración de prácticas de infraestructura como código en sus proyectos.
AC	Aprendizaje continuo	33.33%	PA	Se sugiere establecer espacios que permitan identificar nuevas tecnologías, procesos, modelos o enfoques que potencien el proceso actual de desarrollo de sus proyectos
ExC	Experimentación continua	25.00%	PA	Se recomienda definir pipelines que automaticen el despliegue de nuevos artefactos en las etapas de implementación, stage, preproducción y producción.
SL	Satisfacción laboral	0.00%	NA	Se recomienda estudiar con detalle la definición de políticas claras que garanticen que los accesos y permisos para los diferentes recursos del proyecto solo son asignados a las partes requeridas.

5.2.3.2.2. Análisis de resultados en la empresa E2

Después de analizar la documentación entregada por la empresa, no se identificaron inconsistencias en la información y soportes. Posteriormente, el grupo investigador subió el archivo a la plataforma web con el propósito de obtener el grado de implementación arrojado por el sistema. En la Tabla 87 se presenta el resumen general de los resultados obtenidos después de evaluar las prácticas.

Tabla 87. Resultados al evaluar las prácticas en la empresa E2.

Prácticas	Id	Nombre	%PFI	%PFIP	Peso	%PTCP	Grado de implementación
PF	IC	Integración continua	75.00%	6.38%	70%	37.72%	Parcialmente alcanzado (AA)
	EC	Entrega continua	100.00%	8.40%			
	PC	Pruebas continuas	62.50%	5.25%			
	GR	Gestión de requisitos	25.00%	2.07%			
	GD	Gestión de datos	28.57%	2.37%			
	SS	Supervisión de la seguridad	0.00%	0.00%			
	DE	Dirección estratégica	33.33%	2.77%			
	GC	Gestión de la configuración	14.29%	1.19%			
	MC	Monitoreo y observabilidad continua	0.00%	0.00%			
ED	Educación en torno a DevOps	0.00%	0.00%				

	RC	Realimentación continua e innovación	20.00%	1.66%			
	MCu	Medición de la cultura	0.00%	0.00%			
	%PFT			30.09%			
Prácticas	Id	Nombre	%PCI	%PCIP	Peso		
PC	DC	Despliegue continuo	25.00%	4.60%	30%		
	ICo	Infraestructura como código	33.33%	5.33%			
	GA	Gestión de acceso a privilegios	0.00%	0.00%			
	AC	Aprendizaje continuo	40.00%	6.40%			
	ExC	Experimentación continua	33.33%	5.33%			
	SL	Satisfacción laboral	75.00%	13.50%			
	%PCT			35.53%			

Acrónimos: **Id**: Identificador. **PF**: Práctica fundamental. **PC**: Práctica complementaria.

Después de obtener el grado de implementación total aplicando los pesos ponderados de las prácticas, se identificó que el porcentaje de implementación total de prácticas es del 31.72%, para un grado de implementación ampliamente alcanzado (PA).

- **Con relación a las prácticas fundamentales:** La empresa E2 obtuvo una puntuación de 30.09% que corresponde a un grado de implementación parcialmente alcanzado (PA).
- **Con relación a las prácticas complementarias:** La empresa E2 obtuvo un porcentaje de implementación de 35.53% que corresponde a un grado de implementación parcialmente alcanzado (PA).

Con el objetivo de establecer un análisis detallado del grado de implementación de prácticas, en la Tabla 88 se presenta el grado de implementación de cada una de las prácticas presentados de manera individual en orden descendente.

Tabla 88. Grado de implementación de prácticas en la empresa E2.

Prácticas	Identificador	Nombre	%PFI	Grado de implementación
PF	EC	Entrega continua	100.00%	CA
	IC	Integración continua	75.00%	AA
	PC	Pruebas continuas	62.50%	AA
	DE	Dirección estratégica	33.33%	PA
	GD	Gestión de datos	28.57%	PA
	GR	Gestión de requisitos	25.00%	PA
	RC	Realimentación continua e innovación	20.00%	PA
	GC	Gestión de la configuración	14.29%	NA
	MC	Monitoreo y observabilidad continua	0.00%	NA
	ED	Educación en torno a DevOps	0.00%	NA
	SS	Supervisión de la seguridad	0.00%	NA
	MCu	Medición de la cultura	0.00%	NA
Prácticas	Identificador	Nombre	%PCI	Grado de implementación
PC	DC	Despliegue continuo	100.00%	CA
	SL	Satisfacción laboral	50.00%	PA
	ExC	Experimentación continua	33.33%	PA
	AC	Aprendizaje continuo	20.00%	PA
	GA	Gestión de acceso a privilegios	0.00%	NA
	ICo	Infraestructura como código	0.00%	NA

De acuerdo con el análisis de las prácticas fundamentales fue posible observar que la práctica de entrega continua tuvo un grado de implementación completamente alcanzado (CA), Por otro lado, las prácticas de integración continua y pruebas continuas tuvieron un grado de implementación ampliamente alcanzado (AA). Adicionalmente, las prácticas de dirección estratégica, gestión de datos, gestión de requisitos y realimentación continua e innovación tuvieron un grado de implementación parcialmente alcanzado (PA). Finalmente, se observó que las prácticas de gestión de la configuración, monitoreo y observabilidad continua, educación en torno a DevOps, realimentación continua e innovación, supervisión de la seguridad y medición de la cultura no fueron alcanzados (NA). De igual manera, los resultados de las prácticas complementarias

muestran lo siguiente: la práctica de despliegue continuo tuvo un grado de implementación completamente alcanzado (CA). Por otro lado, las prácticas de satisfacción laboral, experimentación y aprendizaje continuos tuvieron un grado de implementación parcialmente alcanzado (PA). Finalmente, las prácticas de gestión de acceso a privilegios e infraestructura como código no fueron alcanzados (NA).

En la Tabla 89 se presentan los resultados obtenidos después de evaluar las dimensiones. De acuerdo con los resultados obtenidos se observó que: (i) la empresa obtuvo un grado parcialmente alcanzado (PA) en todas sus dimensiones con un porcentaje individual de 38.14%, 33.05%, 18.21% y 35.27%, respectivamente. De acuerdo con los resultados, la empresa ha implementado políticas, herramientas y procesos para la mejora del ciclo de vida de desarrollo de sus proyectos mediante tareas de automatización. Sin embargo, la empresa no ha definido políticas, actividades y mecanismos explícitos que fomenten la cultura organizacional, la cultura de aprendizaje de DevOps y la experimentación continua. Finalmente, el grado total de implementación de dimensiones de la empresa fue parcialmente alcanzado (PA) con un porcentaje de 31.14%.

Tabla 89. Resultados obtenidos en la evaluación de dimensiones en la empresa E2.

Dimensiones	%PCDI	Grado de implementación individual	%PPAD	%PCDT	Grado de implementación total
Herramientas	38.34%	PA	25.00%	31.14%	PA
Procesos	33.05%	PA	25.00%		
Cultura	18.21%	PA	25.00%		
Personas	35.27%	PA	25.00%		

Acrónimos: AA, NA, PA (ver Tabla 36)

En la Tabla 90 se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de valores. De acuerdo con los resultados, la empresa obtuvo un grado parcialmente alcanzado (PA) en todos sus valores.

Tabla 90. Grado de implementación de valores en la empresa E2.

Valor	%PCVI	Grado de implementación individual	%PPAV	%PCDev	Grado de implementación total
Automatización	29.77%	PA	25.00%	29.20%	PA
Colaboración	26.74%	PA	25.00%		
Medición	29.77%	PA	25.00%		
Comunicación	30.51%	PA	25.00%		

Acrónimos: PA (ver Tabla 36)

Finalmente, la empresa obtuvo un grado de implementación de DevOps (%PCDev) parcialmente alcanzado (PA) con un porcentaje total de 29.20%. De acuerdo con los resultados, la empresa se ha enfocado en tareas de automatización apoyados en prácticas de entrega continua, integración continua, pruebas continuas y despliegue continuo; además, se han realizado avances con relación a la definición de políticas, procedimientos y actividades asociadas con la dirección estratégica, gestión de datos, gestión de requisitos, realimentación continua e innovación, satisfacción laboral y experimentación continua. Sin embargo, la empresa no cuenta con prácticas que permitan apoyar actividades de monitoreo y observabilidad continua, educación entorno a DevOps, supervisión de la seguridad, medición de la cultura, gestión de acceso a privilegios e infraestructura como código. En la Tabla 91, se presentan las acciones de mejora identificadas de acuerdo con el análisis del grado de implementación de cada práctica fundamental y complementaria.

Tabla 91. Acciones de mejora identificadas en la empresa E2.

Acrónimo	Nombre	%PFI	Grado de implementación	Acciones de mejora
IC	Integración continua	75.00%	AA	Se sugiere definir un plan de acción claramente definido que describa el paso a seguir para la implementación de control de versiones en el proyecto. Además, se sugiere la implementación de herramientas que permitan identificar errores comunes de estilo, smells y buenas prácticas cuando se suben nuevos cambios a ambiente de integración.
PC	Pruebas continuas	62.50%	AA	Se deben implementar planes de acción que permitan realizar prueba a las API's en los proyectos. Además, Se sugiere crear un plan claramente definido que describan como se deben llevar a cabo las pruebas funcionales. Finalmente, se sugiere definir políticas para la gestión y solución de bugs identificados durante el proceso de pruebas automatizadas.
DE	Dirección estratégica	33.33%	PA	Se sugiere definir un plan estratégico que describa los objetivos y visión de la organización. Además, se sugiere realizar estudios que permitan identificar la posición de la empresa en el mercado y sus potenciales competidores.
GD	Gestión de datos	28.57%	PA	Es necesario establecer políticas y procedimientos para el control, gestión y acceso a datos en todos los proyectos de la empresa.
GR	Gestión de requisitos	25.00%	PA	Se sugiere definir un repositorio centralizado que permita estandarizar y conocer todos los requisitos identificados en los proyectos. Además, se deben implementar herramientas que permitan realizar seguimiento al ciclo de vida de los requisitos.
RC	Realimentación continua e innovación	20.00%	PA	Se sugiere establecer wikis que permitan centralizar el conocimiento y la transferencia de información por parte de los miembros del equipo. Además, se sugiere definir espacios que fomenten la mejora de los procesos existentes en los proyectos.
GC	Gestión de la configuración	14.29%	PA	Es necesario definir un plan claro que permita identificar, controlar, gestionar y monitorear el control de cambios en todas las fases del ciclo de vida de los proyectos en la empresa.
MC	Monitoreo y observabilidad continua	0.00%	NA	Se sugiere apoyar los proyectos en herramientas que permitan automatizar la generación, lectura y reporte de los logs en cada una de las etapas durante el proceso de desarrollo (no solo en producción). Adicionalmente, es necesario implementar herramientas de monitoreo que permitan identificar problemas en producción a través de los dinámicos y/o dashboards en tiempo real.
ED	Educación en torno a DevOps	0.00 %	NA	Se sugiere definir espacios que permitan capacitar a los miembros del equipo en DevOps y realizar seguimiento para verificar que las prácticas de DevOps son llevadas a cabo de manera adecuada.
SS	Supervisión de la seguridad	0.00 %	NA	Se sugiere definir políticas y actividades claras que permitan garantizar que la integración de nuevas librerías, proyectos, dependencias o API's cumplen con aspectos de seguridad mínimos de acuerdo con el área de negocio de la empresa para garantizar que no se inyecten vulnerabilidades en los proyectos. Además, se deben establecer políticas de autorización y autenticación que garanticen que los accesos están limitados solo a las partes que lo requieren.
MCu	Medición de la cultura	0.00 %	NA	Se recomienda establecer espacios que permitan identificar el grado de conocimiento,

				adopción y aceptación de la cultura organizacional de la empresa.
Identificador	Nombre	%PCI	Grado de implementación	Acciones de mejora
SL	Satisfacción laboral	50.00%	PA	Se sugiere establecer espacios, herramientas y/o actividades que permitan identificar el estado de ánimo de los miembros del equipopartes requeridas.
ExC	Experimentación continua	33.33%	PA	Se sugiere establecer espacios que permitan identificar nuevas tecnologías, procesos, modelos o enfoques que potencien el proceso actual de desarrollo de sus proyectos.
AC	Aprendizaje continuo	20.00%	PA	Es necesario establecer espacios que permitan aprender nuevas tecnologías, frameworks, procesos, entre otros. Adicionalmente, se sugiere fomentar espacios que permitan el intercambio de conocimiento entre los miembros del equipo.
GA	Gestión de acceso a privilegios	0.00%	NA	Se recomienda estudiar con detalle la definición de políticas claras que garanticen que los accesos y permisos para los diferentes recursos del proyecto solo son asignados a las partes requeridas.
ICo	Infraestructura como código	0.00%	NA	Se recomienda a la empresa realizar un spike que permita identificar la integración de prácticas de infraestructura en sus proyectos.

5.2.4. Análisis de los resultados obtenidos en los estudios de caso

5.2.4.1. Esfuerzo en tiempo

En la Tabla 92 se presenta el esfuerzo relacionado con cada uno de los estudios de caso tomando como base el esfuerzo en horas aplicado por cada una de las empresas. Para ello, se documentaron las horas empleadas por el equipo investigador y los recursos humanos de cada empresa durante las etapas de (i) socialización de la propuesta, (ii) planificación de la evaluación, (iii) aclaración de dudas, (iv) ejecución, (v) análisis y (vi) reporte de los resultados.

Tabla 92. Esfuerzo en horas aplicados en los estudios de caso.

No	Etapa	Esfuerzo total [horas]	
		E1	E2
1	Socialización de la propuesta	2	2
2	Planificación	1	2
3	Aclaración de dudas	0.5	1
4	Ejecución	7	13
5	Análisis de resultados	12	12
6	Reporte de resultados	1	1
Total		23.5	31

Acrónimos: No: Número.

El número total de horas presentadas en la etapa de ejecución corresponden a las horas aplicadas durante los días hábiles que duró la evaluación en cada una de las empresas, respectivamente. De acuerdo con la legislación colombiana, un día hábil está conformado por 8 horas de intensidad horaria y un mes está conformado por un total de 240 horas hábiles de trabajo [112]. Los participantes dedicaron cierto número de horas al día de acuerdo con el nivel de carga y asignaciones que tenían durante el tiempo que duró la evaluación. En este sentido, se solicitó a cada uno de los participantes documentar el número de horas que dedicaron por día con el propósito de conocer el número exacto de horas empleadas por cada participante. En la Tabla 93 se presenta el detalle del esfuerzo en horas/día aplicado por cada uno de los roles involucrados en el proceso de evaluación en las empresas E1 y E2.

Tabla 93. Esfuerzo aplicado por los responsables del proceso en la empresa E1.

Día	Esfuerzo [horas]			
	E1		E2	
	E1_RH1	E1_RH2	E2_RH1	E2_RH2
1	1	-	1	1
2	-	1	1	-
3	1	-	1	2
4	1	0.5	1	1
5	-	-	1	0.5
6	1	0.5	-	0.5
7	-	1	-	1
8	-	-	-	1
9	-	-	-	1
Esfuerzo individual [horas]	4	3	5	8
Esfuerzo total [horas]	7		13	

De acuerdo con los resultados fue posible observar lo siguiente: (i) a la empresa E1 le tomó siete (7) días hábiles ejecutar la evaluación, en los cuales el recurso E1_RH1 dedicó una hora de intensidad horaria durante cuatro (4) días, mientras que el recurso E1_RH2 dedicó una hora durante dos días y media hora (0.5 horas) durante dos días; por otro lado, (ii) a la empresa E2 le tomó nueve (9) días hábiles, en los cuales el recurso E2_RH1 dedicó una hora de esfuerzo durante cinco (5) días y el recurso E2_RH2 dedicó una hora de esfuerzo durante cinco (5) días, media hora (0.5 horas) durante dos (2) días y dos (2) horas durante un día. Con relación al esfuerzo total en horas dedicado por cada empresa se identificó que, si bien el esfuerzo en días para cada empresa es de siete (7) y nueve (9) días hábiles, respectivamente, las horas efectivas fueron siete (7) y trece (13), que corresponden a 0.875 y 1.625 días hábiles. En este sentido, un empleado sin asignaciones y/o tareas en paralelo podría ejecutar la evaluación en el intervalo de tiempo comprendido entre uno y dos días hábiles.

Después de discutir los resultados con cada una de las empresas se identificó lo siguiente: (i) cada rol involucrado en el proceso de evaluación tuvo que ajustar parte de sus actividades diarias con el objetivo de diligenciar el cuestionario sin interrumpir las tareas y/o asignaciones que tenían pendientes; (ii) la intensidad horaria elegida por cada rol dependía en gran medida del nivel de carga que tenían en las tareas del día a día, por lo cual, en algunos días no se presentaron avances; finalmente, (iii) la cantidad total de horas dedicadas por cada rol estuvo determinado por su nivel de experiencia y conocimiento en la organización, lo cual permitió que algunos roles proporcionaran las evidencias necesarias de manera mucho más rápida.

5.2.4.2. Costo

Tomando como base el esfuerzo en horas, se realizó la conversión de los resultados obtenidos a costos por recurso humano, de acuerdo con los valores promedios por hora en dólares americanos (USD) descritos en [113]. En la Tabla 94 se presenta el costo total obtenido en cada una de las empresas. El costo total en pesos colombianos (COP) fue convertido a la tasa más reciente a la fecha del estudio.

Tabla 94. Costo total tras aplicar el modelo.

Empresa	Rol	Salario anual promedio [USD]	Salario por hora promedio [USD]	Horas dedicadas	Costo total [USD]	Costo total [COP]
E1	E1_RH1. Líder del proyecto	92536	32.13	4	240.84	990141.41
	E1_RH2. Desarrollador	107831	37.44	3		

E2	E2_RH1. Líder de operaciones	54489	18.92	5	391.80	161768.16
	E2_RH2. Desarrollador/DevOps	107000	37.15	8		

De acuerdo con la información presentada en la Tabla 94, el costo total de aplicar el modelo de métricas fue de 990141.41 COP y 1610768.16 COP, respectivamente, lo cual es un costo relativamente bajo en comparación con algunos de los gastos más frecuentes que asumen las empresas, como son gastos en capacitaciones, certificaciones y auditorías internas.

5.2.4.3. Análisis cualitativo

Después de finalizar el análisis y reporte de los resultados, se realizó una encuesta a cada uno de los participantes con el fin de conocer su opinión general del modelo mediante la evaluación de aspectos relacionados con la aplicabilidad, comprensibilidad, completitud e idoneidad de la propuesta. Para ello, se creó un formulario de Google compuesto por dos secciones: (i) caracterización de la información general de la empresa (nombre, número de empleados, cantidad de años en la industria, descripción del mercado y modelos/estándares utilizados actualmente por la empresa), y (ii) un cuestionario compuesto por un total de 2 preguntas abiertas y 17 preguntas con escala discreta definidas mediante la escala de Likert [111] (ver Tabla 67 y Tabla 68). En la Tabla 95, se presenta el conteo de respuestas a las preguntas con escala definida de acuerdo con su nivel de conformidad en cada una de las empresas.

Tabla 95. Conteo de respuestas a preguntas con escala definida en los estudios de caso.

Id	Pregunta	Nivel de conformidad (Escala de Likert)	
		E1	E2
P1	¿Considera que las prácticas propuestas en el modelo son claras y de fácil comprensión?	5	5
P2	¿Considera que las dimensiones propuestas en el modelo son claras y de fácil comprensión?	5	5
P3	¿Considera que los valores propuestos en el modelo son claros y de fácil comprensión?	5	5
P4	De acuerdo con su experiencia: ¿Considera que la evaluación de prácticas, dimensiones y valores es adecuada y permite identificar aspectos de valor para las empresas desarrolladoras de software?	5	5
P5	¿Considera que la ponderación definida para las prácticas fundamentales y complementarias es adecuada?	5	5
P6	¿Considera que la ponderación definida para las dimensiones es adecuada?	5	5
P7	¿Considera que la ponderación definida para los valores es adecuada?		
P8	De acuerdo con su experiencia ¿Considera que las métricas tienen suficiente rigor matemático?	5	5
P9	¿Considera que las métricas definidas para evaluar el grado de adopción de prácticas fundamentales son adecuadas?	5	5
P10	¿Considera que las métricas definidas para evaluar el grado de adopción de prácticas complementarias son adecuadas?	5	5
P11	¿Considera que la métrica para calcular el grado de adopción total de prácticas es adecuada?	5	5
P12	¿Considera que las métricas para calcular el grado de adopción de dimensiones son adecuadas?	5	5
P13	¿Considera que la métrica para calcular el grado de adopción de valores es adecuada?	5	5
P14	¿Considera que la métrica para calcular el grado de adopción de DevOps es adecuada?	5	5
P15	¿Considera que las métricas propuestas en el modelo son suficientes para garantizar una evaluación completa de DevOps?	5	5
P16	¿Considera que los resultados obtenidos tras aplicar el modelo de métricas permitirán a una empresa identificar aspectos de mejora en sus procesos?	5	5

P17	De acuerdo con su experiencia ¿Considera que el modelo de métricas propuesto puede ser aplicado en empresas con limitaciones de infraestructura, capital, personal o tamaño?	5	5
-----	--	---	---

Acrónimos. **Id:** Identificador.

En la Tabla 96, se presentan las respuestas diligenciadas por cada uno de los participantes para las preguntas abiertas.

Tabla 96. Respuesta a las preguntas abiertas.

Pregunta	Respuestas	
	E1	E2
P18	Ninguno	Ninguno
P19	El modelo nos permitió ver falencias que no habíamos considerado hasta la fecha	Las métricas nos ayudaron a entender cosas que no sabíamos que podíamos mejorar

A partir el análisis de los resultados de las preguntas abiertas, fue posible observar lo siguiente:

Con relación a la comprensibilidad, se observó que los participantes de las dos empresas tuvieron una opinión positiva con respecto a la definición de prácticas, dimensiones y valores, mencionando que tuvo en cuenta aspectos adicionales a los más comunes como son la automatización y el uso de herramientas, considerando aspectos relacionados con la cultura organizacional y el desarrollo de habilidades blandas como la comunicación, coordinación, trabajo colaborativo, entre otros. Por otro lado, los participantes mencionaron los siguientes aspectos: (i) la propuesta es aplicable de acuerdo con las características de cada empresa; (ii) los resultados obtenidos después de aplicar la evaluación permitieron identificar aspectos de mejora relacionados el aprendizaje continuo, la experimentación continua, la cultura organizacional y la necesidad de establecer espacios para educar a los miembros del equipo en DevOps; finalmente, (iii) los resultados obtenidos después de realizar la evaluación son consistentes con los resultados esperados por los participantes de la evaluación. En cuanto a la idoneidad, los participantes de ambas empresas consideran que el reporte presentado por parte del equipo investigador permitió identificar aspectos de mejora que no se habían planteado antes de ejecutar la evaluación. Asimismo, fue posible observar una percepción positiva ante las sugerencias realizadas por parte del equipo investigador. Finalmente, los miembros de las dos empresas manifestaron que el modelo de evaluación es completo y ofrece información de valor que permitirá establecer acciones de mejora continua dentro de cada organización. Además, los participantes indicaron que el modelo considera aspectos adicionales que no son mencionados usualmente, así como: prácticas relacionadas con la gestión de requisitos, supervisión de la seguridad, experimentación continua, monitoreo continuo y satisfacción laboral.

5.2.5. Análisis de validez

A continuación, se describe el análisis de validez de constructo, la validez externa y de confiabilidad respecto a los resultados obtenidos en el estudio de caso.

- **Validez del constructo:** Con el objetivo de conservar la validez del constructo y garantizar que los resultados obtenidos representan de manera objetiva aquello que se pretende evaluar en concordancia con las preguntas de investigación, se llevó a cabo una reunión inicial en la cual se presentó el contexto del proyecto de investigación, la solución propuesta, el plan de trabajo para cada estudio de caso y se solucionaron inquietudes o ambigüedades manifestadas por cualquiera de las partes interesadas. Además, se presentó documentación detallada de apoyo para que el rol designado en la evaluación tuviera los

elementos necesarios para resolver cualquier duda que se pudiera presentar durante la ejecución del estudio de caso en cada una de las empresas.

- **Validez externa:** Un aspecto vital durante la realización de los estudios de caso fue dejar claro que los resultados obtenidos no pueden ser generalizados, ya que cada estudio fue realizado en empresas con características particulares, por lo cual no pueden ser catalogadas como una evaluación genérica. No obstante, el estudio puede ser replicado en empresas con otras características siguiendo el protocolo y el conjunto de actividades descritas en este proyecto.
- **Confiabilidad:** Con el objetivo de reducir el sesgo y garantizar la independencia entre los resultados obtenidos y los investigadores que llevaron a cabo el estudio de caso, se realizaron las siguientes actividades: (i) definición de los criterios para la selección del sujeto de estudio, (ii) definición del procedimiento de campo y de recolección de datos, (iii) elaboración de documentación detallada del modelo de métricas para ser usada en cada estudio de caso, y (iv) soporte permanente al evaluador y participantes del estudio de caso durante la fase de ejecución.

5.2.6. Limitaciones del estudio de caso

A continuación, se presentan las limitaciones identificadas durante la ejecución de los estudios de caso:

- El estudio de caso fue llevado a cabo en dos empresas desarrolladoras de software, por lo cual no se pueden generalizar los resultados. En este sentido, es necesario replicar el estudio en empresas con diferentes características con el objetivo de extender la naturaleza de los resultados.
- Existe un grado de sesgo asociado a la subjetividad del evaluador tras aplicar el instrumento de evaluación. Adicionalmente, la interpretación de los resultados está sujeta a un grado de subjetividad por el equipo investigador.
- Debido a restricciones de bioseguridad, todas las actividades relacionadas con reuniones, ceremonias y reporte de resultados fueron llevadas a cabo de manera remota. Por ello, la comunicación entre el equipo investigador y los participantes del estudio de caso fue asincrónica.

Capítulo VI. Conclusiones y trabajo futuro

En este capítulo se presentan los aspectos más importantes de acuerdo con los resultados obtenidos después de realizar el trabajo de investigación. Inicialmente, se presenta un análisis del grado de cumplimiento de cada uno de los objetivos de investigación. Posteriormente, se describe el estado del arte de los artículos que resultaron del proceso de investigación. Finalmente, se presentan las conclusiones y brechas identificadas que pueden ser trabajadas en el futuro.

6.1. Análisis de los objetivos de investigación

A continuación, se presenta en análisis de cómo se logró dar solución a los objetivos de investigación planteados y sus capítulos asociados.

6.1.1. Objetivos específicos - OE

OE1: Identificar los elementos fundamentales para apoyar la evaluación de las prácticas y procesos relacionados a DevOps en empresas de desarrollo de software, a través de su identificación por medio de un mapeo sistemático de la literatura (MSL), que permita conocer las soluciones metodológicas y herramientas propuestas por otros autores.

Este objetivo se cumplió a través de la realización de un mapeo sistemático de la literatura publicado en [34] que tuvo por objetivo identificar las iniciativas, estudios, propuestas y soluciones relacionadas con la evaluación de DevOps en empresas desarrolladoras de software. El análisis de los resultados obtenidos en el mapeo sistemático se describe en la Sección 2.2. Estado del arte.

OE2: Construir un modelo de métricas para apoyar la evaluación de DevOps basado en el enfoque Goal-Question-Metric (GQM), que establezca las métricas necesarias para evaluar el grado de implementación de las prácticas fundamentales de DevOps propuestas en la literatura y en la industria de software.

A partir de los resultados obtenidos en el mapeo sistemático, se llevó a cabo un proceso de armonización de las soluciones metodológicas y herramientas identificadas, el cual se realizó para caracterizar el conjunto de elementos de proceso de DevOps que se deben considerar para la definición de las métricas. El proceso de armonización fue realizado en el Capítulo III. Armonización elementos de proceso relacionados con DevOps. De acuerdo con el conjunto elementos de proceso obtenidos después de realizar la armonización, se definieron las métricas mediante la aplicación del enfoque GQM, el cual garantizó que las métricas fueran establecidas siguiendo un proceso ordenado y estructurado que tuviera en cuenta los aspectos más importantes descritos durante la armonización. El proceso llevado a cabo para la definición de métricas se realizó en el Capítulo IV. Modelo de métricas para apoyar la evaluación de DevOps.

OE3: Evaluar el modelo propuesto a través un grupo focal como técnica cualitativa de estudio, con el objetivo de identificar oportunidades de mejora a partir de las observaciones realizadas por expertos en DevOps.

En la Sección 5.1. Evaluación teórica: Grupo focal, se describen de manera ordenada cada una de las actividades realizadas para aplicar el grupo focal, el cual permitió

identificar aspectos de mejora a partir de los comentarios y recomendaciones realizados por miembros expertos en la industria de software y en la aplicación de DevOps.

OE4: Evaluar el modelo propuesto a través de un estudio de caso aplicado en una empresa desarrolladora de software, con el objetivo de evaluar la: idoneidad, claridad y completitud de la propuesta.

Inicialmente, el alcance de la propuesta fue realizar el estudio de caso en una sola empresa. Sin embargo, fu posible extender el alcance de la evaluación mediante la ejecución de dos estudios de caso en paralelo. En la Sección 5.2. Evaluación práctica: Estudio de caso se describen las actividades llevadas a cabo para la ejecución del estudio de caso en dos empresas desarrolladoras de software. Cada estudio fue realizado para verificar si el conjunto de métricas propuestas en el modelo cumple con los siguientes criterios: (i) comprensibilidad, (ii) proporcionan información de valor a la empresa para mejorar sus procesos relacionados con DevOps y (iii) si el esfuerzo necesario para su aplicación es aceptable para una empresa desarrolladora de software.

6.1.2. Objetivo general - OG

OG: Proponer un modelo de métricas para apoyar la evaluación del grado de implementación de DevOps basado en un conjunto de prácticas fundamentales propuestas en la literatura, y que apoye a los profesionales y empresas de software a identificar oportunidades de mejora en sus procesos de DevOps.

En el Capítulo IV. Modelo de métricas para apoyar la evaluación de DevOps se presenta un modelo de métricas, en el cual se formalizan el conjunto de aspectos a considerar para evaluar de manera cuantitativa cada una de las prácticas, dimensiones y valores asociados con DevOps siguiendo el formalismo propuesto por el enfoque GQM.

6.2. Publicaciones

Como resultado del proceso de colaboración con el grupo de investigación GTI de la Universidad del Cauca y el grupo de investigación GIDITIC de la Universidad EAFIT se elaboró un total de 8 artículos. Los artículos presentados en esta sección se dividen en dos categorías: (i) artículos directamente relacionados con el proyecto y (ii) artículos de colaboración que fueron resultado de actividades de asesoría y proyectos relacionados con la temática. Como resultado, fue posible divulgar el conocimiento generado durante el proyecto y se identificaron áreas de interés que representan posibles brechas de trabajo futuro e integración con la propuesta. A continuación, se presenta el detalle de los estudios publicados.

6.2.1. Artículos directamente relacionados con el proyecto

Durante el proceso de revisión de la literatura, definición y evaluación de la propuesta de investigación se escribieron artículos que contribuyen en la generación de conocimiento en los siguientes aspectos: (i) conocer el panorama general en torno a la definición de mecanismos para evaluar DevOps en la industria, (ii) la definición de un modelo de métricas que siguió un proceso ordenado y estructurado soportado en el conjunto de mejores prácticas identificadas en la literatura y en la industria, (iii) la divulgación de los resultados después de aplicar el modelo a través de su evaluación mediante un grupo focal con expertos en DevOps y (iv) la ejecución de dos estudios de caso aplicados en empresas desarrolladoras de software. En la Tabla 97 se describe

cada uno de los artículos y su estado actual de publicación. Adicionalmente, la información de cada autor tiene asociado un enlace directo a su perfil en ORCID.

Tabla 97. Artículos directamente relacionados con el proyecto.

No	Nombre	Autores	Evento	Revista	Estado	Ref
1	What is there about DevOps Assessment. A Systematic Mapping	C. Orozco C. Pardo Y. Salazar	XIV Jornadas Iberoamericanas de Ingeniería de Software e Ingeniería del Conocimiento JIISIC'21	Revista Facultad de Ingeniería	Publicado	[34]
2	DevOps Ontology - An ontology to support DevOps adoption in the software industry	J. Guerrero C. Pardo C. Orozco	XIV Jornadas Iberoamericanas de Ingeniería de Software e Ingeniería del Conocimiento JIISIC'21		Publicado	[114]
3	Modelo de métricas para apoyar la evaluación de DevOps en empresas de software	C. Orozco C. Pardo	The 10th International Conference in Software Engineering Research and Innovation (CONISOFT)		Enviado	
4	Proceso para soportar DevOps en la integración, entrega y despliegue continuo en pequeñas y medianas empresas de desarrollo de software	C. Orozco C. Pardo K. Zúñiga C. Certuche	The 10th International Conference in Software Engineering Research and Innovation (CONISOFT)		Enviado	
5	Modelo de métricas para apoyar la evaluación de DevOps y su aplicación en múltiples estudios de caso	C. Orozco E. Suescun C. Pardo			En revisión	

Acronimos. **No**: Número. **Ref**: Referencia.

6.2.2. Artículos de colaboración

Como parte del proceso de investigación, se realizaron actividades de asesoría a estudiantes de maestría, dirección de estudiantes de pregrado y colaboración con otros investigadores que trabajaban en temas directa o indirectamente relacionados con el proyecto de investigación. En la Tabla 98 se presentan los estudios que fueron escritos durante el proceso de colaboración.

Tabla 98. Artículos de colaboración.

No	Nombre	Autores	Evento	Revista	Estado	Ref
1	Systematic Mapping of the Harmonization of SCRUM and ISO 9001	D. Burbano C. Pardo C. Orozco	XIV Jornadas Iberoamericanas de Ingeniería de Software e Ingeniería del Conocimiento JIISIC'21	Revista Facultad de Ingeniería	Publicado	[115]
2	Una mirada hacia la (in)felicidad en las comunidades de desarrollo de software ágil, un mapeo sistemático de la literatura	E. Perez C. Pardo C. Orozco	The 10th International Conference in Software Engineering Research and Innovation (CONISOFT)		Enviado	
3	Deuda de la documentación en el desarrollo de software ágil. Resultados preliminares de un mapeo sistemático de la literatura	J. Narváez C. Pardo C. Orozco	The 10th International Conference in Software Engineering Research and Innovation (CONISOFT)		Enviado	

Acronimos. **No**: Número. **Ref**: Referencia.

6.3. Conclusiones

A partir del proceso de investigación, fue posible identificar relaciones, limitantes y aspectos de interés relacionados con la forma en la cual la academia y la industria ha

realizado esfuerzos en la definición de soluciones para evaluar DevOps en empresas de software. A continuación, se presentan los aspectos más relevantes identificados como resultado del proceso de investigación.

- El mapeo sistemático de la literatura sobre la evaluación del grado de implementación de DevOps en empresas de software permitió identificar que: (i) la academia y la industria ha realizado avances en la definición de soluciones metodológicas y herramientas para evaluar DevOps, sin embargo, (ii) existe un alto grado de heterogeneidad en los mecanismos y aspectos considerados para la definición de soluciones para evaluar DevOps, causado por la falta de una solución genérica que permita establecer de manera clara el conjunto de conceptos, definiciones y relaciones que se deben considerar para la definición de un proceso de adopción de DevOps.
- La armonización de las soluciones y herramientas identificadas en el mapeo sistemático permitió tener un panorama mucho más amplio y claro sobre la identificación de prácticas, dimensiones y valores asociados con DevOps.
- La definición del modelo establece un conjunto de métricas que permiten evaluar de manera cuantitativa el grado o porcentaje de adopción de las prácticas, dimensiones y valores de DevOps de manera individual y/o en conjunto, lo cual permite a una empresa conocer el grado de implementación de sus procesos de DevOps a nivel general y granular.
- La evaluación de la propuesta mediante la aplicación de diferentes estrategias permitió evidenciar que: (i) el modelo es consistente y define un conjunto de métricas coherentes que evalúan aspectos de vital importancia en la aplicación de DevOps y (ii) el modelo permite evaluar DevOps en diferentes niveles (prácticas individuales, prácticas en conjunto, dimensiones individuales, dimensiones en conjunto y evaluación de DevOps)
- Aplicar un grupo focal permitió conocer los comentarios y recomendaciones de expertos en el área de ingeniería de software con experiencia en la definición, adopción y aplicación de procesos de DevOps, lo cual resultó en una versión refinada del modelo. Por otro lado, la ejecución de dos estudios de caso permitió identificar el alcance y limitaciones de la solución aplicados a un entorno real. Gracias a ello, se observó que el modelo es claro, fácil de aplicar y con un nivel de esfuerzo razonable y alcanzable por una empresa de software.
- A pesar que los estudios de caso fueron realizados siguiendo un protocolo y estructura definida, este cuenta con varias limitantes: (i) los resultados obtenidos no se pueden generalizar debido a la naturaleza del estudio, por lo cual es necesario extender su alcance mediante la aplicación de estudios de caso adicionales en otras empresas con diferentes características, y (ii) la existencia de un sesgo tácito que resulta de los métodos llevados a cabo para la evaluación y el análisis de los resultados generados por el equipo investigador.
- Como respuesta a la pregunta de investigación definida en la introducción del proyecto “¿Cómo apoyar la evaluación del nivel de implementación de DevOps a través de las mejores prácticas propuestas en la literatura y en la industria de software?”, se obtuvo como resultado un modelo de métricas para apoyar la evaluación de DevOps en empresas desarrolladoras de software.

6.4. Trabajo futuro

A continuación, se presentan las brechas que pueden ser abordadas como trabajo futuro en nuevas investigaciones:

- **Actualización del mapeo sistemático:** El mapeo sistemático fue realizado en las primeras etapas del proyecto de investigación, por lo cual se sugiere realizar

un estudio exploratorio con el objetivo de actualizar el estado del arte con nuevas propuestas que puedan surgir en torno a la forma en la cual la industria y la academia realiza la evaluación de DevOps en empresas de software.

- **Llevar a cabo estudios de caso adicionales:** Aunque se extendió el alcance inicial de la evaluación realizando dos estudios de caso, es pertinente realizar estudios de caso adicionales en otras empresas con diferentes características, que permitan generalizar la naturaleza de los resultados obtenidos tras aplicar la solución.
- **Mejora en el proceso de automatización del modelo:** Actualmente, el proceso de evaluación requiere el uso de cuestionarios y archivos planos para obtener la información necesaria que es consumida por una aplicación web que arroja el detalle de los resultados obtenidos después de realizar la evaluación. De acuerdo con lo anterior, se plantea como trabajo futuro mejorar la herramienta actual a través de técnicas de inteligencia artificial que permitan potenciar el proceso de evaluación y reducir la intervención humana.
- **Integración del modelo de métricas con procesos y/o métodos de certificación:** Durante el grupo focal, se sugirió hacer un análisis que permita integrar el modelo de métricas con diferentes métodos de certificación para aumentar el alcance de la evaluación. En este sentido, se hace pertinente realizar un estudio que permita identificar diferentes métodos de certificación y/o evaluación que puedan ser integrados al modelo a través de una propuesta más extensa que involucre áreas de proceso adicionales.
- **Integrar aspectos relacionados con la deuda social y deuda de procesos en el proceso de evaluación:** Como resultado del proceso de investigación y colaboración con otros autores, se observó que se han realizado avances significativos en el estudio de la deuda de proceso y la deuda social, los cuales afectan a las empresas que aplican DevOps desde el punto de vista humano y socioemocional. En este sentido, se hace necesario realizar estudios adicionales que busquen identificar el grado de impacto que tienen estos tipos de deuda en la forma como las empresas aplican DevOps, lo cual permitirá mejorar la propuesta mediante la definición de nuevas preguntas y objetivos que consideren aspectos relacionados con las habilidades blandas y el bienestar de los empleados que aplican DevOps en las empresas de software.

Bibliografía

- [1] H. Conradi and A. Fuggetta, "Improving software process improvement," *IEEE Software*, vol. 19, no. 4, pp. 92–99, Jul. 2002, doi: 10.1109/MS.2002.1020295.
- [2] CMMI Institute, "Capability maturity model integration for development," 2018.
- [3] Rational Software, "Rational Unified Process," *Best Practices for Software Development Teams*, 2020.
- [4] W. W. Royce, "Managing the development of large software systems: concepts and techniques," in *Proc. 9th Int. Conf. Soft. Eng.*, 1987, pp. 328–338.
- [5] B. W. Boehm, "A spiral model of software development and enhancement," *Computer (Long Beach Calif)*, vol. 21, no. 5, pp. 61–72, 1988.
- [6] J. Martin, *Rapid application development*. Macmillan Publishing Co., Inc., 1991.
- [7] K. Schwaber and J. Sutherland, "The scrum guide the definitive guide to scrum: The rules of the game," 2017.
- [8] M. Poppendieck and T. Poppendieck, *Lean Software Development: An Agile Toolkit*. Addison-Wesley, 2003. doi: 10.1109/MC.2003.1220585.
- [9] K. Beck, *Test Driven Development: By Example*, 1st ed. Addison-Wesley Professional, 2002.
- [10] K. Beck and E. Gamma, "Extreme Programming Explained: Embrace Change," 2000.
- [11] A. Cockburn, *Crystal clear: A human-powered methodology for small teams: A human-powered methodology for small teams*. Pearson Education, 2004.
- [12] J. Highsmith, *Adaptive software development: a collaborative approach to managing complex systems*. Addison-Wesley, 2013.
- [13] J. Stapleton, *DSDM, dynamic systems development method: the method in practice*. Cambridge University Press, 1997.
- [14] H. Kniberg, "Scrum and XP from the Trenches," 2015.
- [15] C. Ladas, "Scrumban-essays on kanban systems for lean software development," 2009.
- [16] J. Sutherland, C. R. Jakobsen, and K. Johnson, "Scrum and CMMI level 5: The magic potion for code warriors," in *41st Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.*, 2008, pp. 466–466.
- [17] M. Sanchez Gordon and R. Colomo Palacios, "Characterizing DevOps Culture: A Systematic Literature Review," in *International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination. SPICE 2018*, 2018, pp. 3–15. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-00623-5_1.
- [18] B. de França, H. Jeronimo, and G. Travassos, *Characterizing DevOps by Hearing Multiple Voices*. New York, NY: Association for Computing Machinery, 2016.
- [19] A. Hochstein, R. Zarnekow, and W. Brenner, "ITIL as common practice reference model for IT service management: formal assessment and implications for practice," *EEE*, pp. 704-710., 2005.
- [20] J. Young, G. Ridley, and P. Carroll, "COBIT and Its Utilization: A Framework from the Literature," *HICSS*, 2014.
- [21] ISO/IEC, "Calidad de los servicios TI," 2019.
- [22] ISO/IEC, "Sistemas de Gestión la Seguridad de la Información," 2013.
- [23] P. Debois, "Devopsdays - Organizing Guide." 2009.
- [24] M. Virmani, "Understanding Devops & Bridging The Gap From Continuous Integration To Continuous Delivery," in *Int. Conf. Innov. Comp. Tech.*, 2015, pp. 78–82.
- [25] S. S. Samarawickrama and I. Perera, "Continuous scrum: A framework to enhance scrum with DevOps," in *Int. Conf. Adv. ICT for Emer. Reg.*, Sep. 2017, pp. 1–7.

- [26] M. Shahin, M. A. Babar, and L. Zhu, "Continuous integration, delivery and deployment: a systematic review on approaches, tools, challenges and practices," *IEEE Access*, vol. 5, pp. 3909–3943, 2017.
- [27] C. Orozco, C. Pardo, S. Vásquez, H. Ordoñez, and E. Suescún, "An agile process to support software configuration management," *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, vol. 2020, no. E32, 2020.
- [28] J. Michelsen, "Dysfunction Junction: A Pragmatic Guide to Getting Started with DevOps," *CA Technologies*, p. 26, 2014.
- [29] E. Diel, S. Marczak, and D. S. Cruzes, "Communication Challenges and Strategies in Distributed DevOps," in *11th Int. Conf. on Global Soft. Eng.*, 2016, pp. 24–28. doi: 10.1109/ICGSE.2016.28.
- [30] M. Soni, "End to End Automation on Cloud with Build Pipeline: The Case for DevOps in Insurance Industry, Continuous Integration, Continuous Testing, and Continuous Delivery," in *IEEE Int. Conf. on Cloud Comp. in Emerging Markets*, 2015, pp. 85–89. doi: 10.1109/CCEM.2015.29.
- [31] Digital.ai, "15th Annual State of Agile Report," Jul. 13, 2021. <https://bit.ly/3Lgw4KE> (accessed May 16, 2022).
- [32] J. Wettinger, V. Andrikopoulos, and F. Leymann, "Automated Capturing and Systematic Usage of DevOps Knowledge for Cloud Applications," in *Int. Conf. on Cloud Eng.*, 2015, pp. 60–65.
- [33] M. E. F. A. C. & Daneva, "Report: DevOps Literature Review," 2014. doi: 10.13140/2.1.5125.1201.
- [34] C.-E. Orozco-Garcés, C.-J. Pardo-Calvache, and Y.-H. Salazar-Mondragón, "What is There About DevOps Assessment? A Systematic Mapping," *Revista Facultad de Ingeniería*, vol. 31, no. 59, pp. e13896–e13896, 2022.
- [35] J. Guerrero, K. Zuñiga, C. Certuche, and C. Pardo, "A systematic mapping study about DevOps," *Journal de Ciencia e Ingeniería*, vol. 12, no. 1, pp. 48–62, 2020, doi: <https://doi.org/10.46571/JCI.2020.1.5>.
- [36] M. Dini, N. Gligo, and A. Patiño, "Transformación digital de las mipymes: elementos para el diseño de políticas," 2021.
- [37] S. Galván-Cruz, M. Muñoz, J. Mejía, C. Y. Laporte, and M. Negrete, "Building a guideline to reinforce agile software development with the basic profile of ISO/IEC 29110 in very small entities," in *International Conference on Software Process Improvement*, 2020, pp. 20–37.
- [38] V. R. Basili, "Software modeling and measurement: the Goal/Question/Metric paradigm," 1992.
- [39] J. Guerrero, "DevOps Model - Modelo de referencia para la adopción de DevOps en empresas de desarrollo de software," Universidad del Cauca, 2021.
- [40] J. Conklin, "A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives complete edition." JSTOR, 2005.
- [41] T. Wood-Harper, "Research methods in information systems: using action research," *Research methods in information systems*, vol. 169, p. 191, 1985.
- [42] J. Kontio, J. Bragge, and L. Lehtola, "The focus group method as an empirical tool in software engineering," in *Guide to advanced empirical software engineering*, Springer, 2008, pp. 93–116.
- [43] R. K. Yin, *Case study research: Design and methods*, vol. 5. sage, 2009.
- [44] R. Jabbari, N. bin Ali, K. Petersen, and B. Tanveer, "What is DevOps? A systematic mapping study on definitions and practices," in *Proc. of the Scientific Workshop of XP2016*, 2016, pp. 1–11.
- [45] R. S. Pressman, C. Ruckaüer, and L. Hernández Yáñez, *Ingeniería del Software: Un enfoque práctico*. 1993.
- [46] K. Beck *et al.*, "Manifiesto for Agile Software Development," Feb. 12, 2001.
- [47] J. Xu and M. Quaddus, "Information Systems Operation Management," in *Managing Information Systems*, Springer, 2013, pp. 149–166.

- [48] D. Vásquez, C. Pardo, C. A. Collazos, and F. J. Pino, "Light measurement model to assess software development process improvement," *Ingeniería y Ciencia*, vol. 6, no. 12, pp. 171–202, 2010.
- [49] N. Fenton and J. Bieman, *Software metrics: a rigorous and practical approach*. CRC press, 2014.
- [50] D. Budgen, M. Turner, P. Brereton, and B. A. Kitchenham, "Using Mapping Studies in Software Engineering.," in *Ppig*, 2008, vol. 8, pp. 195–204.
- [51] K. Petersen, R. Feldt, S. Mujtaba, and M. Mattsson, "Systematic mapping studies in software engineering," in *12th Int. Conf. Eval. Asses. Soft. Eng.*, 2008, pp. 1–10.
- [52] N. Tomas, J. Li, and H. Huang, "An empirical study on culture, automation, measurement, and sharing of devsecops," in *Int. Conf. Cyb. Sec. Prot. Dig. Serv.*, 2019, pp. 1–8.
- [53] P. Rittgen, S. Cronholm, and H. Göbel, "Towards a Model for Assessing Collaboration Capability Between Development and Operations," in *Eur. Conf. Soft. Proc. Impr.*, 2019, pp. 111–122.
- [54] M. Anisetti, C. A. Ardagna, F. Gaudenzi, and E. Damiani, "A Continuous Certification Methodology for DevOps," in *11th. Proc. Int. Conf. Man. Dig EcoSys.*, 2019, pp. 205–212.
- [55] M. Gasparaite and S. Ragaisis, "Comparison of devops maturity models.," in *IVUS*, 2019, pp. 65–69.
- [56] J. M. Radstaak, "Developing a DevOps maturity model: a validated model to evaluate the maturity of DevOps in organizations." University of Twente, 2019.
- [57] A. Caprarelli, E. di Nitto, and D. Tamburri, "Fallacies and pitfalls on the road to DevOps: a longitudinal industrial study," in *Int. Work. Soft. Eng. Asp. Cont. Dev. Parad.*, 2019, pp. 200–210.
- [58] M. Zarour, N. Alhammad, M. Alenezi, and K. Alsarayrah, "A research on DevOps maturity models," *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 8, no. 3, pp. 4854–4862, 2019.
- [59] A. Mishra and Z. Otaiwi, "DevOps and software quality: A systematic mapping," *Computer Science Review*, vol. 38, p. 100308, 2020.
- [60] C. Marnewick and J. Langerman, "DevOps and Organisational Performance: The Fallacy of Chasing Maturity," *IEEE Software*, 2020.
- [61] D. Teixeira, R. Pereira, T. Henriques, M. M. da Silva, J. Faustino, and M. Silva, "A maturity model for DevOps," *International Journal of Agile Systems and Management*, vol. 13, no. 4, pp. 464–511, 2020.
- [62] T. Neubrand and T. Haendler, "Development of a GQM-based Technique for Assessing DevOps Maturity," 2020.
- [63] R. de Feijter, S. Overbeek, R. van Vliet, E. Jagroep, and S. Brinkkemper, "DevOps competences and maturity for software producing organizations," in *Ent. Proc. and Inf. Syst. Mod.*, Springer, 2018, pp. 244–259.
- [64] T. Masombuka and E. Mnkandla, "A DevOps collaboration culture acceptance model," in *Proc of Ann. Conf of South African Inst. Comp. Sci. Inf. Tech.*, 2018, pp. 279–285.
- [65] T. Seppä-Lassila, A. Järvi, and S. Hyrynsalmi, "An assessment of DevOps maturity in a software project," *Computer Science*, 2017.
- [66] L. König and A. Steffens, "Towards a quality model for devops," *Continuous Software Engineering & Full-scale Software Engineering*, vol. 37, 2018.
- [67] O. E. Adalı, Ö. Özcan-Top, and O. Demirörs, "Evaluation of agility assessment tools: a multiple case study," in *Int. Conf. Soft. Proc. Impr. Cap. Det.*, 2016, pp. 135–149.
- [68] M. Muñoz, J. Mejia, B. Corona, J. A. Calvo-Manzano, T. San Feliu, and J. Miramontes, "Analysis of Tools for Assessing the Implementation and Use of Agile Methodologies in SMEs," in *Int. Conf. on Soft. Proc. Impr. Cap. Det.*, 2016, pp. 123–134.

- [69] R. Costa, R. Rodrigues, and A. C. S. Dutra, "Application of Scrum Maturity Model in SoftDesign Company," in *Brazilian Workshop on Agile Methods*, 2016, pp. 39–49.
- [70] R. Feijter, R. Vliet, E. Jagroep, S. Overbeek, and S. Brinkkemper, "Towards the adoption of DevOps in software product organizations: A Maturity Model Approach," *Technical Report Series*, no. UU-CS-2017-009. UU BETA ICS Departement Informatica, 2017.
- [71] S. Kruis, "Designing a metrics model for DevOps at Philips IT." Master's thesis). Eindhoven University of Technology. Retrieved from [https ...](https://www.eindhoven.nl), 2014.
- [72] G. Rong, H. Zhang, and D. Shao, "CMMI guided process improvement for DevOps projects: an exploratory case study," in *Proc. of Int. Conf. on Soft. Syst.*, 2016, pp. 76–85.
- [73] L. Prates, J. Faustino, M. Silva, and R. Pereira, "Devsecops metrics," in *Eur. Symp. Syst. Ana. and Des.*, 2019, pp. 77–90.
- [74] P. Batra and A. Jatain, "Measurement Based Performance Evaluation of DevOps," in *2020 Int. Conf. Comp. Perf. Eval.*, 2020, pp. 757–760.
- [75] M. A. McCarthy, L. M. Herger, S. M. Khan, and B. M. Belgodere, "Composable DevOps: automated ontology based DevOps maturity analysis," in *Int. Conf. on Serv.*, 2015, pp. 600–607.
- [76] J. Guerrero, C. Certuche, K. Zúñiga, and C. Pardo, "What is there about DevOps? Preliminary Findings from a Systematic Mapping Study." JIISIC, 2019.
- [77] J. Smeds, K. Nybom, and I. Porres, "DevOps: A Definition and Perceived Adoption Impediments," *Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 212, pp. 166–177, 2015, doi: 10.1007/978-3-319-18612-2.
- [78] IEEE, "IEEE Standard for DevOps: Building Reliable and Secure Systems Including Application Build, Package, and Deployment," *IEEE Std 2675-2021*, vol. 1, pp. 1–91, 2021, doi: 10.1109/IEEESTD.2021.9415476.
- [79] B. Kitchenham, S. Linkman, and D. Law, "DESMET: a methodology for evaluating software engineering methods and tools," *Computing & Control Engineering Journal*, vol. 8, no. 3, pp. 120–126, 1997.
- [80] ATOS, "DevOps Maturity Assessment," 2020. <https://bit.ly/3uTbPve> (accessed Mar. 29, 2021).
- [81] Microsoft, "Microsoft DevOps Self-Assessment," 2021. <https://bit.ly/2RZCHLz> (accessed Mar. 29, 2021).
- [82] Infostretch, "Infostretch DevOps Self-Assessment," 2020. <https://bit.ly/3fh4krm> (accessed Mar. 29, 2021).
- [83] InCycle, "InCycle Evaluacion de devops," 2020. <https://bit.ly/2RqYQCI> (accessed Mar. 29, 2021).
- [84] IBM, "IBM DevOps Practice Self Assesment," 2021. <https://ibm.co/3w2bWEW> (accessed Mar. 29, 2021).
- [85] Xmatters, "DevOps Maturity Survey Report," 2021. <https://bit.ly/33N8iCD> (accessed Mar. 29, 2021).
- [86] Atlassian, "DevOps Maturity model." <https://bit.ly/2Rq1o3N> (accessed Mar. 29, 2021).
- [87] IVI, "IVI's DevOps Assessment," 2021. <https://bit.ly/3w9LGZd> (accessed Mar. 29, 2021).
- [88] Veritis, "Veritis," 2021. <https://bit.ly/3yhZhQ0> (accessed Mar. 29, 2021).
- [89] Boxboat, "Boxboat," 2021. <https://bit.ly/3yqsDMm> (accessed Mar. 29, 2021).
- [90] Humanitec, "DevOps Assessment," 2021. <https://humanitec.com/devops-assessment>
- [91] Atlassian, "DevOps Assessment," 2021. <https://bit.ly/3fChUpB> (accessed Mar. 29, 2021).
- [92] Eficode, "Eficode DevOps Assesment," 2021. <https://bit.ly/3omPkfD> (accessed Mar. 29, 2021).

- [93] Agility Health, "DevOps Health Radar Assessment." <https://agilityhealthradar.com/devops-health-radar-assessment/> (accessed Apr. 21, 2022).
- [94] Google Cloud, "DORA DevOps Quick Check", Accessed: Apr. 21, 2022. [Online]. Available: <https://www.devops-research.com/quickcheck.html#questions>
- [95] Unión Europea, "Reglamento 651/2014 de la comisión del 17 de junio de 2014," 2014.
- [96] Unión Europea, "Recomendación de la comisión del 6 de mayo de 2003 sobre la definición de microempresas, pequeñas y medianas empresas," 2003.
- [97] C. J. P. Calvache, "A Framework to Support the Harmonization between Multiple Models and Standards".
- [98] A. Bartusevics and L. Novickis, "Models for implementation of software configuration management," *Procedia Computer Science*, vol. 43, pp. 3–10, 2015.
- [99] C. Pardo, F. García, F. J. Pino, M. Piattini, and M. T. Baldassarre, "PrMO: An Ontology of Process-reference Models," 2012.
- [100] F. J. Pino, M. T. Baldassarre, M. Piattini, and G. Visaggio, "Harmonizing maturity levels from CMMI-DEV and ISO/IEC 15504," *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice*, vol. 22, no. 4, pp. 279–296, 2010.
- [101] C. Pardo, F. Garcia, M. Piattini, F. J. Pino, S. Lemus, and M. T. Baldassarre, "Integrating multiple models for definition of IT governance model for banking ITGSM," *International Business Management*, vol. 10, no. 19, pp. 4644–4653, 2016.
- [102] Universidad de Cantabria, "Tema 2. Métodos de Valoración: Cuestionarios," <https://ocw.unican.es/mod/page/view.php?id=498#6>, Feb. 06, 2022.
- [103] M. F. Triola, *Probabilidad y estadística*. Pearson educación, 2004.
- [104] F. J. Pino, C. Pardo, F. García, and M. Piattini, "Assessment methodology for software process improvement in small organizations," *Information and Software Technology*, vol. 52, no. 10, pp. 1044–1061, 2010.
- [105] Ionic, "Ionic Framework," Feb. 06, 2022. <https://ionicframework.com/> (accessed Feb. 05, 2022).
- [106] R. Fielding, "Restful Api," Feb. 06, 2022. <https://restfulapi.net/> (accessed Feb. 05, 2022).
- [107] JSON, "Introducing JSON," Feb. 06, 2022. <https://www.json.org/json-en.html> (accessed Feb. 05, 2022).
- [108] Oracle, "Java Documentation," Feb. 06, 2022. <https://docs.oracle.com/en/java/> (accessed Feb. 05, 2022).
- [109] R. Johnson, "Spring Framework," Feb. 06, 2022. <https://spring.io/> (accessed Feb. 05, 2022).
- [110] PostgreSQL Global Development Group, "PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Relational Database," Feb. 06, 2022. <https://www.postgresql.org/> (accessed Feb. 05, 2022).
- [111] R. Likert, "A technique for the measurement of attitudes.," *Archives of psychology*, 1932.
- [112] Ministerio de Trabajo, "Código Sustantivo del Trabajo Artículo 161. Duracion."
- [113] Payscale, "Payscale - Salary Comparison, Salary Survey, Search Wages." <https://www.payscale.com> (accessed Apr. 10, 2022).
- [114] P. C. O. C. Guerrero J, "DevOps Ontology - An ontology to support DevOps adoption in the software industry," *JII/SIC*. 2021.
- [115] D.-L. Burbano-Delgado, C.-J. Pardo-Calvache, and C.-E. Orozco-Garcés, "Systematic Mapping of the Harmonization of SCRUM and ISO 9001," *Revista Facultad de Ingeniería*, vol. 30, no. 56, p. e105, 2021.

Anexos

Anexo A: Comparación de dimensiones y valores

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia el estudio [52]. Elementos de proceso mapeados: Dimensiones y valores Pregunta del mapeo: ¿Qué dimensiones y valores definidos por DevOps Model soportan actividades específicas en el estudio [52]? Objetivo del mapeo: Determinar qué dimensiones y valores de DevOps Model tienen una relación cercana a algunas actividades específicas propuestas en [52].			Estudio relacionado [52]						
			Cultura	Personas	Procesos	Tecnología	Automatización	Herramientas	Agilidad en la entrega de valor
DevOps Model	Dimensiones	Herramientas				X		X	
		Procesos			X				
		Cultura	X						X
		Personas		X					
	Valores	Automatización					X		
		Colaboración							
		Medición							
		Comunicación							

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia el estudio [53] Elementos de proceso mapeados: Dimensiones y valores Pregunta del mapeo: ¿Qué dimensiones y valores definidos por DevOps Model soportan actividades específicas en el estudio [53]? Objetivo del mapeo: Determinar qué dimensiones y valores de DevOps Model tienen una relación cercana a algunas actividades específicas propuestas en [53].			Estudio relacionado [53]											
			Cultura	Colaboración	Automatización	Prácticas Lean	Entrega Continua	Mejora continua	Satisfacción del cliente	Procesos	Comunicación	Calidad	Gobernanza	Productos
DevOps Model	Dimensiones	Herramientas												
		Procesos							X			X	X	X
		Cultura	X			X	X	X			X			
		Personas												
	Valores	Automatización			X									
		Colaboración		X										
		Medición												
		Comunicación							X					

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia el estudio [56] Elementos de proceso mapeados: Dimensiones y valores Pregunta del mapeo: ¿Qué dimensiones y valores definidos por DevOps Model soportan actividades específicas en el estudio [56]? Objetivo del mapeo: Determinar qué dimensiones y valores de DevOps Model tienen una relación cercana a algunas actividades específicas propuestas en [56].			Estudio relacionado [56]					
			Cultura	Monitoreo	Colaboración	Comunicación	Automatización	Medición
DevOps Model	Dimensiones	Herramientas						
		Procesos		X				
		Cultura	X					

Valores	Personas						
	Automatización					X	
	Colaboración			X			
	Medición						X
	Comunicación				X		

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia el estudio [57] Elementos de proceso mapeados: Dimensiones y valores Pregunta del mapeo: ¿Qué dimensiones y valores definidos por DevOps Model soportan actividades específicas en el estudio [57]? Objetivo del mapeo: Determinar qué dimensiones y valores de DevOps Model tienen una relación cercana a algunas actividades específicas propuestas en [57].		Estudio relacionado [57]					
		Cultura	Automatización	Lean	Medición	Aseguramiento de la calidad	Colaboración
DevOps Model	Dimensiones	Herramientas					
		Procesos				X	
		Cultura	X		X		
		Personas					
	Valores	Automatización		X			
		Colaboración					X
		Medición				X	
Comunicación							

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia el estudio [58] Elementos de proceso mapeados: Dimensiones y valores Pregunta del mapeo: ¿Qué dimensiones y valores definidos por DevOps Model soportan actividades específicas en el estudio [58]? Objetivo del mapeo: Determinar qué dimensiones y valores de DevOps Model tienen una relación cercana a algunas actividades específicas propuestas en [58].		Estudio relacionado [58]										
		Colaboración	Automatización	Procesos	Calidad	Personas	Herramientas	Tecnología	Cultura	Aseguramiento de la calidad	Visibilidad y reporte	Productos
DevOps Model	Dimensiones	Herramientas					X	X				
		Procesos			X					X	X	X
		Cultura				X			X	X		
		Personas					X					
	Valores	Automatización		X								
		Colaboración	X									
		Medición										
Comunicación												

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia el estudio [59] Elementos de proceso mapeados: Dimensiones y valores Pregunta del mapeo: ¿Qué dimensiones y valores definidos por DevOps Model soportan actividades específicas en el estudio [59]? Objetivo del mapeo: Determinar qué dimensiones y valores de DevOps Model tienen una relación cercana a algunas actividades específicas propuestas en [59].		Estudio relacionado [59]			
		Cultura	Colaboración	Realimentación rápida	Automatización
DevOps Model	Dimensiones	Herramientas			
		Procesos			

Valores	Cultura	X		X	
	Personas				
	Automatización				X
	Colaboración		X		
	Medición				
	Comunicación				

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia el estudio [60] Elementos de proceso mapeados: Dimensiones y valores Pregunta del mapeo: ¿Qué dimensiones y valores definidos por DevOps Model soportan actividades específicas en el estudio [60]? Objetivo del mapeo: Determinar qué dimensiones y valores de DevOps Model tienen una relación cercana a algunas actividades específicas propuestas en [60].			Estudio relacionado [60]							
			Calidad	Automatización	Colaboración	Gobernanza	Cultura y organización	Procesos	Tecnología	Visibilidad
DevOps Model	Dimensiones	Herramientas					X			
		Procesos			X	X		X	X	
		Cultura	X			X				
		Personas								
	Valores	Automatización		X						
		Colaboración			X					
		Medición								
		Comunicación								

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia el estudio [62] Elementos de proceso mapeados: Dimensiones y valores Pregunta del mapeo: ¿Qué dimensiones y valores definidos por DevOps Model soportan actividades específicas en el estudio [62]? Objetivo del mapeo: Determinar qué dimensiones y valores de DevOps Model tienen una relación cercana a algunas actividades específicas propuestas en [62].			Estudio relacionado [62]			
			Gestión eficiente	Cultura y ambiente	Transformación y liderazgo	Entrega continua
DevOps Model	Dimensiones	Herramientas				
		Procesos	X			
		Cultura		X	X	
		Personas				
	Valores	Automatización				
		Colaboración				
		Medición				
		Comunicación				

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia el estudio [63] Elementos de proceso mapeados: Dimensiones y valores Pregunta del mapeo: ¿Qué dimensiones y valores definidos por DevOps Model soportan actividades específicas en el estudio [63]? Objetivo del mapeo: Determinar qué dimensiones y valores de DevOps Model tienen una relación cercana a algunas actividades específicas propuestas en [63].			Estudio relacionado [63]				
			Cultura	Colaboración	Procesos	Productos	Calidad
DevOps Model	Dimensiones	Herramientas					
		Procesos		X	X		X

	Valores	Cultura	X				X	
		Personas						
		Automatización						
		Colaboración		X				
		Medición						
		Comunicación						

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia el estudio [64]			Estudio relacionado [64]				
Elementos de proceso mapeados: Dimensiones y valores			Cultura				
Pregunta del mapeo: ¿Qué dimensiones y valores definidos por DevOps Model soportan actividades específicas en el estudio [64]?							
Objetivo del mapeo: Determinar qué dimensiones y valores de DevOps Model tienen una relación cercana a algunas actividades específicas propuestas en [64].							
DevOps Model	Dimensiones	Herramientas					
		Procesos					
		Cultura				X	
		Personas					
	Valores	Automatización					
		Colaboración					
		Medición					
		Comunicación					

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia el estudio [65]			Estudio relacionado [65]					
Elementos de proceso mapeados: Dimensiones y valores			Cultura	Automatización	Fundación	Herramientas	Medición	Intercambio
Pregunta del mapeo: ¿Qué dimensiones y valores definidos por DevOps Model soportan actividades específicas en el estudio [65]?								
Objetivo del mapeo: Determinar qué dimensiones y valores de DevOps Model tienen una relación cercana a algunas actividades específicas propuestas en [65].								
DevOps Model	Dimensiones	Herramientas				X		
		Procesos			X			
		Cultura	X					
		Personas						
	Valores	Automatización		X				
		Colaboración						
		Medición					X	
		Comunicación						X

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia el estudio [69]			Estudio relacionado [69]			
Elementos de proceso mapeados: Dimensiones y valores			Procesos	Tecnología	Organización	Personas
Pregunta del mapeo: ¿Qué dimensiones y valores definidos por DevOps Model soportan actividades específicas en el estudio [69]?						
Objetivo del mapeo: Determinar qué dimensiones y valores de DevOps Model tienen una relación cercana a algunas actividades específicas propuestas en [69].						
DevOps Model	Dimensiones	Herramientas		X		
		Procesos	X		X	
		Cultura				
		Personas				X
	Valores	Automatización				
		Colaboración				
		Medición				
		Comunicación				

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia la herramienta propuesta en [80] Elementos de proceso mapeados: Dimensiones y valores Pregunta del mapeo: ¿Qué dimensiones y valores definidos por DevOps Model soportan actividades específicas en [80]? Objetivo del mapeo: Determinar qué dimensiones y valores de DevOps Model tienen una relación a las actividades específicas propuestas en [80].			Estudio relacionado [80]					
			Agilidad	Colaboración	Automatización	Arquitectura y diseño	Estructura organizacional	Cultura e incentivos
DevOps Model	Dimensiones	Herramientas						
		Procesos			X			X
		Cultura	X				X	X
		Personas						
	Valores	Automatización			X			
		Colaboración		X				
		Medición						
Comunicación								

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia la herramienta propuesta en [81] Elementos de proceso mapeados: Dimensiones Pregunta del mapeo: ¿Qué dimensiones definidas por DevOps Model soportan actividades específicas en [81]? Objetivo del mapeo: Determinar qué Dimensiones de DevOps Model tienen una relación cercana a algunas actividades específicas propuestas en [81].			Estudio relacionado [81]					
			Procesos	Tecnología	Automatización	Cultura	Medición	Salidas
DevOps Model	Dimensiones	Herramientas		X				
		Procesos	X				X	
		Cultura				X		
		Personas						
	Valores	Automatización			X			
		Colaboración						
		Medición					X	
Comunicación								

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia la herramienta propuesta en [85] Elementos de proceso mapeados: Dimensiones y valores Pregunta del mapeo: ¿Qué dimensiones y valores definidos por DevOps Model soportan actividades específicas en [85]? Objetivo del mapeo: Determinar qué dimensiones y valores de DevOps Model tienen una relación cercana a algunas actividades específicas propuestas en [85].			Estudio relacionado [85]				
			Diseño y arquitectura	Cultura y alineamiento organizacional	Test y verificación	Entrega continua	Operación y soporte
DevOps Model	Dimensiones	Herramientas			X		
		Procesos	X			X	
		Cultura		X			
		Personas					
	Valores	Automatización					
		Colaboración					

		Medición					
		Comunicación					

Anexo B: Comparación de prácticas

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia el estudio [55]		Estudio relacionado [55]															
		Comunicación	Compartir conocimiento	Confianza y respeto	Organización del equipo	Alineamiento de las entregas	Liberaciones eficientes	Branch y merge	Automatización de la construcción de artefactos	Mejora en la calidad del desarrollo	Automatización de pruebas	Automatización de despliegues	Lanzamientos a producción	Manejo de incidentes	Gestión de la configuración	Alineamientos de arquitectura	Infraestructura
DevOps Model	Prácticas fundamentales	Integración continua															
		Entrega continua						X					X				
		Pruebas continuas									X						
		Gestión de requisitos															
		Gestión de datos															
		Supervisión de la seguridad															
		Dirección estratégica															
		Gestión de la configuración							X							X	
		Monitoreo y observabilidad continua								X							
		Educación entorno a DevOps	X	X	X	X	X										
	Realimentación continua																
	Medición de la cultura										X						
	Prácticas complementarias	Despliegue continuo															
		Infraestructura como código															
		Gestión de acceso a privilegios															
		Aprendizaje continuo															
		Experimentación continua															
Satisfacción laboral																	

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia el estudio [57]	Estudio relacionado [57]
--	--------------------------

Elementos de proceso mapeados: Prácticas			Integración continua	Entrega continua	Despliegue continuo	
Pregunta del mapeo: ¿Qué prácticas definidas por DevOps Model soportan actividades específicas en el estudio [57]?						
Objetivo del mapeo: Determinar qué Prácticas de DevOps Model tienen una relación cercana a algunas actividades específicas propuestas en [57].						
DevOps Model	Prácticas fundamentales	Integración continua	X			
		Entrega continua		X		
		Pruebas continuas				
		Gestión de requisitos				
		Gestión de datos				
		Supervisión de la seguridad				
		Dirección estratégica				
		Gestión de la configuración				
		Monitoreo y observabilidad continua				
		Educación entorno a DevOps				
		Realimentación continua				
	Medición de la cultura					
	Prácticas complementarias	Despliegue continuo				X
		Infraestructura como código				
		Gestión de acceso a privilegios				
		Aprendizaje continuo				
		Experimentación continua				
Satisfacción laboral						

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia el estudio [58]			Estudio relacionado [58]			
Elementos de proceso mapeados: Prácticas			Construcción continua	Integración continua	Lanzamiento continuo	
Pregunta del mapeo: ¿Qué prácticas definidas por DevOps Model soportan actividades específicas en el estudio [58]?						
Objetivo del mapeo: Determinar qué Prácticas de DevOps Model tienen una relación cercana a algunas actividades específicas propuestas en [58]						
DevOps Model	Prácticas fundamentales	Integración continua		X		
		Entrega continua	X			
		Pruebas continuas				
		Gestión de requisitos				
		Gestión de datos				
		Supervisión de la seguridad				
		Dirección estratégica				
		Gestión de la configuración				
		Monitoreo y observabilidad continua				
		Educación entorno a DevOps				
		Realimentación continua				
	Medición de la cultura					
	Prácticas complementarias	Despliegue continuo				X
		Infraestructura como código				
		Gestión de acceso a privilegios				
		Aprendizaje continuo				
		Experimentación continua				
Satisfacción laboral						

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia el estudio [64] Elementos de proceso mapeados: Prácticas Pregunta del mapeo: ¿Qué prácticas definidas por DevOps Model soportan actividades específicas en el estudio [64]? Objetivo del mapeo: Determinar qué Prácticas de DevOps Model tienen una relación cercana a algunas actividades específicas propuestas en [64]			Estudio relacionado [64]														
			Integración continua	Despliegue continuo	Monitoreo continuo	Pruebas continuas	Ciclos de realimentación	Infraestructura como código	Gestión del cambio	Planeación continua	Prototipado de aplicaciones	Estandarización de procesos	Participación de los interesados	Desplazamiento a la izquierda			
DevOps Model	Prácticas fundamentales	Integración continua	X														
		Entrega continua															
		Pruebas continuas				X											
		Gestión de requisitos							X	X							
		Gestión de datos															
		Supervisión de la seguridad															
		Dirección estratégica										X	X				
		Gestión de la configuración							X								
		Monitoreo y observabilidad continua			X												
		Educación entorno a DevOps															
		Realimentación continua					X										
	Medición de la cultura																
	Prácticas complementarias	Despliegue continuo		X													
		Infraestructura como código						X									
		Gestión de acceso a privilegios															
		Aprendizaje continuo															
Experimentación continua																	
Satisfacción laboral																	

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia el estudio [66] Elementos de proceso mapeados: Prácticas Pregunta del mapeo: ¿Qué prácticas definidas por DevOps Model soportan actividades específicas en el estudio [66]? Objetivo del mapeo: Determinar qué Prácticas de DevOps Model tienen una relación cercana a algunas actividades específicas propuestas en [66]			Estudio relacionado [66]	
			Integración continua	Despliegue continuo
DevOps Model	Prácticas fundamentales	Integración continua	X	
		Entrega continua		
		Pruebas continuas		
		Gestión de requisitos		
		Gestión de datos		
		Supervisión de la seguridad		
		Dirección estratégica		
		Gestión de la configuración		
		Monitoreo y observabilidad continua		
		Educación entorno a DevOps		
		Realimentación continua		
Medición de la cultura				

	Prácticas complementarias	Despliegue continuo		X
		Infraestructura como código		
		Gestión de acceso a privilegios		
		Aprendizaje continuo		
		Experimentación continua		
		Satisfacción laboral		

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia el estudio [74]		Estudio relacionado [74]				
Elementos de proceso mapeados: Prácticas						
Pregunta del mapeo: ¿Qué prácticas definidas por DevOps Model soportan actividades específicas en el estudio [74]?						
Objetivo del mapeo: Determinar qué Prácticas de DevOps Model tienen una relación cercana a algunas actividades específicas propuestas en [74]						
DevOps Model	Prácticas fundamentales	Integración continua				
		Entrega continua	X			
		Pruebas continuas				
		Gestión de requisitos				
		Gestión de datos				
		Supervisión de la seguridad				
		Dirección estratégica				
		Gestión de la configuración				X
		Monitoreo y observabilidad continua				
		Educación entorno a DevOps				
	Realimentación continua					
	Medición de la cultura					
	Prácticas complementarias	Despliegue continuo		X		
		Infraestructura como código				
		Gestión de acceso a privilegios				
		Aprendizaje continuo				
		Experimentación continua				
		Satisfacción laboral				

Dirección del mapeo: De DevOps Model hacia la herramienta [89]		Estudio relacionado [89]			
Elementos de proceso mapeados: Prácticas					
Pregunta del mapeo: ¿Qué prácticas definidas por DevOps Model soportan actividades específicas en [89]?					
Objetivo del mapeo: Determinar qué Prácticas de DevOps Model tienen una relación cercana a algunas actividades específicas propuestas en [89]					
DevOps Model	Prácticas fundamentales	Integración continua	X		
		Entrega continua		X	
		Pruebas continuas			
		Gestión de requisitos			
		Gestión de datos			
		Supervisión de la seguridad			
		Dirección estratégica			
		Gestión de la configuración			
		Monitoreo y observabilidad continua			

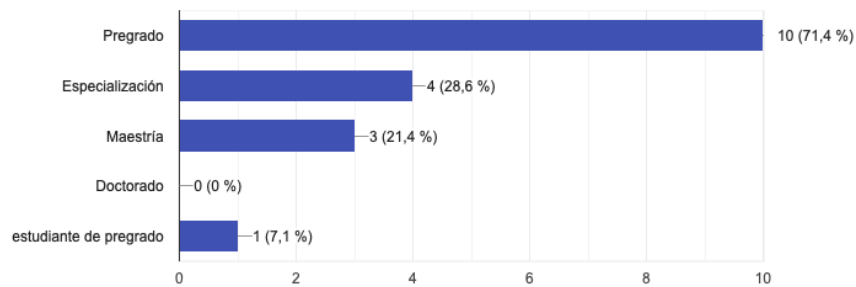
Prácticas complementarias	Educación entorno a DevOps			
	Realimentación continua			
	Medición de la cultura			
	Despliegue continuo			
	Infraestructura como código			X
	Gestión de acceso a privilegios			
	Aprendizaje continuo			
	Experimentación continua			
	Satisfacción laboral			

Anexo C: Resultados del grupo focal

Anexo C.1: Caracterización de participantes

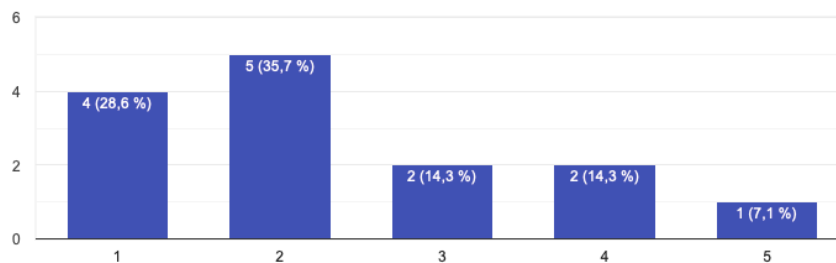
Nivel de estudios

14 respuestas



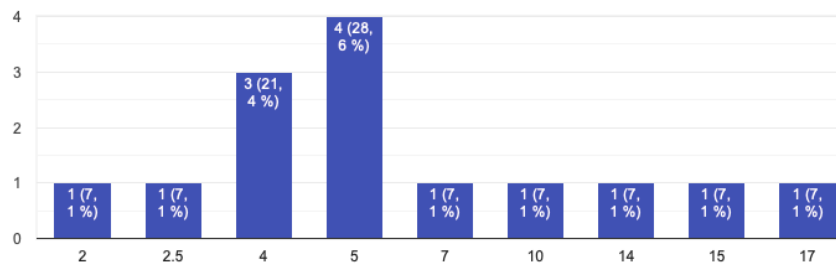
Años de experiencia trabajando con DevOps

14 respuestas



Años de experiencia trabajando en la industria y/o academia

14 respuestas

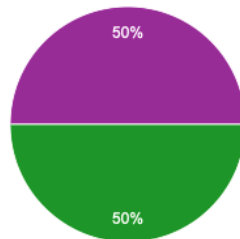


Anexo C.2: Evaluación de elementos de proceso

Elementos de proceso de DevOps

¿Considera que las prácticas propuestas en el modelo son claras y de fácil comprensión?

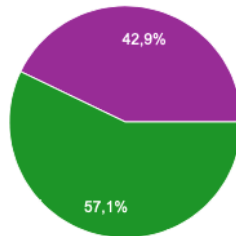
14 respuestas



- 1. Muy mal, muy insatisfecho (a)
- 2. Mal, poco satisfecho(a)
- 3. Bien, suficiente, adecuado, algo satisfecho(a)
- 4. Bastante bien, adecuado, satisfecho(a)
- 5. Muy bien, muy adecuado, muy satisfecho(a)

¿Considera que las dimensiones propuestas en el modelo son claras y de fácil comprensión?

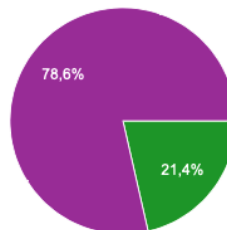
14 respuestas



- 1. Muy mal, muy insatisfecho (a)
- 2. Mal, poco satisfecho(a)
- 3. Bien, suficiente, adecuado, algo satisfecho(a)
- 4. Bastante bien, adecuado, satisfecho(a)
- 5. Muy bien, muy adecuado, muy satisfecho(a)

¿Considera que los valores propuestos en el modelo son claros y de fácil comprensión?

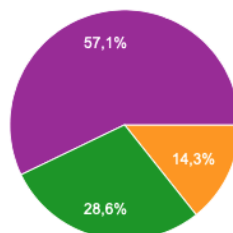
14 respuestas



- 1. Muy mal, muy insatisfecho (a)
- 2. Mal, poco satisfecho(a)
- 3. Bien, suficiente, adecuado, algo satisfecho(a)
- 4. Bastante bien, adecuado, satisfecho(a)
- 5. Muy bien, muy adecuado, muy satisfecho(a)

De acuerdo con su experiencia: ¿Considera que la evaluación de prácticas, dimensiones y valores es adecuada y permite identificar aspectos de valor para las empresas desarrolladoras de software?

14 respuestas



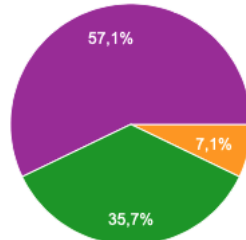
- 1. Muy mal, muy insatisfecho (a)
- 2. Mal, poco satisfecho(a)
- 3. Bien, suficiente, adecuado, algo satisfecho(a)
- 4. Bastante bien, adecuado, satisfecho(a)
- 5. Muy bien, muy adecuado, muy satisfecho(a)

Anexo C.3: Evaluación de ponderaciones

Ponderación de prácticas, dimensiones y valores

¿Considera que la ponderación definida para las prácticas fundamentales y complementarias es adecuada?

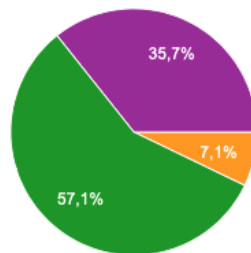
14 respuestas



- 1. Muy mal, muy insatisfecho (a)
- 2. Mal, poco satisfecho(a)
- 3. Bien, suficiente, adecuado, algo satisfecho(a)
- 4. Bastante bien, adecuado, satisfecho(a)
- 5. Muy bien, muy adecuado, muy satisfecho(a)

¿Considera que la ponderación definida para las dimensiones es adecuada?

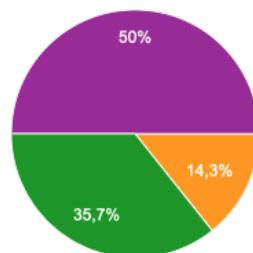
14 respuestas



- 1. Muy mal, muy insatisfecho (a)
- 2. Mal, poco satisfecho(a)
- 3. Bien, suficiente, adecuado, algo satisfecho(a)
- 4. Bastante bien, adecuado, satisfecho(a)
- 5. Muy bien, muy adecuado, muy satisfecho(a)

¿Considera que la ponderación definida para los valores es adecuada?

14 respuestas



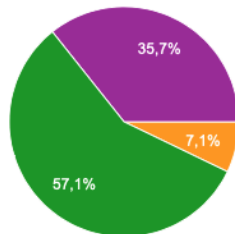
- 1. Muy mal, muy insatisfecho (a)
- 2. Mal, poco satisfecho(a)
- 3. Bien, suficiente, adecuado, algo satisfecho(a)
- 4. Bastante bien, adecuado, satisfecho(a)
- 5. Muy bien, muy adecuado, muy satisfecho(a)

Anexo C.4: Evaluación de métricas

Métricas

De acuerdo con su experiencia ¿Considera que las métricas tienen suficiente rigor matemático?

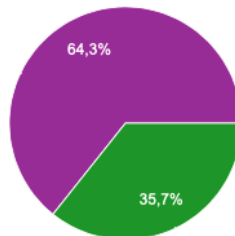
14 respuestas



- 1. Muy mal, muy insatisfecho (a)
- 2. Mal, poco satisfecho(a)
- 3. Bien, suficiente, adecuado, algo satisfecho(a)
- 4. Bastante bien, adecuado, satisfecho(a)
- 5. Muy bien, muy adecuado, muy satisfecho(a)

¿Considera que las métricas definidas para evaluar el grado de implementación de prácticas fundamentales son adecuadas?

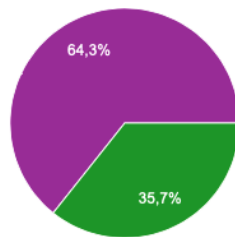
14 respuestas



- 1. Muy mal, muy insatisfecho (a)
- 2. Mal, poco satisfecho(a)
- 3. Bien, suficiente, adecuado, algo satisfecho(a)
- 4. Bastante bien, adecuado, satisfecho(a)
- 5. Muy bien, muy adecuado, muy satisfecho(a)

¿Considera que las métricas definidas para evaluar el grado de implementación de prácticas complementarias son adecuadas?

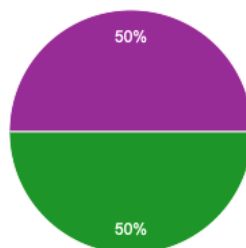
14 respuestas



- 1. Muy mal, muy insatisfecho (a)
- 2. Mal, poco satisfecho(a)
- 3. Bien, suficiente, adecuado, algo satisfecho(a)
- 4. Bastante bien, adecuado, satisfecho(a)
- 5. Muy bien, muy adecuado, muy satisfecho(a)

¿Considera que la métrica para calcular el grado de implementación total de prácticas es adecuada?

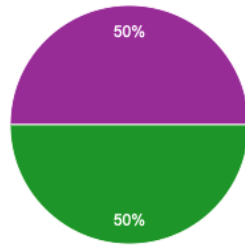
14 respuestas



- 1. Muy mal, muy insatisfecho (a)
- 2. Mal, poco satisfecho(a)
- 3. Bien, suficiente, adecuado, algo satisfecho(a)
- 4. Bastante bien, adecuado, satisfecho(a)
- 5. Muy bien, muy adecuado, muy satisfecho(a)

¿Considera que las métricas para calcular el grado de implementación de dimensiones son adecuadas?

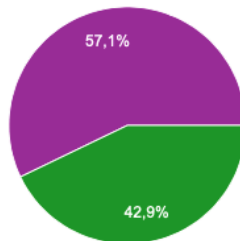
14 respuestas



- 1. Muy mal, muy insatisfecho (a)
- 2. Mal, poco satisfecho(a)
- 3. Bien, suficiente, adecuado, algo satisfecho(a)
- 4. Bastante bien, adecuado, satisfecho(a)
- 5. Muy bien, muy adecuado, muy satisfecho(a)

¿Considera que la métrica para calcular el grado de implementación de valores es adecuado?

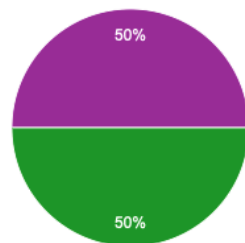
14 respuestas



- 1. Muy mal, muy insatisfecho (a)
- 2. Mal, poco satisfecho(a)
- 3. Bien, suficiente, adecuado, algo satisfecho(a)
- 4. Bastante bien, adecuado, satisfecho(a)
- 5. Muy bien, muy adecuado, muy satisfecho(a)

¿Considera que la métrica para calcular el grado de implementación de DevOps es adecuada?

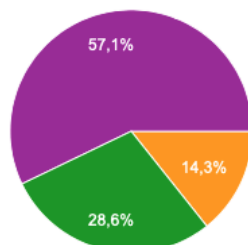
14 respuestas



- 1. Muy mal, muy insatisfecho (a)
- 2. Mal, poco satisfecho(a)
- 3. Bien, suficiente, adecuado, algo satisfecho(a)
- 4. Bastante bien, adecuado, satisfecho(a)
- 5. Muy bien, muy adecuado, muy satisfecho(a)

¿Considera que las métricas propuestas en el modelo son suficientes para garantizar una evaluación completa de DevOps?

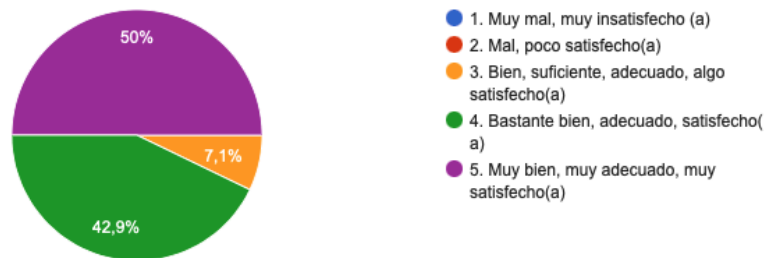
14 respuestas



- 1. Muy mal, muy insatisfecho (a)
- 2. Mal, poco satisfecho(a)
- 3. Bien, suficiente, adecuado, algo satisfecho(a)
- 4. Bastante bien, adecuado, satisfecho(a)
- 5. Muy bien, muy adecuado, muy satisfecho(a)

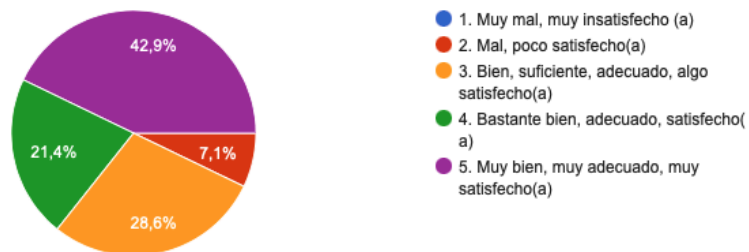
¿Considera que los resultados obtenidos tras aplicar el modelo de métricas permitirán a una empresa identificar aspectos de mejora en sus procesos?

14 respuestas



De acuerdo con su experiencia ¿Considera que el modelo de métricas propuesto puede ser aplicado en empresas con limitaciones de infraestructura, capital, personal o tamaño?

14 respuestas



Anexo D: Documentación del estudio de caso

Estudio de Caso – Modelo de métricas

Este formulario sirve de instrumento para realizar uno de los procesos de evaluación de la propuesta denominada Modelo de métricas para apoyar la evaluación de DevOps en empresas desarrolladoras de software. Con el fin de direccionar el estudio de caso, se definió la siguiente pregunta de investigación principal:

¿El modelo permite evaluar de manera comprensible, útil y práctica el conjunto de prácticas, dimensiones y valores propuestos por DevOps en una empresa desarrolladora de software?

A partir de esta pregunta, se definieron las siguientes preguntas específicas:

- ¿Las variables utilizadas para la evaluación de las métricas son claras y de fácil comprensión?
- ¿Los resultados obtenidos al realizar la evaluación del grado de implementación de las prácticas, dimensiones y valores proporcionan información de valor a las empresas para mejorar su proceso de adopción de DevOps?
- ¿Una empresa puede aplicar el modelo con un grado de esfuerzo aceptable?

Este instrumento presenta los siguientes elementos:

- Aceptación de participación en estudio de caso
- Cuestionario de preguntas del método de valoración, donde el evaluado asignara un valor de SI o NO a cada una de las preguntas asociadas a las prácticas propuestas en el modelo de métricas. Para obtener una valoración de “SI” en una pregunta específica, se debe tener evidencia de su cumplimiento total, es decir, en caso de que el cuestionamiento se cumpla parcialmente deberá asignar un valor de “NO” y usar el campo “Observaciones” del instrumento para describir el estado actual de implementación de los aspectos descritos en la pregunta.

Aceptación de la participación en el estudio de caso

- **Nombre de la propuesta a evaluar en el estudio de caso:** Modelo de métricas para apoyar la evaluación de DevOps en empresas desarrolladoras de software.
- Investigadores:
- **Investigador principal:** Eng. Carlos Eduardo Orozco Garcés.
- **Director:** PhD. MSc. Eng. César Jesús Pardo Calvache.
- **Objetivo del estudio de caso:** Aplicación del modelo de métricas en la organización con el propósito de evaluar el grado de implementación de las prácticas, dimensiones y valores de DevOps en uno de sus proyectos.
- **Beneficios del estudio:** El modelo de métricas permitirá a la empresa y a la industria, disponer de una solución que permita evaluar de manera cuantitativa el grado de implementación de DevOps en sus proyectos de desarrollo, y servirá como punto de partida para la identificación de acciones de mejora en sus procesos.
- **Riesgos asociados con el estudio:** La investigación no presenta riesgos para los participantes en el estudio. Los datos recolectados se usarán con fines académicos y se conservará el anonimato de la organización y de cada uno de los participantes.
- **Compensación:** No habrá ningún tipo de retribución económica por participar en la investigación. Los resultados obtenidos serán utilizados para identificar aspectos de mejora en los procesos llevados a cabo por la empresa y para la definición de una versión refinada del modelo de métricas.
- **Voluntariedad:** Usted está siendo invitado a participar en este estudio de investigación.

El presente documento constituye un consentimiento informado. Por lo cual se solicita leer y comprender cada uno de los siguientes apartados. En este sentido, el lector se puede sentir con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le genere duda o ambigüedad. Una vez que haya comprendido el propósito, alcance e implicaciones del estudio, y si usted desea participar, se le pedirá que firme esta forma de consentimiento, de la cual se le entregara una copia firmada.

- No habrá ninguna consecuencia desfavorable en caso de no aceptar la invitación.
- La participación es libre y voluntaria; si decide participar en el estudio, puede retirarse en el momento que lo desee, aun cuando el investigador responsable no se lo solicite, informando las razones de su decisión, la cual será respetada en su integridad.
- En el transcurso del estudio usted podrá solicitar información actualizada sobre el mismo, al investigador responsable.
- Si considera que no hay dudas ni preguntas acerca de su participación, puede, si así lo desea, firmar el consentimiento informado que se anexa a este documento.
- La investigación obtenida solamente será utilizada para la investigación mencionada en el presente documento. Ante cualquier inquietud por favor comunicarse con los investigadores al siguiente número de contacto: Departamento de Sistemas, Universidad del Cauca, teléfono: +578209800 ext 2145

Aceptación de participación.

He leído y comprendo la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos conservando el anonimato de las partes involucradas. Convengo en participar en este estudio de investigación.

Nombre: _____

Documento de Identificación: _____

Firma:

Esta parte debe ser completada por el investigador (o su representante):

He explicado al Sr(a) _____ la naturaleza y los propósitos de la investigación; le he explicado acerca de los riesgos y beneficios que implica su participación. He contestado a las preguntas en la medida de lo posible y he preguntado si tiene alguna duda. Acepto que he leído y conozco la normatividad correspondiente para realizar investigación con seres humanos y me apego a ella. Una vez concluida la sesión de preguntas y respuestas, se procederá a firmar el presente documento.

Firma del investigador

Fecha

Anexo E: Resultados del estudio de caso

Anexo E.1: Resultados obtenidos en la empresa E1

Detalle de la evaluación de prácticas fundamentales

Id	Nombre	%PFT	%PFP	Detalle
IC	Integración continua	62.6%	5.31%	
EC	Entrega continua	100%	8.4%	
PC	Pruebas continuas	87.6%	7.26%	
GR	Gestión de requisitos	100%	8.3%	
GD	Gestión de datos	100%	8.3%	
SS	Supervisión de la seguridad	71.43%	5.93%	
DE	Dirección estratégica	83.33%	6.92%	
GC	Gestión de la configuración	57.14%	4.74%	
MC	Monitoreo y observabilidad continua	20%	1.66%	
ED	Educación entorno a DevOps	33.33%	2.77%	
RC	Realimentación continua	40%	3.32%	
MCu	Medición de la cultura	25%	2.07%	



Detalle de la evaluación de prácticas complementarias

Id	Nombre	%PCT	%PCP	Detalle
DC	Despliegue continuo	20%	4.5%	
ICo	Infraestructura como código	33.33%	5.33%	
GA	Gestión de acceso a privilegios	0%	0%	
AC	Aprendizaje continuo	40%	6.4%	
ExC	Experimentación continua	33.33%	5.33%	
SL	Satisfacción laboral	75%	13.5%	



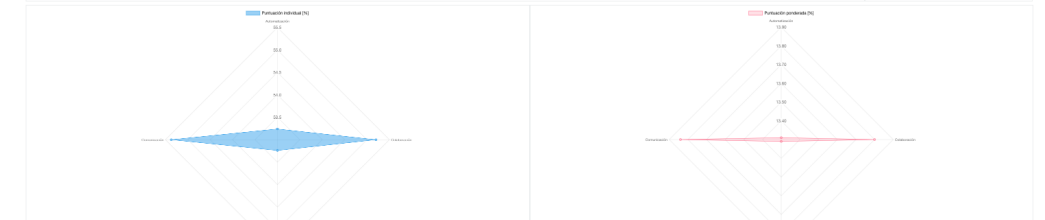
Detalle de evaluación de dimensiones

Id	Nombre	%PDI	%PDP
HERR	Herramientas	55.69%	13.92%
PROC	Procesos	54.68%	13.62%
CULT	Cultura	49.54%	12.39%
PERO	Personas	60.67%	15.22%



Detalle de evaluación de valores

Id	Nombre	%PVI	%PVP
AUT	Automatización	53.24%	13.31%
COL	Colaboración	55.2%	13.8%
MED	Medición	53.24%	13.31%
COM	Comunicación	55.37%	13.56%



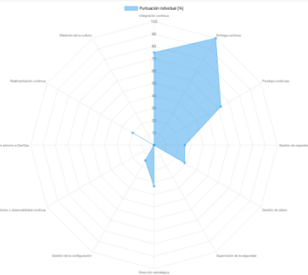
Anexo E.2: Resultados obtenidos en la empresa E2

Detalle de la evaluación de prácticas fundamentales

ID	Nombre	%PI	%PSP	Detalle
IC	Integración continua	75%	6.38%	↔
EC	Entrega continua	100%	8.4%	↔
PC	Pruebas continuas	62.5%	5.25%	↔
GR	Gestión de requisitos	25%	2.07%	↔
GD	Gestión de datos	28.57%	2.37%	↔
BS	Supervisión de la seguridad	0%	0%	↔
DE	Dirección estratégica	33.33%	2.77%	↔
GC	Gestión de la configuración	14.29%	1.19%	↔
MC	Monitoreo y observabilidad continua	0%	0%	↔
ED	Educación entorno a DevOps	0%	0%	↔
RC	Realimentación continua	20%	1.66%	↔
MCu	Medición de la cultura	0%	0%	↔

%PFT

30.99%



Detalle de la evaluación de prácticas complementarias

ID	Nombre	%PI	%PSP	Detalle
DC	Despliegue continuo	100%	18%	↔
ICo	Infraestructura como código	0%	0%	↔
GA	Gestión de acceso a privilegios	0%	0%	↔
AC	Aprendizaje continuo	20%	3.2%	↔
EC	Experimentación continua	33.33%	5.33%	↔
BL	Satisfacción laboral	50%	9%	↔

%PCT

35.53%

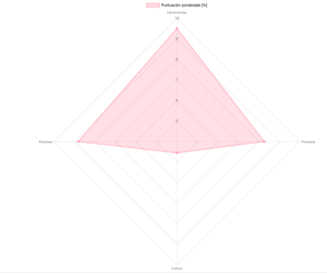
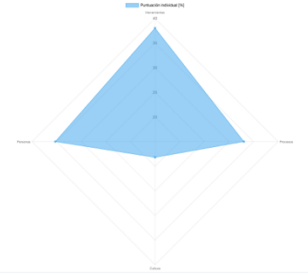


Detalle de evaluación de dimensiones

ID	Nombre	%PDI	%PSP
HEFI	Herramientas		
PROC	Procesos	38.06%	6.51%
CULT	Cultura	33.33%	5.26%
PERG	Personas	18.21%	4.65%
		35.27%	8.82%
			31.14%

%PDI

31.14%



Detalle de evaluación de valores

ID	Nombre	%PI	%PSP
AUT	Automatización	29.77%	7.44%
COL	Colaboración	26.14%	4.89%
MED	Medición	20.77%	7.44%
COM	Comunicación	30.51%	7.83%
			29.2%

%PVT

29.2%

