

MODELO DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE TI BASADO EN ENFOQUES
HÍBRIDOS APLICADO A SISTEMAS DE EJECUCIÓN DE MANUFACTURA PARA
LA INDUSTRIA CEMENTERA

MARCO ANDRÉS OCHOA GUERRA

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN
MAESTRÍA EN GERENCIA DE PROYECTOS
MEDELLÍN
2019

MODELO DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE TI BASADO EN ENFOQUES
HÍBRIDOS APLICADO A SISTEMAS DE EJECUCIÓN DE MANUFACTURA PARA
LA INDUSTRIA CEMENTERA

Marco Andrés Ochoa Guerra

Trabajo de grado para optar el título de Magíster en Gerencia de Proyectos

Director: Jhon Wilder Zartha

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN
MAESTRÍA EN GERENCIA DE PROYECTOS
MEDELLÍN
2019

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	15
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
2.1. CONTEXTO	17
2.2. ANTECEDENTES	25
2.3. ALCANCE	29
2.4. JUSTIFICACIÓN	29
2.5. PREGUNTA PROBLEMA	31
3. OBJETIVOS	31
3.1. OBJETIVO GENERAL	31
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	32
4. MARCO DE REFERENCIA CONCEPTUAL	32
4.1. INDUSTRIA 4.0 Y SISTEMAS DE EJECUCIÓN DE MANUFACTURA.....	32
4.2. METODOLOGÍAS ÁGILES Y CASCADA.....	35
4.3. <i>GUÍA DEL PMBOK</i> (PMI, 2017a) SEXTA EDICIÓN	37
4.4. METODOLOGÍA SCRUM	38
5. METODOLOGÍA	40
6. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	42
6.1. BÚSQUEDA DE LITERATURA CIENTÍFICA EN BASES DE DATOS BIBLIOGRÁFICAS	42
6.2. BÚSQUEDA DE INFORMES, ESTUDIOS Y ENCUESTAS REFERENTE A GESTIÓN DE PROYECTOS E INDUSTRIA 4.0.....	44
6.3. BÚSQUEDA DE ESTÁNDARES DE GESTIÓN DE PROYECTOS	45
6.4. BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN CORPORATIVA E INFORMACIÓN REFERENTE A LA INDUSTRIA DEL CEMENTO	45
6.5. CONSOLIDACIÓN DE LA BÚSQUEDA.....	46

7.	DEFINICIÓN DE VARIABLES, TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DEL MODELO	46
8.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA PRIMERA ENCUESTA.....	56
8.1.	ENCUESTA: PREGUNTAS DE NOCIÓN GENERAL Y SUS RESPECTIVAS RESPUESTAS.....	57
8.2.	CALIFICACIÓN DE TÉCNICAS, HERRAMIENTAS Y VARIABLES	77
9.	SEGUNDA VERSIÓN DEL MODELO HÍBRIDO	93
10.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA SEGUNDA ENCUESTA	94
10.1.	PREGUNTAS DE NOCIÓN GENERAL	95
10.2.	CALIFICACIÓN DE TÉCNICAS, HERRAMIENTAS Y VARIABLES	99
11.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA TERCERA ENCUESTA	117
12.	PRESENTACIÓN DEL MODELO FINAL	120
12.1.	EXPLICACIÓN DEL MODELO Y SUS VARIABLES, TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS	124
12.1.1.	FACTIBILIDAD.....	124
12.1.2.	INICIO	126
12.1.3.	PREPARACIÓN.....	128
12.1.4.	EJECUCIÓN	131
12.1.5.	FINALIZACIÓN	137
13.	CONCLUSIONES	140
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	143
	ANEXO A.....	153

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Variables de entrada - Etapa de Conceptualización</i>	48
Tabla 2. <i>Técnicas y herramientas - Etapa de Conceptualización</i>	49
Tabla 3. <i>Variables de salida - Etapa de Conceptualización</i>	49
Tabla 4. <i>Variables de entrada- Etapa de Definición</i>	49
Tabla 5. <i>Técnicas y herramientas - Etapa de Definición</i>	50
Tabla 6. <i>Variables de salida - Etapa de Definición</i>	51
Tabla 7. <i>Variables de entrada - Etapa de Implementación</i>	51
Tabla 8. <i>Técnicas y herramientas - Etapa de Implementación</i>	51
Tabla 9. <i>Variables de salida - Etapa de Implementación</i>	52
Tabla 10. <i>Variables de entrada - Etapa de Cierre</i>	52
Tabla 11. <i>Técnicas y herramientas - Etapa de Cierre</i>	53
Tabla 12. <i>Variables de salida - Etapa de Cierre</i>	53
Tabla 13. <i>Variables de entrada – Seguimiento y Control Integrado</i>	53
Tabla 14. <i>Técnicas y herramientas – Seguimiento y Control Integrado</i>	54
Tabla 15. <i>Variables de salida – Seguimiento y Control Integrado</i>	54
Tabla 16. <i>Variables de entrada – Seguimiento y Control Fase Ágil</i>	54
Tabla 17. <i>Técnicas y herramientas – Seguimiento y Control Fase Ágil</i>	55
Tabla 18. <i>Variables de salida – Seguimiento y Control Fase Ágil</i>	55
Tabla 19. <i>Cantidad de personas encuestadas</i>	56
Tabla 20. <i>Respuestas pregunta 1 encuesta 1</i>	57
Tabla 21. <i>Respuestas pregunta 2 encuesta 1</i>	58
Tabla 22. <i>Respuestas pregunta 3 encuesta 1</i>	60
Tabla 23. <i>Respuestas pregunta 4 encuesta 1</i>	62
Tabla 24. <i>Respuestas pregunta 5 encuesta 1</i>	63
Tabla 25. <i>Respuestas pregunta 6 encuesta 1</i>	64
Tabla 26. <i>Respuestas pregunta 7 encuesta 1</i>	65

Tabla 27. <i>Respuestas pregunta 8 encuesta 1</i>	67
Tabla 28. <i>Respuestas pregunta 9 encuesta 1</i>	68
Tabla 29. <i>Respuestas pregunta 10 encuesta 1</i>	69
Tabla 30. <i>Respuestas pregunta 11 encuesta 1</i>	70
Tabla 31. <i>Respuestas pregunta 12 encuesta 1</i>	71
Tabla 32. <i>Respuestas pregunta 13 encuesta 1</i>	72
Tabla 33. <i>Respuestas pregunta 14 encuesta 1</i>	73
Tabla 34. <i>Respuestas pregunta 15 encuesta 1</i>	74
Tabla 35. <i>Respuestas pregunta 16 encuesta 1</i>	75
Tabla 36. <i>Respuestas pregunta 17 encuesta 1</i>	76
Tabla 37. <i>Calificación variables de entrada – Conceptualización (Modelo 1)</i>	78
Tabla 38. <i>Calificación técnicas y herramientas – Conceptualización (Modelo 1)</i> ...	79
Tabla 39. <i>Calificación variables de salida – Conceptualización (Modelo 1)</i>	79
Tabla 40. <i>Variables seleccionadas – Conceptualización (Modelo 1)</i>	80
Tabla 41. <i>Calificación variables de entrada – Definición (Modelo 1)</i>	81
Tabla 42. <i>Calificación técnicas y herramientas – Definición (Modelo 1)</i>	81
Tabla 43. <i>Calificación variables de entrada – Definición (Modelo 1)</i>	82
Tabla 44. <i>Variables seleccionadas – Definición (Modelo 1)</i>	83
Tabla 45. <i>Calificación variables de entrada – Implementación (Modelo 1)</i>	84
Tabla 46. <i>Calificación técnicas y herramientas – Implementación (Modelo 1)</i>	84
Tabla 47. <i>Calificación variables de salida – Implementación (Modelo 1)</i>	85
Tabla 48. <i>Variables seleccionadas – Implementación (Modelo 1)</i>	86
Tabla 49. <i>Calificación variables de entrada – Cierre (Modelo 1)</i>	87
Tabla 50. <i>Calificación técnicas y herramientas – Cierre (Modelo 1)</i>	87
Tabla 51. <i>Variables de salida – Cierre (Modelo 1)</i>	88
Tabla 52. <i>Variables seleccionadas – Cierre (Modelo 1)</i>	88
Tabla 53. <i>Calificación variables de entrada – Seguimiento y Control Integrado (Modelo 1)</i>	89

Tabla 54. <i>Calificación técnicas y herramientas – Seguimiento y Control Integrado (Modelo 1)</i>	89
Tabla 55. <i>Calificación variables de salida – Seguimiento y Control Integrado (Modelo 1)</i>	90
Tabla 56. <i>Variables seleccionadas – Seguimiento y Control Integrado (Modelo 1)</i>	90
Tabla 57. <i>Calificación variables de entrada – Seguimiento y Control Fase Ágil (Modelo 1)</i>	91
Tabla 58. <i>Calificación técnicas y herramientas – Seguimiento y Control Fase Ágil (Modelo 1)</i>	92
Tabla 59. <i>Calificación variables de salida – Seguimiento y Control Fase Ágil (Modelo 1)</i>	92
Tabla 60. <i>Variables seleccionadas – Seguimiento y Control Fase Ágil (Modelo 1)</i>	93
Tabla 61. <i>Respuestas pregunta 1 encuesta 2</i>	95
Tabla 62. <i>Respuestas pregunta 2 encuesta 2</i>	96
Tabla 63. <i>Respuestas pregunta 3 encuesta 2</i>	97
Tabla 64. <i>Respuestas pregunta 4 encuesta 2</i>	98
Tabla 65. <i>Respuestas pregunta 5 encuesta 2</i>	100
Tabla 66. <i>Calificación variables de entrada – Conceptualización (Modelo 2)</i>	102
Tabla 67. <i>Calificación técnicas y herramientas – Conceptualización (Modelo 2)</i>	102
Tabla 68. <i>Calificación variables de salida – Conceptualización (Modelo 2)</i>	103
Tabla 69. <i>Calificación variables de entrada – Iniciación (Modelo 2)</i>	104
Tabla 70. <i>Calificación técnicas y herramientas – Iniciación (Modelo 2)</i>	104
Tabla 71. <i>Calificación variables de salida – Iniciación (Modelo 2)</i>	105
Tabla 72. <i>Calificación variables de entrada – Planeación del Proyecto (Modelo 2)</i>	106
Tabla 73. <i>Calificación técnicas y herramientas – Planeación del Proyecto (Modelo 2)</i>	106

Tabla 74. <i>Calificación variables de salida – Planeación del Proyecto (Modelo 2)</i>	107
Tabla 75. <i>Calificación variables de entrada – Desarrollo del Producto (Modelo 2)</i>	108
Tabla 76. <i>Calificación técnicas y herramientas – Desarrollo del Producto (Modelo 2)</i>	108
Tabla 77. <i>Calificación variables de salida – Desarrollo del Producto (Modelo 2)</i> ..	109
Tabla 78. <i>Calificación variables de entrada – Implementación Ágil (Modelo 2)</i> ...	110
Tabla 79. <i>Calificación técnicas y herramientas – Implementación Ágil (Modelo 2)</i>	110
Tabla 80. <i>Calificación variables de salida – Implementación Ágil (Modelo 2)</i>	111
Tabla 81. <i>Calificación variables de entrada – Seguimiento, control y actualización (Modelo 2)</i>	112
Tabla 82. <i>Calificación técnicas y herramientas – Seguimiento, control y actualización (Modelo 2)</i>	113
Tabla 83. <i>Calificación variables de salida – Seguimiento, control y actualización (Modelo 2)</i>	114
Tabla 84. <i>Calificación variables de entrada – Cierre (Modelo 2)</i>	115
Tabla 85. <i>Calificación técnicas y herramientas – Cierre (Modelo 2)</i>	115
Tabla 86. <i>Calificación variables de salida – Cierre (Modelo 2)</i>	116
Tabla 87. <i>Calificación de los modelos híbridos propuestos.</i>	119
Tabla 88. <i>Variables de entrada – Conceptualización (modelo final)</i>	125
Tabla 89. <i>Técnicas y herramientas – Conceptualización (modelo final)</i>	125
Tabla 90. <i>Variables de salida – Conceptualización (modelo final)</i>	126
Tabla 91. <i>Variables de entrada – Iniciación (modelo final)</i>	127
Tabla 92. <i>Técnicas y herramientas – Inicicación (modelo final)</i>	127
Tabla 93. <i>Variables de salida – Inicicación (modelo final)</i>	127
Tabla 94. <i>Variables de entrada – Planeación del Proyecto (modelo final)</i>	128
Tabla 95. <i>Técncias y herramientas – Planeación del Proyecto (modelo final)</i>	129

Tabla 96. <i>Variables de salida – Planeación del Proyecto (modelo final)</i>	129
Tabla 97. <i>Variables de entrada – Diseño del Producto (modelo final)</i>	130
Tabla 98. <i>Técnicas y herramientas – Diseño del Producto (modelo final)</i>	130
Tabla 99. <i>Variables de salida – Diseño del Producto (modelo final)</i>	131
Tabla 100. <i>Variables de entrada – Implementación Ágil (modelo final)</i>	132
Tabla 101. <i>Técnicas y herramientas– Implementación Ágil (modelo final)</i>	133
Tabla 102. <i>Variables de salida – Implementación Ágil (modelo final)</i>	133
Tabla 103. <i>Variables de entrada – Seguimiento, control y actualización (modelo final)</i>	134
Tabla 104. <i>Técnicas y herramientas – Seguimiento, control y actualización (modelo final)</i>	135
Tabla 105. <i>Técnicas y herramientas – Seguimiento, control y actualización (modelo final) (continuación)</i>	136
Tabla 106. <i>Variables de salida – Seguimiento, control y actualización (modelo final)</i>	137
Tabla 107. <i>Variables de entrada – Cierre (modelo final)</i>	138
Tabla 108. <i>Técnicas y herramientas – Cierre (modelo final)</i>	139
Tabla 109. <i>Variables de salida – Cierre (modelo final)</i>	139

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Las cuatro revoluciones de la industria.....	17
Figura 2. Estructura simplificada de la cadena productiva de la industria de la construcción.....	19
Figura 3. Marco del Programa BEST	20
Figura 4. Capacidad instalada de cemento, por empresa.....	21
Figura 5. Proceso de los proyectos de la Vicepresidencia Técnica de Cementos Argos	23
Figura 6. Industry 4.0: Building the digital enterprise	33
Figura 7. Arquitectura de un sistema de información empresarial de tres capas...	35
Figura 8. Flujo metodológico fase cualitativa	41
Figura 9. Flujo metodológico fase cuantitativa	42
Figura 10. Resultados de búsqueda en Publish or Perish	43
Figura 11. Proceso de proyectos de Cementos Argos.....	47
Figura 12. Modelo híbrido propuesto para la gestión de proyectos (versión 1)	48
Figura 13. Gráfico de torta respuestas pregunta 1 encuesta 1. ¿Ha gestionado o ha sido parte de algún proyecto dentro de la organización?.....	58
Figura 14. Gráfico de barras respuestas pregunta 2 encuesta 1. De los siguientes tipos de proyectos mencione en cuáles ha estado involucrado	59
Figura 15. Gráfico de barras respuestas pregunta 3 encuesta 1. ¿Cuál de los siguientes marcos de referencia para la gestión de proyectos ha utilizado para gestionar sus proyectos dentro de la organización?	61
Figura 16. Gráfico de Pareto respuestas pregunta 4 encuesta 1. Indique el número de proyectos que ha gestionado o participado bajo metodologías ágiles.	62
Figura 17. Gráfico de barras respuestas pregunta 5 encuesta 1. Indique el número de proyectos que ha gestionado o participado bajo metodologías tradicionales secuenciales.	64

<i>Figura 18.</i> Gráfico de torta respuestas pregunta 6 encuesta 1. ¿Considera que los proyectos en Argos se realizan de manera ágil?	65
<i>Figura 19.</i> Gráfico de barras respuestas pregunta 7 encuesta 1. De los siguientes tipos de proyectos mencione en cuáles se podrían implementar metodologías ágiles.	66
<i>Figura 20.</i> Gráfico de torta respuestas pregunta 8 encuesta 1. ¿Considera que los proyectos en Argos se deberían gestionar bajo metodologías ágiles?	67
<i>Figura 21.</i> Gráfico de torta respuestas pregunta 9 encuesta 1. ¿Conocía usted el proceso de proyecto presentado en las imágenes anteriores?	68
<i>Figura 22.</i> Gráfico de torta respuestas pregunta 10 encuesta 1. ¿Ha utilizado usted las herramientas y funcionalidades del proceso de proyectos de Argos para la gestión de sus proyectos dentro de la organización?	69
<i>Figura 23.</i> Gráfico de barras respuestas pregunta 11 encuesta 1. ¿Para qué tipo de proyectos se podría utilizar el proceso de proyectos de Cementos Argos?	70
<i>Figura 24.</i> Gráfico de barras respuestas pregunta 13 encuesta 1. ¿Cuáles de las etapas del proceso de proyectos de Argos podrían ser implementadas bajo metodologías ágiles?	72
<i>Figura 25.</i> Gráfico de torta respuestas pregunta 14 encuesta 1. ¿Considera que este modelo es adecuado para gestionar proyectos en la organización?	73
<i>Figura 26.</i> Gráfico de barras respuestas pregunta 15 encuesta 1. ¿Qué otra etapa del modelo debería gestionarse bajo metodologías ágiles?	74
<i>Figura 27.</i> Gráfico de barras respuestas pregunta 16 encuesta 1. ¿Qué tipo de proyectos cree usted que se podrían gestionar bajo el modelo propuesto?	75
<i>Figura 28.</i> Segunda versión del modelo híbrido para la gestión de proyectos.....	94
<i>Figura 29.</i> Gráfico de torta respuestas pregunta 1 encuesta 2. ¿Conocía usted lo que es un Sistema de Ejecución de Manufactura (MES)?	95
<i>Figura 30.</i> Gráfico de torta respuestas pregunta 3 encuesta 2. De acuerdo a lo explicado en el contexto y según su experiencia y conocimiento, un sistema MES es o no es necesario.....	98

Figura 31. Gráfico de torta respuestas pregunta 4 encuesta 2. Si usted tuviera que dirigir un proyecto de implementación de un sistema MES ¿qué tipo de enfoque de gestión de proyectos utilizaría usted?.....	99
Figura 32. Gráfico de torta respuestas pregunta 5 encuesta 2. ¿Considera que el segundo modelo híbrido propuesto es adecuado para gestionar un proyecto de implementación de un sistema MES?.....	100
Figura 33. Diagrama etapa de conceptualización (Modelo 2).....	103
Figura 34. Diagrama etapa de Iniciación (Modelo 2).....	105
Figura 35. Diagrama etapa de planeación del proyecto (Modelo 2).....	107
Figura 36. Diagrama etapa de planeación del proyecto (Modelo 2).....	109
Figura 37. Diagrama etapa de implementación ágil (Modelo 2).....	112
Figura 38. Diagrama etapa de seguimiento, control y actualización (modelo 2)..	114
Figura 39. Diagrama etapa de cierre (Modelo 2).....	116
Figura 40. Tercera versión del modelo híbrido para la gestión de proyectos.....	117
Figura 41. Modelo híbrido final para la gestión de proyectos con sus variables, técnicas y herramientas	121
Figura 42. Modelo híbrido final para la gestión de proyectos con sus variables, técnicas y herramientas (continuación).....	122
Figura 43. Modelo híbrido final para la gestión de proyectos con sus variables, técnicas y herramientas (continuación).....	123

RESUMEN

El presente trabajo propone un modelo de gestión de proyectos de TI basado en la *Guía del PMBOK* (PMI, 2017a), y en el marco de trabajo para proyectos ágiles Scrum. La construcción del modelo se realizó basado en una revisión bibliográfica existente, así como también en encuestas realizadas a expertos dentro de Cementos Argos, los cuales se encargaron de dar lineamientos específicos y validar el modelo propuesto. Los resultados obtenidos en la validación de las variables dieron como resultado una aceptación general del modelo híbrido diseñado, evidenciando la necesidad de un cambio de paradigma hacia el uso de prácticas ágiles, en una organización que históricamente ha gestionado sus proyectos de manera secuencial bajo modelos predictivos.

Palabras clave: industria 4.0, sistemas de ejecución de manufactura (MES), metodologías ágiles, enfoques híbridos

ABSTRACT

This paper proposes an IT project management model based on the sixth edition PMBOK guide and the framework for agile projects Scrum. The model was built based on an existing bibliographic review, as well as surveys conducted by experts within Cementos Argos, which were responsible for giving specific guidelines and validating the proposed model. The results obtained in the validation of the variables resulted in a general acceptance of the hybrid model designed, demonstrating the need for a paradigm shift towards the use of agile practices, in an organization that has historically managed its projects sequentially under predictive models.

Keywords: industry 4.0, manufacturing execution systems (MES), agile methodologies, hybrid approaches

1. INTRODUCCIÓN

La digitalización del mundo industrial ha venido creciendo a medida que las tecnologías de información avanzan y se amplían hacia los distintos sectores de la industria. Esto ha generado un cambio de paradigma en las empresas, sobre todo en los países más desarrollados, en los que se espera que para el 2021 el 83% de las industrias tomarán sus decisiones estratégicas basadas en la información proveniente de los sistemas basados en tecnologías de información (PwC, 2016). Esta digitalización de la industria la han llamado la cuarta revolución industrial, o Industria 4.0, término que fue introducido por primera vez en el *Hannover Fair de 2011*, por Kagermann, Wolf-Dieter y Wahlster (2011).

En Latinoamérica las tecnologías que impulsan la Industria 4.0 solo han avanzado de manera marginal. De acuerdo con el estudio realizado por el Grupo ASSA (2015), el índice que preparación para la digitalización de las industrias en Latinoamérica es alrededor de 46 puntos sobre 100, en comparación con la de los países que hacen parte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) el cual es de alrededor de 70 puntos sobre 100. A pesar del bajo índice que presenta la región, de acuerdo con este mismo estudio, países como Colombia y Chile son los que parecen estar mejor preparados para esta cuarta revolución industrial.

El panorama para Colombia muestra una proyección de crecimiento en la inversión de soluciones digitales dentro de las empresas. Un estudio realizado por Colombia Digital y el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (2016) muestra que un 79% de las empresas está abordando procesos de transformación digital y que un 70% de estas empresas realizarán inversiones de alrededor de \$300 millones en transformación digital.

Ante la adopción cada vez mayor de soluciones digitales en las empresas y ante los cambios en el mercado, desde el 2016 Cementos Argos ha tomado la iniciativa de emprender este mismo camino de digitalización. Esto teniendo en cuenta que la mayoría de las empresas son conscientes de que estas tecnologías se han convertido en una ventaja competitiva para transformar o evolucionar el modelo de negocio y generarles una propuesta de valor a los clientes (Polo y Magalhães, 2016). El programa BEST, creado con este fin, tiene como una de sus prioridades la conectividad de los datos que generen soluciones digitales para darles a los clientes respuestas rápidas y oportunas.

Es aquí donde se hace indispensable la implementación de un sistema de ejecución de manufactura. Ante esta necesidad, el área de proyectos de la Gerencia de Informática y Digital de Cementos Argos es quien debe gestionar este proyecto. En otras ocasiones se ha intentado implementar estos sistemas desde otras áreas de la organización, pero no han tenido éxito debido a la gestión inapropiada, basada en metodologías y modelos tradicionales que no se adaptan a la necesidad de entregar en el menor tiempo posible un sistema que esté funcionando y que satisfaga la necesidad de conectividad necesaria para las iniciativas que impulsa BEST.

Teniendo conocimiento de las lecciones aprendidas de proyectos anteriores para la implementación de estos sistemas, el presente trabajo de investigación propone un modelo de gestión de proyectos basado en prácticas ágiles para la gestión de proyectos, que sean reconocidas a nivel internacional.

Para el diseño del modelo se utiliza como base tanto el proceso de proyectos existente en Cementos Argos como los procesos de gestión de proyectos de la *Guía del PMBOK* (PMI, 2017a) y las prácticas propuestas por Scrum. El modelo de híbrido diseñado se articula con los procesos existentes de la organización, con el fin de darle un marco de referencia al área de Informática y Digital para la

implementación de un Sistema de Ejecución de Manufactura. Finalmente, el modelo será ajustado y validado por personal directivo, y por ingenieros y expertos de Cementos Argos.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. CONTEXTO

La Industria 4.0, o cuarta revolución industrial, según Trotta y Garengo (2018) podría definirse como: “La integración de tecnologías que permiten la transformación de la forma en cómo las organizaciones operan junto con altos cambios en los negocios modelos y procesos de fabricación”. Las tres revoluciones industriales que anteceden a la Industria 4.0 se muestran en la Figura 1.

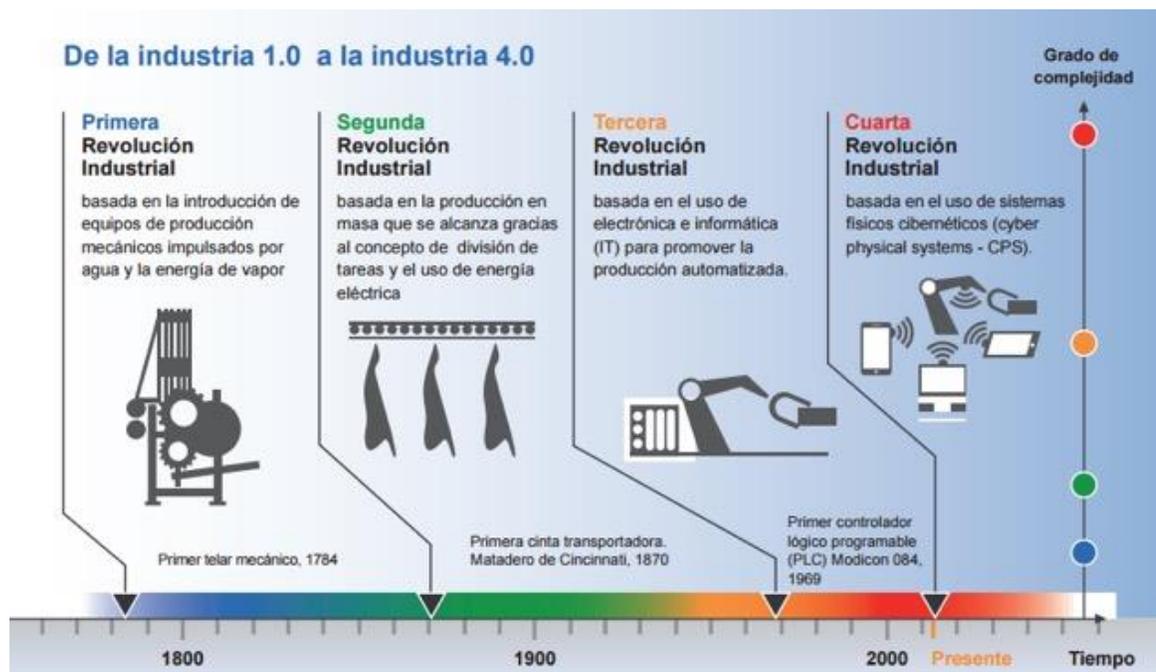


Figura 1. Las cuatro revoluciones de la industria

Fuente: Miranda (2016).

La mayoría de los países que llevan la vanguardia en el desarrollo de las tecnologías de la Industria 4.0 se concentran en Europa, Norteamérica y Asia, mientras que en Latinoamérica solo Brasil reporta inversiones en estas tecnologías (PwC, 2016). El gobierno de Brasil ha venido desarrollando la Agenda Brasileña para la Industria 4.0, la cual busca reducir costos de mantenimiento y consumo energético, y aumentar la eficiencia en la industria del país usando tecnologías de la Industria 4.0 (Ministério da Indústria Comércio Exterior e Serviços, 2018).

En Colombia aún no existe una política o una agenda formalizada por el gobierno, pero desde la Vicepresidencia de Transformación Digital de la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (Andi) se ha venido impulsando el desarrollo de la industria colombiana hacia la digitalización (Andi, 2017a). Esta Vicepresidencia trabaja en cinco pilares: ecosistema digital, gobierno digital, economía digital, conectividad digital y talento digital, con el siguiente objetivo: “Facilitar la disrupción digital y tecnológica como herramienta efectiva que ayude a los empresarios a mejorar su productividad y la competitividad de Colombia” (Andi, 2018).

A pesar de la existencia de esta iniciativa, aún existen barreras y desafíos que se deben superar para que en Colombia exista una adecuada implementación de las tecnologías de Industria 4.0. De acuerdo con la Encuesta de Transformación Digital de la Andi (2017a), las compañías encuestadas reportaron que aunque aproximadamente el 65% de estas sabe qué es la cuarta revolución industrial, aún existen barreras para implementar las tecnologías de Industria 4.0. Estas barreras son: falta de cultura (74,1%), desconocimiento (61,6%) y presupuesto (56,3%). Uno de los puntos en la agenda del gobierno debería ser la implementación de políticas e iniciativas que impulsaran la transformación digital en las empresas colombianas, buscando disminuir la falta de cultura y el desconocimiento existente, a la vez que incentive la inversión en tecnologías de la Industria 4.0.

Según la Andi, los avances de estas nuevas tecnologías están impactando de forma amplia y transversal a todos los sectores y cadenas productivas de la economía, tales como salud, turismo, industria, transporte, servicios financieros y agroindustria (Andi, 2017b). En lo que concierne a la cadena productiva de la industria de la construcción (Figura 2), el cemento se encuentra como materia prima para la producción de concreto. Concreto, la segunda empresa de construcción a nivel nacional (Merco, 2017), usa el cemento como materia prima para la impresión 3D de casas y edificios. Esta tecnología comprende el uso de máquinas robotizadas que realizan diversas piezas en concreto, en donde, en lugar de tinta, usan materiales pesados tales como cemento y mezclas derivadas, que permiten entregar diseños personalizados, con alta versatilidad y en menor tiempo que con la construcción tradicional (Concreto, 2017).

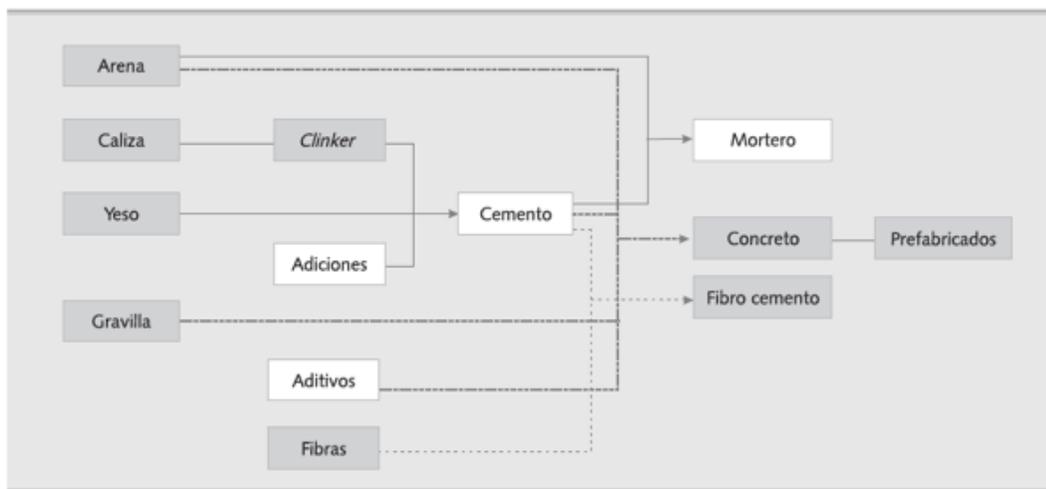


Figura 2. Estructura simplificada de la cadena productiva de la industria de la construcción

Fuente: Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2004).

Cementos Argos, ubicada en el primer puesto de las empresas cementeras de Colombia según el *ranking* Merco (2017), por su parte ha venido adelantando iniciativas que promueven la digitalización del negocio, tales como el incremento de pedidos en línea, la integración del *Enterprise Resource Planning* (ERP) con los clientes, el uso de tecnologías emergentes, tales como Inteligencia Artificial (AI),

Realidad Aumentada (AR), Internet de las Cosas (IoT) y Analítica. El programa que impulsa estas iniciativas en Cementos Argos es *Building Efficiency and Sustainability for Tomorrow* (BEST), con los que busca aumentar la productividad, reducir los costos y mejorar la eficiencia de sus operaciones, todo enmarcado en cinco ejes principales: transformación operativa, implementación de tecnologías nuevas y livianas, uso de combustibles alternativos, sinergias administrativas y optimización de activos operacionales (Figura 3).



Figura 3. Marco del Programa BEST

Fuente: Cementos Argos (2016a).

Este tipo de iniciativas toman mayor relevancia frente a un mercado bastante competido, como lo es el de la industria cementera en Colombia, en el que la experiencia, la percepción, la eficiencia y la productividad hacia los clientes se convierten en prioridad. Según Asocreto, en el 2017 hubo una caída de 1,5% de las ventas de cementos frente a las del 2016, en parte causada por la demora en los cierres financieros de algunos proyectos viales 4G y en parte por la caída de la construcción de vivienda en 6,3% respecto al 2016 (Dinero, 2018). Esto equivale a unas 200.000 toneladas de cemento menos. Por otro lado, las cementeras

regionales también han sumado una variable ante esta situación. Para mediados del 2017 estas cementeras han llegado a representar el 25% de la capacidad instalada en todo el país, que es de aproximadamente 21 millones de toneladas de cemento al año (Figura 4), cifra bastante relevante, si se considera que muchas de estas compañías no llevan más de cinco años en el mercado. De acuerdo con Ricardo Naya, presidente de CEMEX en Colombia, la demanda de cemento está en 12,5 millones de toneladas de cemento al año, lo que significa que hoy día existe aproximadamente una sobreoferta del 42% (Dinero, 2018).

CEMENTERA	Capacidad (t/año) jun- 2017	Clinker impor- tado (t/año)
Cemento Vallenato	130.000	78.000
Cementos San Marcos	400.000	
Cementos Tequendama	480.000	
G&J (Patriota)	60.000	
Molsaban (Fortecem)	400.000	240.000
Oriente Sogamoso	150.000	
Oriente Sabanagrande	480.000	288.000
Ultracem	1'000.000	650.000
Victor M. Ríos (Cementos Nacionales)	200.000	120.000
Tairona	25.000	15.000
Total independientes	5'560.000	1'391.000
Argos	8'700.000	
Cemex	5'500.000	
Holcim	2'000.000	
Total cap. Instalada	21'760.000	

Figura 4. Capacidad instalada de cemento, por empresa

Fuente: Dinero (2018).

A los factores del mercado mencionados se les suma el reciente fallo de la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC), en el que ratifican la sanción para Cementos Argos, Holcim y Cemex, y a seis altos directivos de estas compañías, por supuesta cartelización empresarial de precios. Para Cementos Argos este hecho ha repercutido en el valor de la acción de la compañía, el cual ha caído aproximadamente un 20% respecto al valor que tenía al comenzar el 2018 (Cementos Argos, 2018b). Según la SIC, entre 2010 y 2012 el precio del cemento aumentó un 29,9%, cifra que contrasta con la inflación durante ese mismo período,

la cual fue de 9,3%. Estos 20 puntos porcentuales por encima de la inflación representaron una ganancia por ventas superiores a \$8 billones de pesos para las tres cementeras sancionadas (Superindustria, 2017). Con base en el argumento anterior, la SIC (2018) emitió la sanción bajo la Resolución 23157 del 6 de abril de 2018, en la cual Cementos Argos tendría que pagar alrededor de \$74.000 millones de pesos, decisión que Cementos Argos no compartió por lo que interpondría una acción de nulidad y restablecimiento del derecho ante el Tribunal Contencioso Administrativo (Cementos Argos, 2018a).

La competencia entre las cementeras es cada vez más fuerte, sobre todo entre las regionales, por lo cual la respuesta de Cementos Argos en el mercado debe ser cada vez más ágil para estar en capacidad de responder de manera oportuna a la posible reactivación de los proyectos 4G y a la inversión en obras de infraestructura (Banco de la República, 2018), cuya demanda de cemento podría ser acaparada por la competencia.

Las tecnologías de la cuarta revolución industrial le abren un panorama nuevo a la forma de competir en el mercado. Por esto se crea el programa BEST, con el fin de darle respuesta rápida al mercado y de mejorar la relación con los clientes. Para Cementos Argos (2017), la conectividad impulsada por las iniciativas del programa BEST tiene implicaciones mayores para los modelos de negocios, lo cual le abre una nueva ventana hacia el consumo.

Dándole respuesta a la necesidad de conectividad del programa BEST, en el 2016 nació el proyecto Plant Focus, que consistía en la implementación de un sistema de gestión de información de producción cementera. Este sistema fue adoptado de una de las plantas que compró Cementos Argos en Estados Unidos y, debido al éxito que este tenía en la región, la compañía decidió implementarlo en las plantas de Colombia. A través de BEST se integra toda la información de la producción y los consumos de la planta, la cual se presenta en forma de reportes y cuadros de mando

integral, que son usados por operadores, por ingenieros y por el gerente de planta, para conocer el estado actual de la producción y poder así tomar decisiones.

Para la implementación de este sistema en Colombia se decidió usar el modelo de gestión de proyectos de la Vicepresidencia Técnica (Figura 5). Bajo este modelo es importante definir el alcance, a partir de las fases *conceptualización* y *definición*. Una vez empieza la fase de *implementación* el alcance es congelado, y cualquier cambio debe ser gestionado siguiendo un proceso de control de cambios y un flujo de aprobación y documentación riguroso. La falta de involucramiento de los interesados, los cambios en el alcance durante las etapas de *implementación* y *comisionamiento*, y la falta de claridad de los beneficios del proyecto hacia la estrategia corporativa condujeron a que el proyecto fuera suspendido y dieron lugar a sobrecostos, a insatisfacción del cliente y a muchos reprocesos.



Figura 5. Proceso de los proyectos de la Vicepresidencia Técnica de Cementos Argos

Fuente: Cementos Argos (2016b).

Unos años antes había ocurrido algo similar con un proyecto llamado Delfos, que consistía en implementar un sistema de información para la gestión de proyectos (PMIS) y un portal para la reposición de información de los proyectos. El sistema

implementado sería la herramienta utilizada por la Vicepresidencia Técnica para gestionar sus proyectos desde una aplicación web, basada en la plataforma SharePoint y Project Online de Microsoft®. Al igual que el proyecto Plant Focus, no se involucró de manera adecuada a los interesados del proyecto ni se aclararon los beneficios, y la gestión se hizo usando el mismo modelo secuencial de la Vicepresidencia Técnica; pero, a diferencia del proyecto Plant Focus, este sí logró finalizar, pero con un sobre costo del 500% y con un retraso de casi un año para cerrar el proyecto y sacar el sistema a vivo.

A pesar de la mala gestión de estos dos proyectos (Delfos y Plan Focus), el programa BEST debía seguir enfocado en satisfacer la necesidad de conectividad de la organización. Con base en las lecciones aprendidas se retomó el proyecto Plant Focus, esta vez dándole un alcance mucho mayor. La Vicepresidencia Financiera decidió entonces impulsar de nuevo esta iniciativa a través de la Gerencia de Informática y Digital, con el propósito de obtener la información de costos, producción y consumos de todas las plantas de la organización, para luego desarrollar una serie de análisis de datos a través de unos *software* que le permitan a la organización tomar decisiones estratégicas oportunas y optimizar el desempeño de las operaciones, lo cual redundará en eficiencia operativa.

Llevar a cabo este proyecto implica conectar de manera remota toda la información de producción y consumos con la información de costos operativos de todas las plantas de cemento de la compañía. Para que esto sea posible, hay que garantizar una infraestructura que conecte, transporte y almacene todos estos datos de manera remota, para luego procesarlos, analizarlos y visualizarlos, a través de un sistema de ejecución de manufactura (MES, por sus siglas en inglés *Manufacturing Execution Systems*) (Becerra & Palacios, 2003). Debido a la importancia de este proyecto y a su alta complejidad, surge la necesidad de diseñar un modelo de gestión de proyectos que sea mucho más ágil y práctico que el utilizado para los

proyectos anteriores, y que a la vez se adapte a los ambientes y procesos de la organización, para evitar así cometer de nuevo los errores del pasado.

2.2. ANTECEDENTES

El último informe *Pulse of the Profession* (PMI, 2017b) muestra que las metodologías ágiles e híbridas son cada vez más utilizadas en la gestión de proyectos (PMI, 2018). Según datos proporcionados por el PMI (2017b), el 71% de las organizaciones utilizan prácticas y metodologías ágiles, incluso el mismo PMI recientemente incluyó prácticas ágiles en la sexta edición de su estándar PMBOK (PMI, 2017a), creando también un nuevo documento llamado *Guía de Práctica Ágil* (PMI, 2017c), con el fin proporcionarles a los equipos de proyectos herramientas, parámetros de situaciones y una comprensión de las técnicas y los enfoques ágiles disponibles, de tal manera que les permita obtener mejores resultados en su gestión (PMI & Agile Alliance, 2017c).

Dentro del grupo de metodologías ágiles existentes, Scrum es la metodología más usada en la actualidad. Una encuesta llevada a cabo por KPGM (2017) muestra que más del 50% de los encuestados usa la metodología Scrum (van der Meijs y otros, 2017), frente a PRINCE2 y Kanban, ambas con un porcentaje inferior al 40%. Así mismo, Collabnet y Versionone (2017) reportan que el 56% de los encuestados usan la metodología Scrum, en contraste con el uso de otras como Kanban y XP, que reportan 5% y 1% respectivamente. Incluso las estadísticas muestran que un 14% usa Scrum fusionado con XP y Kanban. El PMI (2017c), por su parte, muestra que el 55% de los encuestados usan la metodología Scrum. Un año después, el PMI (2018) reportó que ahora un 57% usaba Scrum, lo que representa un incremento del 2% con respecto al año anterior.

Si se compara Scrum con la metodología cascada, esta última aún sigue siendo bastante aceptada por la industria para la gestión de proyectos. En el PMI (2017c),

en 2017 un 78% de los encuestados reportaron que usaban metodologías en cascada, y para el 2018 el uso reportado había dejado a un 69%, lo cual implica una disminución considerable; sin embargo, aun esta metodología sigue siendo usada en mayor proporción que Scrum.

Según KPMG (2017):

El 74% de los encuestados afirmaron que ya aplican metodologías ágiles para algunos proyectos, pero indican que todavía predomina la metodología cascada. Sin embargo, el 76% de los encuestados espera que dentro de tres años los proyectos ágiles superen en número a los proyectos tradicionales.

A pesar de la creciente aceptación del uso de metodologías ágiles dentro de la organización, no es una tarea sencilla implementarlas y adaptarlas en empresas tradicionales donde para la gestión de proyectos se ha seguido un esquema tradicional en cascada. Según Van Waardenburg & Van Vliet (2013), las metodologías tradicionales hacen especial énfasis en la triple restricción (alcance, costo y tiempo) como la que define la evaluación y aprobación de un proyecto. Schuh, Rebertisch, Riesener, Diels y Eich (2017), por su parte, presentan los problemas potenciales y retos que surgen dentro de las organizaciones al momento implementar metodologías híbridas para la gestión de proyectos. Wells, Dalcher y Smyth (2015) manifiestan que la falta de información y de conocimiento que permitan ofrecer una mejor guía y un marco referencial de estas metodologías se ha convertido en un factor que impide su adopción en ambientes corporativos tradicionales. Por otro lado, Wankhede (2016) plantea el uso de enfoques híbridos como forma de lograr la transición de las empresas hacia el uso de metodologías ágiles.

De acuerdo con la literatura revisada, los enfoques híbridos (adaptación de metodologías ágiles y cascada) son los que mejor han funcionado para la gestión de proyectos de sistemas de ejecución de manufactura (MES, por sus siglas en

inglés *Manufacturing Execution Systems*). Vrhovec (2016) presenta un caso de estudio de implementación de un MES para el sector salud, en el cuales se evidencia el uso de metodologías ágiles. Incluso Lesmana, Karimah y Wadiawan (2017) adaptan una metodología tradicional en cascada pero incluyendo metodologías ágiles. Müller, Vette, Hörauf, Speicher y Burkhard (2017) implementan un MES para empresas medianas y pequeñas, y para su implementación también usan metodologías ágiles. Shrivastava (2013) afirma que el uso de metodologías ágiles optimiza la implementación de MES en la industria. Por lo tanto, es una práctica utilizada y recomendada usar metodologías ágiles para la gestión de proyectos de implementación de MES.

Por lo general, los enfoques híbridos pueden tomar dos formas (Lo Giudice, Mines, LeClaire, Deya & Reese, 2017):

1. La adaptación de prácticas ágiles mezclando cascada con ágil: también se conoce como "Water-Agile-Fall" o "Water-Scrum-Fall" (West, Gilpin, Grant & Anderson, 2011). En 2013, 24% de las empresas reportaron haber utilizado esta forma híbrida, mientras que en 2017 la utilizó un 32%.
2. La mezcla y combinación de varias prácticas ágiles: en 2013, el 44% de las empresas lo hicieron de esta forma, en comparación con el 54% en 2015, y el 44% en 2017.

Cho (2009) propuso un enfoque híbrido mezclando la metodología RUP (*Rational Unified Process*) con Scrum, con el fin de utilizarlo para proyectos de *software* a gran escala. Mientras que RUP es usado como la estructura base del método híbrido, Scrum está integrado en el RUP.

Posteriormente, Hayata y Han (2011) proponen el modelo V (V-model). En este modelo de desarrollo los niveles más altos se enfocan en los requisitos del usuario y del sistema, para los cuales se usa la planificación en cascada; en cambio los niveles más bajos se enfocan en el diseño, la implementación y las pruebas, para

los cuales es más adecuado el uso de metodologías ágiles. Este es un ejemplo de una mezcla de cascada más enfoque ágil.

Bashir y Qureshi (2012) realizan una mejora al modelo propuesto por Cho. El modelo que ellos proponen es una mezcla de tres metodologías: RUP, XP (eXtreme Programming) y Scrum, con el fin de abordar no solo proyectos de *software* a gran escala, sino también proyectos de *software* de mediana y pequeña escala. Su propuesta consistió en reducir a tres las cuatro fases principales de RUP, y a seis las nueve actividades lógicas principales de RUP, para hacer el proceso más eficiente el proceso y simple. Mushtaq y Qureshi (2012) presentan un modelo híbrido, basado solo en metodología Scrum y XP. Este modelo define cuatro fases: planeación, diseño, codificación (programación) y pruebas. Las fases de diseño, codificación y pruebas se apoyan en los elementos Scrum, para entregar de manera iterativa productos terminados al cliente. Durante la codificación se usan herramientas de XP.

Rasool, Aftab, Hussain y Streitferdt (2013) proponen un modelo que combina RUP con XP, al cual llamaron eXRUP. El modelo propuesto integra las mejores prácticas XP en las fases de RUP. Las fases usadas son: inicialización, producción, evolución y liberación. Las prácticas XP usadas son: aseguramiento de la calidad del *software*, desarrollo iterativo, integración continua, despliegue, programación en parejas, propiedad colectiva del código, programación estandarizada, modelamiento del negocio, gestión de requerimientos y desarrollo basado en componentes.

Cooper y Sommer (2016) desarrollaron una adaptación de Scrum a la metodología Stage-Gate. La propuesta es usar Scrum en cada etapa a través del uso de tres artefactos (*sprint*, *scrum* diario y reunión de retrospectiva), tres roles (miembro del equipo, gerente de proceso¹ y dueño del producto) y tres herramientas (lista de

¹ Equivale al *Scrum Master*.

producto, lista de pendiente del *sprint* y gráficos de trabajo pendiente²), la cual llamaron el “Poder de 9”. Este es otro ejemplo de mezcla de enfoque ágil más cascada.

Lesmana y otros (2017) proponen un modelo híbrido que combina Scrum con cascada, para implementar un sistema de información. El modelo propuesto sigue una secuencia de cinco etapas: análisis de requerimientos, diseño, codificación (programación), pruebas, e implementación o despliegue. Entre las etapas de codificación, pruebas y en parte de la implementación, o despliegue, se aplica la metodología Scrum con sus distintos elementos.

2.3. ALCANCE

El presente trabajo de grado propone un modelo de gestión de proyectos de TI basado en el marco de trabajo de Scrum y en los procesos de la *Guía del PMBOK* (2017a), y sus respectivas prácticas ágiles.

Este modelo se diseña específicamente para darle un marco de referencia a la Gerencia de Informática y Digital de Cementos Argos S.A., con el fin de que sea usado posteriormente en la implementación de un sistema de ejecución de manufactura para la compañía.

2.4. JUSTIFICACIÓN

La Cuarta Revolución Industrial es inminente. Hoy día los países más desarrollados avanzan a pasos agigantados hacia la digitalización de la cadena de valor de sus industrias, no solo en procesos de manufactura, sino también en la prestación de

² Técnica usada para medir la cantidad de trabajo realizada en un *sprint*.

servicios (Andi, 2016; MinTIC, 2017; Nanterme & Daugherty, 2018; Rajnai & Kocsis, 2018). Una encuesta hecha por PwC (2016) sobre la industria global 4.0 muestra que las empresas seguirán invirtiendo en estas tecnologías esperando aumentar sus carteras de productos y servicios digitales, con el fin de aumentar para el 2020 sus ingresos anuales en un promedio de 2,9%, y de reducir los costos en un promedio de 3,6%. Esto al año les representaría unas reducciones de costos de aproximadamente US\$421.000 millones, y un incremento en sus ingresos de aproximadamente US\$493.000 millones.

El combustible que mueve estas tecnologías son los datos. Sin la adecuada recopilación y análisis de los datos no sería posible obtener esos beneficios esperados, por lo que un requisito para la implementación exitosa de aplicaciones empresariales digitales es tener un sistema de gestión de información como MES. Se espera que para el 2020 la inversión en tecnologías de Industria 4.0 sea de USD \$907.000 millones, destinada en gran parte a la implementación de sensores o dispositivos de conectividad, a *software* y a aplicaciones como sistemas de ejecución de manufactura (PwC, 2016).

La Andi reporta que la industria manufacturera en Colombia proyecta un rápido crecimiento en la digitalización de los negocios. De acuerdo con la *Encuesta de Transformación Digital* de la Andi (2017a), para el 2022 aproximadamente el 60% de las empresas encuestadas ven sus negocios transformados hacia su inmersión en la era digital. En esta encuesta se menciona lo siguiente: “La sociedad se transformó digitalmente y las organizaciones exitosas son aquellas que lo entienden y también se transforman” (p. 3).

Alineado con esta tendencia, Cementos Argos ha creado el programa BEST, por medio del cual busca soluciones que le den a la demanda del mercado respuestas ágiles basadas en soluciones digitales que mejoren la interacción y el servicio al cliente. Las iniciativas del programa BEST demandan cada vez mayor conectividad

de las operaciones con el mercado, por lo que tener sistemas de información automatizada se vuelve cada vez más relevante para el negocio. Implementar estos sistemas requiere de un proceso ágil, que entregue soluciones oportunas (Shrivastava, 2013). De este modo, la metodología para gestión de proyectos tradicionalmente usada en la organización ya no es la adecuada para dar respuesta a esta necesidad (Cementos Argos, 2016a).

Por esta razón, resulta pertinente proponerle a la Gerencia de Informática y Digital de la organización un modelo de gestión de proyectos bajo un marco de gobierno estructurado, que contenga prácticas ágiles reconocidas a nivel internacional, que sirva como marco de referencia para implementar un Sistema de Ejecución de Manufactura, que conecte y envíe los datos necesarios para impulsar las iniciativas digitales que adelanta el programa BEST.

2.5. PREGUNTA PROBLEMA

¿De qué manera se puede adaptar el proceso de gestión de proyectos existente en Cementos Argos S.A., de forma tal que se genere un enfoque híbrido para la gestión de proyectos de TI, que sirva como marco de referencia para implementar en la compañía sistemas de ejecución de manufactura (MES)?

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar en Cementos Argos S.A. un modelo de gestión de proyectos de TI con base en enfoques híbridos, con el fin de ofrecerle a la dirección de proyectos de la

Gerencia de Informática y Digital un marco de referencia para implementar sistemas de ejecución de manufactura.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mostrar los distintos marcos de referencia y metodologías de gestión de proyectos y el uso de enfoques híbridos para implementar sistemas de ejecución de manufactura, a partir de una revisión bibliográfica de los últimos diez años, con el fin de obtener un sustento conceptual y metodológico para diseñar el modelo de gestión de proyectos de TI, para implementar sistemas de ejecución de manufactura (MES) en Cementos Argos S.A.
- Analizar los factores corporativos y los sistemas organizacionales que enmarcan la gestión de proyectos dentro de Cementos Argos S.A., con el fin de tener un mejor conocimiento del entorno organizacional que debe ser tenido en cuenta como base para diseñar el modelo de gestión de proyectos de TI en la implementación de sistemas de ejecución de manufactura (MES) en Cementos Argos S.A.
- Diseñar un modelo de gestión de proyectos de TI adaptado para Cementos Argos S.A., utilizando herramientas y procesos de la *Guía del PMBOK (2017a)* y el marco de trabajo Scrum, con el fin de ofrecer un modelo para la gestión de proyectos de la Gerencia de Informática y Digital, que sirva para implementar sistemas de ejecución de manufactura (MES) en Cementos Argos S.A.

4. MARCO DE REFERENCIA CONCEPTUAL

4.1. INDUSTRIA 4.0 Y SISTEMAS DE EJECUCIÓN DE MANUFACTURA

La organización, en cabeza del Director de Tecnologías de la Información (CIO, por sus siglas en inglés *Chief Information Officer*), o Director de TI, busca desarrollar y gestionar las tecnologías de la información (TI) a través del uso de estos marcos de referencia, con el fin de ponerlas al servicio de la empresa como medio para alcanzar los objetivos estratégicos (University System of Georgia, 2018). El CIO es el encargado de supervisar las personas, los procesos y las tecnologías de información de una empresa, para que ofrezcan resultados que estén alineados con los objetivos del negocio. El CIO también es responsable de garantizar que los proyectos de TI le generen valor a la organización (Gartner, 2018), todo alineado con las tecnologías que enmarcan la cuarta revolución industrial o Industria 4.0, las cuales se muestran en la fFigura 6 (PwC, 2016).

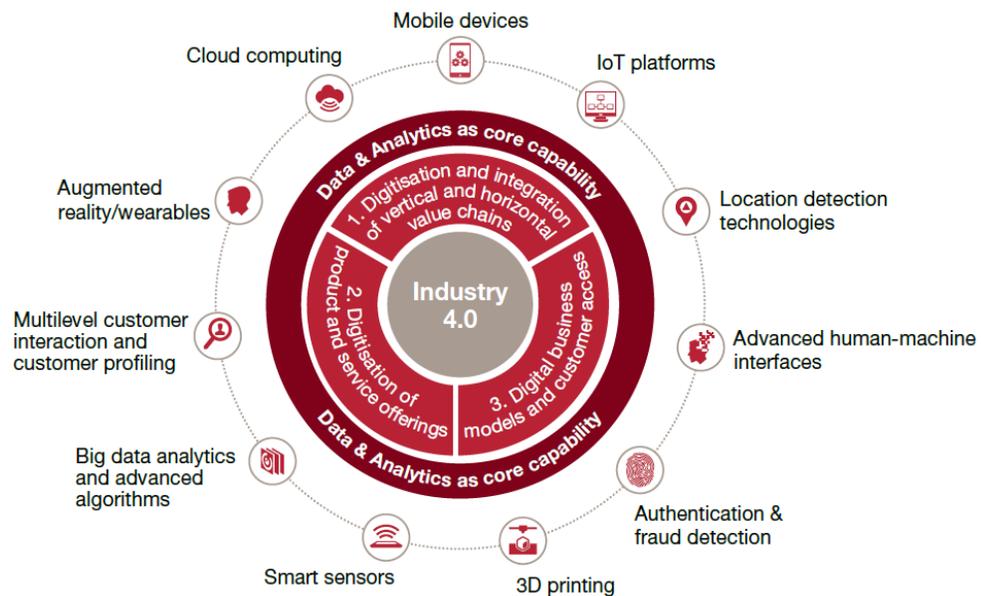


Figura 6. Industria 4.0: Building the digital enterprise

Fuente: PwC (2016).

De acuerdo con Arica y Powell (2017), uno de los sistemas clave que tendrá un papel vital en la transición de las empresas del sector de manufactura hacia la industria 4.0 son los MES. Se estima que para el 2020 las empresas enfocarán sus inversiones de Industria 4.0 principalmente hacia tecnologías digitales tales como

sensores o dispositivos de conectividad, al igual que en *software* y en sistemas de ejecución de manufactura (PwC, 2016). Los MES se componen de un *software* industrial que se alimenta en tiempo real de datos provenientes de una planta productiva, a través de una infraestructura de redes de telecomunicación. Estos datos pueden venir ya sea de forma automática (señales de líneas/máquinas o servidores) o manual (desde el operario), con el objetivo de convertirlos en información accesible, fiable y cuantificada, para la toma de decisiones. Estos sistemas surgieron principalmente de la industria de procesos (Kletti, 2007), y con el tiempo se han convertido en un enfoque muy popular para integrar la planificación de la producción y el control de tareas productivas, y son aplicados a diversos tipos de industria. Encuestas recientes muestran el aumento significativo en el número de proveedores y en la variedad de aplicaciones MES a nivel industrial (CGI Group, 2016).

Los MES se encargan de controlar las operaciones a través de la elaboración de planes para administrar la producción, y de proporcionarle retroalimentación a la gerencia sobre el estado de la producción de sus plantas (Hadjimichael, 2004). De acuerdo con la MESA (*Manufacturing Execution System Association*), los MES brindan información que permite optimizar las actividades de producción, desde el momento en que se lanza una orden de producción hasta cuando se obtiene el producto terminado. Por medio del uso de datos actualizados y precisos, los MES proporcionan guía e información sobre las actividades de la planta a medida que estas se desarrollan (MESA, 1997).

En la arquitectura de un sistema de información empresarial, los MES se encuentran en el medio de la capa superior: *Enterprise Resource Planning* (ERP), y de la capa inferior (Figura 7): *Process Control System* (PCS), de la llamada “Pirámide de Automatización” (Greenfield, 2017).

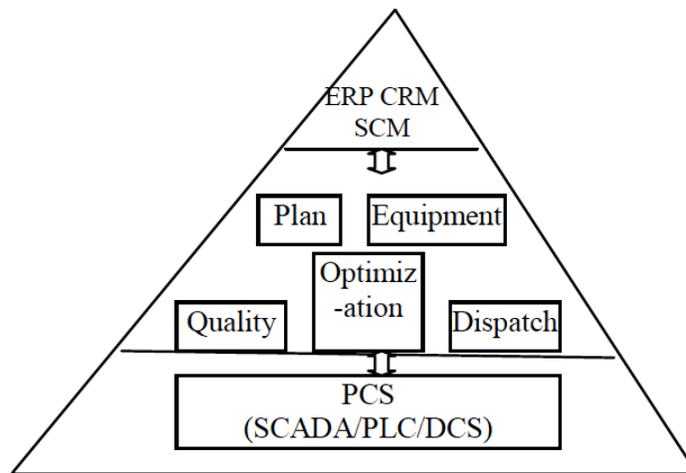


Figura 7. Arquitectura de un sistema de información empresarial de tres capas

Fuente: Jing y Wang (2009).

Con las funciones de recopilación, análisis y comunicación de datos en todas las cadenas de valor, los MES sirven como plataforma para implementar las tecnologías de Industria 4.0 y para aprovechar la oportunidad que brinda esta nueva era digital (Arica & Powell, 2017).

4.2. METODOLOGÍAS ÁGILES Y CASCADA

La implementación de sistemas MES se ha llevado a cabo a través de proyectos que se gestionan bajo paradigmas de metodologías tradicionales (Shrivastava, 2013), ya que estas son usualmente utilizadas en proyectos de la industria manufacturera y de la construcción (Intland Software, 2016), debido a que ofrecen un enfoque de planeación rigurosa que permite darles seguimiento y control a tareas definidas que se ejecutan de manera secuencial. Los gerentes de proyectos de TI optaron por usar metodologías similares para sus proyectos, tales como la llamada metodología cascada (*waterfall*), concepto introducido por primera vez por Royce (1970).

La metodología cascada consiste en la gestión de una serie de fases secuenciales, no repetibles, donde las fases del ciclo de vida van una después de la otra. La

condición para hacer la transición a la siguiente fase es haber evaluado y verificado los resultados de la fase previa (Toljaga-Nikolic, Petrovic & Mihic, 2017); sin embargo, estas metodologías han resultado poco exitosas a la hora de gestionar proyectos de TI. De acuerdo con el reporte CHAOS, del Standish Group, en el 2015 solo el 3% de los proyectos grandes de TI gestionados a través de metodología cascada fueron exitosos, mientras que para los proyectos medianos y pequeños la estadística fue del 7% y del 44%, respectivamente. Por otro lado, aquellos que se gestionan a través de prácticas ágiles tienen un 350% más de probabilidades de éxito que los proyectos que se gestionan con métodos cascada, con independencia del tamaño del proyecto (Intland Software, 2016).

Las metodologías ágiles nacieron como una reacción a la burocracia de las metodologías cascada, usadas históricamente en la industria para los proyectos de TI. Otra razón detrás del nacimiento de las metodologías ágiles es el cambio cada vez mayor que está teniendo lugar en el entorno empresarial (Abbas, Gravell & Wills, 2008). Según Highsmith y Cockburn (2001), las metodologías ágiles se propusieron desde: “Una perspectiva que refleja el turbulento negocio de hoy y el cambio tecnológico”. Los enfoques tradicionales no pueden hacerle frente al constante cambio del negocio, ya que estos enfoques suponen que es posible anticipar un conjunto completo de los requisitos al principio del ciclo de vida de un proyecto, cuando en realidad los requisitos pueden cambiar durante todo el ciclo de vida de un proyecto.

Los principios de las metodologías ágiles se encuentran resumidos en el *Manifiesto Ágil* (Highsmith, 2001), creado en el 2001 por un grupo de ingenieros representantes y practicantes de metodologías ágiles, quienes coincidían en la necesidad que había de encontrar una alternativa de gestión de proyectos de *software* que fuera distinta a la burocracia existente en las metodologías tradicionales.

Los principios acordados por este grupo son:

- Individuos e interacciones sobre procesos y herramientas.
- *Software* que funcione sobre documentación extensiva.
- Colaboración con el cliente sobre negociación contractual.
- Respuesta ante el cambio acerca de seguir un plan.

El proceso de desarrollo propuesto por las metodologías ágiles se caracteriza por ser exploratorio, evolutivo, iterativo y adaptado al cliente y al cambio. En cambio el estilo tradicional se describe como bien definido, cerrado y planificado desde el principio (Schuh y otros, 2017). Un proceso ágil se basa en el desarrollo de un producto —dirigido principalmente a los usuarios—, cuyos requisitos son conocidos, pero cambian de manera constante y evolucionan durante el proceso, de modo que permiten tener flexibilidad y capacidad de respuesta. Se estima que al inicio del proceso ágil solo alrededor del 40% al 70% de los parámetros de diseño se encuentran bien definidos (Schuh y otros, 2017). Esto se opone al proceso tradicional, el cual supone que las condiciones son bien conocidas desde el inicio y permanecen estables.

4.3. GUÍA DEL PMBOK (PMI, 2017a) SEXTA EDICIÓN

La *Guía del PMBOK*, del Project Management Institute (PMI, 2017a), una de las guías para la gestión de proyectos más usadas a nivel internacional (PwC, 2012), ha incluido prácticas ágiles dentro de sus procesos, lo cual les da un marco de referencia a la organizaciones que usan esta guía para desarrollar enfoques de gestión de proyectos híbridos con prácticas ágiles. Aun así, para lograr una adecuada implementación de las metodología ágiles dentro de la organización es necesario realizar un proceso de adaptación, en el que se deben integrar factores ambientales de la empresa y procesos existentes en la organización, como la infraestructura (*hardware*), el *software* informático, las políticas y los procedimientos (como metodologías de proyectos existentes), entre otros, y la *Guía del PMBOK*,

(PMI, 2017a). La versión 6 de la *Guía del PMBOK* se compone de 49 procesos, distribuidos en 10 áreas del conocimiento (gestión de la integración, gestión del alcance, gestión del cronograma, gestión de los costos, gestión de la calidad, gestión de los recursos, gestión de las comunicaciones, gestión de los riesgos, gestión de las adquisiciones y gestión de los interesados) y 5 grupos de procesos (inicio, planeación, ejecución, medición y control, y cierre), para la gestión de proyectos.

4.4. METODOLOGÍA SCRUM

La metodología Scrum presenta mayor aceptación y uso en la gestión de proyectos ágiles, tal como reportan Van der Meijs y otros (2017), Collabnet y Versionone (2017) y el PMI (2017c). La metodología Scrum fue creada en 1986 por Takeuchi y Nonaka, quienes desarrollaron un enfoque de gestión de proyectos para el desarrollo de nuevos productos, donde el equipo del proyecto se reunía para planear los próximos movimientos y llevarlos a cabo en conjunto, de forma parecida a la jugada usada en el rugby llamada Scrum (Takeuchi & Nonaka, 1986). Esa es la razón por la cual esta metodología ágil tomó dicho nombre. El objetivo de Scrum es entregar productos viables con el mayor valor posible a través de iteraciones, y manejar problemas o situaciones complejas.

En Scrum se tienen claramente definidos los roles, los eventos, los artefactos y la definición de “Terminado” de los entregables (Schwaber y Sutherland 2017), que se describen a continuación:

- **Roles de Scrum**

Personas que hacen parte del equipo Scrum:

- Propietario del producto
- Scrum Master
- Equipo de desarrollo

- **Eventos de Scrum**

Espacios de tiempo llevados a cabo durante el ciclo de vida del proyecto, en los cuales se desarrollan los entregables y se reúne el equipo Scrum:

- *Sprint*³
- Reunión de planificación del *sprint*
- Scrum diario
- Revisión del *sprint*
- Retrospectiva del *sprint*

- **Artefactos de Scrum**

Son herramientas usadas para controlar los entregables, asegurar la calidad y mitigar los riesgos durante el ciclo de vida del proyecto.

- Lista de producto
- Lista de pendientes del *sprint*
- Incremento

- **Definición de “Terminado”**

Es aquella usada por el equipo Scrum para evaluar cuándo se ha completado el trabajo o efectuado el incremento de producto.

Aunque Scrum se haya convertido en la metodología ágil mayormente aceptada a nivel mundial (Lesmana y otros, 2017), mientras que paradójicamente el uso de esta metodología en su estado puro ha ido disminuyendo cada vez más, su uso mezclado con otras metodologías ha ido aumentando (Scrum Alliance, 2017). Esto debido a la dificultad de adaptación de las metodologías ágiles en entornos de gestión de proyectos tradicionales (Van Waardenburg & Van Vliet, 2013). Estas mezclas con otras metodologías se conocen como enfoques híbridos, que consisten en marcos de referencia para la gestión de proyectos personalizados hechos a la medida para las necesidades individuales de la organización, en los cuales al ciclo

³ Un *sprint* es una iteración de trabajo acotada por un período de tiempo determinado, el cual puede durar de una a seis semanas, durante el cual el Equipo Scrum crea y trabaja en los entregables del *sprint* (SCRUMStudy, 2016).

de vida de las metodologías tradicionales preexistentes se le adicionan y adaptan ciertos elementos, técnicas y procesos de metodologías ágiles (Intland Software, 2016).

5. METODOLOGÍA

La metodología de este trabajo consiste en un proceso mixto secuencial a partir de un diseño transformativo secuencial (DITRAS), en el que se toma como referencia el propuesto por Hernández, Fernández y Baptista (2014). Con base en dicho método, la primera etapa comprende una fase cualitativa tendiente a la conceptualización de los modelos de gestión de proyectos existentes teniendo como base la revisión de la literatura.

La revisión bibliográfica estableció las bases que guían este trabajo de grado, en la cual se tomó el marco de trabajo propuesto por la sexta edición de la *Guía del PMBOK* (PMI, 2017a), y su *Guía Ágil* (PMI & Agile Alliance, 2017) y los procesos y herramientas propuestos por el marco de trabajo para la gestión de proyectos ágiles Scrum en la guía SBOK (SCRUMStudy, 2016). Además de lo anterior, también se tomaron como referencia los procesos, políticas, procedimientos, marcos de gobierno, metodologías y demás factores y sistemas organizacionales que enmarcan la gestión de proyectos en Cementos Argos S.A. (Cementos Argos, 2011). Esto contribuyó a formular una primera versión del modelo, que estableció las variables de entrada y salida que lo componen.

Las variables seleccionadas en esta primera versión del modelo fueron validadas y ajustadas a través de encuestas a expertos hechas al interior de la organización. Esta validación se realizó usando el método Delphi modificado (George & Trujillo, 2018; Zartha, Montes, Vargas, Arias y Hoyos, 2015) utilizando dos cuestionarios con preguntas cuyas respuestas se organizaron en una escala de Likert. En Zartha

y otros (2019) se aplica y se explica de forma más detallada una aplicación del método Delphi modificado, que es usado en este trabajo de grado. Las Figura 8 y Figura 9 presentan las etapas y procedimientos llevados a cabo.



Figura 8. Flujo metodológico fase cualitativa

Fuente: elaboración propia.

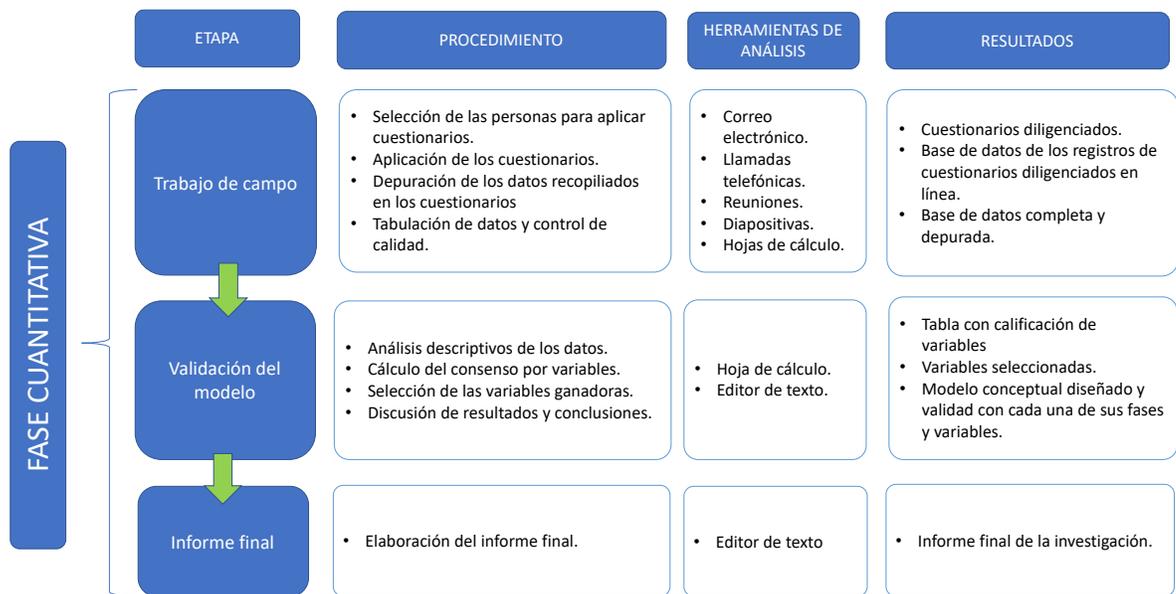


Figura 9. Flujo metodológico fase cuantitativa

Fuente: elaboración propia.

6. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

6.1. BÚSQUEDA DE LITERATURA CIENTÍFICA EN BASES DE DATOS BIBLIOGRÁFICAS

A fin de encontrar estudios que sirvieran de referencia para el trabajo, se realizó una búsqueda de artículos científicos que contuvieran información sobre modelos de gestión de proyectos, enfoques híbridos y sistemas de ejecución de manufactura (MES).

La búsqueda se realizó utilizando el motor de búsqueda de literatura científica llamado Publish or Perish, de Harzing (2016). Este *software* se utilizó para hacer una primera búsqueda general de la bibliografía existente en los últimos 10 años en el buscador de Google Scholar (figura 10). Las palabras clave utilizadas fueron:

project management, IT project management, Scrum, manufacture execution system, MES, agile, pmbok.

The screenshot shows the Publish or Perish software interface. At the top, there is a menu bar (File, Edit, Query, View, Help) and a toolbar. Below that, a 'My queries' sidebar shows a saved query named 'project management, it project...'. The main window displays a table with columns: Query, Source, Papers, Cites, Cites/y..., h, g, hLno..., hLann..., *C..., Query date, Cache date, and Las... The first row shows a query for 'project management, it project...' from 'Google Sc...' with 310 papers, 691 cites, and a citation rate of 62.82. Below the table, there is a 'Google Scholar query' section with search criteria: 'project management, it project management, scrum, manufacture execution system, MES, agile, pmbok'. The search results are displayed in a table with columns: Metrics, Cites, Per year, Rank, Authors, Title, Year, and Publication. The results list various papers related to agile software development, project management, and manufacturing IT project development.

Metrics	Cites	Per year	Rank	Authors	Title	Year	Publication
Publication years: 2008-2018	91	22.75*	7	FS Silva, FSF Soare...	Using CMMI together with agile software development: A systematic review	2015	Information ar
Citation years: 11 (2008-2019)	77	77.00*	14	K Heldman	Project management jumpstart	2018	
Papers: 310	68	6.80	8	DF Rico, HH Saya...	The business value of agile software methods: maximizing ROI with just-in-time processes and docume...	2009	
Citations: 691	64	10.67*	308	R Wazlawick	Engenharia de software: conceitos e práticas	2013	
Cites/year: 62.82	58	5.27	1	..., BCC de Freitas, ...	Blending Scrum practices and CMMI project management process areas	2008	Innovations in
Cites/paper: 2.23	57	6.33	2	JC Goodpasture	Project management the agile way: Making it work in the enterprise	2010	
Cites/authors: 472.98	28	4.00	227	K Hirama	Engenharia de software: qualidade e produtividade com tecnologia	2012	
Papers/author: 253.68	25	8.33	96	JM Fernandes, RJ ...	Requirements in engineering projects	2016	
Authors/paper: 1.51	17	5.67	81	G Petri, CG von W...	MEEGA-: an evolution of a model for the evaluation of educational games	2016	INCoD/GQS
h-index: 11	15	5.00	198	D Jugend	Gestão de projetos: teoria, prática e tendências	2016	
g-index: 24	13	2.17	98	EC Conforto	Modelo e ferramenta para avaliação da agilidade no gerenciamento de projetos	2013	
hLnorm: 10	10	2.00	62	B Gloger	Wie schätzt man in agilen Projekten- oder wieso Scrum-Projekte erfolgreicher sind	2014	
hLannual: 0.91	10	0.91	175	C Araujo	Softwares de apoio ao gerenciamento ágil de projetos colaborativos de novos produtos: análise teórica ...	2008	
*Count: 3	8	8.00	12	S Park, JH Huh	Effect of Cooperation on Manufacturing IT Project Development and Test Bed for Successful Industry 4....	2018	Processes
	8	1.33	23	V Messenger	Gestion de projet agile: avec Scrum, Lean, eXtreme Programming...	2013	

Figura 10. Resultados de búsqueda en Publish or Perish
Fuente: elaboración propia a partir de Harzing (2016).

Esta primera búsqueda arrojó 310 artículos y documentos en diferentes idiomas. Solo se seleccionaron aquellos que estuvieran en inglés y en español. Esta primera base de datos se revisó, y se seleccionaron finalmente solo aquellos cuyo título tuviera pertinencia para la temática del trabajo.

Esta primera búsqueda sirvió para identificar las bases de datos en las cuales se encontraban muchos de los *papers* consultados a través de la búsqueda de Google Scholar hecha por Publish or Perish.

Las bases de datos para realizar una segunda búsqueda fueron IEEEExplore y Science Direct. Estas bases de datos se encuentran dentro del listado de la Universidad EAFIT, lo cual facilitó el acceso a la literatura científica. Para realizar la

búsqueda en estas bases de datos, se implementó una estrategia, que consistió en i) priorizar los términos, *project management*, *agile methodologies* y *manufacturing execution system* como términos de búsqueda, ii) limitar la búsqueda a artículos de revistas, libros, artículos de prensa y artículos de conferencias en las opciones de búsqueda avanzada, y iii) proponer algoritmos para aplicar en las bases de datos consultadas, validando que fueran pertinentes para el objetivo de búsqueda propuesto.

Primero se llevó a cabo una búsqueda, con el algoritmo: (*“agile project management” OR “hybrid project management”*) AND *“project management”*, con el fin de refinar la búsqueda de los artículos enfocados hacia la gestión de proyectos con metodologías ágiles y metodologías híbridas. Se revisaron un total de 203 *papers*, los cuales fueron filtrados de acuerdo con la pertinencia entre el nombre del título y los objetivos del presente trabajo de grado.

Posteriormente se realizó otra búsqueda, con el algoritmo: (*“project management” OR “agile project project”*) AND *“manufacturing execution system”*, con el fin de refinar la búsqueda de los artículos enfocados hacia la gestión de proyectos aplicada a la implementación de sistemas de ejecución de manufactura MES. Se revisaron un total de 70 *papers*, los cuales también fueron filtrados de acuerdo con la pertinencia entre el nombre del título y los objetivos del presente trabajo de grado.

6.2. BÚSQUEDA DE INFORMES, ESTUDIOS Y ENCUESTAS REFERENTE A GESTIÓN DE PROYECTOS E INDUSTRIA 4.0

A través del buscador Google de Internet se realizó una búsqueda de informes, estudios y encuestas, referentes al estado actual del uso y aceptación de los distintos modelos y estándares de gestión de proyectos utilizados en el mundo y de los avances en tecnologías de Industria 4.0. Esta información es relevante para establecer un marco de referencia de los modelos de gestión de proyectos más

utilizados a nivel mundial, para así seleccionar los estándares, técnicas y herramientas que se iban a utilizar en el modelo diseñado en este trabajo de grado. Las frases clave utilizadas en la mayoría de las búsquedas fueron: “Project Management actual state”, “Project Management Report”, “Most used project management standards”, “State of agile project management”, “Use of hybrid project management” y “State of Industry 4.0”.

6.3. BÚSQUEDA DE ESTÁNDARES DE GESTIÓN DE PROYECTOS

Los estándares para la gestión de proyectos fueron utilizados con el fin de darle un marco de referencia conceptual al modelo propuesto en el trabajo y de extraer las mejores prácticas, técnicas y herramientas. Los estándares buscados y seleccionados fueron los siguientes:

- PMBOK Guide, sexta edición. Project Management Institute (PMI®) (PMI, 2017a)
- Agile Practice Guide. Project Management Institute (PMI®) (PMI, 2017c)
- SBOK Guide, tercera edición. SCRUM Study (2016)

6.4. BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN CORPORATIVA E INFORMACIÓN REFERENTE A LA INDUSTRIA DEL CEMENTO

La información corporativa se extrajo de dos fuentes: intranet de Cementos Argos e Internet. La información extraída de la intranet de Cementos Argos fue suministrada con autorización para ser usada con fines académicos, y únicamente para llevar a cabo el presente trabajo de grado. Esta información sirvió como base para el desarrollo y referenciación conceptual del modelo propuesto en el presente trabajo de grado.

La información extraída de Internet se obtuvo a través de Google, utilizando las frases “Cementos Argos” e “Industria del cemento en Colombia” como frases clave para todas las búsquedas. Esta se considera información de acceso público y sin restricción para su uso. La información recopilada se utilizó para dar contexto referente a la industria del cemento.

6.5. CONSOLIDACIÓN DE LA BÚSQUEDA

Una vez efectuadas las búsquedas antes mencionadas, se procedió a elaborar una sola base de datos de revisión bibliográfica consolidada en una hoja de cálculo. La documentación recopilada se sometió a un segundo filtro, a fin de identificar los documentos que fueran más relevantes para la investigación; es decir, aquellos que contienen información sobre metodologías híbridas y ágiles en gestión de proyectos, y su aplicación en Sistemas de Ejecución de Manufactura. Igualmente, se consideraron de alta relevancia los estándares en gestión de proyectos y la documentación de Cementos Argos usada para el marco de referencia y el diseño del modelo. La calificación se categorizó de 1 a 5, siendo 5 la calificación con mayor relevancia. Solo aquellos documentos con calificación 5 fueron seleccionados.

Una vez aplicado este último filtro se obtuvo una base de datos con 101 documentos. En el anexo A se presenta la tabla consolidada de los documentos y artículos usados.

7. DEFINICIÓN DE VARIABLES, TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DEL MODELO

La primera versión del modelo diseñado tomó como base el modelo conceptual existente del proceso de Cementos Argos para la gestión de proyectos. En la Figura 11 se observa este modelo, con cada una de sus fases.

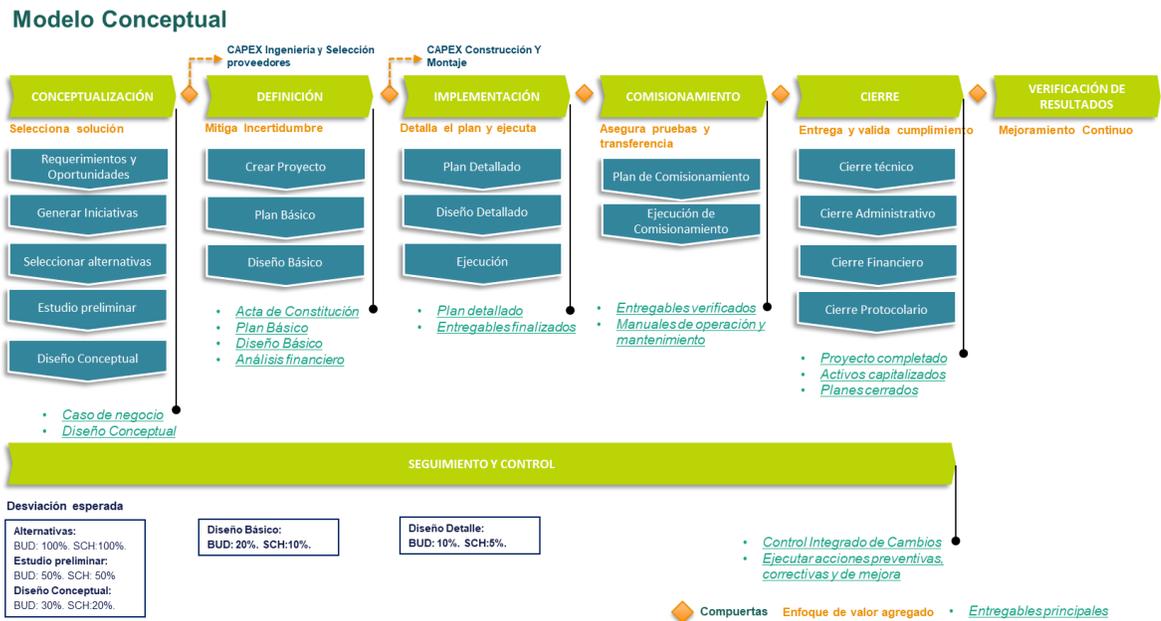


Figura 11. Proceso de proyectos de Cementos Argos

El proceso de proyectos de Argos posee técnicas, herramientas y variables de algunas de las metodologías de gestión de proyectos más reconocidas a nivel internacional, así como también técnicas, herramientas y variables propias del modelo ajustadas a las necesidades de la organización. Debido a su naturaleza secuencial, las técnicas, herramientas y variables más usadas para construir el proceso de proyectos de Argos son las de la metodología del PMI presentadas en la *Guía del PMBOK* (PMI, 2017a). Estas técnicas, herramientas y variables, junto con aquellas que son particulares al modelo de Cementos Argos, fueron extraídas para la construcción de la primera versión del modelo híbrido.

Para determinar las técnicas, herramientas y variables del componente ágil del modelo híbrido propuesto se utilizaron como base las técnicas, herramientas y variables presentadas en el *Scrum Book of Knowledge* (SBOK), presentado por la organización SCRUMStudy (2016).

La primera versión del modelo se presenta en la Figura 12, y las variables que componen cada etapa se presentan a continuación en las Tabla 1 a la Tabla 20.

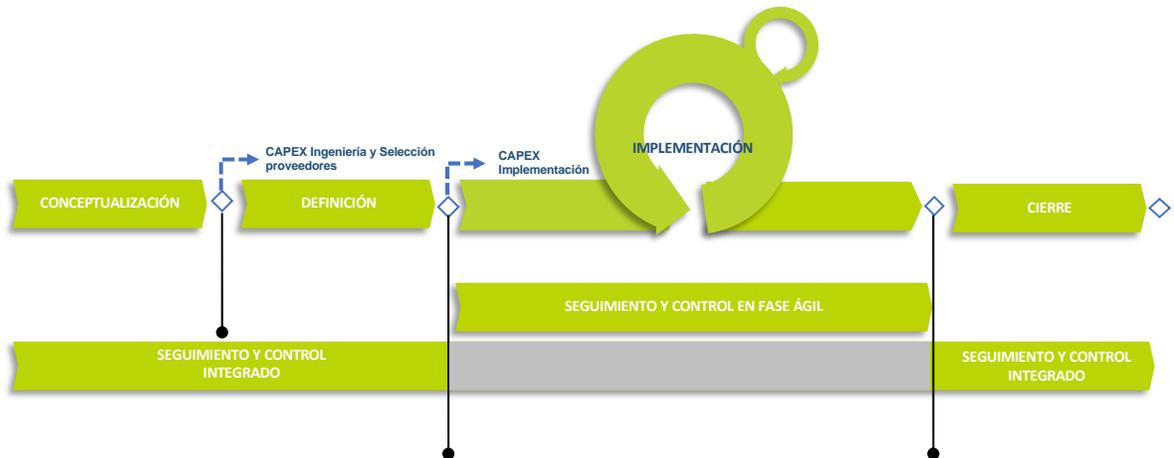


Figura 12. Modelo híbrido propuesto para la gestión de proyectos (versión 1)

Tabla 1

Variables de entrada - Etapa de conceptualización

Entrada	Factores ambientales de la empresa
	Activos de los procesos de la organización
	Documentos de otros proyectos
	Portafolio de proyectos
	Requerimientos y oportunidades
	Lecciones aprendidas de otros proyectos

Tabla 2

Técnicas y herramientas - Etapa de conceptualización

Técnicas y herramientas	Juicio de expertos
	Recopilación de datos
	Análisis de datos
	Representación de datos (<i>dashboards</i>)
	Reuniones
	Habilidades interpersonales y de equipo
	Generación de iniciativas
	Selección de alternativas
	Desarrollo de estudios preliminares
	Análisis FODA
	Análisis de brecha

Tabla 3

Variables de salida - Etapa de conceptualización

Salidas	Caso de negocio
	Diseño conceptual

Tabla 4

Variables de entrada- Etapa de definición

Entrada	Factores ambientales de la empresa
	Activos de los procesos de la organización
	Documentos de otros proyectos
	Caso de negocio
	Diseño conceptual
	Lecciones aprendidas de otros proyectos

Tabla 5

Técnicas y herramientas - Etapa de definición

Técnicas y herramientas	Solicitud de creación del proyecto
	Identificación de interesados
	Registro de supuestos
	Juicio de expertos
	Recopilación de datos
	Análisis de datos
	Reuniones
	Toma de decisiones
	Representación de datos (<i>dashboards</i>)
	Habilidades interpersonales y de equipo
	Análisis de producto
	Estructura de desglose del trabajo (EDT)
	Definición de las actividades
	Estimación de la duración de las actividades
	Experiencia del personal
	Estimación de los recursos por actividad
	Programación de cronogramas
	Estimación de costos
	Habilidades y técnicas de comunicación
	Análisis de los riesgos (cualitativo y cuantitativo)
	Planes de contingencia
	Lista de proveedores de productos y servicios
	Formato para la selección de proveedores
Identificación del equipo de implementación ágil	
SAP (ERP Proyectos)	

Tabla 6

Variables de salida - Etapa de definición

Salida	Acta de constitución del proyecto
	Plan básico del proyecto
	Diseño básico del proyecto
	Análisis financiero

Tabla 7

Variables de entrada - Etapa de implementación

Entrada	Factores ambientales de la empresa
	Activos de los procesos de la organización
	Acta de constitución del proyecto
	Plan básico del proyecto
	Diseño básico
	Análisis financiero

Tabla 8

Técnicas y herramientas - Etapa de implementación

Técnicas y herramientas	Reuniones para la redacción de épicas
	Talleres para la definición de historias de usuario
	Entrevistas al cliente y(o) al usuario
	Cuestionarios
	Creación y estimación de historias de usuario y tareas
	Sistema de información para la dirección de proyectos (PMIS)
	Habilidades interpersonales y de equipo
	Recopilación de datos
	Análisis de datos
	Toma de decisiones
	Representación de los datos (<i>dashboard</i>).
	Auditorías
	Resolución de problemas
	Taller de riesgos

Tabla 9

Técnicas y herramientas - Etapa de implementación (continuación)

Juicio de expertos
Equipos virtuales
Coubicación
Tecnología de la comunicación
Tablero Scrum (tablero de tareas del <i>sprint</i>)
Reuniones de planificación de <i>sprints</i>
Reuniones de retrospectiva de <i>sprints</i>
<i>Burndown chart</i>
Habilidades y técnicas de comunicación
Reuniones diarias
Control de cambios.
Experiencia del personal
SAP (ERP Proyectos)

Tabla 10

Variables de salida - Etapa de implementación

Salida	Productos funcionales
	Producto final
	Acuerdos de soporte y servicio
	Activos creados

Tabla 11

Variables de entrada - Etapa de cierre

Entrada	Factores ambientales de la empresa
	Activos de los procesos de la organización
	Acta de constitución del proyecto
	Diseño básico
	Diseño detallado
	Documentos del proyecto
	Acuerdos de soporte y servicio.
	Producto final aceptado
	Documentación de las adquisiciones

Tabla 12

Técnicas y herramientas - Etapa de cierre

Técnicas y herramientas	Juicio de expertos
	Análisis de datos
	Reuniones
	Sistema de información para la dirección de proyectos (PMIS)
	Toma de decisiones
	Representación de datos (<i>dashboards</i>)
	Habilidades interpersonales y de equipo
	Taller de lecciones aprendidas
	Taller de riesgos
	Actas de cierre
SAP (ERP Proyectos)	

Tabla 13

Variables de salida - Etapa de cierre

Salida	Actualización a los activos de los procesos de la organización
	Informe final
	Cierre financiero
	Cierre técnico
	Cierre administrativo
	Cierre protocolario

Tabla 14

Variables de entrada – Seguimiento y control integrado

Entrada	Factores ambientales de la empresa
	Activos de los procesos de la organización
	Plan básico del proyecto
	Plan detallado del proyecto
	Plan de implementación
	Diseño básico
	Diseño detallado
	Solicitudes de cambio

Tabla 15

Técnicas y herramientas – Seguimiento y control integrado

Técnicas y herramientas	Herramientas de control de cambio
	Reuniones
	Juicio de expertos
	Análisis de datos
	Toma de decisiones
	Taller de riesgos
	Análisis de causalidad
	Inspecciones
	Recopilación de datos
	Auditorías
	Sistema de información para la dirección de proyectos (PMIS)
	Representación de datos (<i>dashboards</i>)
	Indicadores de desempeño
	Análisis de ruta crítica
	Optimización de recursos
	Programación de cronogramas
	Habilidades interpersonales y de equipo
	Habilidades de comunicación
Experiencia del equipo	

Tabla 16

Variables de salida – Seguimiento y Control Integrado

Salida	Solicitudes de cambio aprobadas
	Informes de desempeño
	Actualización de los planes
	Actualización de los diseños
	Actualización a los activos de los procesos de la organización.

Tabla 17

Variables de entrada – Seguimiento y control fase ágil

Entrada	Entregables del <i>sprint</i>
	Equipo Scrum
	<i>Product backlog</i>

Tabla 18

Variables de entrada – Seguimiento y control fase ágil (continuación)

<i>Sprint backlog</i>
Criterios de terminado
Criterios de aceptación de historias de usuario
Riesgos identificados

Tabla 19

Técnicas y herramientas – Seguimiento y control fase ágil

Técnicas y herramientas	Reuniones de revisión del <i>sprint</i>
	Reuniones de retrospectiva del <i>sprint</i>
	Análisis de valor ganado
	Recopilación de datos
	Análisis de datos
	Indicadores de desempeño
	Inspecciones
	Tablero Scrum (tablero de tareas del <i>sprint</i>)
	Habilidades interpersonales y de equipo
	Habilidades de comunicación
Experiencia del personal	

Tabla 20

Variables de salida – Seguimiento y control fase ágil

Salida	Productos funcionales aceptados o rechazados
	Producto final aceptado o rechazado
	Riesgos actualizados
	Resultados de análisis del valor ganado
	Mejoras al producto aprobadas
	Plan de implementación actualizado
	Registro de retrospectiva del <i>sprint</i>

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA PRIMERA ENCUESTA

Las variables del primer modelo fueron validadas en una encuesta diseñada a través de un formulario de Google Forms. El propósito de esta encuesta fue, además de validar las técnicas, herramientas y variables del primer modelo, conocer el grado de conocimiento y experiencia de los encuestados en gestión de proyectos y en metodologías ágiles, a través de unas preguntas de noción general.

La encuesta se envió a un total de 40 expertos dentro de Cementos Argos, distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 21

Cantidad de personas encuestadas

Gerentes/directores de proyectos técnicos	3
Gerentes/directores de proyectos de TI	4
Gerentes/directores de PMO	2
Líderes ingenieros de proyectos técnicos	9
Líderes ingenieros de proyectos de TI	8
Líderes ingenieros de PMO	6
Líderes ingenieros de proyectos de cadena de abastecimiento	5
Líderes ingenieros de proyectos mineros	3
Total	40

La encuesta se envió por correo electrónico. Una semana después de enviada la encuesta se hizo un recordatorio por esta misma vía. Más adelante se hizo contacto por vía telefónica, o personal con algunos de los encuestados, con el fin de buscar el mayor número de respuestas posibles. Finalmente, luego de tres semanas habían respondido 30 personas (75%).

8.1. ENCUESTA: PREGUNTAS DE NOCIÓN GENERAL Y SUS RESPECTIVAS RESPUESTAS

A continuación, en las tablas 20 a la 36 y en las figuras 13 a la 27 se presentan las preguntas de la encuesta y las respectivas respuestas.

1. *¿Ha gestionado o ha sido parte de algún proyecto dentro de la organización?*

Tabla 22

Respuestas pregunta 1 encuesta 1

Respuestas	Frecuencia
Nunca he estado involucrado en ningún tipo de proyecto dentro de la organización.	0
No he sido parte del equipo de un proyecto, pero he apoyado en ocasiones.	0
He sido parte del equipo de un proyecto y he participado de manera parcial.	4
He sido parte activa del equipo de un proyecto trabajando tiempo completo en una especialidad.	7
He gestionado proyectos como líder del proyecto de manera integral.	19
Total general	30

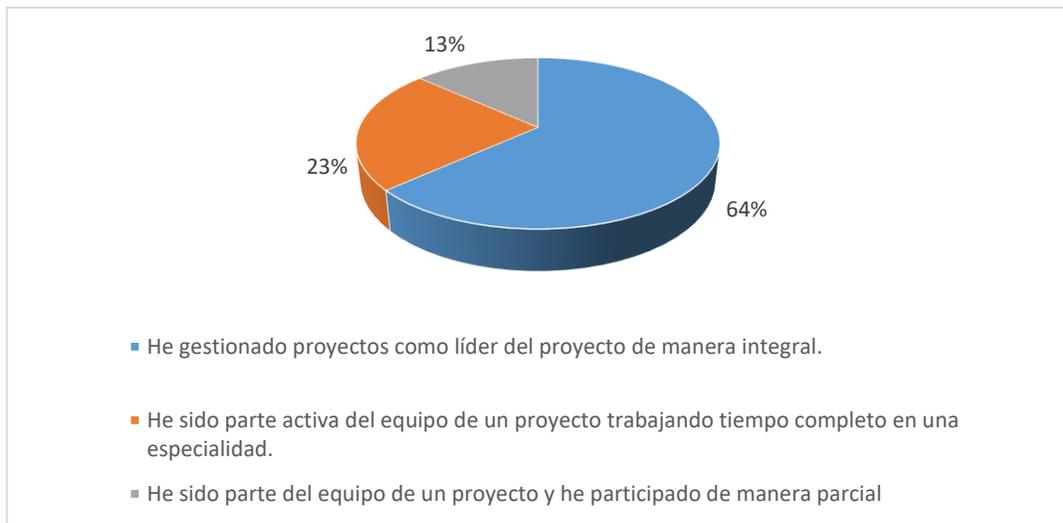


Figura 13. Gráfico de torta respuestas pregunta 1 encuesta 1. ¿Ha gestionado o ha sido parte de algún proyecto dentro de la organización?

El 100% de los encuestados dice haber participado en algún proyecto dentro de la organización, de los cuales un 64% (aproximadamente 19 personas) han gestionado proyectos de manera integral. Esto contrasta con el número de gerentes/directores de proyectos encuestados (9 personas), lo cual muestra que en Cementos Argos, a pesar de no tener un cargo de gerente/director, muchos de los líderes ingenieros asumen este rol dentro de los proyectos.

2. De los siguientes tipos de proyectos, mencione en cuáles ha estado involucrado.

Tabla 23

Respuestas pregunta 2 encuesta 1

Respuestas	Frecuencia	Frecuencia porcentual
Expansión	21	70,0%
Mejoramiento	18	60,0%
Ambiental	15	50,0%
Logística	11	36,7%

Tabla 24

Respuestas pregunta 2 encuesta 1 (continuación)

TI	10	33,3%
Mantenimiento	10	33,3%
Minería	8	26,7%
Administrativo	7	23,3%
Seguridad	7	23,3%
Financieros	1	3,3%
I&D	1	3,3%
Ninguno de los anteriores	1	3,3%
Transformación digital	1	3,3%

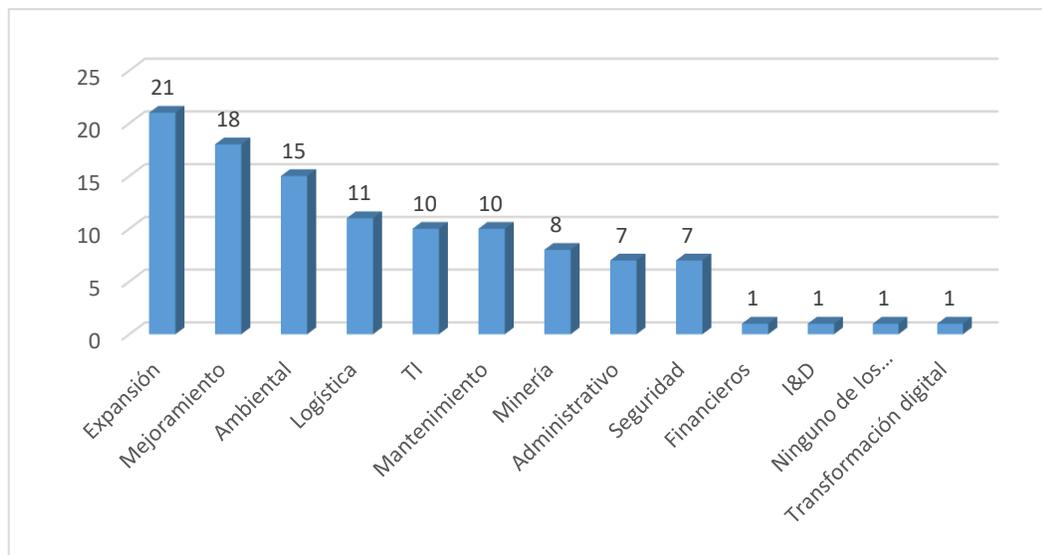


Figura 14. Gráfico de barras respuestas pregunta 2 encuesta 1. De los siguientes tipos de proyectos mencione en cuáles ha estado involucrado

En esta pregunta se les dio a los encuestados la opción de seleccionar más de una respuesta. Más de la mitad de los encuestados aseguró haber trabajado en proyectos de expansión, mejoramiento y ambiental. Estos proyectos tienen una tendencia a ser gestionados a través de metodologías tradicionales en cascada, mientras que proyectos como TI, logística, I&D y transformación digital, situados en frecuencias bajas dentro de las respuestas, son proyectos con tendencia a ser

gestionados bajo metodologías o marcos de trabajo ágiles. Esto empieza a marcar una clara tendencia hacia el poco uso y conocimiento de este tipo de metodologías dentro de la organización.

3. *¿Cuál de los siguientes marcos de referencia para la gestión de proyectos ha utilizado para gestionar sus proyectos dentro de la organización?*

Tabla 25

Respuestas pregunta 3 encuesta 1

Respuestas	Frecuencia	Frecuencia porcentual
PMI	24	80,0%
Mezcla de varios	16	53,3%
Kanban	4	13,3%
Scrum	3	10,0%
APM - Association for Project Management	1	3,3%
Intuitivos, basados en la experiencia y sin metodología específica	1	3,3%
IPMA	1	3,3%
PRINCE2	1	3,3%
Proceso de Gestión de Proyectos de Argos	1	3,3%

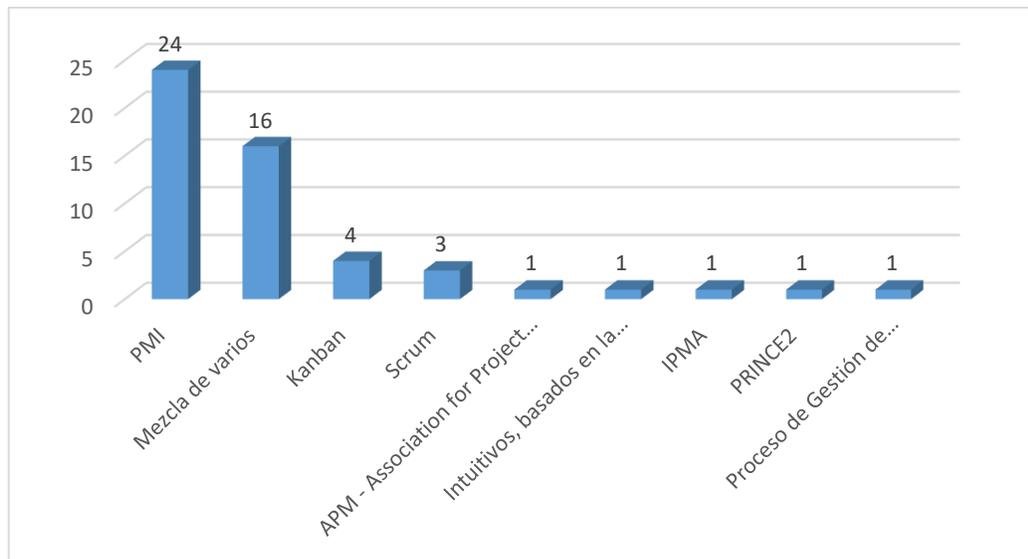


Figura 15. Gráfico de barras respuestas pregunta 3 encuesta 1. ¿Cuál de los siguientes marcos de referencia para la gestión de proyectos ha utilizado para gestionar sus proyectos dentro de la organización?

Se observa que el marco de referencia más utilizado por excelencia es el PMI. La tendencia que tiene la organización a gestionar proyectos de manera tradicional por los tipos de proyectos que se ejecutan y el contexto bajo el cual se diseñó el modelo de gestión de proyectos de Cementos Argos, el cual se basa en gran medida en el marco de referencia del PMI, puede ser un factor que influya en la preferencia de los encuestados por utilizar el marco de referencia del PMI.

Lo anterior contrasta con el uso del proceso de gestión de proyectos de Cementos Argos, el cual está dentro de los menos usados. La razón por la cual esto ocurre no se midió dentro del alcance de la encuesta, pero, conociendo el contexto de la organización, un factor importante para que esto ocurra se debe al rechazo que hay sobre este modelo de proyectos, el cual es considerado como bastante pesado, rígido y lento.

No hay que ignorar tampoco que alrededor de la mitad de los encuestados aseguraron haber utilizado una mezcla de varias metodologías para la gestión de

proyectos. Se puede decir que, de cierta manera, el uso de metodologías híbridas se ha venido utilizando de manera informal dentro de la organización.

4. Indique el número de proyectos que ha gestionado o en los que ha participado bajo metodologías ágiles.

Tabla 26

Respuestas pregunta 4 encuesta 1

Respuestas	Frecuencia	Frecuencia porcentual	Frecuencia porcentual acumulada
0	13	43%	43%
1	3	27%	70%
2	8	10%	80%
3	1	7%	87%
4	1	3%	90%
5	2	3%	93%
7	1	3%	97%
8	1	3%	100%
Total general	30	100%	

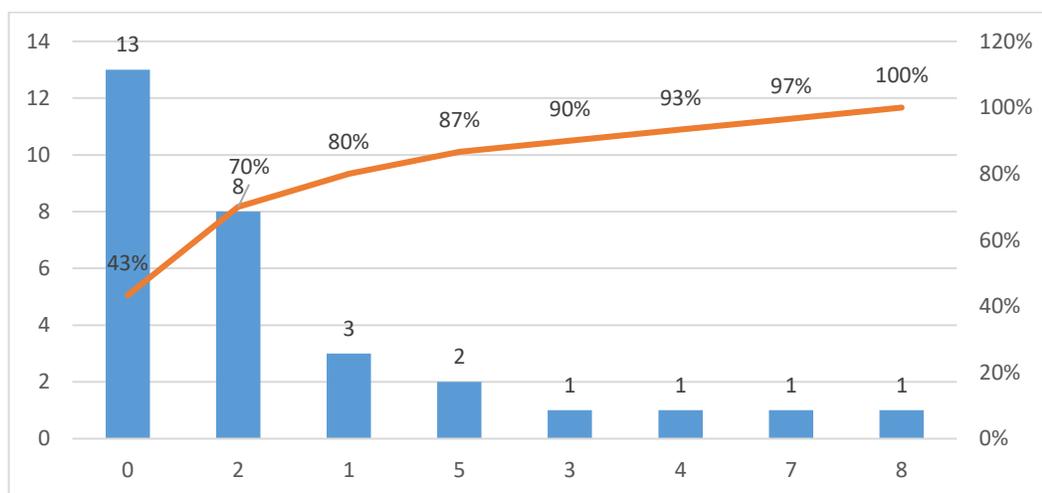


Figura 16. Gráfico de Pareto respuestas pregunta 4 encuesta 1. Indique el número de proyectos que ha gestionado o participado bajo metodologías ágiles.

Se observa que un 80% de los encuestados nunca ha gestionado proyectos con metodologías ágiles o, como máximo, han estado involucrados hasta en dos proyectos que usan este tipo de metodologías. Con esto se muestra la poca experiencia que existe en el uso de metodologías ágiles dentro de los encuestados, lo cual también marca una tendencia similar dentro de la organización en general.

5. Indique el número de proyectos que ha gestionado o en los que ha participado bajo metodologías tradicionales secuenciales.

Tabla 27

Respuestas pregunta 5 encuesta 1

Respuestas	Frecuencia	Frecuencia porcentual
0	3	10%
2	4	13%
3	2	7%
4	1	3%
5	4	13%
6	1	3%
8	1	3%
9	1	3%
10	7	23%
12	1	3%
15	1	3%
20	2	7%
32	1	3%
40	1	3%
Total general	30	100%

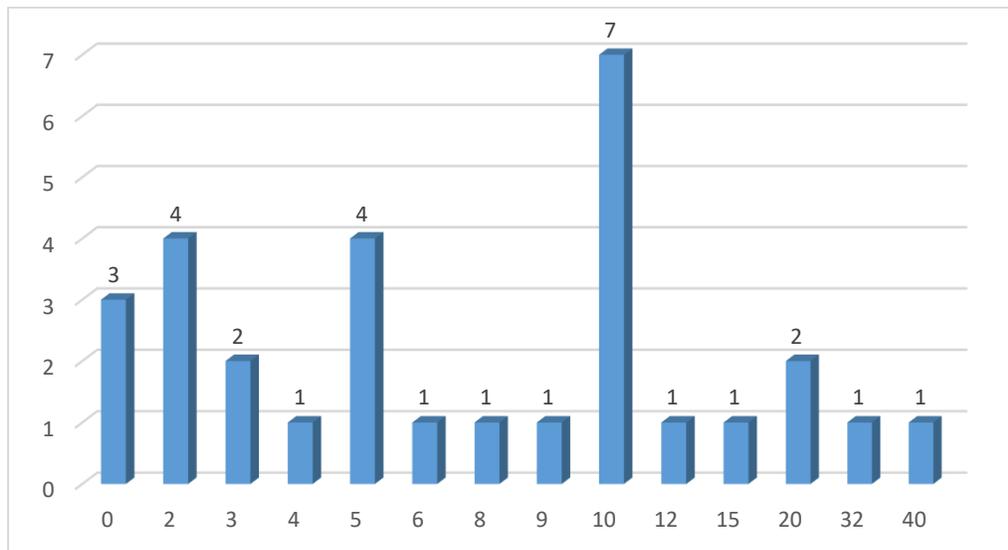


Figura 17. Gráfico de barras respuestas pregunta 5 encuesta 1. Indique el número de proyectos que ha gestionado o participado bajo metodologías tradicionales secuenciales.

Los datos muestran que no son muchos los proyectos que las personas encuestadas han gestionado usando metodologías tradicionales secuenciales; pero, en contraste con la pregunta anterior, el número sigue siendo mucho mayor. Esto sigue confirmando la tendencia de la organización al uso de metodologías tradicionales secuenciales.

6. *¿Considera que los proyectos en Argos se realizan de manera ágil?*

Tabla 28

Respuestas pregunta 6 encuesta 1

Respuestas	Frecuencia
Nunca	5
Casi nunca	15
A veces sí / A veces no	10
Casi siempre	0
Siempre	0
Total general	30

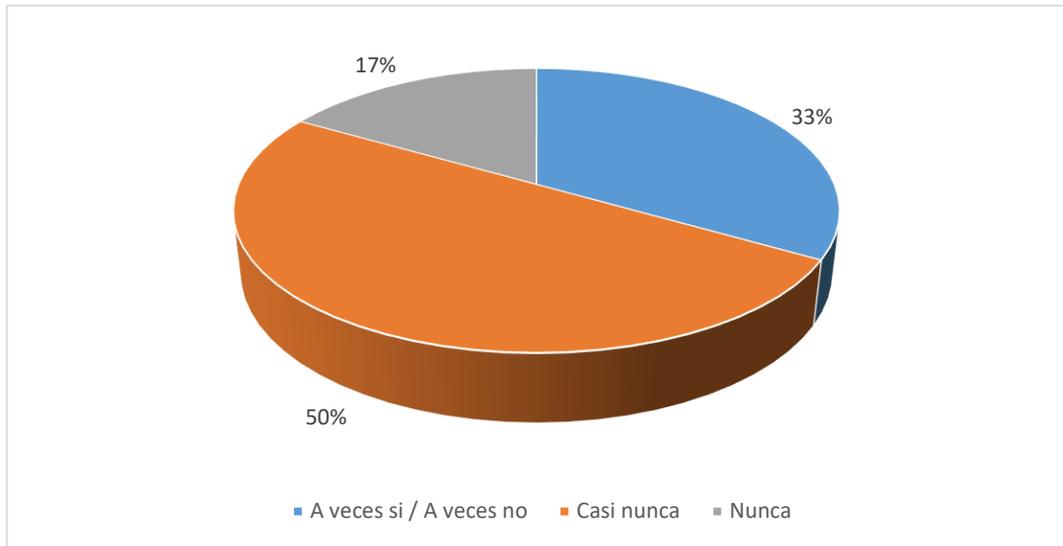


Figura 18. Gráfico de torta respuestas pregunta 6 encuesta 1. ¿Considera que los proyectos en Argos se realizan de manera ágil?

Las respuestas a esta pregunta muestran una percepción clara de la poca agilidad que tiene Cementos Argos a la hora de gestionar los proyectos. Estos datos presentan una gran oportunidad para proponer modelos ágiles para la gestión de proyectos dentro de la organización.

7. De los siguientes tipos de proyectos. mencione en cuáles se podrían implementar metodologías ágiles.

Tabla 29

Respuestas pregunta 7 encuesta 1

Respuestas	Frecuencia	Frecuencia porcentual
TI	23	76,7%
Mejoramiento	22	73,3%
Administrativo	20	66,7%
Logística	18	60,0%

Tabla 30

Respuestas pregunta 7 encuesta 1 (continuación)

Mantenimiento	14	46,7%
Ambiental	13	43,3%
Seguridad	12	40,0%
Minería	9	30,0%
Expansión	7	23,3%
Mezcla de tradicional con ágil	1	3,3%
Ninguno de los anteriores	1	3,3%
Proyectos de investigación y desarrollo	1	3,3%
Todos se pueden implementar con metodologías ágiles	1	3,3%
Transformación digital	1	3,3%

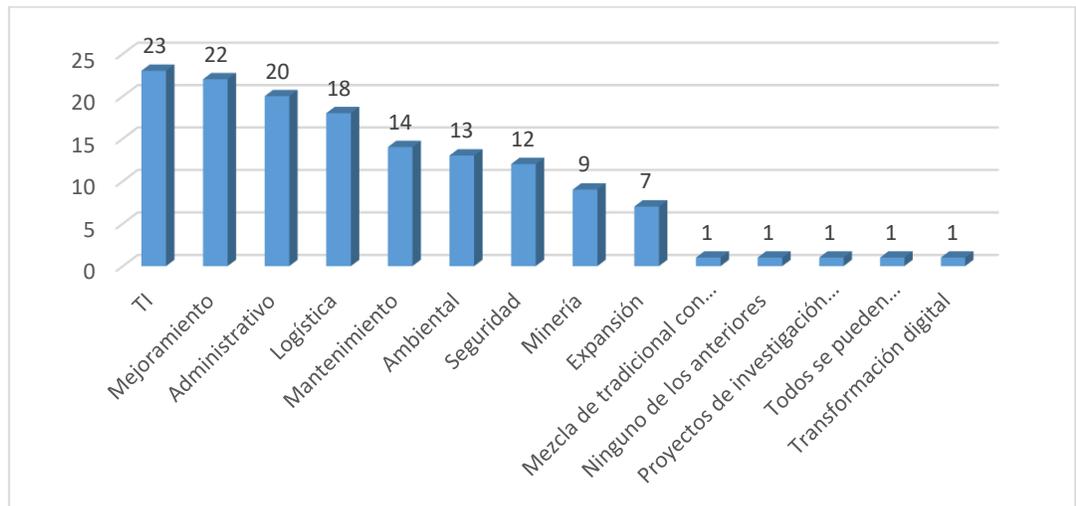


Figura 19. Gráfico de barras respuestas pregunta 7 encuesta 1. De los siguientes tipos de proyectos mencione en cuáles se podrían implementar metodologías ágiles.

Esta pregunta también es de opción múltiple, y muestra que más de un 50% de los encuestados coincide en que las metodologías ágiles se pueden usar en proyectos de TI, mejoramiento, administrativo y logística.

8. *¿Considera que los proyectos en Argos se deberían gestionar bajo metodologías ágiles?*

Tabla 31

Respuestas pregunta 8 encuesta 1

Respuestas	Frecuencia
Sí, para todos los proyectos	1
Sí, para la mayoría de los proyectos	6
Depende del proyecto	23
No, para la mayoría de los proyectos	0
No, para todos los proyectos	0
Total general	30

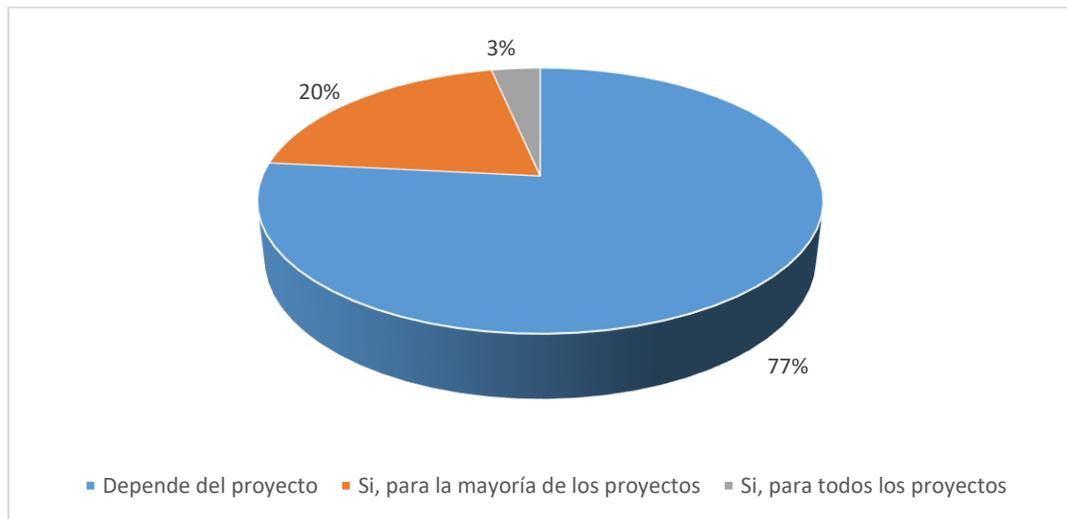


Figura 20. Gráfico de torta respuestas pregunta 8 encuesta 1. ¿Considera que los proyectos en Argos se deberían gestionar bajo metodologías ágiles?

En esta pregunta no se obtuvieron respuestas negativas, pero en su gran mayoría coinciden en que la gestión bajo metodologías ágiles depende del proyecto. De acuerdo con dichas respuestas, esto presenta un panorama positivo para la adopción de metodologías dentro de la organización.

9. *¿Conocía usted el proceso de proyecto presentado en las imágenes anteriores?*

Tabla 32

Respuestas pregunta 9 encuesta 1

Respuestas	Frecuencia
Sí	30
No	0

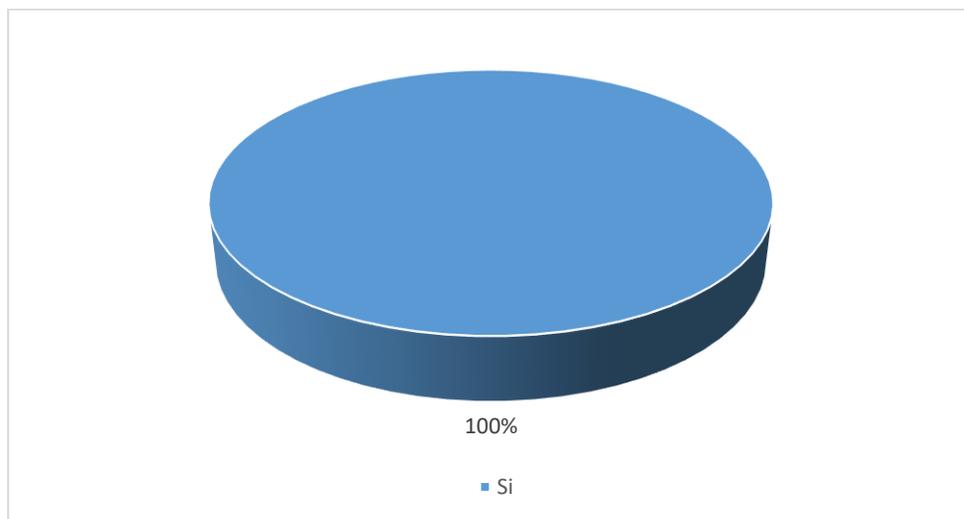


Figura 21. Gráfico de torta respuestas pregunta 9 encuesta 1. ¿Conocía usted el proceso de proyecto presentado en las imágenes anteriores?

En esta pregunta se presentó el proceso de proyectos de Cementos Argos que se observa más arriba en la Figura 12. El 100% de los encuestados aseguró conocer el proceso de proyectos, lo cual contrasta con la pregunta 3, donde solo un encuestado aseguró usar este proceso para la gestión de proyectos.

10. *¿Ha utilizado usted las herramientas y funcionalidades del proceso de proyectos de Argos para la gestión de sus proyectos dentro de la organización?*

Tabla 33

Respuestas pregunta 10 encuesta 1

Nunca las he utilizado	2
Las he utilizado en algunas ocasiones	6
A veces las uso	8
Las utilizo la mayoría de las veces	8
Siempre las utilizo	6
Total general	30

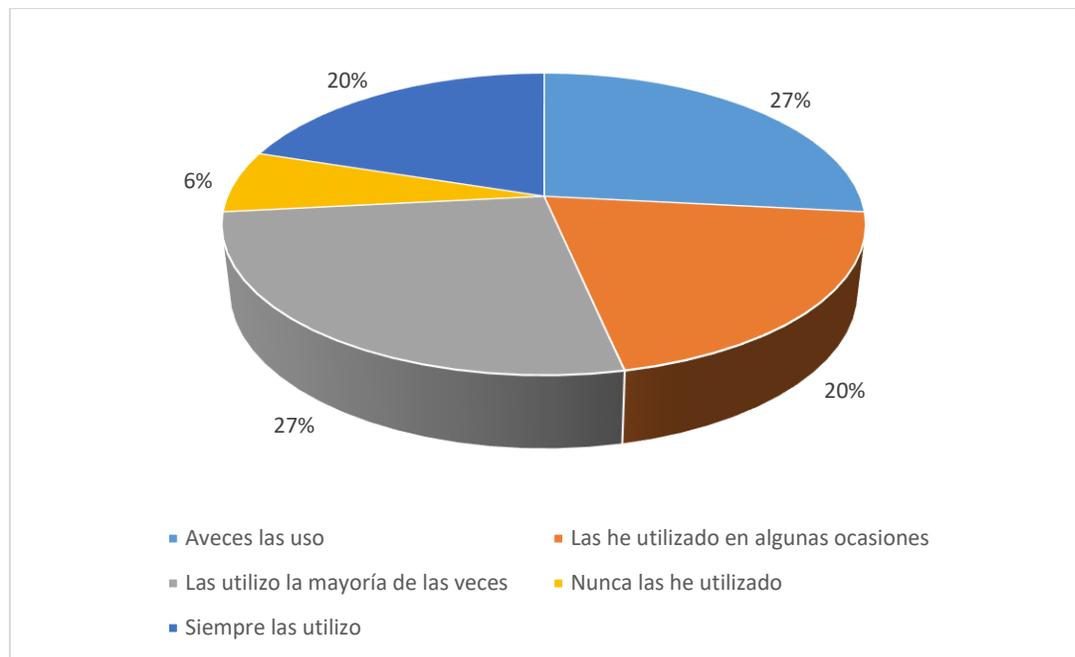


Figura 22. Gráfico de torta respuestas pregunta 10 encuesta 1. ¿Ha utilizado usted las herramientas y funcionalidades del proceso de proyectos de Argos para la gestión de sus proyectos dentro de la organización?

Aunque el proceso de proyectos de Cementos Argos no es muy utilizado, más del 70% de los encuestados aseguró utilizar las herramientas y funcionalidades que este ofrece. Los resultados obtenidos en esta respuesta permiten dar un poco más de confianza a la hora de incluir las herramientas y variables del modelo de gestión de proyectos en Cementos Argos, ya que se evidencia su uso entre los expertos en proyectos dentro de la organización.

11. ¿Para qué tipo de proyectos se podría utilizar el proceso de proyectos de Cementos Argos?

Tabla 34

Respuestas pregunta 11 encuesta 1

Respuesta	Frecuencia	Frecuencia porcentual
Expansión	28	93%
Mejoramiento	23	77%
Minería	21	70%
Mantenimiento	16	53%
Ambiental	16	53%
Seguridad	14	47%
Logística	13	43%
Administrativo	7	23%
TI	5	17%
Ninguno de los anteriores	0	0%

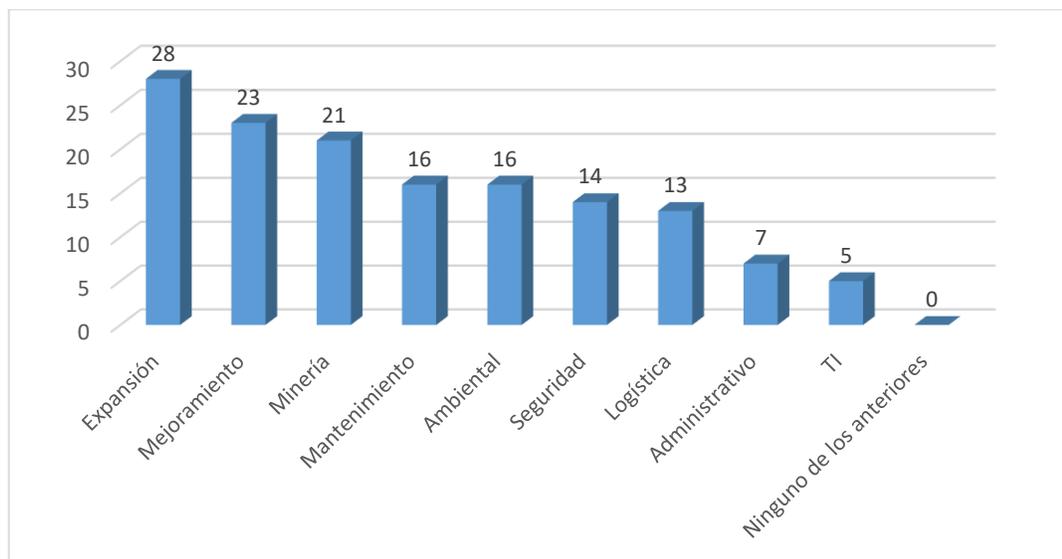


Figura 23. Gráfico de barras respuestas pregunta 11 encuesta 1. ¿Para qué tipo de proyectos se podría utilizar el proceso de proyectos de Cementos Argos?

Las respuestas obtenidas a esta pregunta evidencian que el proceso de proyectos de Cementos Argos definitivamente no aplica para gestionar un proyecto de TI como lo es un sistema de ejecución de manufactura MES. Los expertos encuestados reconocen casi por unanimidad (98%) que este proceso de proyectos se ajusta mejor a tipos de proyecto de expansión (construcción de infraestructura industrial nueva o proyectos *greenfield*), y un 77% coinciden en que aplica a proyectos de mejoramiento (para proyectos de equipos y maquinaria industrial existente, o proyectos *brownfield*), en donde la incertidumbre es mucho menor.

12. Califique del 0 al 5 la etapa del proceso de proyectos de Cementos Argos que usted considera fundamental para el éxito de los proyectos.

Tabla 35

Respuestas pregunta 12 encuesta 1

Etapas	Clasificación	Moda	Frecuencia de la moda	Porcentaje de consenso
Conceptualización	FUNDAMENTAL	5	19	63%
Definición	FUNDAMENTAL	5	20	67%
Implementación	EN DISCUSIÓN	4	12	40%
Comisionamiento	EN DISCUSIÓN	4	12	40%
Cierre	EN DISCUSIÓN	3	12	40%

Para esta pregunta se usó un método de consenso para elegir cuál de las etapas del proceso de proyectos de Cementos Argos es la de mayor importancia para los encuestados. El porcentaje de consenso promedio fue de 50%, umbral que solo fue superado por las etapas de conceptualización y definición.

13. ¿Cuáles de las etapas del proceso de proyectos de Cementos Argos podrían ser implementadas bajo metodologías ágiles?

Tabla 36

Respuestas pregunta 13 encuesta 1

Etapa	Frecuencia	Frecuencia porcentual
Conceptualización	18	60%
Implementación	18	60%
Definición	15	50%
Comisionamiento	13	43%
Cierre	12	40%

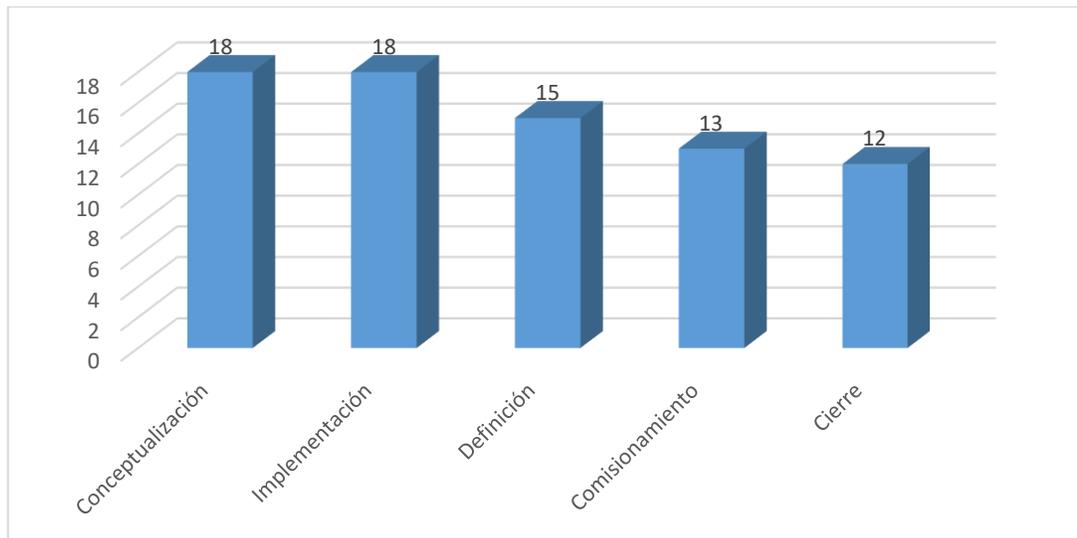


Figura 24. Gráfico de barras respuestas pregunta 13 encuesta 1. ¿Cuáles de las etapas del proceso de proyectos de Argos podrían ser implementadas bajo metodologías ágiles?

Siguiendo la línea de la pregunta 12, se observa que la etapa de conceptualización es una de las más fundamentales y, además, es la que debería ser implementada bajo metodologías ágiles. En contraste, la etapa de implementación no es considerada como fundamental en la pregunta 12, pero el 60% de los encuestado coincide en que debe tener prácticas bajo metodologías ágiles.

14. ¿Considera que este modelo es adecuado para gestionar proyectos en la organización?

Tabla 37

Respuestas pregunta 14 encuesta 1

Preguntas	Frecuencia
Sí	16
No	1
Tal vez	13
Total general	30

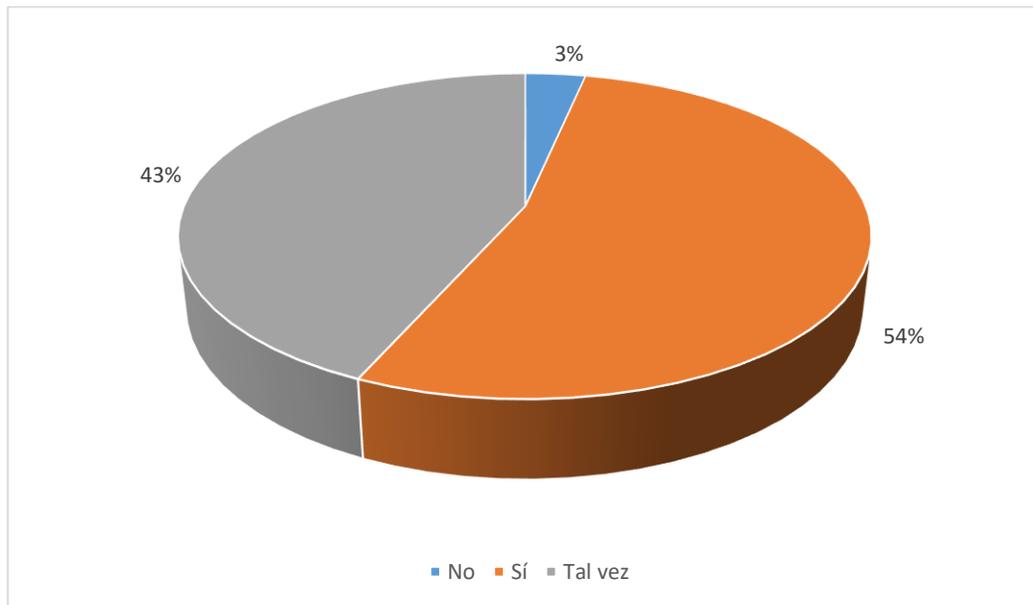


Figura 25. Gráfico de torta respuestas pregunta 14 encuesta 1. ¿Considera que este modelo es adecuado para gestionar proyectos en la organización?

En esta pregunta se presentó la primera versión del modelo híbrido propuesto mostrado en la Figura 12. Las respuestas obtenidas fueron satisfactorias, ya que el 54% de los expertos encuestados estuvieron de acuerdo en implementar este modelo dentro de la organización, aunque también hubo un gran porcentaje de indecisos (43%).

15. ¿Qué otra etapa del modelo debería gestionarse bajo metodologías ágiles?

Tabla 38

Respuestas pregunta 15 encuesta 1

Etapa	Frecuencia	Frecuencia porcentual
Conceptualización	16	53%
Definición	15	50%
Cierre	12	40%

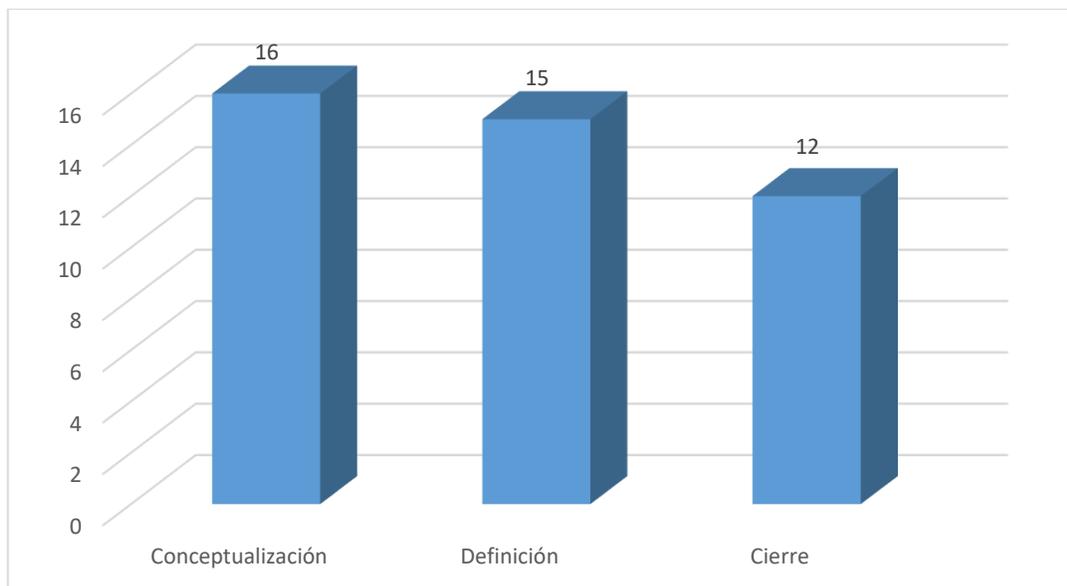


Figura 26. Gráfico de barras respuestas pregunta 15 encuesta 1. ¿Qué otra etapa del modelo debería gestionarse bajo metodologías ágiles?

En esta pregunta se hace referencia a las etapas del modelo híbrido propuesto, que están basadas en herramientas de metodologías ágiles: conceptualización, definición y cierre. Por lo menos el 50% o más de los encuestados coincide en que las prácticas ágiles deben implementarse en las etapas tempranas de un proyecto. Esto es, conceptualización y definición.

16. ¿Qué tipo de proyectos cree usted que se podrían gestionar bajo el modelo propuesto?

Tabla 39

Respuestas pregunta 16 encuesta 1

Preguntas	Frecuencia	Frecuencia porcentual
Mejoramiento	24	80%
Logística	18	60%
Mantenimiento	17	57%
TI	17	57%
Ambiental	16	53%
Expansión	15	50%
Seguridad	13	43%
Minería	11	37%
Administrativo	11	37%
Todos excepto TI	1	3%
Ninguno de los anteriores	0	0%

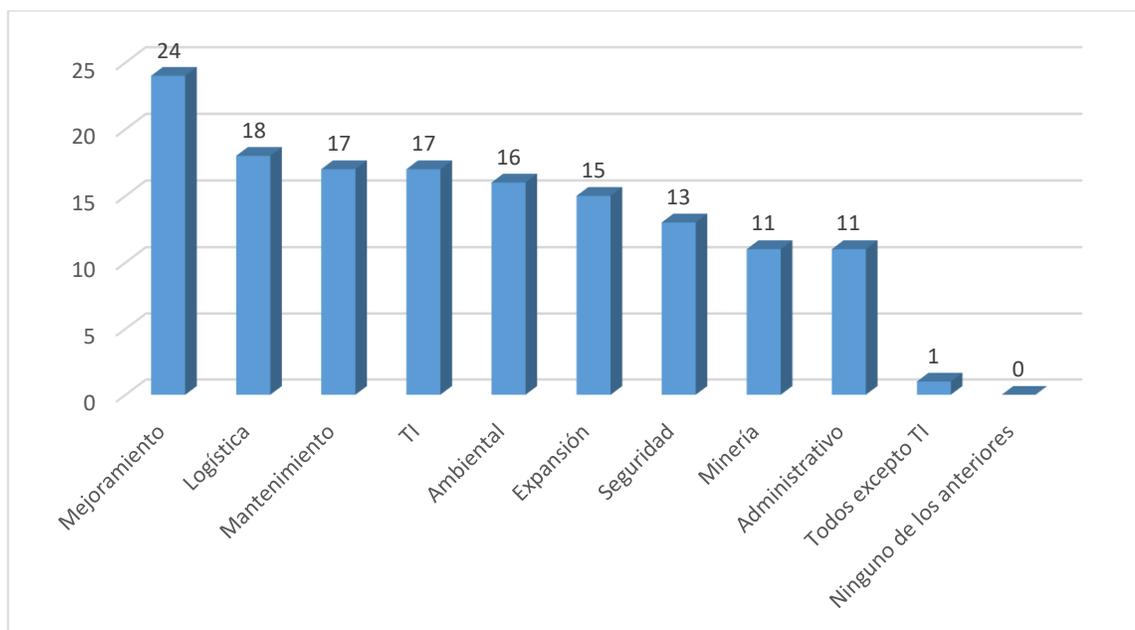


Figura 27. Gráfico de barras respuestas pregunta 16 encuesta 1. ¿Qué tipo de proyectos cree usted que se podrían gestionar bajo el modelo propuesto?

En la pregunta 11, el 77% de los encuestados coincidió en que los proyectos de mejoramiento se debían ejecutar bajo el modelo secuencial existente en Argos, pero, una vez fue presentado el modelo híbrido propuesto, el 80% respondieron que dicho modelo también podía ser usado para gestionar este tipo de proyectos.

El proyecto de implementación de un MES queda catalogado dentro de los proyectos de TI, en el cual un 57% de los expertos consideraron que usar el modelo híbrido propuesto podría ser adecuado.

17. ¿Qué significa para usted que un proyecto sea ágil?

Finalmente, se dejó esta pregunta abierta para cerrar esta sección de preguntas de noción general. De las respuestas obtenidas se pudieron obtener las siguientes ideas:

Tabla 40

Respuestas pregunta 17 encuesta 1

Desarrollar entregables en corto plazo.	12
Beneficios y entrega de valor lo antes posible.	6
Incertidumbre, cambio en el alcance y los requisitos.	5
Agilidad en la ejecución.	5
Rapidez en la toma de decisiones.	5
Flexibilidad en el alcance.	2
Actividades administrativas ágiles.	1
Desarrollar etapas en paralelo.	1
Que exista poca documentación.	1

Varios expertos coinciden en la entrega iterativa de beneficios y de valor en corto tiempo, en el grado de incertidumbre que posee un proyecto ejecutado bajo metodologías ágiles y en la necesidad de ser ágiles en la ejecución y rápidos en la toma de decisiones.

8.2. CALIFICACIÓN DE TÉCNICAS, HERRAMIENTAS Y VARIABLES

Los 30 expertos que respondieron la encuesta calificaron de 0 a 5 cada variable, técnica y herramienta, siendo 0 “sin relevancia” y 5 “muy relevante”.

Las preguntas que se formularon para cada etapa fueron las siguientes:

- Califique la relevancia de las siguientes variables de entrada en la etapa de [nombre de la etapa]:
- Califique la relevancia de las siguientes técnicas y herramientas en la etapa de [nombre de la etapa]:
- Califique la relevancia de las siguientes variables de salida en la etapa de [nombre de la etapa]:

Además, para cada calificación de las variables de entrada, salida, técnicas y herramientas se dejó una pregunta abierta, en la cual los encuestados podían proponer otras variables, técnicas y herramientas que, según su experiencia, deberían estar en el modelo.

Las preguntas abiertas que se realizaron para cada etapa fueron las siguientes:

- Indique si hay otras variables de entrada que considera relevantes añadir al modelo en la etapa de [nombre de la etapa]:
- Indique si hay otras técnicas y herramientas que considera relevantes usar en el modelo en la etapa de [nombre de la etapa]:
- Indique si hay otras variables de salida que considera relevantes añadir al modelo en la etapa de [nombre de la etapa]:

Para cada variable se tabularon las respuestas y se calcularon los siguientes valores:

- Moda

- Frecuencia modal
- Porcentaje de consenso

Con estos valores se definieron las variables seleccionadas teniendo en cuenta los criterios de consenso definidos, los cuales son el promedio de los porcentajes de consenso de las variables de cada etapa.

Conceptualización:

- Variable ganadora: moda 4 o 5 y consenso mayor o igual a 52%.
- Variable no ganadora: moda 0, 1 o 2 y consenso mayor o igual a 52%.
- Variables en discusión: las demás variables.

Tabla 41

Calificación variables de entrada – Conceptualización (Modelo 1)

	Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
	Factores ambientales de la empresa	3	10	35%	EN DISCUSIÓN
	Activos de los procesos de la organización	3	13	45%	EN DISCUSIÓN
Entrada	Documentos de otros proyectos	3	14	49%	EN DISCUSIÓN
	Portafolio de proyectos	4	13	45%	EN DISCUSIÓN
	Requerimientos y oportunidades	5	22	76%	PRIORITARIA
	Lecciones aprendidas de otros proyectos	5	16	56%	PRIORITARIA

Tabla 42

Calificación técnicas y herramientas – Conceptualización (Modelo 1)

	Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Técnicas y herramientas	Juicio de expertos	4	17	59%	PRIORITARIA
	Recopilación de datos	4	16	56%	PRIORITARIA
	Análisis de datos	5	15	52%	PRIORITARIA
	Representación de datos (dashboards)	4	14	49%	EN DISCUSIÓN
	Reuniones	3	13	45%	EN DISCUSIÓN
	Habilidades interpersonales y de equipo	5	12	42%	EN DISCUSIÓN
	Generación de iniciativas	4	14	49%	EN DISCUSIÓN
	Selección de alternativas	5	18	63%	PRIORITARIA
	Desarrollo de estudios preliminares	5	12	42%	EN DISCUSIÓN
	Análisis FODA	4	17	59%	PRIORITARIA
	Análisis de brecha	4	15	52%	PRIORITARIA

Tabla 43

Calificación variables de salida – Conceptualización (Modelo 1)

	Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Salidas	Caso de negocio	5	21	73%	PRIORITARIA
	Diseño conceptual	5	17	59%	PRIORITARIA

Las variables seleccionadas son las que se presentan a continuación.

Tabla 44

Variables seleccionadas – Conceptualización (Modelo 1)

	Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Entrada	Requerimientos y oportunidades.	5	22	76%	PRIORITARIA
	Lecciones aprendidas de otros proyectos.	5	16	56%	PRIORITARIA
Técnicas y herramientas	Juicio de expertos.	4	17	59%	PRIORITARIA
	Recopilación de datos.	4	16	56%	PRIORITARIA
	Análisis de datos.	5	15	52%	PRIORITARIA
	Selección de alternativas.	5	18	63%	PRIORITARIA
	Análisis FODA.	4	17	59%	PRIORITARIA
	Análisis de brecha.	4	15	52%	PRIORITARIA
Salidas	Caso de negocio.	5	21	73%	PRIORITARIA
	Diseño conceptual	5	17	59%	PRIORITARIA

Definición:

- Variable ganadora: moda 4 o 5 y consenso mayor o igual a 50%.
- Variable no ganadora: moda 0, 1 o 2 y consenso mayor o igual a 50%.
- Variables en discusión: las demás variables.

Tabla 45

Calificación variables de entrada – Definición (Modelo 1)

	Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Entrada	Factores ambientales de la empresa.	5	10	35%	EN DISCUSIÓN
	Activos de los procesos de la organización.	4	16	56%	PRIORITARIA
	Documentos de otros proyectos.	3	10	35%	EN DISCUSIÓN
	Caso de negocio.	5	17	59%	PRIORITARIA
	Diseño conceptual.	5	19	66%	PRIORITARIA
	Lecciones aprendidas de otros proyectos.	5	12	42%	EN DISCUSIÓN

Tabla 46

Calificación técnicas y herramientas – Definición (Modelo 1)

	Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Técnicas y herramientas	Solicitud de creación del proyecto.	3	13	45%	EN DISCUSIÓN
	Identificación de interesados.	5	13	45%	EN DISCUSIÓN
	Registro de supuestos.	3	11	38%	EN DISCUSIÓN
	Juicio de expertos.	4	12	42%	EN DISCUSIÓN
	Recopilación de datos.	4	17	59%	PRIORITARIA
	Análisis de datos.	4	13	45%	EN DISCUSIÓN
	Reuniones.	3	14	49%	EN DISCUSIÓN
	Toma de decisiones.	5	21	73%	PRIORITARIA
	Representación de datos (<i>dashboards</i>).	4	16	56%	PRIORITARIA
	Habilidades interpersonales y de equipo.	4	13	45%	EN DISCUSIÓN
	Análisis de producto.	5	11	38%	EN DISCUSIÓN

Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Estructura de desglose de trabajo (EDT)	5	15	52%	PRIORITARIA
Definición de las actividades.	5	14	49%	EN DISCUSIÓN
Estimación de la duración de las actividades.	4	13	45%	EN DISCUSIÓN
Experiencia del personal	5	13	45%	EN DISCUSIÓN
Estimación de los recursos por actividad.	4	19	66%	PRIORITARIA
Programación de cronogramas.	4	16	56%	PRIORITARIA
Estimación de costos.	4	14	49%	EN DISCUSIÓN
Habilidades y técnicas de comunicación.	5	15	52%	PRIORITARIA
Analizar los riesgos (cualitativo y cuantitativo).	4	14	49%	EN DISCUSIÓN
Planes de contingencia.	4	10	35%	EN DISCUSIÓN
Lista de proveedores de productos y servicios.	4	13	45%	EN DISCUSIÓN
Formato para la selección de proveedores.	4	13	45%	EN DISCUSIÓN
Identificación del equipo de implementación ágil.	4	14	49%	EN DISCUSIÓN
SAP (ERP Proyectos)	4	12	42%	EN DISCUSIÓN

Tabla 47

Calificación variables de entrada – Definición (Modelo 1)

	Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Salida	Acta de constitución del proyecto.	5	13	45%	EN DISCUSIÓN
	Plan básico del proyecto.	5	18	63%	PRIORITARIA
	Diseño básico del proyecto.	5	18	63%	PRIORITARIA
	Análisis financiero.	5	19	66%	PRIORITARIA

Las variables seleccionadas son las que se presentan a continuación.

Tabla 48

Variables seleccionadas – Definición (Modelo 1)

	Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Entrada	Activos de los procesos de la organización.	4	16	56%	PRIORITARIA
	Caso de negocio.	5	17	59%	PRIORITARIA
	Diseño conceptual.	5	19	66%	PRIORITARIA
Técnicas y herramientas	Recopilación de datos.	4	17	59%	PRIORITARIA
	Toma de decisiones.	5	21	73%	PRIORITARIA
	Representación de datos (<i>dashboards</i>).	4	16	56%	PRIORITARIA
	Estructura de desglose de trabajo (EDT)	5	15	52%	PRIORITARIA
	Estimación de los recursos por actividad.	4	19	66%	PRIORITARIA
	Programación de cronogramas.	4	16	56%	PRIORITARIA
	Habilidades y técnicas de comunicación.	5	15	52%	PRIORITARIA
Salida	Plan básico del proyecto.	5	18	63%	PRIORITARIA
	Diseño básico del proyecto.	5	18	63%	PRIORITARIA
	Análisis financiero.	5	19	66%	PRIORITARIA

Implementación:

- Variable ganadora: moda 4 o 5 y consenso mayor o igual a 48%.
- Variable no ganadora: moda 0, 1 o 2 y consenso mayor o igual a 48%.
- Variables en discusión: las demás variables.

Tabla 49

Calificación variables de entrada – Implementación (Modelo 1)

	Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Entrada	Factores ambientales de la empresa.	3	12	42%	EN DISCUSIÓN
	Activos de los procesos de la organización.	4	13	45%	EN DISCUSIÓN
	Acta de constitución del proyecto.	5	12	42%	EN DISCUSIÓN
	Plan básico del proyecto.	5	18	63%	PRIORITARIA
	Diseño básico	5	18	63%	PRIORITARIA
	Análisis financiero.	4	12	42%	EN DISCUSIÓN

Tabla 50

Calificación técnicas y herramientas – Implementación (Modelo 1)

	Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Técnicas y herramientas	Reuniones para la redacción de épicas.	4	10	35%	EN DISCUSIÓN
	Talleres para la definición de historias de usuario.	4	10	35%	EN DISCUSIÓN
	Entrevistas al cliente y(o) al usuario.	5	15	52%	PRIORITARIA
	Cuestionarios.	3	11	38%	EN DISCUSIÓN
	Creación y estimación de historias de usuario y tareas.	4	10	35%	EN DISCUSIÓN
	Sistema de información para la dirección de proyectos (PMIS).	4	15	52%	PRIORITARIA
	Habilidades interpersonales y de equipo.	5	14	49%	PRIORITARIA
	Recopilación de datos.	4	13	45%	EN DISCUSIÓN
	Análisis de datos.	4	13	45%	EN DISCUSIÓN
	Toma de decisiones.	5	23	80%	PRIORITARIA
	Representación de datos (<i>dashboard</i>).	4	15	52%	PRIORITARIA
	Auditorías.	3	12	42%	EN DISCUSIÓN
	Resolución de problemas.	5	19	66%	PRIORITARIA

Tabla 51

Calificación técnicas y herramientas – Implementación (Modelo 1) (continuación)

	Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Técnicas y herramientas	Taller de riesgos.	4	13	45%	EN DISCUSIÓN
	Juicio de expertos.	4	14	49%	PRIORITARIA
	Equipos virtuales.	4	14	49%	PRIORITARIA
	Coubicación.	4	10	35%	EN DISCUSIÓN
	Tecnología de la comunicación.	4	11	38%	EN DISCUSIÓN
	Tablero Scrum (tablero de tareas del <i>sprint</i>).	5	14	49%	PRIORITARIA
	Reuniones de planificación de <i>sprints</i> .	5	14	49%	PRIORITARIA
	Reuniones de retrospectiva de <i>sprints</i> .	3	10	35%	EN DISCUSIÓN
	<i>Burndown chart</i>	4	15	52%	PRIORITARIA
	Habilidades y técnicas de comunicación.	5	14	49%	PRIORITARIA
	Reuniones diarias.	3	10	35%	EN DISCUSIÓN
	Control de cambios.	5	13	45%	EN DISCUSIÓN
	Experiencia del personal.	5	17	59%	PRIORITARIA
	SAP (ERP Proyectos).	4	9	32%	EN DISCUSIÓN

Tabla 52

Calificación variables de salida – Implementación (Modelo 1)

	Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Salida	Productos funcionales	5	20	69%	PRIORITARIA
	Producto final	5	26	90%	PRIORITARIA
	Acuerdos de soporte y servicio.	5	14	49%	PRIORITARIA
	Activos creados	4	16	56%	PRIORITARIA

Las variables seleccionadas son las que se presentan a continuación.

Tabla 53

Variables seleccionadas – Implementación (Modelo 1)

	Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Entrada	Plan básico del proyecto.	5	18	63%	PRIORITARIA
	Diseño básico.	5	18	63%	PRIORITARIA
Técnicas y herramientas	Entrevistas al cliente y(o) usuario.	5	15	52%	PRIORITARIA
	Sistema de información para la dirección de proyectos (PMIS).	4	15	52%	PRIORITARIA
	Habilidades interpersonales y de equipo.	5	14	49%	PRIORITARIA
	Toma de decisiones.	5	23	80%	PRIORITARIA
	Representación de datos (<i>dashboard</i>).	4	15	52%	PRIORITARIA
	Resolución de problemas.	5	19	66%	PRIORITARIA
	Juicio de expertos	4	14	49%	PRIORITARIA
	Equipos virtuales.	4	14	49%	PRIORITARIA
	Tablero Scrum (tablero de tareas del <i>sprint</i>)	5	14	49%	PRIORITARIA
	Reuniones de planificación de <i>sprints</i> .	5	14	49%	PRIORITARIA
	<i>Burndown chart</i>	4	15	52%	PRIORITARIA
	Habilidades y técnicas de comunicación.	5	14	49%	PRIORITARIA
	Experiencia del personal.	5	17	59%	PRIORITARIA
	Salida	Productos funcionales.	5	20	69%
Producto final.		5	26	90%	PRIORITARIA
Acuerdos de soporte y servicio.		5	14	49%	PRIORITARIA
Activos creados.		4	16	56%	PRIORITARIA

Cierre:

- Variable ganadora: moda 4 o 5 y consenso mayor o igual a 51%.
- Variable no ganadora: moda 0, 1 o 2 y consenso mayor o igual a 51%.
- Variables en discusión: las demás variables.

Tabla 54

Calificación variables de entrada – Cierre (Modelo 1)

	Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Entrada	Factores ambientales de la empresa.	4	13	45%	EN DISCUSIÓN
	Activos de los procesos de la organización.	4	13	45%	EN DISCUSIÓN
	Acta de constitución del proyecto.	4	12	42%	EN DISCUSIÓN
	Diseño básico.	4	9	32%	EN DISCUSIÓN
	Diseño detallado.	5	17	59%	PRIORITARIA
	Documentos del proyecto.	5	15	52%	PRIORITARIA
	Acuerdos de soporte y servicio.	4	14	49%	EN DISCUSIÓN
	Producto final aceptado	5	26	90%	PRIORITARIA
	Documentación de las adquisiciones.	5	13	45%	EN DISCUSIÓN

Tabla 55

Calificación técnicas y herramientas – Cierre (Modelo 1)

	Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Técnicas y herramientas	Juicio de expertos.	3	8	28%	EN DISCUSIÓN
	Análisis de datos.	4	12	42%	EN DISCUSIÓN
	Reuniones.	3	15	52%	EN DISCUSIÓN
	Sistema de información para la dirección de proyectos (PMIS).	4	11	38%	EN DISCUSIÓN
	Toma de decisiones.	4	9	32%	EN DISCUSIÓN
	Representación de datos (<i>dashboards</i>).	5	10	35%	EN DISCUSIÓN
	Habilidades interpersonales y de equipo.	4	9	32%	EN DISCUSIÓN
	Taller de lecciones aprendidas	5	21	73%	PRIORITARIA
	Taller de riesgos.	5	10	35%	EN DISCUSIÓN
	Actas de cierre.	5	20	69%	PRIORITARIA
	SAP (ERP Proyectos)	5	12	42%	EN DISCUSIÓN

Tabla 56

Variables de salida – Cierre (Modelo 1)

	Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Salida	Actualización a los activos de los procesos de la organización.	5	16	56%	PRIORITARIA
	Informe final.	5	20	69%	PRIORITARIA
	Cierre financiero.	5	24	83%	PRIORITARIA
	Cierre técnico.	5	22	76%	PRIORITARIA
	Cierre administrativo	5	18	63%	PRIORITARIA
	Cierre protocolario	4	12	42%	EN DISCUSIÓN

Las variables seleccionadas son las que se presentan a continuación.

Tabla 57

Variables seleccionadas – Cierre (Modelo 1)

	Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Entrada	Diseño detallado.	5	17	59%	PRIORITARIA
	Documentos del proyecto.	5	15	52%	PRIORITARIA
	Producto final aceptado.	5	26	90%	PRIORITARIA
Técnicas y herramientas	Taller de lecciones aprendidas.	5	21	73%	PRIORITARIA
	Actas de cierre.	5	20	69%	PRIORITARIA
Salida	Actualización a los activos de los procesos de la organización.	5	16	56%	PRIORITARIA
	Informe final.	5	20	69%	PRIORITARIA
	Cierre financiero.	5	24	83%	PRIORITARIA
	Cierre técnico.	5	22	76%	PRIORITARIA
	Cierre administrativo.	5	18	63%	PRIORITARIA

Seguimiento y control integrado

- Variable ganadora: moda 4 o 5 y consenso mayor o igual a 45%.
- Variable no ganadora: moda 0, 1 o 2 y consenso mayor o igual a 45%.
- Variables en discusión: las demás variables.

Tabla 58

Calificación variables de entrada – Seguimiento y control integrado (Modelo 1)

	Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Entrada	Factores ambientales de la empresa	3	11	38%	EN DISCUSIÓN
	Activos de los procesos de la organización	4	9	32%	EN DISCUSIÓN
	Plan básico del proyecto	4	8	28%	EN DISCUSIÓN
	Plan detallado del proyecto	5	15	52%	PRIORITARIA
	Plan de implementación	5	16	56%	PRIORITARIA
	Diseño básico	4	12	42%	EN DISCUSIÓN
	Diseño detallado	5	14	49%	PRIORITARIA
	Solicitudes de cambio	5	15	52%	PRIORITARIA

Tabla 59

Calificación técnicas y herramientas – Seguimiento y control integrado (Modelo 1)

	Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Técnicas y herramientas	Herramientas de control de cambio	5	13	45%	PRIORITARIA
	Reuniones	3	13	45%	EN DISCUSIÓN
	Juicio de expertos	4	12	42%	EN DISCUSIÓN
	Análisis de datos	4	17	59%	PRIORITARIA
	Toma de decisiones	5	16	56%	PRIORITARIA
	Taller de riesgos	4	13	45%	PRIORITARIA
	Análisis de causalidad	4	11	38%	EN DISCUSIÓN
	Inspecciones	5	13	45%	PRIORITARIA
	Recopilación de datos	4	10	35%	EN DISCUSIÓN
	Auditorías	5	10	35%	EN DISCUSIÓN
	Sistema de información para la dirección de proyectos (PMIS).	4	11	38%	EN DISCUSIÓN
	Representación de datos (Dashboards).	4	16	56%	PRIORITARIA
	Indicadores de desempeño (EV, SPI, CPI)	5	16	56%	PRIORITARIA

Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Análisis de ruta crítica	5	13	45%	PRIORITARIA
Optimización de recursos	4	12	42%	EN DISCUSIÓN
Programación de cronogramas	4	13	45%	PRIORITARIA
Habilidades interpersonales y de equipo	4	11	38%	EN DISCUSIÓN
Habilidades de comunicación	5	10	35%	EN DISCUSIÓN
Experiencia del equipo	5	10	35%	EN DISCUSIÓN

Tabla 60

Calificación variables de salida – Seguimiento y control integrado (Modelo 1)

Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Solicitudes de cambio aprobadas	5	17	59%	PRIORITARIA
Informes de desempeño	4	14	49%	PRIORITARIA
Actualización de los planes	5	15	52%	PRIORITARIA
Actualización de los diseños	5	17	59%	PRIORITARIA
Actualización a los activos de los procesos de la organización.	4	12	42%	EN DISCUSIÓN

Las variables seleccionadas son las que se presentan a continuación.

Tabla 61

Variables seleccionadas – Seguimiento y control integrado (Modelo 1)

Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Plan detallado del proyecto	5	15	52%	PRIORITARIA
Plan de implementación	5	16	56%	PRIORITARIA
Diseño detallado	5	14	49%	PRIORITARIA
Solicitudes de cambio	5	15	52%	PRIORITARIA
Herramientas de control de cambio	5	13	45%	PRIORITARIA

	Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
	Análisis de datos	4	17	59%	PRIORITARIA
	Toma de decisiones	5	16	56%	PRIORITARIA
	Taller de riesgos	4	13	45%	PRIORITARIA
	Inspecciones	5	13	45%	PRIORITARIA
	Representación de datos (Dashboards).	4	16	56%	PRIORITARIA
	Indicadores de desempeño (EV, SPI, CPI)	5	16	56%	PRIORITARIA
	Análisis de ruta crítica	5	13	45%	PRIORITARIA
	Programación de cronogramas	4	13	45%	PRIORITARIA
Salida	Solicitudes de cambio aprobadas	5	17	59%	PRIORITARIA
	Informes de desempeño	4	14	49%	PRIORITARIA
	Actualización de los planes	5	15	52%	PRIORITARIA
	Actualización de los diseños	5	17	59%	PRIORITARIA

Seguimiento y control fase ágil

- Variable ganadora: moda 4 o 5 y consenso mayor o igual a 50%.
- Variable no ganadora: moda 0, 1 o 2 y consenso mayor o igual a 50%.
- Variables en discusión: las demás variables.

Tabla 62 Calificación variables de entrada – Seguimiento y control fase ágil (Modelo 1)

	Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Entrada	Entregables del <i>sprint</i>	5	17	59%	PRIORITARIA
	Equipo Scrum	4	13	45%	EN DISCUSIÓN
	<i>Product backlog</i>	5	14	49%	EN DISCUSIÓN
	<i>Spring backlog</i>	4	12	42%	EN DISCUSIÓN
	Criterios de terminado	5	14	49%	EN DISCUSIÓN
	Criterios de aceptación de historias de usuario	5	13	45%	EN DISCUSIÓN
	Riesgos identificados	5	16	56%	PRIORITARIA

Tabla 63

Calificación técnicas y herramientas – Seguimiento y control fase ágil (Modelo 1)

	Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Técnicas y herramientas	Reuniones de revisión del <i>sprint</i>	4	14	49%	EN DISCUSIÓN
	Reuniones de retrospectiva del <i>sprint</i>	4	13	45%	EN DISCUSIÓN
	Análisis de valor ganado	4	13	45%	EN DISCUSIÓN
	Recopilación de datos	4	17	59%	PRIORITARIA
	Análisis de datos	4	14	49%	EN DISCUSIÓN
	Indicadores de desempeño	5	15	52%	PRIORITARIA
	Inspecciones	4	10	35%	EN DISCUSIÓN
	Tablero Scrum (tablero de tareas del <i>sprint</i>)	4	13	45%	EN DISCUSIÓN
	Habilidades interpersonales y de equipo	4	11	38%	EN DISCUSIÓN
	Habilidades de comunicación	4	13	45%	EN DISCUSIÓN
	Experiencia del personal	4	15	52%	PRIORITARIA

Tabla 64

Calificación variables de salida – Seguimiento y control fase ágil (Modelo 1)

	Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Salida	Productos funcionales aceptados o rechazados	5	23	80%	PRIORITARIA
	Producto final aceptado o rechazado	5	25	87%	PRIORITARIA
	Riesgos actualizados	4	12	42%	EN DISCUSIÓN
	Resultados de análisis del valor ganado	4	13	45%	EN DISCUSIÓN
	Mejoras al producto aprobadas	5	15	52%	PRIORITARIA
	Plan de implementación actualizado	5	15	52%	PRIORITARIA
	Registro de retrospectiva del <i>sprint</i>	4	15	52%	PRIORITARIA

Las variables seleccionadas son las que se presentan a continuación.

Tabla 65

Variables seleccionadas – Seguimiento y control fase ágil (Modelo 1)

	Variable	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Entrada	Entregables del sprint	5	17	59%	PRIORITARIA
	Riesgos identificados	5	16	56%	PRIORITARIA
Técnicas y herramientas	Recopilación de datos	4	17	59%	PRIORITARIA
	Indicadores de desempeño	5	15	52%	PRIORITARIA
	Experiencia del personal	4	15	52%	PRIORITARIA
Salida	Productos funcionales aceptados o rechazados	5	23	80%	PRIORITARIA
	Producto final aceptado o rechazado	5	25	87%	PRIORITARIA
	Mejoras al producto aprobadas	5	15	52%	PRIORITARIA
	Plan de implementación actualizado	5	15	52%	PRIORITARIA
	Registro de retrospectiva del <i>sprint</i>	4	15	52%	PRIORITARIA

9. SEGUNDA VERSIÓN DEL MODELO HÍBRIDO

Con base en los resultados de la primera encuesta se diseñó una segunda versión del modelo, en el cual se integraron las variables, técnicas y herramientas seleccionadas en la primera encuesta, al igual que otras nuevas variables, técnicas y herramientas, que fueron incorporadas al modelo según las recomendaciones de los expertos, en las preguntas abiertas de la primera encuesta.

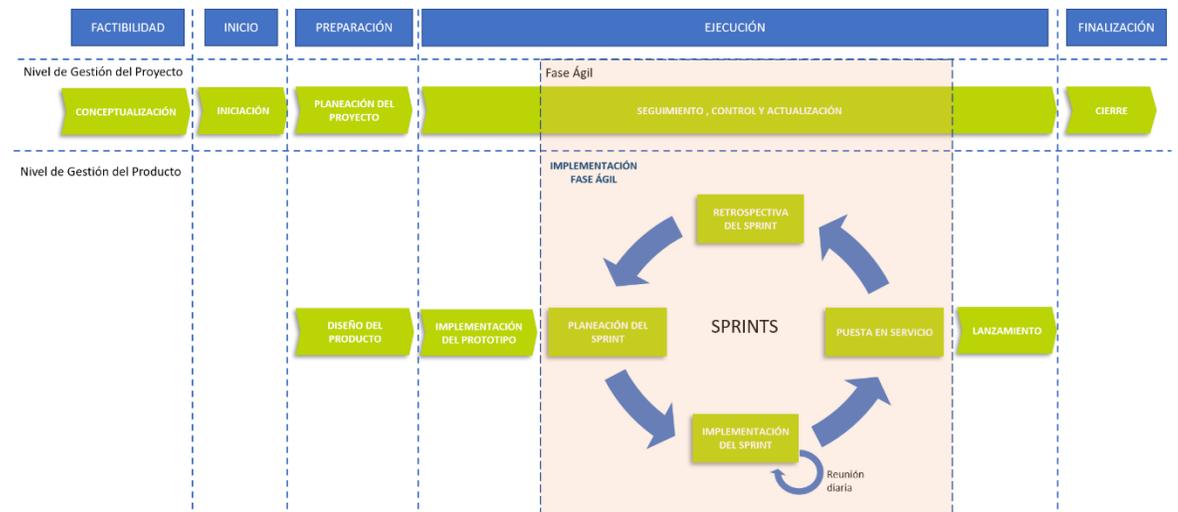


Figura 28. Segunda versión del modelo híbrido para la gestión de proyectos

Esta segunda versión se divide en dos niveles: nivel de gestión del proyecto y nivel de gestión del producto. El modelo incorpora además varias etapas en cada nivel, las cuales están dentro de grandes fases llamadas factibilidad, inicio, preparación, ejecución y finalización.

10. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA SEGUNDA ENCUESTA

Al igual que en la primera encuesta, en esta ocasión también se formularon preguntas de noción general, pero enfocadas hacia el conocimiento y la gestión de proyectos de implementación de sistemas de ejecución de manufactura (MES) en la organización. La segunda encuesta se les envió a los mismos 40 expertos y se hizo a través de correo electrónico utilizando la herramienta de encuestas *online* Eval & Go. Luego de dos semanas se obtuvieron 32 encuestas diligenciadas (80%).

10.1. PREGUNTAS DE NOCIÓN GENERAL

Antes de formular las preguntas se hace una introducción explicativa teórica sobre lo que es un sistema de ejecución de manufactura; de esa manera se pone en contexto al encuestado, y este se prepara para responder las preguntas de noción general. Una vez leída la introducción, empieza el cuestionario.

1. ¿Conocía usted lo que es un sistema de ejecución de manufactura (MES)?

Tabla 66

Respuestas pregunta 1 encuesta 2

¿Conocía usted lo que es un sistema de ejecución de manufactura (MES)?	
Lo conozco por otro nombre: PIMS	1
No	14
Sí	17

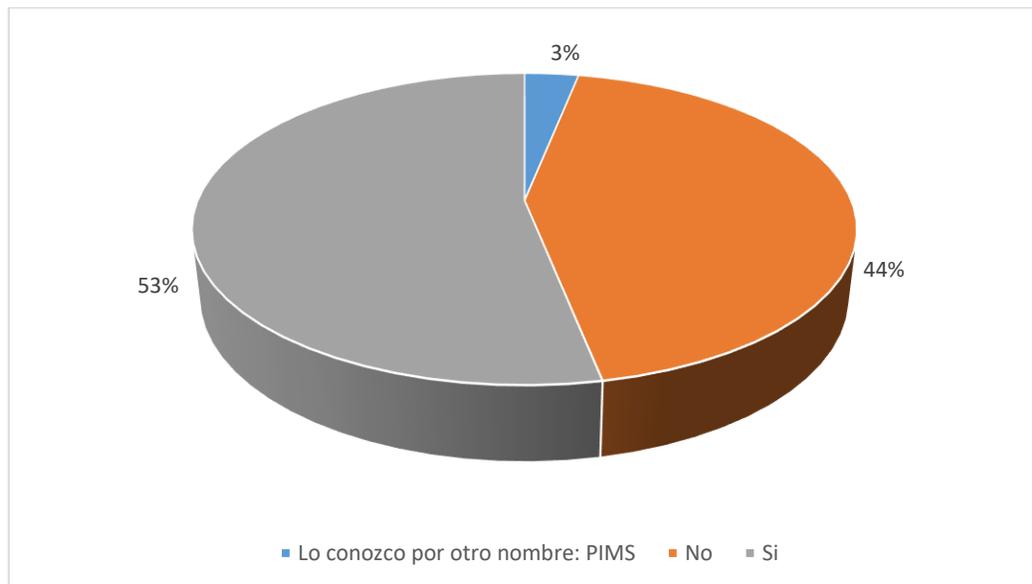


Figura 29. Gráfico de torta respuestas pregunta 1 encuesta 2. ¿Conocía usted lo que es un Sistema de Ejecución de Manufactura (MES)?

Del total de los encuestados, solo un 56% conocía lo que es un MES. Esto se debe a que dentro de la organización no es muy conocida la existencia de estos sistemas, ya que no se han implementado a un nivel corporativo. Los pocos MES que se han desarrollado han sido a menor escala en algunas operaciones.

2. Para efectos prácticos un sistema MES se puede considerar como un sistema de información. Bajo ese principio, califique la relevancia de los siguientes aspectos que debe tener un MES.

Tabla 67

Respuestas pregunta 2 encuesta 2

Respuesta	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
La calidad de los datos	5	27	85%	PRIORITARIA
Las redes de comunicación	5	16	50%	EN DISCUSIÓN
Los reportes de indicadores	5	15	47%	EN DISCUSIÓN
Las tendencias de las variables	4	13	41%	EN DISCUSIÓN
Las bases de datos	5	21	66%	PRIORITARIA
Un <i>hardware</i> confiable	5	16	50%	EN DISCUSIÓN
Un <i>software</i> versátil y amigable	4	14	44%	EN DISCUSIÓN
La seguridad de la información	5	19	60%	PRIORITARIA
Conectividad móvil	4	10	32%	EN DISCUSIÓN

Criterios de clasificación:

	Cantidad	Moda	Porcentaje consenso (\geq)
PRIORITARIA	3	4 o 5	52%
NO PRIORITARIA	0	0, 1 o 2	
EN DISCUSIÓN	6	3	Resto

Los aspectos más relevantes para tener en cuenta al momento de implementar un MES, según los encuestados, son la calidad de los datos, las bases de datos y la seguridad de la información. De estas, la que más resalta con un alto consenso es la calidad de los datos. Esto se debe a la importancia que estos tienen en un MES, ya que son la materia prima de estos sistemas. La mala calidad de los datos puede llevar a tomar malas decisiones, que le pueden costar mucho a la organización.

3. De acuerdo con lo explicado en el contexto, y según su experiencia y conocimiento, un sistema MES es o no es necesario.

Tabla 68

Respuestas pregunta 3 encuesta 2

Respuestas	Frecuencia
No es necesario tenerlo en una empresa	0
No es necesario, pero sería bueno tenerlo en una empresa	1
Es necesario según la magnitud y el tipo de empresa	15
Es necesario para ciertas áreas de la empresa	4
Es necesario para tomar decisiones en una empresa	12
TOTAL	32

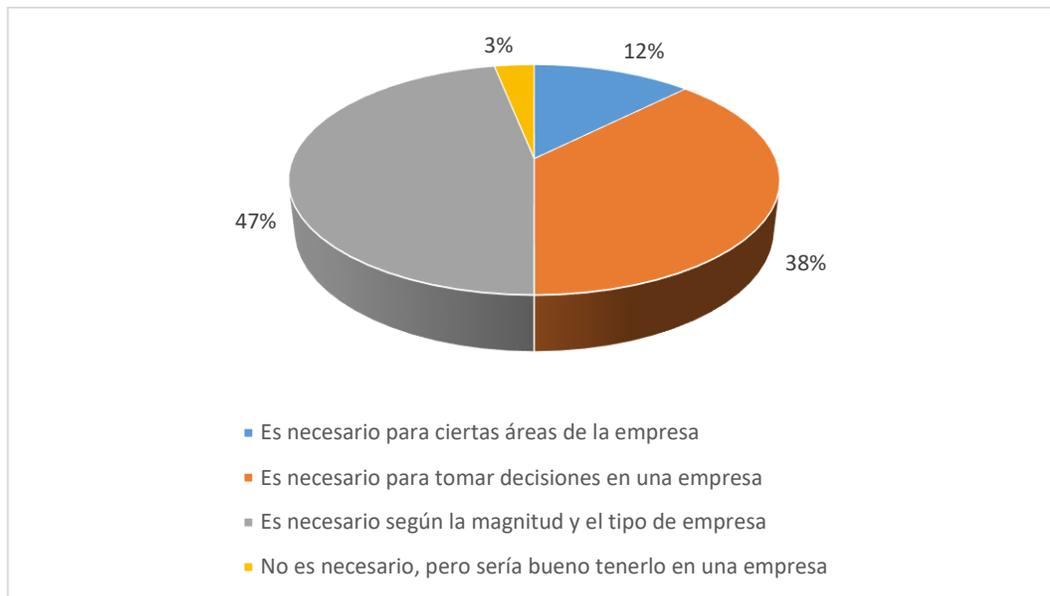


Figura 30. Gráfico de torta respuestas pregunta 3 encuesta 2. De acuerdo a lo explicado en el contexto y según su experiencia y conocimiento, un sistema MES es o no es necesario.

La mayoría de los encuestados coincide en la importancia que tiene un MES para la empresa, sin embargo esto contrasta con la primera pregunta, en la cual el conocimiento de estos sistemas no es masivo dentro de los encuestados.

4. Si usted tuviera que dirigir un proyecto de implementación de un sistema MES ¿qué tipo de enfoque de gestión de proyectos utilizaría usted?

Tabla 69

Respuestas pregunta 4 encuesta 2

Respuestas	Frecuencia
Usaría un enfoque totalmente ágil (iterativo e incremental)	5
Usaría un enfoque totalmente tradicional (predictivo y secuencial)	1
Usaría una mezcla de enfoques tradicionales y ágiles (híbrido)	26
TOTAL	32

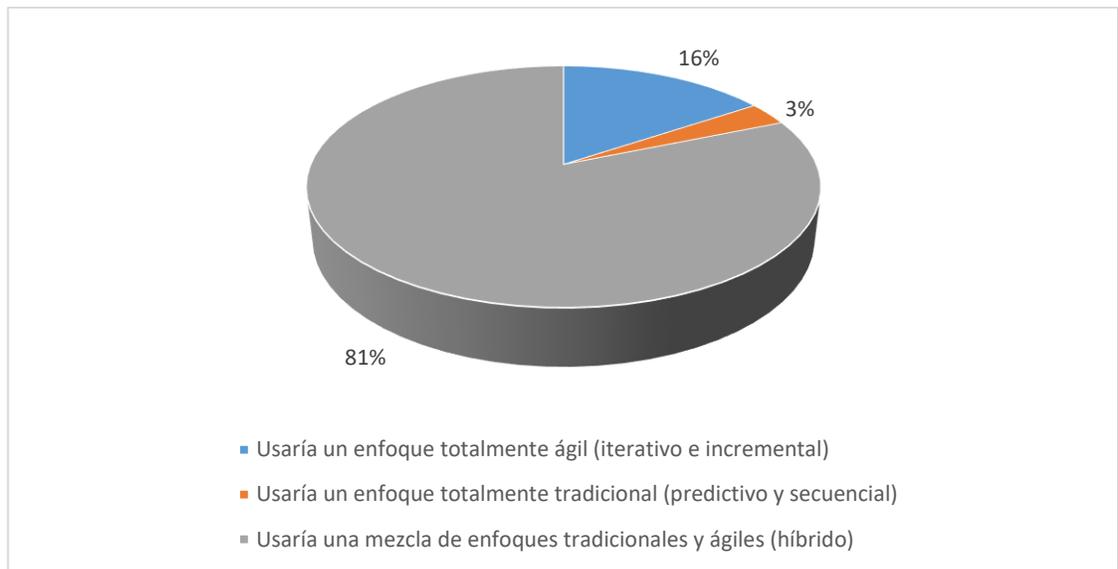


Figura 31. Gráfico de torta respuestas pregunta 4 encuesta 2. Si usted tuviera que dirigir un proyecto de implementación de un sistema MES ¿qué tipo de enfoque de gestión de proyectos utilizaría usted?

Los resultados de esta pregunta son interesantes, ya que un 81% de los encuestados coincide en que se debe usar un modelo de gestión de proyectos híbrido para implementar un sistema MES, lo cual da un panorama positivo para implementar en un futuro el modelo propuesto en este trabajo de grado.

10.2. CALIFICACIÓN DE TÉCNICAS, HERRAMIENTAS Y VARIABLES

En esta sección de la encuesta se presenta la segunda versión del modelo mostrado en la Figura 28. La primera pregunta busca conocer la percepción de los encuestados sobre el uso de este modelo, propuesto para la implementación de un sistema MES.

5. *¿Considera que el segundo modelo híbrido propuesto es adecuado para gestionar un proyecto de implementación de un sistema MES?*

Tabla 70

Respuestas pregunta 5 encuesta 2

Respuestas	Frecuencia
Sí	25
No	0
Tal vez	7
TOTAL	32

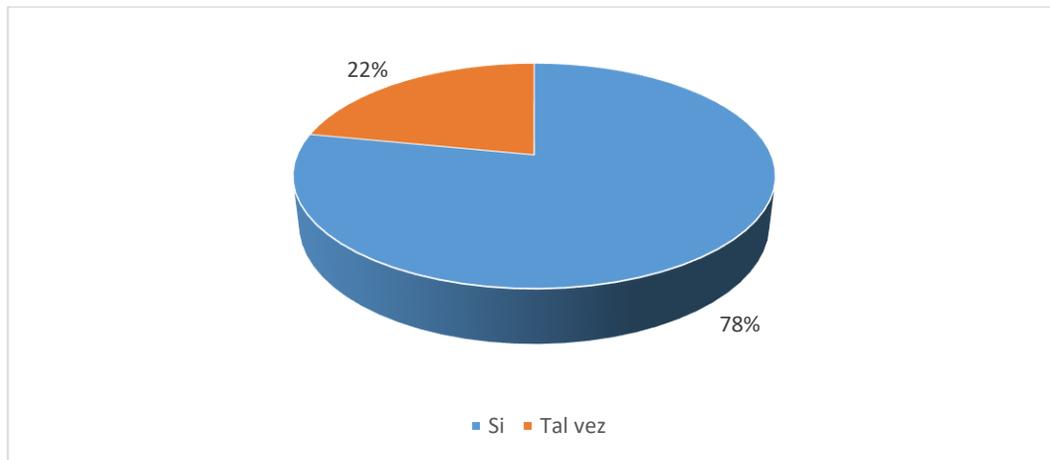


Figura 32. Gráfico de torta respuestas pregunta 5 encuesta 2. ¿Considera que el segundo modelo híbrido propuesto es adecuado para gestionar un proyecto de implementación de un sistema MES?

La percepción dada por los encuestados para el uso del modelo propuesto es positiva, ya que un 78% afirmaron estar de acuerdo en que el modelo es adecuado. Para la calificación de las variables, técnicas y herramientas de cada etapa se siguió el mismo método utilizado en la primera encuesta, en la cual los expertos calificaron cada variable, técnica y herramienta de 0 a 5, siendo 0 “sin relevancia” y 5 “muy relevante”.

Las variables, técnicas y herramientas seleccionadas en la primera encuesta fueron adaptadas a este segundo modelo, además de algunas adicionales que se insertaron por recomendación dada por los expertos, en las preguntas abiertas de la primera encuesta. En las tablas de calificación se identifica en la columna

“Modelo” cuáles variables del primer modelo fueron incluidas y cuáles pertenecen al segundo modelo.

Al igual que en la primera encuesta, las preguntas que se formularon para cada etapa fueron las siguientes:

- Califique la relevancia de las variables de entrada de [nombre de la etapa]:
- Califique la relevancia de las técnicas y herramientas de [nombre de la etapa]:
- Califique la relevancia de las variables de salida de [nombre de la etapa]:

Para cada variable se tabularon las respuestas y se calcularon los siguientes valores:

- Moda
- Frecuencia moda
- Porcentaje de consenso

Con estos valores, se seleccionaron las variables, técnicas y herramientas finales del modelo, teniendo en cuenta los criterios de consenso definidos, los cuales son el promedio de los porcentajes de consenso de las variables de cada etapa.

Fase: factibilidad

Etapas: conceptualización

- Variable ganadora: moda 4 o 5 y consenso mayor o igual a 58%.
- Variable no ganadora: moda 0, 1 o 2 y consenso mayor o igual a 58%.
- Variables en discusión: las demás variables.

Las variables seleccionadas se presentan a continuación en la tabla 66.

Tabla 71

Calificación variables de entrada – Conceptualización (Modelo 2)

	Código	Variable	Modelo	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Entrada	E-CO 1	Requerimientos y oportunidades	1	5	20	63%	PRIORITARIA
	E-CO 2	Lecciones aprendidas de otros proyectos	1	4	15	47%	EN DISCUSIÓN
	E-CO 3	Objetivos estratégicos de la compañía	2	5	20	63%	PRIORITARIA
	E-CO 4	Expectativas de clientes y patrocinadores	2	5	21	66%	PRIORITARIA

Tabla 72

Calificación técnicas y herramientas – Conceptualización (Modelo 2)

	Código	Variable	Modelo	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Técnicas y herramientas	H-CO 1	Juicio de expertos	1	4	18	57%	EN DISCUSIÓN
	H-CO 2	Selección de alternativas	1	5	19	60%	PRIORITARIA
	H-CO 3	Análisis FODA	1	4	16	50%	EN DISCUSIÓN
	H-CO 4	Recopilación y análisis de datos	1	5	21	66%	PRIORITARIA
	H-CO 5	Análisis de brecha	1	4	15	47%	EN DISCUSIÓN
	H-CO 6	Matriz de selección de alternativas	2	4	17	54%	EN DISCUSIÓN
	H-CO 7	Estimación preliminar de los recursos	2	4	18	57%	EN DISCUSIÓN
	H-CO 8	Reuniones con clientes y patrocinadores	2	5	20	63%	PRIORITARIA

Tabla 73

Calificación variables de salida – Conceptualización (Modelo 2)

	Código	Variable	Modelo	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Salidas	S-CO 1	Caso de negocio	1	5	20	63%	PRIORITARIA
	S-CO 2	Diseño conceptual	1	5	21	66%	PRIORITARIA
	S-CO 3	Impacto en objetivos estratégicos, estrategia o portafolio de la organización	2	5	16	50%	EN DISCUSIÓN

Las variables seleccionadas y el diagrama de la etapa de conceptualización se presentan en la *Figura 33*.



Figura 33. Diagrama etapa de conceptualización (Modelo 2)

Fase: inicio

Etapas: iniciación

- Variable ganadora: moda 4 o 5 y consenso mayor o igual a 61%.
- Variable no ganadora: moda 0, 1 o 2 y consenso mayor o igual a 61%.
- Variables en discusión: las demás variables.

Tabla 74

Calificación variables de entrada – Iniciación (Modelo 2)

	Código	Variable	Modelo	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Entrada	E-IN 1	Activos de los procesos de la organización (políticas, organigramas, plantillas, etc.)	1	4	16	50%	EN DISCUSIÓN
	E-IN 2	Caso de negocio	1	5	17	54%	EN DISCUSIÓN
	E-IN 3	Diseño conceptual	1	5	19	60%	EN DISCUSIÓN
	E-IN 4	Expectativas de clientes y patrocinadores	2	5	20	63%	PRIORITARIA
	E-IN 5	Requisitos y(o) restricciones legales	2	5	22	69%	PRIORITARIA

Tabla 75

Calificación técnicas y herramientas – Iniciación (Modelo 2)

	Código	Variable	Modelo	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Técnicas y herramientas	H-IN 1	Identificación de riesgos de alto nivel	2	5	18	57%	EN DISCUSIÓN
	H-IN 2	Juicio de expertos	1	4	20	63%	PRIORITARIA
	H-IN 3	Estimación de recursos	2	5	22	69%	PRIORITARIA

Tabla 76

Calificación variables de salida – Iniciación (Modelo 2)

Salida	S-IN 1	Acta de constitución del proyecto	2	5	19	60%	EN DISCUSIÓN
	S-IN 2	Visión del proyecto	2	5	20	63%	PRIORITARIA
	S-IN 3	Equipo de elaboración del producto	2	5	17	54%	EN DISCUSIÓN
	S-IN 4	Criterios de terminado	2	5	21	66%	PRIORITARIA
	S-IN 5	Product backlog (requerimientos del producto)	2	5	20	63%	PRIORITARIA

Las variables seleccionadas y el diagrama de la etapa de iniciación se presentan en la *Figura 34*.



Figura 34. Diagrama etapa de Iniciación (Modelo 2)

Fase: preparación

Etapa: planeación del proyecto

- Variable ganadora: moda 4 o 5 y consenso mayor o igual a 63%.
- Variable no ganadora: moda 0, 1 o 2 y consenso mayor o igual a 63%.
- Variables en discusión: las demás variables.

Tabla 77

Calificación variables de entrada – Planeación del proyecto (Modelo 2)

	Código	Variable	Modelo	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Entrada	E-PP 1	Equipo del proyecto	2	5	20	63%	PRIORITARIA
	E-PP 2	Product backlog (requerimientos del producto)	2	5	20	63%	PRIORITARIA

Tabla 78

Calificación técnicas y herramientas – Planeación del proyecto (Modelo 2)

	Código	Variable	Modelo	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Técnicas y herramientas	H-PP 1	Toma de decisiones	1	5	21	66%	PRIORITARIA
	H-PP 2	Estructura de desglose de trabajo (EDT)	1	5	22	69%	PRIORITARIA
	H-PP 3	Estimación de los recursos por actividad	1	5	20	63%	PRIORITARIA
	H-PP 4	Evaluación financiera del proyecto (cálculo de VPN, TIR-ROI)	2	5	21	66%	PRIORITARIA
	H-PP 5	Evaluación y clasificación de riesgos	2	5	18	57%	EN DISCUSIÓN
	H-PP 6	Programación de cronogramas	1	5	16	50%	EN DISCUSIÓN

Tabla 79

Calificación variables de salida – Planeación del proyecto (Modelo 2)

	Código	Variable	Modelo	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Salida	S-PP 1	Plan básico del proyecto	2	5	24	75%	PRIORITARIA
	S-PP 2	Análisis financiero	1	5	19	60%	EN DISCUSIÓN
	S-PP 3	Riesgos clasificados	2	5	22	69%	PRIORITARIA

Las variables seleccionadas y el diagrama de la etapa de planeación del proyecto se presentan en la *Figura 35*.



Figura 35. Diagrama etapa de planeación del proyecto (Modelo 2)

Fase: preparación

Etapa: desarrollo del producto

- Variable ganadora: moda 4 o 5 y consenso mayor o igual a 67%.
- Variable no ganadora: moda 0, 1 o 2 y consenso mayor o igual a 67%.
- Variables en discusión: las demás variables.

Tabla 80

Calificación variables de entrada – Desarrollo del producto (Modelo 2)

	Código	Variable	Modelo	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Entrada	E-DP 1	Equipo de elaboración del producto	2	5	20	63%	EN DISCUSIÓN
	E-DP 2	Criterios de terminado	2	5	24	75%	PRIORITARIA
	E-DP 3	<i>Product backlog</i> (requerimientos del producto)	2	5	23	72%	PRIORITARIA
	E-DP 4	Diseño conceptual	1	5	22	69%	PRIORITARIA

Tabla 81

Calificación técnicas y herramientas – Desarrollo del producto (Modelo 2)

	Código	Variable	Modelo	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Técnicas y herramientas	H-DP 1	Refinación del <i>product backlog</i> (requerimientos del producto)	2	5	23	72%	PRIORITARIA
	H-DP 2	Priorización de las historias de usuario (requerimientos del usuario)	2	5	22	69%	PRIORITARIA
	H-DP 3	Estimación de la duración de las tareas	2	5	18	57%	EN DISCUSIÓN
	H-DP 4	Estimación de los recursos por actividad	1	4	19	60%	EN DISCUSIÓN

Tabla 82

Calificación variables de salida – Desarrollo del producto (Modelo 2)

	Código	Variable	Modelo	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Salida	S-DP 1	Diseño inicial del producto	2	5	21	66%	EN DISCUSIÓN
	S-DP 2	Diseño del prototipo	2	5	22	69%	PRIORITARIA
	S-DP 3	Product backlog (requerimientos del producto) priorizado	2	5	23	72%	PRIORITARIA

Las variables seleccionadas y el diagrama de la etapa de diseño del producto se presentan en la *Figura 36*.



Figura 36. Diagrama etapa de planeación del proyecto (Modelo 2)

Fase: ejecución

Etapa: implementación ágil

- Variable ganadora: moda 4 o 5 y consenso mayor o igual a 60%.
- Variable no ganadora: moda 0, 1 o 2 y consenso mayor o igual a 60%.
- Variables en discusión: las demás variables.

Tabla 83

Calificación variables de entrada – Implementación Ágil (Modelo 2)

	Código	Variable	Modelo	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Entrada	E-IFA 1	Diseño inicial del producto	2	5	17	54%	EN DISCUSIÓN
	E-IFA 2	Diseño del prototipo	2	5	19	60%	PRIORITARIA
	E-IFA 3	Criterios de aceptación y terminado	2	5	22	69%	PRIORITARIA
	E-IFA 4	Adquisiciones	2	4	17	54%	EN DISCUSIÓN
	E-IFA 5	<i>Product backlog</i> (requerimientos del producto) priorizado	2	5	19	60%	PRIORITARIA
	E-IFA 6	Plan básico del proyecto.	1	5	18	57%	EN DISCUSIÓN

Tabla 84

Calificación técnicas y herramientas – Implementación Ágil (Modelo 2)

	Código	Variable	Modelo	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Técnicas y herramientas	H-IFA 1	Reunión de planificación del <i>sprint</i>	1	5	16	50%	EN DISCUSIÓN
	H-IFA 2	Reunión de revisión del <i>sprint</i> según criterios de aceptación	2	5	17	54%	EN DISCUSIÓN
	H-IFA 3	Reunión de retrospectiva del <i>sprint</i>	2	4	19	60%	PRIORITARIA
	H-IFA 4	Registro de impedimentos	2	4	20	63%	PRIORITARIA
	H-IFA 5	Resolución de problemas	1	5	19	60%	PRIORITARIA

Código	Variable	Modelo	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
H-IFA 6	Reunión de entrega del producto		5	18	57%	EN DISCUSIÓN
H-IFA 7	Habilidades y técnicas de comunicación	1	5	18	57%	EN DISCUSIÓN
H-IFA 8	Toma de decisiones	1	5	23	72%	PRIORITARIA
H-IFA 9	Experiencia del personal	1	5	17	54%	EN DISCUSIÓN

Tabla 85

Calificación variables de salida – Implementación Ágil (Modelo 2)

	Código	Variable	Modelo	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
	S-IFA 1	Entregables del <i>sprint</i> aceptados o rechazados	2	5	18	57%	EN DISCUSIÓN
Salida	S-IFA 2	Producto aceptado o rechazado según criterios de aceptación	1	5	23	72%	PRIORITARIA
	S-IFA 3	Acta de entrega del producto según criterios de terminado	2	5	20	63%	PRIORITARIA
	S-IFA 4	Productos funcionales	1	5	18	57%	EN DISCUSIÓN
	S-IFA 5	Producto final aceptado o rechazado	1	5	26	82%	PRIORITARIA
	S-IFA 6	Activos creados	1	4	16	50%	EN DISCUSIÓN

Las variables seleccionadas y el diagrama de la etapa de implementación ágil se presentan en la *Figura 37*.

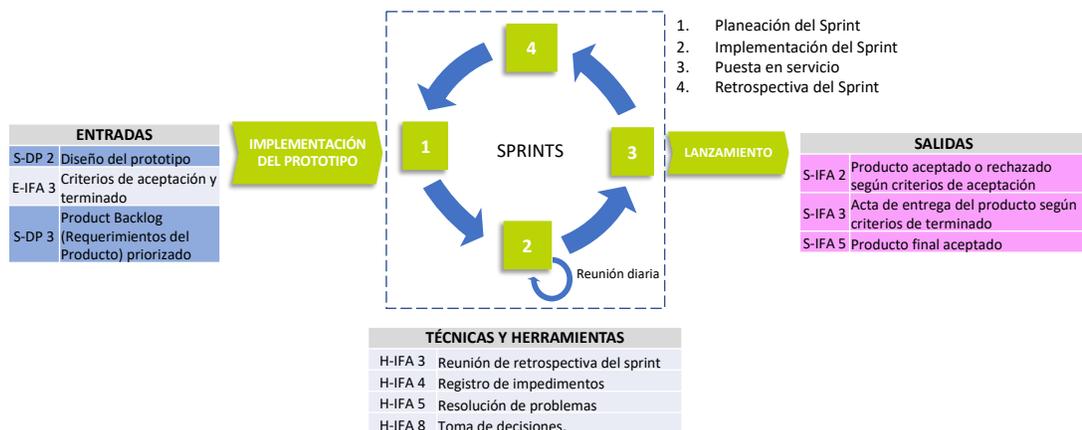


Figura 37. Diagrama etapa de implementación ágil (Modelo 2)

Fase: ejecución

Etapas: seguimiento, control y actualización

- Variable ganadora: moda 4 o 5 y consenso mayor o igual a 56%.
- Variable no ganadora: moda 0, 1 o 2 y consenso mayor o igual a 56%.
- Variables en discusión: las demás variables.

Tabla 86

Calificación variables de entrada – Seguimiento, control y actualización (Modelo 2)

	Código	Variable	Modelo	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Entrada	E-SCA 1	Plan básico del proyecto	1	5	16	50%	EN DISCUSIÓN
	E-SCA 2	Adquisiciones	2	4	18	57%	PRIORITARIA
	E-SCA 3	Product backlog (requerimientos del producto) priorizado	2	5	19	60%	PRIORITARIA
	E-SCA 4	Criterios de aceptación y terminado	2	5	25	79%	PRIORITARIA
	E-SCA 5	Plan de implementación	1	5	15	47%	EN DISCUSIÓN
	S-SCA 7	Actualización de los diseños	1	5	16	50%	EN DISCUSIÓN

Tabla 87

Calificación técnicas y herramientas – Seguimiento, control y actualización (Modelo 2)

	Código	Variable	Modelo	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Técnicas y herramientas	H-SCA 1	Herramientas de control de cambios	1	5	15	47%	EN DISCUSIÓN
	H-SCA 2	Toma de decisiones	1	5	19	60%	PRIORITARIA
	H-SCA 3	Análisis de ruta crítica	1	5	22	69%	PRIORITARIA
	H-SCA 4	<i>Scrum board</i> (tablero de seguimiento de tareas)	2	5	20	63%	PRIORITARIA
	H-SCA 5	<i>Burndown chart</i> (gráfica de avance de tareas)	2	5	20	63%	PRIORITARIA
	H-SCA 6	Revisión del <i>Product backlog</i> (requerimientos del producto)	2	5	18	57%	PRIORITARIA
	H-SCA 7	Actualización del diseño	2	4	16	50%	EN DISCUSIÓN
	H-SCA 8	Seguimiento y control de los riesgos	2	5	20	63%	PRIORITARIA
	H-SCA 9	Análisis de datos	1	4	17	54%	EN DISCUSIÓN
	H-SCA 10	Toma de decisiones	1	5	16	50%	EN DISCUSIÓN
	H-SCA 11	Representación de datos (<i>dashboards</i>).	1	4	16	50%	EN DISCUSIÓN
	H-SCA 12	Indicadores de desempeño (EV, SPI, CPI)	1	5	18	57%	PRIORITARIA

Tabla 88

Calificación variables de salida – Seguimiento, control y actualización (Modelo 2)

	Código	Variable	Modelo	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Salida	S-SCA 1	Informes de desempeño	1	4	20	63%	PRIORITARIA
	S-SCA 2	Solicitudes de cambio aprobadas	1	4	16	50%	EN DISCUSIÓN
	S-SCA 3	Actualización de planes y diseños	1	5	18	57%	PRIORITARIA
	S-SCA 4	Actualización del <i>product backlog</i> (requerimientos del producto)	2	5	18	57%	PRIORITARIA
	S-SCA 5	Actualización del registro de impedimentos	2	4	18	57%	PRIORITARIA
	S-SCA 6	Registro de reuniones de retrospectiva y revisión del <i>sprint</i>	1	4	17	54%	EN DISCUSIÓN

Las variables seleccionadas y el diagrama de la etapa de implementación ágil se presentan en la *Figura 38*.

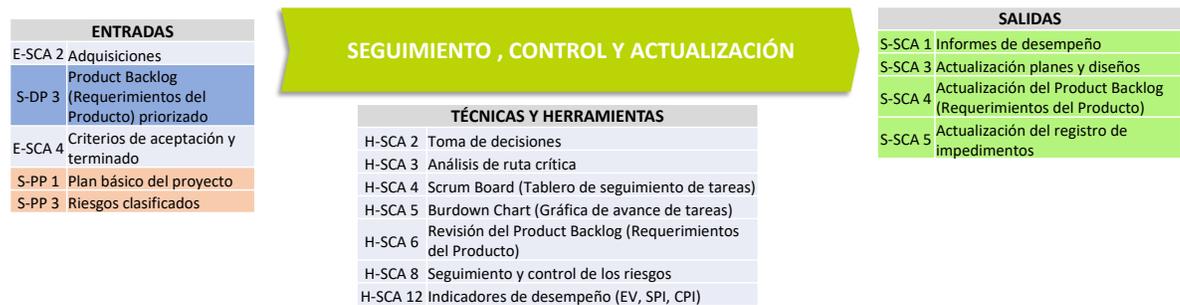


Figura 38. Diagrama etapa de seguimiento, control y actualización (modelo 2)

Fase: finalización

Etapas: cierre

- Variable ganadora: moda 4 o 5 y consenso mayor o igual a 63%.
- Variable no ganadora: moda 0, 1 o 2 y consenso mayor o igual a 63%.
- Variables en discusión: las demás variables.

Tabla 89

Calificación variables de entrada – Cierre (Modelo 2)

	Código	Variable	Modelo	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Entrada	E-CI 1	Producto aceptado o rechazado según criterios de aceptación	1	5	25	79%	PRIORITARIA
	E-CI 2	Acuerdos de soporte y servicio	2	5	17	54%	EN DISCUSIÓN
	E-CI 3	Acta de entrega del producto según criterios de terminado	2	5	23	72%	PRIORITARIA
	E-CI 4	Producto final aceptado o rechazado	1	5	26	82%	PRIORITARIA

Tabla 90

Calificación técnicas y herramientas – Cierre (Modelo 2)

	Código	Variable	Modelo	Moda	Frec. moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Técnicas y herramientas	H-CI 1	Reunión de retrospectiva del proyecto	2	4	16	50%	EN DISCUSIÓN
	H-CI 2	Taller de lecciones aprendidas	1	5	21	66%	PRIORITARIA
	H-CI 3	Actas de cierre	1	5	20	63%	PRIORITARIA

Tabla 91

Calificación variables de salida – Cierre (Modelo 2)

	Código	Variable	Modelo	Moda	Frec. Moda	Porcentaje consenso	Clasificación
Salida	S-CI 1	Gamas de mantenimiento	2	5	19	60%	EN DISCUSIÓN
	S-CI 2	Creación de activos	2	5	20	63%	PRIORITARIA
	S-CI 3	Soporte y servicio posventa	2	5	22	69%	PRIORITARIA
	S-CI 4	Lecciones por aprender	2	5	15	47%	EN DISCUSIÓN
	S-CI 5	Actualización a los activos de los procesos de la organización	1	5	15	47%	EN DISCUSIÓN
	S-CI 6	Informe final	1	5	20	63%	PRIORITARIA
	S-CI 7	Cierre financiero	1	5	24	75%	PRIORITARIA
	S-CI 8	Cierre técnico	1	5	22	69%	PRIORITARIA
	S-CI 9	Cierre administrativo	1	5	18	57%	EN DISCUSIÓN

Las variables seleccionadas y el diagrama de la etapa de cierre se presentan en la Figura 39.



Figura 39. Diagrama etapa de cierre (Modelo 2)

11. ANALISIS DE RESULTADOS DE LA TERCERA ENCUESTA

La finalidad de esta tercera y última encuesta fue validar la representación conceptual del modelo definitivo. Para esto se volvieron a seleccionar los mismos 40 expertos, y se les presentaron únicamente los dos modelos previamente diseñados, más una versión mejorada de la segunda versión del modelo. Esta versión mejorada se diseñó tomando como base recomendaciones de algunos expertos, los cuales sugirieron que, una vez realizada la retrospectiva del proyecto y el lanzamiento del producto, se debían actualizar los planes del proyecto para un nuevo *sprint* que generara un incremento en el producto. Esto no era evidente en el segundo modelo, por lo cual se decidió crear un enlace desde las etapas de lanzamiento y seguimiento, control y actualización a la etapa de planeación del proyecto. A este bucle se le llamó *sprint del proyecto*, el cual contiene un bucle ágil más pequeño en su interior llamado *sprint del producto*. La *Figura 40* presenta esta versión mejorada del segundo modelo.

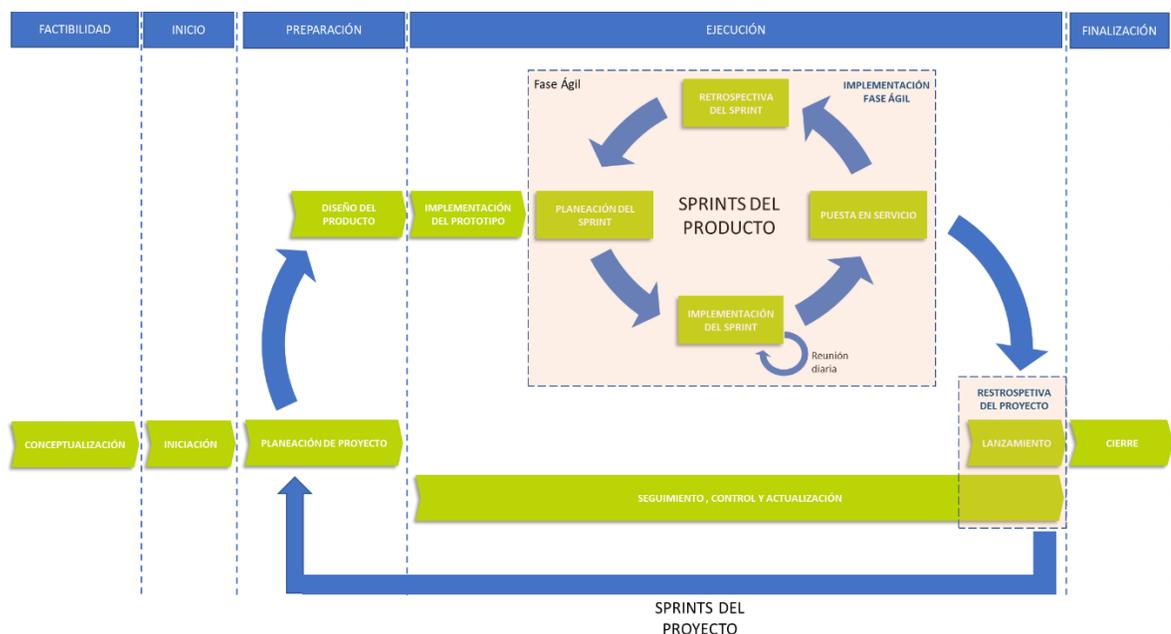


Figura 40. Tercera versión del modelo híbrido para la gestión de proyectos

Esta encuesta, que solo constaba de una sola pregunta, fue respondida por 30 de 40 expertos (75%). La pregunta es la siguiente:

1. Basado en la representación conceptual de los tres modelos híbridos presentados, por favor calificar cuál tiene mayor pertinencia para gestionar un proyecto de implementación de un sistema de ejecución de manufactura en Cementos Argos. Por favor tener en cuenta la siguiente escala de calificación: 0 – Nada pertinente. 5 – Muy pertinente.

La Tabla 92 muestra a continuación los resultados de las respuestas a esta pregunta.

Tabla 92

Calificación de los modelos híbridos propuestos.

Encuestado	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo seleccionado
E1	5	4	5	Modelo 1 y modelo 3
E2	5	4	3	Modelo 1
E3	4	5	3	Modelo 2
E4	3	3	5	Modelo 3
E5	4	3	5	Modelo 3
E6	5	3	5	Modelo 1 y modelo 3
E7	3	3	3	Todos los modelos
E8	3	3	5	Modelo 3
E9	5	3	3	Modelo 1
E10	4	5	5	Modelo 2 y modelo 3
E11	3	5	5	Modelo 2 y modelo 3
E12	4	5	5	Modelo 2 y modelo 3
E13	3	5	3	Modelo 2
E14	5	5	4	Modelo 1 y modelo 2
E15	3	5	5	Modelo 2 y modelo 3
E16	4	3	5	Modelo 3
E17	4	5	3	Modelo 2
E18	4	4	3	Modelo 1 y modelo 2
E19	5	3	3	Modelo 1
E20	3	3	3	Todos los modelos
E21	4	5	3	Modelo 2
E22	4	5	4	Modelo 2
E23	3	3	3	Todos los modelos
E24	3	3	4	Modelo 3
E25	3	3	5	Modelo 3
E26	4	3	5	Modelo 3
E27	5	4	4	Modelo 1
E28	4	5	5	Modelo 2 y modelo 3
E29	4	3	5	Modelo 3
E30	5	4	5	Modelo 1 y modelo 3
Suma	118	117	124	
Promedio	3,93	3,90	4,13	
Moda	4	3	5	
Frecuencia modal	12	14	15	
Porcentaje de consenso	40%	47%	50%	

De acuerdo con los resultados de esta encuesta, el modelo conceptual seleccionado es el número 3, ya que tuvo mayor calificación en el consenso; además, superó a los otros dos modelos en el promedio de la calificación.

12. PRESENTACIÓN DEL MODELO FINAL

El modelo híbrido final, con cada una de sus variables, técnicas y herramientas, se presenta de la Figura 41 a la *Figura 43*.



Figura 41. Modelo híbrido final para la gestión de proyectos con sus variables, técnicas y herramientas

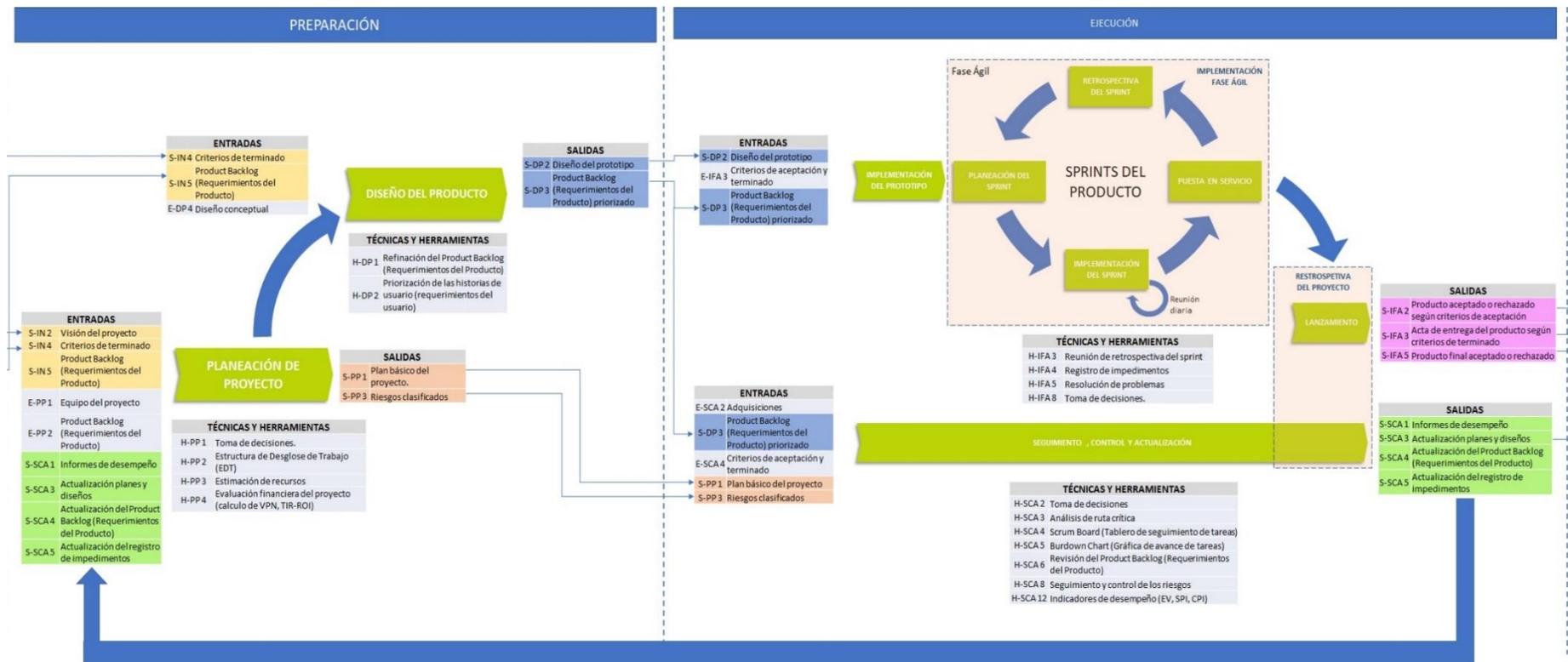


Figura 42. Modelo híbrido final para la gestión de proyectos con sus variables, técnicas y herramientas (continuación)

FINALIZACIÓN



Figura 43. Modelo híbrido final para la gestión de proyectos con sus variables, técnicas y herramientas (continuación)

12.1. EXPLICACIÓN DEL MODELO Y SUS VARIABLES, TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS

El modelo diseñado, junto con sus variables técnicas y herramientas, fue validado por un conjunto de expertos con experiencia en gestión de proyectos dentro de Cementos Argos. La base del modelo fue el proceso de gestión de proyectos existente en Argos, el cual fue modificado para incluir etapas y prácticas ágiles.

Cada etapa está contenida dentro de una fase del proyecto. Estas fases son secuenciales, pero las etapas pueden ser paralelas, traslapadas o iterativas. Hay salidas de ciertas etapas que son entradas para otras etapas dentro del modelo. Hay técnicas y herramientas que se pueden utilizar en distintas etapas del modelo. A cada variable, técnica y herramienta le fue asignado un código único, con el fin de identificar su relación con otras etapas dentro del modelo.

12.1.1. FACTIBILIDAD

ETAPA: CONCEPTUALIZACIÓN

Fase en donde se analizan distintas alternativas para lograr resolver determinados requerimientos y oportunidades. Al final de esta fase se deberá seleccionar una sola alternativa, la cual deberá estar alineada con los objetivos estratégicos de la compañía y con las expectativas de clientes y patrocinadores.

Tabla 93

Variables de entrada – Conceptualización (modelo final)

	Código	Variable	Definición
Entrada	E-CO 1	Requerimientos y oportunidades	Requerimiento: obligación de índole técnica, legal o ambiental, que solo podrá ser resuelta a través del desarrollo de un proyecto. Oportunidad: ventaja competitiva a nivel de mercado, que puede ser alcanzada a través del desarrollo de nuevas tecnologías o mejoras implementadas en un proyecto.
	E-CO 3	Objetivos estratégicos de la compañía	Objetivos bajo los cuales se fundamenta la estrategia corporativa de Cementos Argos. Estos son únicos para toda la compañía.
	E-CO 4	Expectativas de clientes y patrocinadores	Expectativas que tienen ciertas personas, grupos de personas, agremiaciones o áreas dentro de la compañía, que buscan ser satisfechas a través del desarrollo de un proyecto.

Tabla 94

Técnicas y herramientas – Conceptualización (modelo final)

	Código	Variable	Definición
Técnicas y herramientas	H-CO 2	Selección de alternativas	Proceso por el cual se analizan datos técnicos y financieros de distintas alternativas estudiadas. Estos datos son calificados y ponderados por expertos al interior de un proyecto, con el fin de seleccionar la mejor alternativa que le dé solución a los requerimientos y oportunidades.
	H-CO 4	Recopilación y análisis de datos	Proceso mediante el cual se recopilan datos históricos de otros proyectos. Estos datos pueden ser tanto de índole numérica (financiera, cálculos, valores unitarios, etc.) como alfabética (lecciones por aprender, planes, correos electrónicos, contratos, etc.).
	H-CO 8	Reuniones con clientes y patrocinadores	Proceso mediante el cual se destinan uno o varios espacios de tiempo con clientes y patrocinadores, con el fin de alinear con sus expectativas los objetivos del proyecto.

Tabla 95

Variables de salida – Conceptualización (modelo final)

	Código	Variable	Definición
Salidas	S-CO 1	Caso de negocio	<p>Documento que debe contener como mínimo los siguientes puntos (PMI, 2017a):</p> <p>Descripción del alcance del producto: descripción del producto, servicio o resultado que se propone que produzca el proyecto. Esto responde a la pregunta: ¿“Qué” es lo que el proyecto va a crear?</p> <p>Necesidad comercial: ¿cuál es el beneficio o valor comercial que se creará como resultado del proyecto? Esto responde a la pregunta: ¿“Por qué” se debe alcanzar el objetivo del proyecto?, basado en el punto de vista de los interesados que recibirán el beneficio del proyecto.</p> <p>Plan estratégico: ¿qué meta u objetivo estratégico se logrará al realizar el proyecto? Esto responde a la pregunta: ¿“Por qué” se va a crear el proyecto?, basado en el punto de vista de la organización que desarrolla el proyecto.</p>
	S-CO 2	Diseño conceptual	Documentos que contienen las premisas de diseño inicial, con base en las expectativas de los clientes y de los patrocinadores.

12.1.2. INICIO

ETAPA: INICIACIÓN

Una vez seleccionada la alternativa se empiezan a detallar los requisitos y expectativas registrados en la etapa anterior. Estos se listan en lo que se denomina el *product backlog* del proyecto, el cual será el compendio de todo lo que se debe desarrollar a lo largo del proyecto con el fin de cumplir los objetivos propuestos.

Tabla 96

Variables de entrada – Iniciación (modelo final)

	Código	Variable	Definición
Entrada	E-IN 4	Expectativas de clientes y patrocinadores	Expectativas que tienen ciertas personas, grupos de personas, agremiaciones o áreas dentro de la compañía, las cuales buscan ser satisfechas a través del desarrollo de un proyecto.
	E-IN 5	Requisitos y(o) restricciones legales	Limitaciones de índole legal que se deben tener en cuenta al momento de desarrollar los planes y diseños del proyecto.

Tabla 97

Técnicas y herramientas – Iniciación (modelo final)

	Código	Variable	Definición
Técnicas y herramientas	H-IN 2	Juicio de expertos	Opinión informada de personas con trayectoria en el tema, que son reconocidas por otros como expertos cualificados en este, y que pueden dar información, evidencia, juicios y valoraciones (Escobar y Cuervo, 2008).
	H-IN 3	Estimación de recursos	Técnica en la cual se realiza una estimación inicial de los recursos que se vayan a utilizar en el proyecto, con base en los datos recopilados y en el juicio de expertos.

Tabla 98

Variables de salida – Iniciación (modelo final)

Salida	S-IN 2	Visión del proyecto	Es una declaración explícita y estructurada, en la cual se pretende explicar la necesidad comercial que el proyecto pretende satisfacer. Debe servir como inspiración para el equipo del proyecto (SCRUMStudy, 2016)
	S-IN 4	Criterios de terminado	Determinan la forma en que será medida la calidad de los productos intermedios o finales desarrollados durante el proyecto (SCRUMStudy, 2016). Estos deben: <ul style="list-style-type: none"> • Incluir los estándares de desarrollo, de la organización. Si estos estándares no existen, entonces el equipo de desarrollo puede elaborarlos. • Cubrir todas las actividades del proceso de desarrollo; por ejemplo, actividades de análisis, de diseño, de codificación, de pruebas y de despliegue, entre otros. • Servir para que el equipo de desarrollo considere el esfuerzo de implementarlos durante la estimación del <i>product backlog</i>.

Tabla 99

Variables de salida – Iniciación (modelo final) (continuación)

S-IN 5	<i>Product backlog</i> (requerimientos del producto)	Documento de requisitos que define el ámbito del proyecto, que proporciona una lista priorizada de las características del producto o servicio que habrá de entregar el proyecto (SCRUMStudy, 2016).
--------	--	--

12.1.3. PREPARACIÓN

ETAPA: PLANEACIÓN DEL PROYECTO

En esta etapa se desarrolla el plan del proyecto, el cual incluye como documentos clave el presupuesto y el cronograma inicial del proyecto, los cuales se desarrollan basados en el *product backlog* definido en la etapa anterior. También se desarrolla la evaluación financiera del proyecto. La evaluación financiera y el plan están sujetos a actualizaciones una vez se termine un *sprint* del proyecto. Los cambios en el plan deben hacerse únicamente para incluir tareas o componentes del producto que le agreguen valor al cliente, los cuales se desarrollarán en el siguiente *sprint* del proyecto. La evaluación financiera se debe actualizar una vez se actualice el plan, con el fin de analizar el nuevo panorama propuesto en el plan del proyecto.

Tabla 100

Variables de entrada – Planeación del proyecto (modelo final)

	Código	Variable	Definición
Entrada	E-PP 1	Equipo del proyecto	Conjunto de individuos que respaldan al director del proyecto en la realización del trabajo para alcanzar sus objetivos.
	E-PP 2	<i>Product backlog</i> (requerimientos del producto)	Ver definición en Tabla 98

Tabla 101

Técnicas y herramientas – Planeación del proyecto (modelo final)

	Código	Variable	Definición
Técnicas y herramientas	H-PP 1	Toma de decisiones	Para una adecuada toma de decisiones se sugiere usar los cinco principios para la toma de decisiones en gestión de proyectos propuestos por Phillips (2010). Estos son: <ol style="list-style-type: none"> 1. Documentar el impacto. 2. Cuantificar y modelar intangibles. 3. Pensar holísticamente. 4. Valorar la experiencia. 5. Aplicar iterativamente.
	H-PP 2	Estructura de desglose de trabajo (EDT)	Descomposición jerárquica del alcance total del trabajo que vaya a ser realizado por el equipo del proyecto, para cumplir con los objetivos del proyecto y crear los entregables requeridos (PMI, 2017a).
	H-PP 3	Estimación de los recursos por actividad	Estimar los recursos de las actividades. Es en donde se identifica el tipo, la cantidad y las características de los recursos necesarios para completar las actividades, lo que permite estimar el costo y la duración de manera más precisa (PMI, 2017a).
	H-PP 4	Evaluación financiera del proyecto (cálculo de VPN, TIR-ROI)	La evaluación financiera del proyecto se realiza de manera teórica, tomando como base la información histórica recopilada y los estudios realizados en el diseño conceptual. Para Cementos Argos, los parámetros que se usan para hacer la evaluación son el VPN, la TIR y el ROI.

Tabla 102

Variables de salida – Planeación del proyecto (modelo final)

	Código	Variable	Definición
Salida	S-PP 1	Plan básico del proyecto	Contiene todos los documentos necesarios para el desarrollo del proyecto. Estos son, entre otros: presupuesto y cronograma (estimados a un determinado nivel de incertidumbre del 20%, de acuerdo con lo establecido por Cementos Argos), diseño conceptual y caso de negocio.
	S-PP 3	Riesgos clasificados	Documento que clasifica y cuantifica los riesgos de alto nivel del proyecto. Los riesgos identificados serán gestionados y controlados durante la etapa de seguimiento, control y actualización.

ETAPA: DISEÑO DEL PRODUCTO

En esta etapa se desarrollan todos los documentos requeridos para implementar el producto. En un proyecto ágil no es posible diseñar de manera detallada y completa el producto final con todos sus requisitos, ya que en cada *sprint* del producto se añaden funcionalidades siguiendo lo estipulado en el *product backlog*. Sin embargo, el objetivo principal de esta etapa es crear el diseño del primer prototipo que servirá como base para construir el producto final, así como también refinar el *product backlog* y priorizar actividades.

Tabla 103

Variables de entrada – Diseño del producto (modelo final)

	Código	Variable	Definición
Entrada	E-DP 2	Criterios de terminado	Ver definición en Tabla 98.
	E-DP 3	<i>Product backlog</i> (requerimientos del producto)	Ver definición en Tabla 98.
	E-DP 4	Diseño conceptual	Ver definición en Tabla 95.

Tabla 104

Técnicas y herramientas – Diseño del producto (modelo final)

	Código	Variable	Definición
Técnicas y herramientas	H-DP 1	Refinación del <i>product backlog</i> (requerimientos del producto)	<p>Consiste en una reunión realizada con el fin de mantener actualizado el <i>product backlog</i>.</p> <p>Se plantea con un tiempo máximo prefijado (habitualmente una o dos horas), y un objetivo que puede implicar cualquiera de las siguientes actividades (SCRUMStudy, 2016):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incorporación de nuevas historias de usuario. • División de historias de usuario que resultan demasiado grandes. • Replanteamiento de historias ya definidas. • Estimación de las historias de usuario.

Código	Variable	Definición
		Esta reunión sirve para: <ul style="list-style-type: none"> • Orientar al propietario del producto acerca del tamaño y estimación previa de las historias que va incorporando al <i>product backlog</i>. • Incrementar el nivel de concreción de las historias que por su prioridad se van acercando hacia el próximo <i>sprint</i>.
H-DP 2	Priorización de las historias de usuario (requerimientos del usuario)	Sistema que permite determinar el orden en que las historias de usuario deben ser implementadas. El método para seguir es el propuesto por el SBOK (SCRUMStudy, 2016).

Tabla 105

Variables de salida – Diseño del producto (modelo final)

	Código	Variable	Definición
Salida	S-DP 2	Diseño del prototipo	Tomando como base el <i>product backlog</i> y el diseño conceptual, se elabora el diseño del prototipo del producto final. Este prototipo debe contener un grupo de funcionalidades listadas en el <i>product backlog</i> , de tal manera que les agregue valor a los clientes y usuarios.
	S-DP 3	<i>Product backlog</i> (requerimientos del producto) priorizado	<i>Product backlog</i> resultante luego de su refinación y de la priorización de las historias de usuario.

12.1.4. EJECUCIÓN

ETAPA: IMPLEMENTACIÓN ÁGIL

Implementar un sistema MES puede requerir la conectividad de diferentes datos y áreas de la compañía (producción, calidad, energía, costos, etc.), lo cual implica un gran esfuerzo en costo y tiempo. Para que el sistema MES se pueda implementar de forma ágil, se inicia con la construcción de un prototipo que conecte inicialmente una de las áreas. De esta manera se enfocan los esfuerzos y se toman únicamente

las actividades o historias de usuario del *product backlog* que impacten el área seleccionada.

Tomando como base el diseño del prototipo y el *product backlog* priorizado se procede a implementar el sistema MES. Este se implementa en varios *sprints* llamados *sprints* del producto. La cantidad de *sprints* del producto será definida por el equipo del proyecto de acuerdo con la complejidad de las tareas que se deben realizar. Se espera que cada *sprint* no dure más de cuatro semanas, y el objetivo es que al finalizar un *sprint* se le entregue al producto una nueva funcionalidad, que le genere valor al cliente y a los usuarios. En cada *sprint* se realizan pruebas, las cuales pueden ser aceptadas o rechazadas según los criterios de terminado. Una vez finalizado el último *sprint* del producto se procede a su lanzamiento y a su posterior aceptación de conformidad para el cliente.

Una vez recibido el producto se programa una reunión de retrospectiva con el cliente y con el equipo del proyecto, en la cual se define si se sigue con la implementación de la siguiente área para conectar en el MES. Si es así, se inicia un nuevo *sprint* del proyecto, lo cual conllevaría actualizar la planeación del proyecto. Si no es así, se procede a al cierre del proyecto, con el producto o los productos funcionales implementados en el MES.

Tabla 106

Variables de entrada – Implementación ágil (modelo final)

	Código	Variable	Definición
Entrada	E-IFA 2	Diseño del prototipo	Ver definición en Tabla 105.
	E-IFA 3	Criterios de terminado.	Ver definición en Tabla 98.
	E-IFA 5	<i>Product backlog</i> (requerimientos del producto) priorizado	Ver definición en Tabla 105.

Tabla 107

Técnicas y herramientas– Implementación ágil (modelo final)

	Código	Variable	Definición
Técnicas y herramientas	H-IFA 3	Reunión de retrospectiva del <i>sprint</i>	Proceso mediante el cual se analizan las lecciones aprendidas a lo largo de un <i>sprint</i> . Dichas lecciones se documentan y se pueden aplicar a futuros <i>sprints</i> (SCRUMStudy, 2016).
	H-IFA 4	Registro de impedimentos	Un impedimento es cualquier obstáculo o barrera que reduce la productividad del equipo. Los impedimentos deben identificarse, resolverse y eliminarse para que el equipo siga trabajando de manera eficaz. Los impedimentos pueden ser internos o externos. Estos se deben registrar formalmente, para luego analizarlos durante las reuniones diarias y las de revisión del <i>sprint</i> , según sea necesario (SCRUMStudy, 2016).
	H-IFA 5	Resolución de problemas	Para resolver los problemas dentro de un proyecto, Cementos Argos ha decidido de manera formal utilizar dos métodos: el análisis de causa raíz (RCA) y el diagrama de espina de pez.
	H-IFA 8	Toma de decisiones	Ver definición en Tabla 101.

Tabla 108

Variables de salida – Implementación ágil (modelo final)

	Código	Variable	Definición
Salida	S-IFA 2	Producto aceptado o rechazado según criterios de terminado	Los productos intermedios generados durante los diferentes <i>sprints</i> pueden ser aceptados o rechazados por los clientes o usuarios, de acuerdo con los criterios de terminado previamente definidos. Si son rechazados, entonces se analizan los criterios incumplidos y se procede a realizar un <i>sprint</i> para solucionarlos, hasta lograr la aceptación. Una vez aceptado el producto se toman nuevas historias de usuario del <i>product backlog</i> , para añadirle nuevas funcionalidades al producto según lo definido por los patrocinadores, clientes y usuarios.
	S-IFA 3	Acta de entrega del producto según criterios de terminado	Cuando el producto es entregado al cliente se deben registrar en un acta las funcionalidades entregadas en el producto y los nuevos requerimientos del cliente, en caso de que aplique.
	S-IFA 5	Producto final aceptado.	El producto final es aquel que cumple con todas las funcionalidades requeridas y listadas en el <i>product backlog</i> .

ETAPA: SEGUIMIENTO, CONTROL Y ACTUALIZACIÓN

El objetivo de esta etapa es hacer seguimiento, control y actualización del plan del proyecto, los diseños y el *product backlog* durante la implementación del producto. Es responsabilidad del Gerente del Proyecto garantizar que el producto sea desarrollado a conformidad por el equipo del proyecto. También debe velar porque el producto se implemente con el presupuesto asignado y que sea lanzado en el tiempo acordado con el cliente.

Tabla 109

Variables de entrada – Seguimiento, control y actualización (modelo final)

	Código	Variable	Modelo
Entrada	E-SCA 2	Adquisiciones	Recursos humanos y materiales necesarios para ejecutar las actividades del proyecto. La adquisición implica un costo de los recursos, y no es necesariamente financiero (PMI, 2017a).
	E-SCA 3	<i>Product backlog</i> (requerimientos del producto) priorizado	Ver definición en Tabla 105.
	E-SCA 4	Criterios de terminado	Ver definición en Tabla 98.

Tabla 110

Técnicas y herramientas – Seguimiento, control y actualización (modelo final)

	Código	Variable	Definición
Técnicas y herramientas	H-SCA 2	Toma de decisiones	Ver definición en Tabla 101.
	H-SCA 3	Análisis de ruta crítica	<p>La metodología usada en Cementos Argos para analizar la ruta crítica incluye el método de la ruta crítica (CPM), explicado por el Project Management Institute (PMI, 2017a), y el método PERT.</p> <p>Esta metodología se resume en los siguientes cinco pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Analizar y desglosar el proyecto en términos de actividades y(o) eventos específicos. 2. Determinar la interdependencia y la secuencia de actividades específicas, y preparar una red. 3. Asignar estimaciones de tiempo, costo o ambos a todas las actividades de la red. 4. Identificar la ruta más larga o crítica a través de la red. 5. Monitorear, evaluar y controlar el progreso del proyecto, replanificando, reprogramando y reasignando recursos.
	H-SCA 4	<i>Scrum board</i> (tablero de seguimiento de tareas)	<p>Herramienta utilizada para planificar y hacerle seguimiento al proceso durante cada <i>sprint</i>. El <i>scrum board</i> contiene cuatro columnas para indicar el progreso de las tareas estimadas para el <i>sprint</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Columna 1, “por hacer” (<i>To do</i>), para las tareas que aún no inician. • Columna 2, “en progreso” (<i>in progress</i>), para las tareas iniciadas, pero que no se han terminado. • Columna 3, “prueba” (<i>Testing</i>), para tareas terminadas pero que están en proceso de prueba. • Columna 4, “terminado” (<i>Done</i>), para las tareas que se han terminado y examinado satisfactoriamente.
	H-SCA 5	<i>Burndown chart</i> (gráfica de avance de tareas)	Gráfica que muestra la cantidad de trabajo pendiente en el actual <i>sprint</i> (SCRUMStudy, 2016).

Tabla 111

Técnicas y herramientas – Seguimiento, control y actualización (modelo final)
(continuación)

	Código	Variable	Definición
Técnicas y herramientas	H-SCA 6	Refinación del <i>product backlog</i> (requerimientos del producto)	Ver definición en Tabla 104.
	H-SCA 8	Seguimiento y control de los riesgos	<p>Proceso de identificar, analizar y planificar nuevos riesgos; hacer el seguimiento de los riesgos identificados y de los incluidos en la lista de supervisión. También implica volver a analizar los riesgos existentes, al igual que realizar el seguimiento de las condiciones que podrían activar los planes de contingencias, y el seguimiento de los riesgos residuales PMI, 2017a).</p> <p>Este proceso es continuo, y se lleva a cabo a lo largo de la vida del proyecto. El riesgo también se controla a través de las entregas iterativas generadas en los <i>sprints</i>, en las cuales se revisan los requisitos de los interesados y se actualiza el <i>product backlog</i>, buscando la mejora continua en cada ciclo (SCRUMStudy, 2016).</p>
	H-SCA 12	Indicadores de desempeño (EV, SPI, CPI)	<p>Los indicadores de desempeño serán los mismos usados actualmente en Cementos Argos para la gestión de proyectos. Se definen de acuerdo con la <i>Guía del PMBOK</i> (PMI, 2017a), y son los siguientes:</p> <p>Valor ganado (EV): cantidad de trabajo ejecutado a la fecha, expresado en términos del presupuesto.</p> <p>Índice de desempeño del cronograma (SPI): medida de eficiencia del cronograma, que se expresa como la razón entre el valor ganado y el valor planificado o presupuesto.</p> <p>Índice de desempeño del costo (CPI): medida de eficiencia en función de los costos de los recursos presupuestados, expresada como la razón entre el valor ganado y el costo real.</p>

Tabla 112

Variables de salida – Seguimiento, control y actualización (modelo final)

	Código	Variable	Definición
Salida	S-SCA 1	Informes de desempeño	Documentos y gráficos que presentan el desempeño del proyecto en un período determinado. Estos informes se elaboran principalmente para los patrocinadores y la gerencia de las áreas interesadas.
	S-SCA 3	Actualización de planes y diseños	Actualización de los documentos desarrollados en la etapa de planeación del proyecto. Esta actualización se lleva a cabo una vez se cumpla un <i>sprint</i> del proyecto.
	S-SCA 4	Actualización del <i>product backlog</i> (requerimientos del producto)	Actualización del <i>product backlog</i> , insertando nuevos requerimientos redactados en historias de usuario. Este se actualiza una vez se cumpla un <i>sprint</i> del proyecto.
	S-SCA 5	Actualización del registro de impedimentos	Actualización del documento que lleva registrados todos los impedimentos abiertos, pendientes y resueltos de los <i>sprints</i> del producto. Este registro se actualiza cada vez que se hacen reuniones para resolver los impedimentos, ya sea en la reunión diaria o en la reunión de planificación del <i>sprint</i> .

12.1.5. FINALIZACIÓN

ETAPA: CIERRE

El objetivo de esta etapa es efectuar los tres cierres requeridos por la organización al momento de finalizar un proyecto: técnico, financiero y final, que se describe a continuación.

Cierre técnico: recepción de toda la documentación técnica (planos, documentos, códigos, manuales, actas de reuniones, etc.), así como las actas de entrenamiento del personal. El propósito de este cierre es garantizar que el personal de operación del sistema tenga toda la documentación y el entrenamiento necesario para el uso seguro y adecuado del sistema. El cierre técnico debe tener como respaldo un acta de cierre firmada por el cliente y por el gerente del proyecto.

Cierre financiero: recepción de todas las órdenes de trabajo en el ERP. Igualmente, se realiza cierre de todos los contratos de servicios y adquisiciones existentes con los proveedores. Una vez recibidas todas las órdenes y cerrados los contratos se debe realizar el cierre de todas las cuentas del proyecto en el ERP.

Cierre final: se lleva a cabo una vez finalizan el cierre técnico y el financiero. Consiste en un reporte final del proyecto, donde se presenta el último plan del proyecto actualizado, el registro de impedimentos y las lecciones aprendidas. Con el informe final se adjunta el acta de cierre final, firmada por todos los patrocinadores (incluido el cliente) y por el gerente del proyecto.

Tabla 113

Variables de entrada – Cierre (modelo final)

	Código	Variable	Modelo
Entrada	E-CI 1	Producto aceptado o rechazado según criterios de terminado.	Ver definición en la tabla XX.
	E-CI 3	Acta de entrega del producto según criterios de terminado.	Ver definición en la tabla XX.
	E-CI 4	Producto final aceptado o rechazado.	Ver definición en la tabla XX.

Tabla 114

Técnicas y herramientas – Cierre (modelo final)

Técnicas y herramientas	H-CI 2	Taller de lecciones aprendidas	Taller de grupo que se realiza con el equipo del proyecto, con el fin de registrar las lecciones aprendidas durante un <i>sprint</i> del proyecto o al final del último <i>sprint</i> del proyecto. Para su registro se sigue lo descrito en la <i>Guía del PMBOK</i> (PMI, 2017a), en la cual se recomienda clasificarlas por categorías, descripción de la situación, el impacto que tuvo en el proyecto, recomendaciones y acciones propuestas.
	H-CI 3	Actas de cierre	Documentos que registran el cierre del proyecto. Como mínimo, Cementos Argos requiere que existan tres actas de cierre: cierre financiero, cierre técnico y cierre final.

Tabla 115

Variables de salida – Cierre (modelo final)

Salida	S-CI 2	Creación de activos	Documentación de los activos creados por el proyecto, los cuales son registrados en el Sistema de Recursos de la Organización (ERP). Normalmente esto lo realiza el área contable, ya que es un requisito para gestionar la contabilidad de la compañía.
	S-CI 3	Soporte y servicio posventa	Servicios pactados de manera contractual que se puedan generar con un proveedor luego de la implementación de un proyecto. Generalmente estos servicios son prestados por los proveedores de equipos y sistemas del producto entregado.
	S-CI 6	Informe final	Documento que contiene el acta de cierre final, todos los registros de pruebas generados durante los <i>sprints</i> y el resultado final del producto entregado. El informe debe ser recibido a conformidad por el cliente.
	S-CI 7	Cierre financiero	Acta que presenta el balance financiero del proyecto. Este cierre se realiza con apoyo del área financiera y debe ser soportado con los datos registrados en el Sistema de Recursos de la Organización (ERP), en la cual se registran todas las transacciones.
	S-CI 8	Cierre técnico	Acta desarrollada por el gerente del proyecto, en la cual se hace entrega de todos los diseños y documentos finales generados luego de entregar el producto a conformidad.

13.CONCLUSIONES

El objetivo fundamental de este trabajo de grado era diseñar un modelo de gestión de proyectos de TI basado en enfoques híbridos, de tal manera que se le pudiera ofrecer un marco de referencia a la dirección de proyectos de la Gerencia de Informática y Digital de Cementos Argos, el cual permitiera implementar un Sistema de Ejecución de Manufactura (MES) de manera ágil, necesario para darle respuesta al creciente desarrollo de las distintas tecnologías de Industria 4.0 en la industria cementera.

El aporte principal de este trabajo fue diseñar y validar un modelo híbrido de gestión de proyectos adaptado a las necesidades y procesos existentes de la organización, y generar una propuesta de cambio al paradigma actual de gestión de proyectos de la compañía. De acuerdo con los datos recopilados en las encuestas, el paradigma actual es ampliamente conocido pero no goza de mucha popularidad, ya que por la experiencia se ha demostrado la poca eficacia en la implementación de este tipo de proyectos donde la incertidumbre es alta. Sin embargo, saber que el proceso de proyectos es ampliamente conocido dentro de la organización permitió confirmar el hecho de usar el proceso de proyectos existente como la base para elaborar el primer diseño. Así, de esta forma el modelo propuesto se presentó como una mejora al existente.

En la investigación se evidencia la necesidad de implementar *metodologías ágiles* en la organización. La mayoría concuerda en que en Cementos Argos las cosas se hacen demasiado lentas y que la agilidad debe ser algo determinante a la hora de gestionar un proyecto. El modelo propuesto no pretende ser la solución a la falta de agilidad en la compañía, pero sí es una primera aproximación a la manera en que se deben adoptar el *prácticas de metodologías ágiles* en la organización; sin embargo, la revisión bibliográfica existente y los diversos estudios realizados muestran que la tendencia en las organizaciones no es utilizar enfoques totalmente

ágiles, sino utilizar enfoques híbridos, con el fin de introducir algunas prácticas ágiles en entornos de gestión de proyectos tradicionales. El modelo propuesto va en línea con esta tendencia, ya que su diseño se basó en implementar algunas prácticas ágiles en determinadas etapas del proceso de proyectos existente. Esto también minimiza la resistencia que pueda existir al momento de implementar el modelo en la organización, ya que en Cementos Argos está fuertemente arraigado un paradigma tradicional en gestión de proyectos, en la cual todo debe estar bien planeado y definido desde el comienzo para luego ejecutar de manera secuencial.

Por medio de esta investigación también quedó demostrado el poco conocimiento y experiencia en el uso de metodologías y prácticas ágiles que tienen las personas que trabajan en proyectos dentro de Cementos Argos, los cuales fueron la población de estudio de la presente investigación. Este factor es muy relevante, ya que introducir prácticas ágiles puede generar un impacto significativo para el personal que trabaja en gestión de proyectos. Por esto se recomienda implementar inicialmente el modelo en proyectos piloto o en pequeños prototipos que en un futuro puedan ser funcionales para la implementación del MES, con el fin de aprender los conceptos y mejorar los procesos, técnicas y herramientas propuestos. Es evidente que la validación de algunas variables, técnicas y herramientas puede estar algo sesgada por esta inexperiencia en el uso de metodologías ágiles, por lo cual se deberá realizar una posterior validación del modelo una vez sea probado en un proyecto piloto o en un prototipo.

Otra evidencia presentada en los datos analizados en esta investigación es no solo la necesidad de implementar un sistema MES en Cementos Argos, sino la importancia que este tiene para la toma de decisiones, donde la principal preocupación es la calidad de los datos que se almacenan en estos sistemas. Esta necesidad puede apalancar el uso del modelo propuesto en el momento en que se decida llevar a cabo este proyecto.

El desarrollo de la investigación evidencia que de un modelo a otro existió una especie de evolución o mejora, en donde cada modelo se fue adaptando a las necesidades expuestas por los expertos en las encuestas y en conversaciones con ellos. Se puede decir que la construcción del modelo final se hizo bajo un proceso iterativo e incremental. Si bien la metodología propuesta en el trabajo no propuso este desarrollo iterativo e incremental, la naturaleza del producto desarrollado en este trabajo de grado llevó a que se realizara usando algunos conceptos del *agilísimo*. En la tercera encuesta los expertos seleccionaron el tercer modelo conceptual diseñado, ya que este recogía en general las recomendaciones dadas por la mayoría, así como también las variables, técnicas y herramientas de mayor consenso.

Finalmente, se puede concluir que los modelos conceptuales propuestos tuvieron en general buena aceptación por parte de los expertos encuestados, y la mayoría concuerda en que un modelo híbrido es la solución que se requiere para implementar un proyecto de un sistema MES. Se espera que para futuras investigaciones se haga una implementación práctica del modelo en un proyecto piloto que marque el inicio de la implementación del MES, de tal manera que permita efectuarles una validación adicional a las variables, técnicas y herramientas presentadas en el modelo final.

Como aclaración final, hay que tener en cuenta que esta investigación presenta varias restricciones y limitaciones. La primera, es el hecho de que el modelo solo puede ser aplicado en Cementos Argos para proyectos de implementación de sistemas MES o similares. La segunda, es que el modelo con sus variables solo pudo ser validado por personal interno. Dado que el objetivo de este trabajo era diseñar un modelo con alcance corporativo, se decidió no hacer esta validación con personal externo; sin embargo, una validación con personal externo podría darle mayor validez. Esto se propone como una mejora para futuras investigaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas, N., Gravell, A., & Wills, G. (2008). Historical Roots of Agile Methods: Where Did “Agile Thinking” Come From? *International Conference on Agile Processes and Extreme Programming in Software Engineering*, 94-103. https://doi.org/10.1007/978-3-540-68255-4_10
- Andi (2018). ¿Quiénes somos? *Transformación Digital*. Recuperado el 10 de mayo de 2018, de <http://www.andi.com.co/Home/Pagina/19-transformacion-digital>
- Andi (2017a). *Encuesta de Transformación Digital 2017*. Disponible en <http://www.andi.com.co/Uploads/Encuesta%20Transformaci%C3%B3n%20Digital%20ANDI.pdf>
- Andi (2017b). *Estrategia para una nueva industrialización II*. Recuperado de <http://proyectos.andi.com.co/Libro2/Paginas/assets/docs/estrategia-para-una-nueva-industrializacion-ii.pdf>
- Andi (2016). Encuesta de opinión conjunta Industrial, 1-11. Recuperado de <http://www.andi.com.co/SitEco/Documents/Informe EOIC Mayo 2016.pdf>
- Arica, E., & Powell, D. J. (2017). Status and Future of Manufacturing Execution Systems. *2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 2000-2004. doi:10.1109/IEEM.2017.8290242
- Banco de la República (2018). *Informe de la Junta Directiva al Congreso de la República*. Recuperado de [http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/informe-congreso-marzo-2018 .pdf](http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/informe-congreso-marzo-2018.pdf)
- Bashir, S., & Qureshi, R. (2012). Hybrid Software Development Approach for Small to Medium Scale Projects: RUP XP & Scrum. *Sci.Int. (Lahore)*, 24(4), 381-384. Recuperado de [http://www.sci-int.com/pdf/197094943510-Integration of](http://www.sci-int.com/pdf/197094943510-Integration%20of%20RUP%20XP%20and%20Scrum%20for%20Small%20to%20Medium%20Scale%20Projects.pdf)

XP-RUP-Scrum Rizwan Jamil -S381-384.pdf

Becerra, K., & Palacios, G. (2003). Converting raw data into information-the CEMEX PIMS approach. *Cement Industry Technical Conference. IEEE-IAS/PCA*, 333-344. <https://doi.org/10.1109/CITCON.2003.1204734>

Cementos Argos (20 de abril, 2018a). *Información relevante – Cementos Argos S.A.* Recuperado de https://ir.argos.co/Portals/1/Temp/841/Situaciones%20legales%20del%20emisor_abril%2020.pdf

Cementos Argos (2018b). *Sitio para Inversionistas*. Recuperado el 10 de mayo de 2018, de <https://www.argos.co/ir/informacion-financiera/accion>

Cementos Argos (17 de agosto, 2017). *Argos BEST day* [presentación en PowerPoint]. Disponible en <https://argos.co/Portals/1/Temp/410/PPT%20ABD%20%20VF%20ESP.pdf>

Cementos Argos (2016a). *Construyendo eficiencia y sostenibilidad para el mañana: BEST*.

Cementos Argos (2016b). *Proceso de Proyectos*.

Cementos Argos (2011). *Código de Conducta Empresarial*. Recuperado de <https://ir.argos.co/Gobierno-Corporativo/Buenas-Pr%C3%A1cticas/C%C3%B3digo-de-Conducta-Empresarial>

CGI Group (2016). *MES Product Survey 2016* (17^a. ed.). Recuperado de https://www.cginederland.nl/sites/default/files/files_nl/brochures/cgi-nl_brochure_mes-product-survey-2016.pdf

Cho, J. (2009). A hybrid software development method for large-scale projects: rational unified process with scrum. *Issues in Information System*, 10(2). Recuperado de [http://users.jyu.fi/~mieijala/kandimateriaali/a hybrid software development method for largescale projects.pdf](http://users.jyu.fi/~mieijala/kandimateriaali/a%20hybrid%20software%20development%20method%20for%20largescale%20projects.pdf)

Collabnet & Versionone (2018). *12th State of Agile Report*.

- Concreto (2017). Impresora 3D Gran Formato: el futuro es ahora. Recuperado el 10 de mayo de 2018, de <https://concreto.com/noticia-1/>
- Cooper, R., & Sommer, A. (2016). Agile-Stage-Gate: New idea-to-launch method for manufactured new products is faster, more responsive. *Industrial Marketing Management*, 59, 167-180. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2016.10.006>
- Departamento Nacional de Planeación – DNP (2004). Cemento y sus aplicaciones Generalidades de la Cadena Productiva. Recuperado de [https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo Empresarial/cemento.pdf](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo+Empresarial/cemento.pdf)
- Dinero (15 de marzo, 2018). *La mala racha de la industria cementera en Colombia*. Recuperado de <https://www.dinero.com/edicion-impres/negocios/articulo/estado-de-las-cementeras-en-colombia/256335>
- Escobar-Pérez, J., y Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: Una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, 6(1), 27-36.
- Fraser, J., Muroski, M., Cloughley, S., Sanborn, R. Dickey, R., Kilgore, G. ... Schaeffer, J. (1997). MESA White Paper #06, MES Explained: A High Level Vision for Executives. *MESA International*. Disponible en <https://services.mesa.org/resourcelibrary/showresource/334444c5-388f-4360-beb4-3c86dc0f4de4>
- Gartner (2018). Chief Information Officer (CIO). *Gartner IT Glossary*. Recuperado el 22 de abril de 2018, de <https://www.gartner.com/it-glossary/cio-chief-information-officer>
- George, C., & Trujillo, L. (2018). Application of the Modified Delphi Method for the Validation of a Questionnaire on the Incorporation of ICT in Teaching Practice. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 11(1), 113-135. <https://doi.org/10.15366/riee2018.11.1.007>
- Greenfield, D. (2017). *Automation Networks: From Pyramid to Pillar*. Recuperado el 28 de abril de 2018, de <https://www.automationworld.com/automation->

networks-pyramid-pillar

- Grupo ASSA (2015). *The gA Center for Digital Business Transformation in Latin America*. Recuperado de <http://www.grupoassa.com/PDF/Latam-40-dBT-in-the-Value-Chain.pdf>
- Hadjimichael, B. (2004). *Manufacturing Execution Systems Integration and Intelligence* [tesis de Maestría]. McGill University, Montreal. Recuperado de <http://www.cim.mcgill.ca/~ialab/ev/BH110248010MENG.pdf>
- Harzing.com (6 de febrero, 2016). *Publish or Perish*. Disponible en <https://harzing.com/resources/publish-or-perish>
- Hayata, T., & Han, J. (2011). A hybrid model for IT project with Scrum. *Proceedings of 2011 IEEE International Conference on Service Operations, Logistics and Informatics*, 285-290. <https://doi.org/10.1109/SOLI.2011.5986572>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª. ed.). México D.F.: McGraw-Hill.
- Highsmith, J. (2001). *History: The Agile Manifesto*. Recuperado el 23 de abril de 2018, de <http://agilemanifesto.org/history.html>
- Highsmith, J., & Cockburn, A. (2001). Agile software development: The business of innovation. *Computer*, 34(9), 120-127. <https://doi.org/10.1109/2.947100>
- Intland Software (2016). *When, Why, and How to Use an Agile-Waterfall Hybrid Methodology What is the Agile-Waterfall Hybrid methodology*. Disponible en <https://content.intland.com/blog/agile/when-why-how-to-use-the-hybrid-model>
- Jing, S., & Wang, X. (2009). MES based on data integration in cement enterprise. *Proceedings - 2009 Ninth International Conference on Hybrid Intelligent Systems, HIS 2009*, 2, 138-143. <https://doi.org/10.1109/HIS.2009.320>
- Kagermann, H., Wolf-Dieter, L., W.-D., & Wahlster, W. (1 de abril, 2011). *Industrie 4.0 Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur vierten industriellen*

Revolution. *VDI Nachrichten*. Disponible en http://www.wolfgang-wahlster.de/wordpress/wp-content/uploads/Industrie_4_0_Mit_dem_Internet_der_Dinge_auf_dem_Weg_zur_vierten_industriellen_Revolution_2.pdf

Kletti, J. (2007). *Manufacturing Execution Systems – MES*. Berlin: Springer-Verlag.

KPMG (2017). Agile Project Delivery. How to increase project success in a hybrid world? *2017 survey on project and programme management*. <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/nl/pdf/2017/advisory/agile-project-delivery-survey.pdf>

Lesmana, P., Karimah, R., & Widiawan, B. (2017). Agile-Waterfall hybrid for prevention information system of dengue viral infections: A case study in Health Department of Jember, East Java, Indonesia. *14th International Conference on ICT and Knowledge Engineering (ICT&KE)*. <https://doi.org/10.1109/ICTKE.2016.7804090>

Lo Giudice, D., Mines, C., LeClaire, A., Deya, L., & Reese, A. (14 de diciembre, 2017). *The State Of Agile 2017: Agile At Scale*. Disponible en <https://www.forrester.com/report/The+State+Of+Agile+2017+Agile+At+Scale/-/E-RES140411>

Monitor Empresarial de Reputación Corporativa – Merco (2017). Ranking Empresarial 2017. Colombia. *Mercoempresas*. Recuperado el 10 de mayo de 2018, de <http://merco.info/co/ranking-merco-empresas?edicion=2017>

Ministério da Indústria Comércio Exterior e Serviços (2018). *Agenda brasileira para a Indústria 4.0*. Recuperado el 10 de mayo de 2018, de <http://www.industria40.gov.br/>

MinTIC (2017). Colombia 4.0, cumbre de Contenidos Digitales de Colombia. Recuperado el 14 de abril de 2018, de <http://col30.co/638/w3-channel.html>

Miranda, A. (2016). Industria 4.0. *NC Tech*. Recuperado el 10 de mayo de 2018, de <https://nctech.com.mx/blog/2016/06/22/Industria-4.0-by-NC-Tech/>

- Müller, R., Vette, M., Hörauf, L., Speicher, C., & Burkhard, D. (2017). Lean information and communication tool to connect shop and top floor in small and medium-sized enterprises. *Procedia Manufacturing*, 11(11), 1043-1052. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.215>
- Mushtaq, Z., & Qureshi, R. (2012). Novel Hybrid Model: Integrating Scrum and XP. *International Journal of Information Technology and Computer Science (IJITCS)*, 4(6), 39-44. <https://doi.org/10.5815/ijitcs.2012.06.06>
- Nanterme, P., & Daugherty, P. (2018). Accenture Technology Vision 2018 – Tech Trends Report. *Accenture Technology Vision*. Recuperado de https://www.accenture.com/t20180227T215953Z__w_/us-en/_acnmedia/Accenture/next-gen-7/tech-vision-2018/pdf/Accenture-TechVision-2018-Tech-Trends-Report.pdf
- Phillips, D. (2010). Mejorar las decisiones como Director de Proyectos. *Centro de Conocimiento del PMI*. Recuperado de https://americalatina.pmi.org/latam/KnowledgeCenter/Articles/~/_/media/F9D67774D42A4784B207CA401B59795D.ashx
- Polo, F., y Magalhães, F. (2016). I Estudio de Transformación Digital en Colombia. Bogotá: Territorio Creativo, Colombia Digital, BBVA, MinTIC. Recuperado de <http://www.juancmejia.com/wp-content/uploads/2016/10/Primer-estudio-de-Transformación-Digital-en-Colombia-2016-Libro-Ebook-Gratis.pdf>
- Project Management Institute – PMI (2018). Success in Disruptive Times. *Pulse of the Profession 2018*. Newtown Square: el autor. Recuperado de <https://www.pmi.org/learning/thought-leadership/pulse/pulse-of-the-profession-2018>
- Project Management Institute – PMI (2017a). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)* (6th ed.). Newtown Square: el autor. Recuperado de <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok/sixth-edition>

- Project Management Institute – PMI (2017b). Success Rates Rise 2017 9th Global Project Management Survey. *Pulse of the Profession*. Recuperado de <https://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/learning/thought-leadership/pulse/pulse-of-the-profession-2017.pdf>
- Project Management Institute – PMI & Agile Alliance (2017c). *Agile Practice Guide* (6a. ed.). Newtown Square: PMI.
- PwC (2016). Industry 4.0: Building the digital enterprise. *2016 Global Industry 4.0 Survey*. Recuperado de <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
- PwC (2012). *Insights and Trends: Current Portfolio, Programme, and Project Management Practices. The third global survey on the current state of project management*. Recuperado de <https://www.pwc.com.tr/en/publications/arastirmalar/pages/pwc-global-project-management-report-small.pdf>
- Rajnai, Z., & Kocsis, I. (2018). Assessing Industry 4.0 Readiness of Enterprises. *IEEE 16th World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI)*, 225-230. DOI: 10.1109/SAMI.2018.8324844
- Rasool, G., Aftab, S., Hussain, S., & Streitferdt, D. (2013). eXRUP: A Hybrid Software Development Model for Small to Medium Scale Projects. *Journal of Software Engineering and Applications*, 6(9), 446-457. <https://doi.org/10.4236/jsea.2013.69055>
- Royce, W. (1970). Managing the development of large software systems. *Proceedings, IEEE WESCON* (The Institute of Electrical and Electronic Engineers), 328-338. Recuperado de <http://www-scf.usc.edu/~csci201/lectures/Lecture11/royce1970.pdf>
- Schuh, G., Rebentisch, E., Riesener, M., Diels, F., & Eich, S. (2017). Agile-Waterfall Hybrid Product Development in the manufacturing industry – Introducing guidelines for implementation of parallel use of the two models. *2017 IEEE*

- International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 725-729. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2017.8289986>
- Schwaber, K., y Sutherland, J. (2017). *La Guía de Scrum*. Recuperado de <http://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v2017/2017-Scrum-Guide-Spanish-SouthAmerican.pdf#zoom=100>
- Scrum Alliance (2017). *State of Scrum 2017-2018. Scaling and agile transformation*. Recuperado de [https://www.scrumalliance.org/scrum/media/ScrumAllianceMedia/Files and PDFs/State of Scrum/2017-SoSR-Final-Version-\(Pages\).pdf](https://www.scrumalliance.org/scrum/media/ScrumAllianceMedia/Files%20and%20PDFs/State%20of%20Scrum/2017-SoSR-Final-Version-(Pages).pdf)
- SCRUMStudy (2016). *SCRUM Book of Knowledge (Guía SBOK™)*. 2016 Edición. Phoenix: el autor.
- Shrivastava, A. (2013). Best Practices for Global MES Rollouts. *Cognizant 20-20 Insights*. Recuperado de <https://www.cognizant.com/whitepapers/Best-Practices-for-Global-MES-Rollouts.pdf>
- Superintendencia de Industria y Comercio – SIC (2018). Resolución 23157 del 6 de abril de 2018. Disponible en https://www.sic.gov.co/sites/default/files/estados/052018/RESOLUCION_23157_CEMENTOS_PUBLICA.pdf
- Superintendencia de Industria y Comercio – SIC (2017). *Por cartelización empresarial en el mercado del cemento, Superindustria sanciona a ARGOS, CEMEX y HOLCIM*. Recuperado el 14 de abril de 2018, de <http://www.sic.gov.co/noticias/por-cartelizacion-empresarial-en-el-mercado-del-cemento-superindustria-sanciona-a-argos-cemex-y-holcim>
- Takeuchi, H., & Nonaka, I. (1986). The New New Product Development Game. *Harvard Business Review*, 64(1), 137-146. DOI: 10.1016/0737-6782(86)90053-6
- Toljaga-Nikolic, D., Petrovic, D., & Mihic, M. (2017). How to choose the appropriate project management approach? *2017 12th International Scientific and*

Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). <https://doi.org/10.1109/STC-CSIT.2017.8099448>

Trotta, D., & Garengo, P. (2018). Industry 4.0 key research topics: A bibliometric review. *2018 7th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)*, 113-117. <https://doi.org/10.1109/ICITM.2018.8333930>

University System of Georgia (2018). USG Information Technology Handbook – IT, versión 2.7.

Van der Meijs, S., Bruins, T., Groosman, J., Jalving, D., Olieman, P., Oudega, R., & van Brummelen, J. (2017). Agile Project Delivery - How to increase project success in a hybrid world? *KPMG - 2017 Survey on Project and Programme Management*, 1-27. Disponible en <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/nl/pdf/2017/advisory/agile-project-delivery-survey.pdf>

Van Waardenburg, G., & Van Vliet, H. (2013). When agile meets the enterprise. *Information and Software Technology*, 55(12), 2154-2171. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2013.07.012>

Vrhovec, S. (2016). Agile development of a hospital information system. *39th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO 2016 - Proceedings*, 416-421. <https://doi.org/10.1109/MIPRO.2016.7522179>

Wankhede, R. (2016). *Hybrid Agile Approach: Efficiently Blending Traditional and Agile Methodologies* [tesis de Maestría]. Harrisburg University of Science and Technology. Recuperado de http://digitalcommons.harrisburgu.edu/pmgt_dandt

Wells, H., Dalcher, D., & Smyth, H. (2015). The adoption of agile management practices in a traditional project environment: An IT/IS case study. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 2015-March*, 4446–4453. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2015.532>

- West, D., Gilpin, M., Grant, T., & Anderson, A. (26 de julio, 2011). *Water-Scrum-Fall Is The Reality Of Agile For Most Organizations Today. For Application Development & Delivery Professionals*. Cambridge: Forrester Research.
- Zartha, J., Montes, J., Vargas, E., Arias, O., y Hoyos, J. (2015). El Método Delphi modificado. Un acercamiento desde la Metodología de Sistemas Suaves. *Espacios*, 36(17), 1-19. Disponible en http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/65449/Revista%20ESPACIOS%20_%20Vol.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Zartha, J., Orozco, G., Álvarez, V., Palacio, J., Castaño, Y., y Cano, V. (2019). *Modelos de gestión de la innovación en agronegocios Modelos de gestión de la innovación en agronegocios*. Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín. Disponible en <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/4556>

ANEXO A

Autor	Título	Libro/revista/ conferencia	Año	Relación con la temática	Clasifi- cación
Collabnet; Versiononecom	12th State of Agile Report		2018	Agile	5
Gartner	Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2018		2018	Industry 4.0, Information Technology	5
McNeil, Patrick	Secure internet of things deployment in the cement industry	IEEE Industry Applications Magazine	2018	Cement Industry, Industry 4.0, MES	5
Accenture	Accenture Technology Vision 2018 - Tech Trends Report	Accenture Technology Vision	2018	Industry 4.0	5
Project Management Institute	Success in Disruptive Times	Pulse of the Profession	2018	Project Management	5
Rajnai, Zoltán; Kocsis, István	Assessing Industry 4. 0 Readiness of Enterprises	IEEE 16th World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics	2018	Industry 4.0	5
Schuh, Günther; Anderl, Reiner; Gausemeier, Jürgen; Ten Hompel, Michael; Wahlster, Wolfgang	Industrie 4.0 Maturity Index		2018	Industry 4.0	5

Autor	Título	Libro/revista/ conferencia	Año	Relación con la temática	Clasifi- cación
Trotta, Dennis; Garengo, Patrizia	Industry 4.0 key research topics: A bibliometric review	7th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)	2018	Industry 4.0	5
Wang, David	Building Value in a World of Technological Change: Data Analytics and Industry 4.0	IEEE Engineering Management Review	2018	Industry 4.0	5
Arica, E.; Powell, D. J.	Status and Future of Manufacturing Execution Systems		2017	MES, Industry 4.0	5
Cementos Argos	Argos BEST day		2017	Argos	5
Darrin, M. A. G.; Devereux, W. S.	The Agile Manifesto, design thinking and systems engineering	11th Annual IEEE International Systems Conference, SysCon 2017	2017	Agile	5
Perez Veiga, Alberto	Project Success in Agile Development Projects		2017	Agile	5
KPGM	Driving Business Performance: Project Management 2017		2017	Project Management	5

Autor	Título	Libro/revista/ conferencia	Año	Relación con la temática	Clasifi- cación
Kuhrmann, Marco; Hanser, Eckhart; Prause, Christian R.; Diebold, Philipp; Münch, Jürgen; Tell, Paolo; Garousi, Vahid; Felderer, Michael; Trektene, Kitija; McCaffery, Fergal; Linssen, Oliver	Hybrid software and system development in practice: waterfall, scrum, and beyond	Proceedings of the 2017 International Conference on Software and System Process - ICSSP 2017	2017	Agile, Hybrid, Waterfall	5
Lesmana, I. Putu Dody; Karimah, Rinda Nurul; Widiawan, Beni	Agile-Waterfall hybrid for prevention information system of dengue viral infections: A case study in Health Department of Jember, East Java, Indonesia	International Conference on ICT and Knowledge Engineering	2017	Agile, Hybrid, Scrum, Waterfall	5
Lo Giudice, Diego; Mines, C., LeClaire, A., Deya, L., & Reese, A.	The State Of Agile 2017: Agile At Scale		2017	Agile	5
Müller, Rainer; Vette, Matthias; Hörauf, Leenhard; Speicher, Christoph; Burkhard, Dirk	Lean information and communication tool to connect shop and top floor in small and medium-sized enterprises	Procedia Manufacturing	2017	Agile, MES	5
Padhi, Nikhil	Setting up a Smart Factory (Industry 4.0)-A Practical Approach		2017	Industry 4.0	5
Paes, Richard; Mazur, David C.; Venné, Bruce K.; Ostrzenski, Jack	A guide to securing industrial control networks - (IT/OT) convergence	Petroleum and Chemical Industry Committee	2017	MES	5

Autor	Título	Libro/revista/ conferencia	Año	Relación con la temática	Clasifi- cación
Project Management Institute; Agile Alliance	Agile Practice Guide.pdf		2017	Agile	5
Project Management Institute	PMBOK Guide.pdf		2017	Project Management	5
Project Management Institute	Success Rates Rise 2017 9th Global Project Management	Pulse of the Profession	2017	Project Management	5
PWC	Industry 4.0 Smart Manufacturing Analytics Platform		2017	Industry 4.0	5
Sanchez, Otávio Próspero; Terlizzi, Marco Alexandre; de Moraes, Heverton Roberto de Oliveira Cesar	Cost and time project management success factors for information systems development projects	International Journal of Project Management	2017	Agile, Information Technology, MES	5
Schuh, Günther; Rebentisch, Eric; Riesener, Michael; Diels, Frederic; Eich, Steffen	Agile-Waterfall Hybrid Product Development in the manufacturing industry – Introducing guidelines for implementation of parallel use of the two models		2017	Agile, Hybrid, Waterfall	5
Schwaber, Ken; Sutherland, Jeff	La Guía de Scrum		2017	Scrum	5
Scrum Alliance	State of Scrum 2017-2018		2017	Agile, Scrum	5
Shimoda, Atsushi; Yaguchi, Kazuyuki	A Method of Setting the Order of User Story Development of an Agile-Waterfall Hybrid Method by	Proceedings - 2017 6th IIAI International Congress on	2017	Agile, Hybrid, Waterfall	5

Autor	Título	Libro/revista/ conferencia	Año	Relación con la temática	Clasifi- cación
	Focusing on Common Objects	Advanced Applied Informatics, IIAI-AAI 2017			
van der Meijs, Sander; Bruins, Theo; Groosman, Joost; Jalving, Daan; Olieman, Paul; Oudega, Ron; van Brummelen, Jos	Agile Project Delivery - How to increase project success in a hybrid world?	KPMG – 2017 on project and programme management	2017	Agile, Hybrid	5
Villavicencio, Monica; Narvaez, Erika; Izquierdo, Edgar; Pincay, Jhonny	Learning scrum by doing real-life projects	IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON	2017	Agile, Scrum	5
Wellingtone Project Management	The State of Project Management Annual 2017		2017	Project Management	5
Werewka, Jan; Spiechowicz, Anna	Enterprise Architecture Approach to SCRUM Processes, Sprint Retrospective Example	Federated Conference on Computer Science and Information Systems	2017	Agile, Scrum	5
Ali, Shahid; Tirumala, S. S.; Babu G, Anjan	A Hybrid Agile model using SCRUM and Feature Driven Development	International Journal of Computer Applications	2016	Agile, Hybrid, Scrum	5
CGI Group	MES Product 2016		2016	MES	5

Autor	Título	Libro/revista/ conferencia	Año	Relación con la temática	Clasifi- cación
Cooper, Robert G.; Sommer, Anita F.	The Agile-Stage-Gate Hybrid Model: A Promising New Approach and a New Research Opportunity	Journal of Product Innovation Management	2016	Agile, Hybrid, Waterfall	5
Cooper, Robert G.; Sommer, Anita F.	Agile-Stage-Gate: New idea-to-launch method for manufactured new products is faster, more responsive	Industrial Marketing Management	2016	Agile, Hybrid, Waterfall	5
Harwardt, Mark	Criteria of Successful IT Projects from Management's Perspective	Open Journal of Information Systems (OJIS)	2016	Information Technology, Project Management	5
Ibermática	Sistema MES		2016	MES	5
Intland Software	When , Why , and How to Use an Agile-Waterfall Hybrid Methodology What is the Agile-Waterfall Hybrid methodology ?		2016	Agile, Hybrid, Waterfall	5
Liubchenko, Vira	A Review of Agile Practices for Project Management	Computer Sciences and Information Technologies - Proceedings of the 11th International Scientific and Technical	2016	Agile, Scrum	5

Autor	Título	Libro/revista/ conferencia	Año	Relación con la temática	Clasifi- cación
		Conference, CSIT 2016			
Mahmoud, M. I.; Ammar, Hossam Hassan; Hamdy, Mohamed M.; Eissa, Mostafa Hassan	Production operation management using Manufacturing Execution Systems (MES)	2015 11th International Computer Engineering Conference: Today Information Society What's Next?, ICENCO 2015	2016	MES	5
McNeil, Patrick	Secure IoT Deployment in the Cement Industry	IEEE/CIC	2016	Cement Industry, Industry 4.0	5
PWC	Industry 4.0: Building the digital enterprise	2016 Global Industry 4.0	2016	Industry 4.0	5
Silva, Vanessa B. S.; Schramm, Fernando; Damasceno, Adriana C.	A multicriteria approach for selection of agile methodologies in software development projects	IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics	2016	Agile, Project Management	5
Song, Dachuan; Jing, Shaohong	Data synchronization solution in cement enterprise	Chinese Control Conference, CCC	2016	Cement Industry, MES	5

Autor	Título	Libro/revista/ conferencia	Año	Relación con la temática	Clasifi- cación
Vrhovec, S. L. R.	Agile development of a hospital information system	39th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO 2016 - Proceedings	2016	Agile, MES	5
Wankhede, Rashmi	Hybrid Agile Approach: Efficiently Blending Traditional and Agile Methodologies	Harrisburg University of Science and Technology	2016	Agile, Hybrid, Waterfall	5
Wrike Inc.	Choose Your Project Management Methodology		2016	Agile, Project Management	5
Association of Project Managers	The Practical Adoption of Agile Methodologies		2015	Agile	5
Campanelli, Amadeu Silveira; Parreiras, Fernando Silva	Agile methods tailoring - A systematic literature review	Journal of Systems and Software	2015	Agile, Hybrid	5
Conforto, Edivandro C.; Amaral, Daniel C.	Agile project management and stage-gate model. A hybrid framework for technology-based companies	Journal of Engineering and Technology	2015	Agile, Waterfall	5

Autor	Título	Libro/revista/ conferencia	Año	Relación con la temática	Clasifi- cación
		Management - JET-M			
IMPULS-Stiftung	Indsutrie 4.0 Readiness		2015	Industry 4.0	5
Naedele, Martin; Chen, Hong Mei; Kazman, Rick; Cai, Yuanfang; Xiao, Lu; Silva, Carlos V. A.	Manufacturing execution systems: A vision for managing software development	Journal of Systems and Software	2015	MES	5
Piraquive, F. N. D.; Crespo, R. G.; García, V. H. M.	Analysis and Improvement of the Management of IT Projects	IEEE Latin America Transactions	2015	Information Technology, Project Management	5
Theocharis, Georgios; Kuhrmann, Marco; Münch, Jürgen; Diebold, Philipp	Is Water - Scrum - Fall Reality ? On the Use of Agile and Traditional Development Practices		2015	Agile, Hybrid, Scrum, Waterfall	5
Wells, Hany; Dalcher, Darren; Smyth, Hedley	The adoption of agile management practices in a traditional project environment: An IT/IS case study	Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences	2015	Agile, Hybrid, MES	5
Ahmad, Gul; Soomro, T. R.; Brohi, M. N.	XSR: Novel Hybrid Software Development Model (Integrating XP, Scrum & RUP)	International Journal of Soft Computing and	2014	Agile, Hybrid, Waterfall	5

Autor	Título	Libro/revista/ conferencia	Año	Relación con la temática	Clasifi- cación
		Engineering (IJSCE)			
Rahmanian, M.	A Comparative Study on Hybrid IT Project Management	International Journal of Computer and Information Technology	2014	Agile, Scrum, Waterfall	5
Sultana, Saadia; Motla, Yasir Hafeez; Asghar, Sohail; Jamal, Muhammad; Azad, Romana	A hybrid model by integrating agile practices for Pakistani software industry	2014 International Conference on Electronics, Communications and Computers (CONIELECOMP)	2014	Agile, Scrum	5
Tripp, John F.; Armstrong, Deborah J.	Exploring the relationship between organizational adoption motives and the tailoring of agile methods	Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences	2014	Agile	5
Bergmann, Erick; Hamilton, Andy	Agile-Waterfall Hybrid: Living together in perfect harmony!		2013	Agile, Hybrid, Waterfall	5
Kibanov, M.; Erdmann, D. J.; Atzmueller, M.; Sprachen, T.	How to Select a Suitable Tool for a Software Development Project: Three Case Studies and the Lessons Learned.	Software Engineering ({ldots}	2013	Agile, Project Management	5

Autor	Título	Libro/revista/ conferencia	Año	Relación con la temática	Clasifi- cación
Mukhtar, Mehwish; Motla, Yasir Hafeez; Riaz, Muhammad; Khan, M. Afzaal; Ahmed, Mehmood; Abbas, M. Azeem; Naz, Hummera; Batool, Asma	A hybrid model for agile practices using case-based reasoning	2013 IEEE 4th International Conference on Software Engineering and Service Science	2013	Agile, Hybrid, Waterfall	5
Rasool, Ghulam; Aftab, Shabib; Hussain, Shafiq; Streitferdt, Detlef	eXRUP: A Hybrid Software Development Model for Small to Medium Scale Projects	Journal of Software Engineering and Applications	2013	Agile, Hybrid	5
Shrivastava, Alok	Best Practices for Global MES Rollouts Global MES System: A Business Perspective	Cognizant 20-20 Insights	2013	Agile, MES	5
Van Waardenburg, Guus; Van Vliet, Hans	When agile meets the enterprise	Information and Software Technology	2013	Agile	5
Xin, Wang; Shaohong, Jing	The Design of Cement Production Information Management Analysis System	3rd International Conference on Computer Science and Network Technology	2013	Cement Industry, MES	5
Androcec, D.; Dobrovic, Z.	Creating hybrid software engineering methods by means of metamodels	Information Technology Interfaces	2012	Agile, Hybrid, Scrum, Waterfall	5

Autor	Título	Libro/revista/ conferencia	Año	Relación con la temática	Clasifi- cación
		(ITI), Proceedings of the ITI 2012 34th International Conference on			
Bashir, Salman; Qureshi, Rizwan Jameel	Hybrid Software Development Approach for Small to Medium Scale Projects: RUP XP & Scrum	Sci.Int. (Lahore)	2012	Agile, Hybrid, Scrum, Waterfall	5
Ibermática	MES Olanet		2012	MES	5
Laanti, Maarit	Agile Methods in Large-Scale Software Development Organizations: Applicability and Model for Adoption		2012	Agile	5
Mushtaq, Zaigham; Qureshi, M. Rizwan Jameel	Novel Hybrid Model: Integrating Scrum and XP	International Journal of Information Technology and Computer Science	2012	Agile, Hybrid	5
Overhage, Sven; Schlauderer, Sebastian	Investigating the long-term acceptance of agile methodologies: An empirical study of developer perceptions in Scrum projects	Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on	2012	Agile, Scrum	5

Autor	Título	Libro/revista/ conferencia	Año	Relación con la temática	Clasifi- cación
		System Sciences			
Xu, Xukan; Zhang, Bao-feng; Lin, Jie	Management Information System Requirements Analysis Model Based on the Agile Development	International Conference on Control Engineering and Communication Technology	2012	Agile, Scrum	5
Hayata, Tomohiro; Han, Jianchao	A hybrid model for IT project with Scrum	Proceedings of 2011 IEEE International Conference on Service Operations, Logistics and Informatics	2011	Agile, Hybrid, Scrum, Waterfall	5
West, Dave; Gilpin, Mike; Grant, Tom; Anderson, Alissa	Water-Scrum-Fall Is the Reality of Agile for Most Organizations Today	For Application Development & Delivery Professionals	2011	Agile, Hybrid, Scrum, Waterfall	5
Cho, Juyun	A Hybrid Software Development Method for Large-Scale Projects: Rational Unified Process with Scrum	Issues in Information Systems	2009	Agile, Hybrid, Scrum, Waterfall	5

Autor	Título	Libro/revista/ conferencia	Año	Relación con la temática	Clasifi- cación
Cho, Juyun	A hybrid software development method for large-scale projects: rational unified process with scrum		2009	Agile, Hybrid, Scrum, Waterfall	5
De Ugarte, B. Saenz; Artiba, A.; Pellerin, R.	Manufacturing execution system - A literature review	Production Planning and Control	2009	MES	5
Jing, Shaohong; Wang, Xiaohong	MES based on data integration in cement enterprise	Proceedings - 2009 9th International Conference on Hybrid Intelligent Systems, HIS 2009	2009	Cement Industry, MES	5
Meyer, Heiko; Fuchs, Franz; Thiel, Klaus	Manufacturing Execution Systems		2009	MES	5
Nasarwanji, Ardeshir; Pearce, David; Khoudian, Petros; Worcester, Ricardo	The Impact of Manufacturing Execution Systems on Labor Overheads		2009	MES	5
Taromirad, Masoumeh; Ramsin, Raman	CEFAM: Comprehensive evaluation framework for agile methodologies	32nd Annual IEEE Software Engineering Workshop, SEW-32 2008	2009	Agile	5
Kletti, Jürgen	Manufacturing Execution Systems - MES		2007	MES	5

Autor	Título	Libro/revista/ conferencia	Año	Relación con la temática	Clasifi- cación
Kong, Hong; Jing, Shao-hong; Meng, Qing-jin; Cao, Wen-qian	Cement enterprise MES key technology research and application	Proceedings of the Sixth International Conference on Machine Learning and Cybernetics	2007	Cement Industry, MES	5
Talby, David; Keren, Arie; Force, Air; Forces, Israel Defense	Agile Software Testing in a Large-Scale Project		2006	Agile	5
Hadjimichael, Basil	Manufacturing Execution Systems Integration and Intelligence		2004	MES	5
Becerra, K.; Palacios, G.	Converting raw data into information-the CEMEX PIMS approach	Cement Industry Technical Conference. IEEE-IAS/PCA	2003	MES	5
Abrahamsson, Pekka; Salo, Outi; Ronkainen, Jussi; Warsta, Juhani	Agile software development methods: Review and analysis	Espoo, Finland: Technical Research Centre of Finland, VTT Publications	2002	Agile	5
Beck, Kent; Beedle, Mike; van Bennekum, Arie; Cockburn, Alistair; Cunningham, Ward; Fowler, Martin; Grenning, James; Highsmith, Jim; Hunt,	Agile Manifesto		2001	Agile	5

Autor	Título	Libro/revista/ conferencia	Año	Relación con la temática	Clasifi- cación
Andrew; Jeffries, Ron; Kern, Jon; Marick, Brian; Martin, Robert; Mellor, Steve; Schwaber, Ken; Sutherland, Jeff; Thomas, Dave Highsmith, Jim	History: The Agile Manifesto		2001	Agile	5
Fraser, J., Muroski, M., Cloughley, S., Sanborn, R., Dickey, R., Kilgore, G., Merley, K., Prabhakar, R., Brennolt M., Symanovich, M., Siudut, J., Armandroff, J., Massaker, W., Schaeffer, T., Leibert, J., McClellan, M., Seitz, B., Czarnowski, G., Bruhn, T., Asher, B., Marks, E., Lischefscha, J., Muir, J., Schaffer, B., Siekierski, W., Perino, J., Griffin, D., Vadas, D., Andrade, J., Brower, B., Webster, D., Portunuff, C., Hakanson, B., Schaeffer, J.	MESA International - White Paper Number 6, MES Explained: A High-Level Vision		1997	MES	5
Royce, Winston W.	Managing the development of large software systems	IEEE WESCON	1970	Agile, Project Management, Waterfall	5
ANDI	ANDI - Transformación Digital		2018	Industry 4.0	5
Cementos Argos	Sitio para Inversionistas		2018	Cement Industry	5
Cementos Argos	Información relevante - Sanción de la SIC		2018	Cement Industry	5

Autor	Título	Libro/revista/ conferencia	Año	Relación con la temática	Clasifi- cación
ANDI	Estrategia para una nueva industrialización II		2017	Industry 4.0	5
ANDI	Encuesta de Transformación Digital 2017		2017	Industry 4.0	5
Cementos Argos	Proceso de Proyectos		2016	Cement Industry	5
Colombia Digital; MinTIC	I Estudio de Transformación Digital en Colombia		2016	Industry 4.0	5

